

H. DENIS
Membre de la Société Française d'Études de T. S. F.

LA
T. S. F.
à la portée de tous

I
LE MYSTÈRE DES ONDES

.....
SIXIÈME ÉDITION
.....

ADRESSER LES COMMANDES :

Éditions H. DENIS, 7, rue Saint-Maur — VERDUN (Meuse)

Prix : 12 frs — Fco : 13 fr. — Chèq. post. NANCY 214.17

Recommandation : 0 fr. 75 en sus — Etranger, Fco 15 fr. ; recommandé : 16 fr. 50

DÉPÔTS

FRANCE ET COLONIES :

Librairies, Gares, Messageries, Journaux

(Exigez un dépôt chez votre libraire habituel)

POUR LA BELGIQUE :

Messageries de la Presse (Agence Dechenne)

16, rue du Persil. BRUXELLES

POUR LA SUISSE :

Éditions de la Baconnière, Neufchâtel

IMPRIMERIE COMTE-JACQUET
58, Boulevard de la Rochelle
BAR-LE-DUC

INTRODUCTION

Les différentes éditions de cet ouvrage se succèdent à un rythme accéléré. Le modeste opuscule du début, uniquement destiné aux Membres du Radio-Club Montmédien, est devenu peu à peu le guide préféré des sans-filistes de France et des Colonies.

Les encouragements nous parviennent chaque jour plus nombreux, et les milliers de lettres enthousiastes que nous recevons d'amateurs de toutes régions, nous prouvent que ce traité théorique et pratique, présenté simplement, sans formules rébarbatives, sans termes abstraits, est arrivé à son heure pour vulgariser dans les masses populaires la plus passionnante découverte de la science moderne.

Dès l'origine, nous nous sommes attaché à démontrer, d'une part, que la T. S. F. est à la portée de toutes les bourses, d'autre part, qu'elle n'exige aucune connaissances scientifiques étendues. Et ceux de nos lecteurs qui ont bien voulu nous faire confiance se sont vite rendu compte que la plus fruste des installations, établie avec goût, est susceptible d'égaliser, au point de vue technique, les meilleures réalisations commerciales.

Entre temps les stations d'émission ont atteint un degré de perfection vraiment remarquable et l'élaboration judicieuse des programmes a fait entrer la téléphonie sans fil dans sa véritable voie.

Cette science est devenue à la fois la source la plus saine des distractions familiales et le procédé le plus puissant d'éducation populaire.

Aussi, n'est-il pas étonnant qu'à peine naissante, elle étende déjà son rayon d'action dans toutes les branches de l'activité sociale.

Hygiène, œuvres d'assistance, agriculture, industrie, commerce, littérature, linguistique, sports, sciences et arts trouvent en elle un merveilleux instrument de propagande et de vulgarisation.

Les œuvres musicales occupent une place de prédilection dans les émissions radiophoniques. Doit-on le déplorer ? Nous ne le croyons

pas, car la musique n'est pas seulement un art d'agrément, mais aussi un facteur d'éducation esthétique et morale.

Jusqu'à ces dernières années, elle semblait être un luxe compatible seulement avec un certain niveau social : la masse du peuple en était presque irrémédiablement éloignée. La T. S. F. a fait œuvre utile en la faisant entrer dans tous les foyers.

Ainsi la radio, qui abolit les distances, réalise aussi l'égalité. Et, nouveau miracle, elle la réalise non par la base, mais par les sommets. Elle n'abaisse pas les artistes vers la foule, mais elle oblige celle-ci à s'élever jusqu'à eux.

*
**

Toutes les classes de la société trouvent dans la variété des programmes radiophoniques de quoi satisfaire leurs aspirations particulières. L'artiste comme l'ouvrier, le commerçant comme le fonctionnaire, le citadin comme le paysan peuvent y puiser un égal intérêt. L'agriculture elle-même que l'on pourrait croire réfractaire par essence aux ondes magiques, n'est pas la moins privilégiée, car les émissions quotidiennes lui réservent une place de plus en plus importante.

Devons-nous évoquer maintenant le point de vue social et humanitaire ? Dans cet ordre d'idées, les bienfaits de la Radio ne sont rien moins qu'admirables.

Par elle, les malades, les infirmes, les vieillards, ne sont plus isolés du monde ; elle apporte aux aveugles l'impression reconfortante d'une présence physique. La tuberculose elle-même trouve en elle un adjuvant précieux qui chasse l'ennui et rompt le cercle infernal des atroces préoccupations.

L'onde électrique constitue le soutien moral de l'aviateur de grands raids, le fil invisible qui rattache au monde civilisé les courageux explorateurs des régions désertiques.

Elle est l'un des facteurs les plus efficaces de la sécurité en mer. Les exemples de navires secourus à temps grâce aux héroïques radiotélégraphistes de bord, montrent toute la valeur du signal de détresse S. O. S., touchant symbole de la fraternité humaine.

*
**

L'enseignement lui-même ne tardera pas à bénéficier des bienfaits de la T. S. F. Actuellement, la diffusion des conférences faites dans les Etablissements d'Enseignement supérieur ne s'adresse qu'à une élite. Mais l'école primaire aura son heure.

En Belgique, en Suisse, en Angleterre, en Allemagne on a compris l'importance du rôle éducatif que peut jouer la radio. Les écoles sont

dotées d'excellents appareils ; des leçons vivantes sont radiodiffusées à l'adresse des écoliers ; des cours techniques sont reçus à domicile par les jeunes apprentis.

Dans cet ordre d'idées, la France est en retard sur les nations voisines. Des initiatives individuelles ont bien organisé l'heure classique du samedi ; plus récemment, nous avons appris la radiodiffusion de cours de vacances par le poste de la tour Eiffel. Mais on peut et doit faire mieux, et cela sans déprécier aucunement le rôle du Maître.

N'y aurait-il pas intérêt, par exemple, pour l'enseignement de la lecture et de la diction, à écouter réciter les fables de La Fontaine par un sociétaire de la Comédie Française ?

L'enseignement moral et anti-alcoolique, l'hygiène, les voyages, l'histoire anecdotique ne gagneraient-ils pas à être commentés par un maître en la matière ?

Peu à peu, la radio ouvrira dans chaque école une nouvelle fenêtre sur le monde, fenêtre d'où l'on pourra jouir d'un horizon sans limite.

Il y a quelque vingt ans, nous affirmions l'espoir que le cinéma — alors qu'il en était encore à la farce de « l'arroseur arrosé » — serait un jour le meilleur auxiliaire du Maître. Nous pensons de même pour la science nouvelle ; la T. S. F. complètera et prolongera l'œuvre du cinéma éducateur ; elle apportera la parole à l'art muet, en attendant le jour proche où la télévision, cette autre fée des Ondes, permettra de faire cheminer la lumière et les sons côte à côte dans l'espace.

*
**

Avant de clore cette introduction, nous voulons remercier sincèrement nos amis et ceux de nos lecteurs de toutes régions qui nous ont encouragé par leurs bienveillantes appréciations. Tous se rapportent à louer le caractère de simplicité des cinq premières éditions de cet ouvrage. Nous n'avons donc aucune raison pour adopter un autre mode de présentation.

Toutefois, sur la demande d'un grand nombre de nos correspondants, nous avons fait suivre la partie élémentaire de compléments techniques à l'usage des amateurs et des curieux qui désirent parfaire leur instruction professionnelle et se livrer à une étude plus approfondie de la radio.

Ces notions constituent, pour ainsi dire, un cours du second degré que nous nous sommes efforcé de présenter avec la même clarté que les autres chapitres.

Tous nos lecteurs auront d'ailleurs intérêt à les connaître. Ceux d'entre eux qui possèdent un appareil commercial y trouveront les moyens d'en améliorer l'audition, d'éviter les pannes et de

VI

supprimer ainsi toute dépense inutile. Les bricoleurs, d'autre part, y puiseront le bagage de connaissances nécessaires pour construire eux-mêmes très économiquement d'excellents récepteurs, susceptibles d'assurer le meilleur rendement avec le maximum de simplicité.

Comme précédemment, nous recommandons à ces derniers de résister au désir de brûler les étapes. Ils gagneront à réaliser tout d'abord des schémas très simples, en suivant minutieusement les conseils qui accompagnent chacun d'eux : les pièces détachées leur serviront ultérieurement.

Autre innovation : le présent ouvrage est scindé en deux volumes : le premier d'entre eux contient toutes les notions générales indispensables au parfait sans-filiste, notions qui seront toujours d'actualité, puisque la technique de la T. S. F. est maintenant fondée sur des bases bien définies. Il est complété par la description des organes de réception et des divers procédés d'alimentation.

Le second présente toute la gamme des montages radiophoniques, du simple poste à galène au poste secteur le plus moderne. Ce volume seul sera modifié et complété par la suite sous forme d'éditions successives, lorsque de nouveaux montages réaliseront un progrès technique incontestable et présenteront un intérêt certain pour les amateurs.

Nous nous estimerons heureux si la publication de ce traité atteint son but : gagner à la radiophonie quelques nouveaux adeptes ; permettre à nos amis sans-filistes, soit d'utiliser rationnellement les appareils commerciaux, soit de construire de bons récepteurs et de leur appliquer périodiquement les nouvelles découvertes de la science.

H. D.

PREMIÈRE PARTIE

Généralités

« La T. S. F. est une chose merveilleuse et incompréhensible », entend-on dire de toutes parts. Il faut reconnaître que ce rayonnement de l'énergie dans toutes les directions, sans lien matériel, est un phénomène capital dont la découverte honore grandement le génie humain. Mais, pour un amateur averti, ce « merveilleux » n'est qu'apparent, car la nature nous offre journallement des spectacles semblables, auxquels nous ne prêtons pas attention parce qu'ils nous sont familiers.

Une lampe, un phare d'automobile, le soleil, constituent des postes d'émission plus ou moins puissants, et nos yeux d'inimitables récepteurs.

Un corps en combustion est un centre émetteur qui agit à distance sur les papilles de notre épiderme.

Le dispositif vocal est encore un organe d'émission dont l'oreille forme la contre-partie.

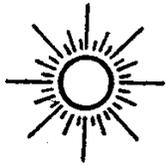
Les émissions lumineuses, calorifiques et sonores auxquelles nous venons de faire allusion, procèdent du même principe que les émissions radio-électriques ; mais tandis que la lumière, la chaleur et les sons tombent directement sous nos sens, l'électricité, plus subtile, leur échappe, et c'est ce qui lui donne son caractère mystérieux.

Les oscillations électriques ne sont d'ailleurs pas les seules vibrations ignorées par nous ; car le domaine des

ondes est infiniment complexe et nous ne pouvons songer à décrire l'enchevêtrement des phénomènes vibratoires au milieu desquels nous vivons.

Notre corps lui-même est le siège d'oscillations multiples qui concourent à l'entretien de la vie. Les travaux récents d'un biologiste français ont établi, en effet, que l'organisme est une agglomération de cellules possédant chacune un filament conducteur (noyau) isolé dans une masse électrique (protoplasma). Cet ensemble constitue ainsi un circuit oscillant capable de vibrer à des cadences variables sous l'influence des perturbations extérieures.

Il semble donc que le fonctionnement de l'univers est un jeu d'émissions et de réceptions de toutes natures.



Or, toute émission comporte l'ébranlement d'un milieu (eau, air, éther) et la production d'ondes de grandeurs déterminées.

Bien qu'ayant une origine commune — le mouvement vibratoire — ces dernières diffèrent considérablement d'un groupe à l'autre dans leurs caractéristiques : c'est ainsi que leur fréquence (nombre de vibrations par seconde) varie de l'ordre du millier à celui des centaines de trillions, tandis que réciproquement leur longueur passe du kilomètre au cent-millième de millimètre.

Pour être décelée, chacune de ces variétés d'ondes exige la présence d'un « récepteur particulier » accordé sur l'onde à recevoir.

Il nous faudrait donc une multitude d'organes spécialisés, jouant chacun le rôle d'antenne réceptrice, pour identifier toutes les manifestations de l'énergie radiante. Or, que possédons-nous pour tout bagage ? Cinq sens, capables d'enregistrer seulement les cinq catégories d'ondes les plus indispensables à la vie ! On peut donc affirmer *a priori* l'inaptitude presque absolue de l'organisme humain à percevoir les phénomènes extérieurs. Ceci nous oblige à reconnaître que l'Homme, qui s'est érigé modestement en « Merveille de l'Univers », possède en réalité un mécanisme

si rudimentaire que la presque totalité de cet univers lui est inconnu.

Nouvelle restriction : nos sens eux-mêmes ne peuvent recevoir que dans des limites assez étroites les catégories d'ondes pour lesquelles ils ont été créés.

L'oreille, dont le tympan ne peut vibrer que de 16 à 20 000 fois par seconde, perçoit une partie des ondes sonores, mais reste insensible aux sons ultra-graves et aux oscillations suraiguës.

L'œil, « accordé » sur les ondes mesurant de 0.004 à 0.0007 millimètre, enregistre normalement les sept couleurs du spectre lumineux, mais n'est pas impressionné par les vibrations de l'infra-rouge (0 mm 006) et de l'ultra-violet (0 mm 0003). Les rayons X (0 mm 000 000 3) dont les effets sont cependant si puissants, restent complètement obscurs pour la rétine humaine.

Le goût, l'odorat et le toucher, qui sont également le résultat de phénomènes vibratoires, nous renseignent sur la saveur, l'odeur, la forme, la résistance et la température des corps qui nous environnent, mais souvent avec une imprécision que nous ne constatons pas chez certains êtres inférieurs.

Ici s'arrête la liste des acquisitions sensorielles susceptibles d'informer l'esprit humain.

Par contre, nous ignorons totalement les ondes qui permettent à certains animaux de se mouvoir avec agilité dans la nuit ; celles qui réunissent les oiseaux migrateurs à l'approche de l'hiver ; celles qui donnent à certains insectes le pouvoir de communiquer entre eux à grande distance et de se diriger l'un vers l'autre avec une précision toute mathématique.

Nous subissons inconsciemment sans pouvoir les identifier, cette progression d'ondes mystérieuses qui ont une action tantôt isolée, provoquant chez l'individu l'admiration, la peur ou l'angoisse : tantôt réciproque, faisant éclore chez deux êtres la sympathie et l'affection ; tantôt collective déterminant, sous l'influence, dit-on, des taches solaires et de certaines conjonctions de planètes, les bouleversements qui agitent fréquemment notre globe, les révolutions, les conflits périodiques qui précipitent les peuples les uns contre les autres dans des guerres fratricides.

**

Nous ne prolongerons pas outre mesure cette énumération. Elle suffit à nous donner un léger aperçu de l'inextricable réseau dans lequel nous vivons, à l'insu de notre système nerveux.

Cet entendement grossier, qui est l'apanage de l'homme, ne nous impose cependant aucune mortification, car nous ignorons ce que peut être un mécanisme idéal, ouvert à toutes les manifestations de l'énergie radiante. Tout au plus, pouvons-nous évoquer quelques sens hypothétiques qui, à eux seuls, modifieraient déjà profondément les conditions de la vie :

Le sens de l'orientation que possèdent au plus haut point les pigeons voyageurs et qui serait en étroite corrélation avec le magnétisme terrestre ;

Le sens psychique qui permettrait de capter les ondes émises par le cerveau sous l'influence du travail chimique de la pensée, ramenant au rang des perceptions normales les phénomènes de télépathie et d'intercommunication des êtres ;

Le sens électrique enfin, qui rendrait le système nerveux apte à enregistrer directement les ondes produites par les courants oscillants.

Devons-nous accepter sans réagir cette carence de l'organisme humain ? Une telle résignation serait bien peu compatible avec les facultés intellectuelles dont nous sommes heureusement doués. Puisque le système nerveux faillit, la raison doit lui porter secours : bienfaisante revanche de l'esprit sur la matière.

Nos sens sont manifestement impuissants à percevoir directement les catégories d'ondes sur lesquelles ils ne sont pas accordés ; mais rien ne s'oppose à ce que nous imaginions des appareils spéciaux, capables de transformer la radiation émise en telle forme d'énergie la plus facilement perceptible.

C'est dans cet ordre d'idées que notre illustre compatriote, Edouard Branly, a révélé l'existence des ondes radioélectriques en nous procurant un sens auxiliaire, le « détecteur d'ondes », organe capable de percevoir les vibrations électriques au même titre que notre tympan perçoit les vibrations sonores et notre rétine les vibrations lumineuses.

Dès ce jour, la T. S. F. était née.

**

Nous devons donc reconnaître que le « miracle » qui suscite aujourd'hui l'enthousiasme général, ne soulève que bien faiblement le voile de l'inconnu. Il ne constitue qu'une infime partie d'un problème beaucoup plus vaste qui échappe à l'intelligence humaine dans sa presque totalité et que l'on pourrait appeler le « Mystère des Ondes ».

Toutefois cette récente découverte a eu pour résultat de jeter un peu de lumière dans l'immense faisceau d'ondes qui nous environne et de fortifier cette hypothèse que tous les phénomènes naturels ont pour origine la vibration.

La théorie des ondes radioélectriques, qui occupe l'un des plus beaux chapitres de la science moderne, a permis de grouper ces phénomènes en une synthèse cohérente, et de donner une idée d'ensemble, à la fois précise et simple, de l'Univers physique. Qu'ils se nomment sons, électricité, magnétisme, chaleur, lumière, rayons chimiques ou radioactifs, ils constituent, non pas des manifestations particulières de la nature n'ayant aucune similitude entre elles, mais des groupements de phénomènes vibratoires, séparés par d'harmonieuses transitions et ne différant les uns des autres que par la rapidité d'ébranlement du milieu propageur.

Afin de satisfaire la curiosité de certains amateurs, nous donnons ci-après la fréquence respective des principales ondes connues. Les chiffres (arrondis) indiquent le nombre de vibrations par seconde des milieux transmetteurs : air, pour les ondes sonores ; éther, pour toutes les autres ondes.

Ondes sonores ultra-graves	3 à 16	
Ondes sonores perceptibles	16 à 20 000	
Ondes sonores suraiguës	20 000 à 30 000	
Ondes radioélectriques longues	30 000 à 300 000	
Ondes radioélectriques extra-courtes	300 000 000	
Ondes calorifiques : infra-rouge	50 000 000 000 000	
Ondes lumineuses	rouge	450 000 000 000 000
	orangé	500 000 000 000 000
	jaune	550 000 000 000 000
	vert	600 000 000 000 000
	bleu	650 000 000 000 000
	indigo	700 000 000 000 000
	violet	750 000 000 000 000
Rayons chimiques ultra-violet	1 000 000 000 000 000	
Rayons X longs	300 000 000 000 000	
Rayons X radiologiques	1 000 000 000 000 000	
Rayons X courts	2 000 000 000 000 000	
Rayons V du radium	5 000 000 000 000 000	

Nous n'avons indiqué dans le présent tableau que les catégories d'ondes dont l'existence est nettement établie par un détecteur spécial : oreilles (ondes sonores), détecteur à valve ou à cristal (ondes radioélectriques), thermomètre sensible (ondes calorifiques), œil (ondes lumineuses), platino-cyanure de baryum (rayons X et ultra-violet).

Cette liste est infime par rapport à l'immense échelle des radiations, qui s'étend sans interruption des ondes sonores aux rayons V du radium et au delà. Des liaisons, encore que précaires, ont pu être établies entre certains groupes, notamment entre les ondes radioélectriques (hertziennes) et les rayons infra-rouges qui paraissent si distants par le simple examen des chiffres. Cette région-frontière paraît être la plus facilement explorable, car il y a identité presque absolue entre les radiations électriques utilisées en T. S. F. et les ondes lumineuses. Les unes et les autres se propagent à la même vitesse, utilisent le même agent transmetteur, subissent des phénomènes semblables de réfraction et de diffraction.

**

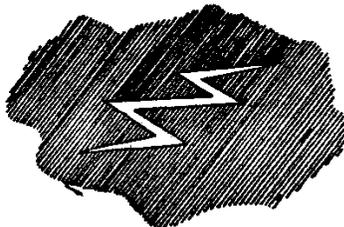
Sur le désir exprimé par un grand nombre de nos lecteurs, nous allons faire un rapide examen des ondes figurant au précédent tableau en disant quelques mots des applications de certaines d'entre elles. Toutefois, pour l'instant, nous passerons sous silence les ondes sonores et les ondes radioélectriques qui feront ultérieurement l'objet d'un ample développement.

Dans la zone intermédiaire indiquée plus haut (radiations électriques et lumineuses), se placeraient les ondes émises et captées directement par le corps humain. La longueur de ces dernières varierait, selon le docteur Moineau, de 22 à 45 millimètres, selon les individus...

Ne serait-ce pas la similitude parfaite de longueur d'onde qui caractériserait ce que l'on a coutume d'appeler les « âmes sœurs » ? Si oui, que n'oblige-t-on les futurs époux à subir l'épreuve de l'« ondemètre » avant la consécration finale de leurs aspirations ! Les lois concernant le divorce n'auraient plus leur raison d'être dans le Code civil.

La découverte du *détecteur psychique* qui permettrait de connaître la pensée d'autrui, serait de nature à transformer radicalement les conditions de la vie. Le mensonge deviendrait impossible ; l'hypocrisie serait immédiatement démasquée ; la probité commerciale constituerait l'unique base du négoce. Plus de domestiques pour faire danser l'anse du panier ! Plus de crimes énigmatiques ! Plus d'erreurs judiciaires ! Le Monde deviendrait un véritable lieu de délices.

Mais, au fait, quelques nuages ne viendraient-ils pas de temps en temps assombrir ce tableau ? Si l'on parvenait à « lire » dans l'esprit d'autrui, certains rapports, prenons, par exemple, ceux de gendre à belle-mère, que l'on dit généralement aigres-doux, ne risqueraient-ils pas de devenir nettement orageux ?



Ne nous attardons pas sur ces radiations encore mal définies qui servent provisoirement de terrain de transition entre les ondes radioélectriques et les ondes lumineuses, et progressons vers l'ultra-court.

Nous atteignons la région de l'*Infra-rouge*. Quelle est l'origine de ces vibrations qui, au premier examen, s'avèrent d'une nature toute particulière ? Comme la lumière, elles proviennent du soleil et précèdent le cortège des « sept couleurs de l'arc-en-ciel ».

De part et d'autre du spectre solaire visible s'étendent, en effet, deux zones particulièrement intéressantes : les ondes calorifiques (infra-rouge) et les ondes ultra-violettes. L'œil, spécialisé pour les vibrations de 0,0004 à 0,0007 millimètre, ne peut les percevoir sous forme de lumière. Mais leur rôle physiologique n'en est pas moins considérable.

Les premières, constituées par des rayons *chauds*, jouent un rôle capital dans la vie organique, car la lumière du jour offrirait un avantage bien réduit si l'absence de chaleur solaire ramenait la surface du globe à une température bien inférieure à celle des grands froids polaires.

L'importance des *rayons ultra-violet*s pour les êtres vivants n'est pas moindre. Ces radiations trouvent surtout leur utilisation en médecine, par suite de leur action thérapeutique.

Aussi, la science médicale a-t-elle cherché la production artificielle de rayons identiques à ceux de l'atmosphère, nouvelle application de l'électricité qui trouve dans cette méthode curative un vaste champ d'action.

Toutefois, cette dernière doit être employée avec le plus grand discernement, car les rayons ultra-violet ne contiennent pas que des radiations bienfaisantes. Certains d'entre eux sont même incompatibles avec la vie, ce qui explique les lourdes erreurs qui ont pu être commises avec leur emploi. L'idéal serait de posséder une source synthétisée capable de ne rayonner qu'une bande choisie de longueurs d'onde. Mais la photométrie de ces rayons est rendue extrêmement difficile par suite de leur absorption presque totale par les lentilles et prismes qui entrent dans la partie optique des appareils utilisés.

Il est donc plus prudent de n'utiliser que l'action physiologique des rayons ultra-violet d'origine solaire, car une sélection naturelle est effectuée par l'atmosphère qui filtre ces radiations et retient les plus nocives.

A mesure que l'on s'élève en altitude, cette action devient plus vigoureuse et provoque une succession de phénomènes biologiques du plus heureux effet : les globules rouges et blancs augmentent en nombre ; le calcium et le phosphore s'assimilent mieux, favorisant la récalcification de l'organisme ; les fonctions glandulaires se régularisent ; le système nerveux se tonifie ; les microbes infectieux perdent de leur virulence ; l'énergie vitale s'accroît : tous phénomènes, séparés ou connexes, qui conduisent à l'évolution heureuse et à la guérison d'un grand nombre de maladies et d'affections (rachitisme, tuberculose, asthénie, furonculose, anthrax, lupus, ulcérations, plaies infectieuses, etc.).

Ainsi s'expliquent la dégénérescence organique consécutive au manque de lumière naturelle et les cures merveilleuses constatées dans les Etablissements sanitaires de montagne.



Les *Rayons X* qui, par leur fréquence vibratoire, semblent être les proches parents des ultra-violet, s'en distinguent pourtant très nettement quant à l'origine et aux effets. Ils font partie de l'important groupe des rayons cathodiques qui prennent naissance, sous l'influence d'une décharge élec-

trique, entre les deux électrodes d'une ampoule à gaz raréfié. La luminescence produite semble être le résultat d'une projection de corpuscules électrisés négativement, véritable bombardement moléculaire entre la cathode et l'anode du tube à vide.

L'effet le plus remarquable des rayons cathodiques fut découvert en 1845 par le physicien allemand Röntgen qui eut l'idée d'interposer une surface polie inclinée à 45° entre les deux électrodes : ce savant constata que l'écran devenait le siège de radiations invisibles — appelées ultérieurement rayons X — douées de propriétés surprenantes.

Les rayons X traversent sans déviation la plupart des corps, même opaques pour les radiations lumineuses (bois, papier, chair, métaux légers).

Leurs propriétés d'exciter la luminescence de certains corps chimiques a permis de les mettre en évidence à l'aide d'un écran recouvert de platino-cyanure de baryum. La plaque photographique est également sensible aux rayons X. Cette découverte a donné au chirurgien la possibilité d'explorer les parties internes du corps, d'étudier le squelette et de repérer exactement l'emplacement des corps étrangers qui, par accident, y ont pénétré.

**

A la limite des rayonnements nettement identifiés se placent les ondes particulières à certains corps désignés sous le nom de *radioactifs*. La fréquence de ces radiations est de l'ordre des trilliards de millions ; leur longueur d'onde est inférieure au cent-millionième de millimètre, soit approximativement le diamètre de l'atome.

Ces manifestations sont accompagnées d'émission de corpuscules infinitésimaux que nous étudierons ultérieurement sous le nom d'« électrons », phénomène qui entraîne, à plus ou moins longue échéance, une dislocation, un désagrègement du corps émetteur.

D'où l'hypothèse généralement admise que la radioactivité est une transmutation d'atomes, une évolution constante des substances actives qui se transforment, après de nombreux stades intermédiaires, en substances nouvelles, de propriétés toutes différentes. Chaque état exige un temps très variable selon la nature des corps : c'est ainsi que la vie d'un atome de radium serait d'environ 1800 ans, tandis que celle de l'atome d'uranium atteindrait 5 milliards d'années.

L'examen méthodique de tous les corps de la nature a fait reconnaître une activité semblable à de nombreuses roches, aux sols des mers, à certaines eaux, aux gaz volcaniques etc. Toutes ces substances actives dégagent des émanations dont les effets calorifiques et électriques se révèlent à courte distance. De telles constatations seront-elles de nature à faire reprendre, un jour, sur des bases scientifiques les recherches empiriques des sourciers ?

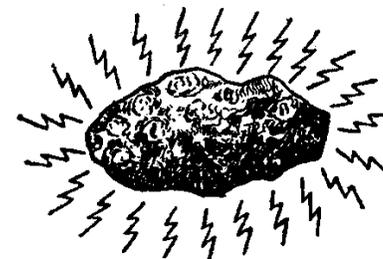
Les transformations subies par les substances radioactives, ayant pour résultat d'engendrer des corps de plus en plus simples, nécessitant une force de cohésion interne de plus en plus réduite, libèrent à chaque stade l'excédent d'énergie devenue disponible.

Se rend-on compte du rôle capital que jouent dans l'univers ces multitudes de forces libérées ? Sur terre, elles combattent le refroidissement de notre planète ; dans l'espace, elles déterminent le rayonnement intense des étoiles, entretiennent la chaleur du soleil sans laquelle toute vie serait bannie de notre globe.

Un rôle plus modeste de la radioactivité a été constaté avec les eaux minérales dont les propriétés curatives sont depuis longtemps reconnues. Par contre, maniées sans précaution, les corps radioactifs causent des brûlures dangereuses et, d'autre part, agissent sur les globules rouges du sang

qui diminuent en nombre, provoquant une anémie profonde et souvent mortelle.

Quant au radium lui-même, malgré sa rareté et son prix de revient, il constitue la base d'une thérapeutique nouvelle dont les effets sont particulièrement bienfaisants dans le traitement du cancer.



Le record des ondes ultra-courtes est détenu — tout au moins provisoirement — par de mystérieuses radiations (découvertes très récemment et désignées sous le nom de *rayons cosmiques*. Ces ondes semblent provenir des constellations d'étoiles qui forment la Voie lactée

Leur puissance de pénétration est tellement formidable qu'il faudrait une couche d'eau de 60 mètres ou une cuirasse métallique de 5 mètres d'épaisseur pour les absorber. L'énergie mise en jeu équivaut à celle que pourraient produire des tensions électriques de 60 millions de volts.

La longueur d'onde de ces radiations est encore mille fois plus courte que celle des rayons X ; quant à leur « fréquence » nous avons renoncé à la faire figurer au tableau synoptique du début, ne voulant pas risquer de mettre notre très sympathique imprimeur dans l'obligation d'emprunter à un confrère une collection complémentaire de « zéros ».

**

Y a-t-il lieu de formuler une conclusion avant de clore ce hors-texte ? Celle-ci pourrait être d'ordre moral.

L'activité fébrile qui règne dans l'univers ne doit-elle pas nous inciter au travail ? Ne sentons-nous pas, après cette rapide esquisse, que toute perte de temps est une déficience d'énergie préjudiciable au monde entier ; que l'indolence, l'inexactitude, la paresse prennent figure de véritables crimes sociaux qui troublent l'harmonie universelle ? A tout instant, des milliers d'ondes oscillent des milliards de fois autour de nous et semblent dire constamment au genre humain : « Accélérons ! »

Mais là n'est pas notre rôle. En donnant quelque ampleur à ces notions préliminaires, nous nous sommes proposé un double but : en premier lieu, montrer à nos lecteurs que la T. S. F. ne constitue qu'un simple degré dans l'échelle des ondes ; en second lieu, préparer leur esprit à une bonne compréhension des phénomènes qu'elle comporte.

Espérant avoir « situé » les ondes radioélectriques et créé l'« ambiance » nécessaire, nous commençons l'étude de ces dernières par quelques notions générales, sur les ondes liquides et les ondes sonores.

Formation d'une onde liquide. — Si nous jetons une pierre dans un bassin d'eau tranquille, des rides circulaires se dessinent à la surface en ondes régulières autour du point de chute et se propagent jusqu'au bord du bassin

avec une vitesse constante. Le profil des petites vagues produites est sensiblement le même que celui d'une tôle ondulée (fig. 1). La longueur d'onde est représentée par la distance qui sépare une crête de la crête voisine.

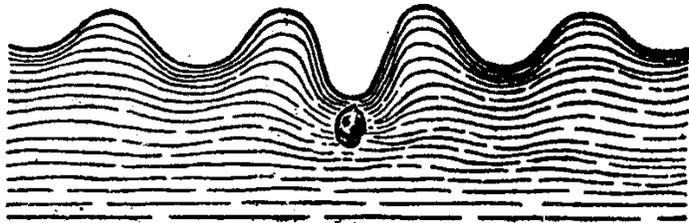


Fig. 1

Profil d'une onde liquide formée par la chute d'une pierre dans l'eau.

Toutefois, à mesure que les ondes se propagent, leurs cercles s'élargissent, ce qui explique pourquoi leur relief diminue : les crêtes s'affaissent, tandis que les fossés se comblent.

Remarquons en passant — et ceci a son importance — qu'un corps flottant, un bouchon par exemple, placé à quelque distance du point de chute, n'est pas entraîné par les vagues, mais reste au même endroit, en suivant les oscillations verticales des ondes liquides ; nous en concluons que l'eau ne s'est pas déplacée latéralement, qu'il y a eu seulement transport d'énergie, mais non transport de matière.

Formation des ondes sonores. — Les ondes sonores sont formées par un phénomène tout à fait analogue. Frappons sur une cloche ; celle-ci, en produisant un son, prend un mouvement d'oscillation : on dit qu'elle *vibre*. Il suffit, pour s'en rendre compte, de placer la main sur le métal ; on ressent une impression de frémissement bien caractéristique.

Ces mouvements vibratoires sont mis en évidence par une expérience fort simple. Fixons dans un étau l'extrémité d'une lame d'acier assez longue ; à l'aide du doigt, écartons l'autre extrémité de sa position d'équilibre et lâchons-la brusquement : cette dernière exécute des allées et venues que nous pouvons suivre des yeux, mais qui n'impressionnent pas notre oreille.

Raccourcissons progressivement la partie libre et recommençons l'expérience. La lame vibre de plus en plus vite, tandis que ses déplacements de part et d'autre sont de plus en plus réduits.

Bientôt l'œil ne distingue plus les oscillations, mais l'oreille perçoit un son, d'abord grave, puis aigu. Raccourcissons toujours : le son finit lui-même par ne plus être perceptible.

Ceci nous permet de constater, en premier lieu, que notre oreille n'est sensible qu'aux vibrations de l'air produites entre deux limites bien déterminées, et qu'elle est sourde à toute vibration ultra-grave ou suraiguë. En second lieu, que l'*amplitude* du mouvement vibratoire diminue à mesure que sa *fréquence* augmente : cette dernière notion nous sera utile dans l'étude des longueurs d'onde.

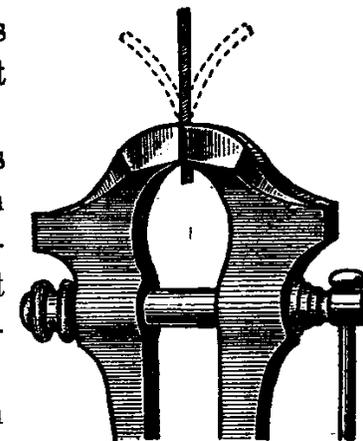


Fig. 2

Vibration d'une lame d'acier serrée dans un étau.

Propagation des ondes sonores. — La cloche et la tige d'acier communiquent leurs vibrations à l'air avoisinant et ces perturbations se transmettent de proche en proche aux couches d'air successives jusqu'à l'oreille de l'observateur, à la vitesse de 340 mètres à la seconde.

Jusqu'où se répercuteront ces ondes sonores ? Ici entre en jeu une propriété de l'air : sa grande *compressibilité*. On sait qu'un litre d'air soumis à une certaine pression se réduit à un demi-litre, un quart de litre, un dixième de litre... Par suite de cette propriété, chaque couche, en heurtant sa voisine, ne lui transmet qu'une partie de l'énergie reçue, de même qu'un choc produit dans un morceau de laine, n'ébranle que la partie directement frappée.

L'air absorbe donc progressivement l'énergie dépensée, et cette dernière n'intéresse qu'une zone très limitée : on dit que le choc initial *s'amortit*. Ceci nous explique la faible portée de la voix humaine et des sons transmis par l'air en général.

Mais alors la question suivante se présente à l'esprit :

« Pourquoi les sons ainsi produits se propagent-ils à la vitesse réduite de 340 mètres à la seconde pour s'éteindre à quelque distance du centre de perturbation, tandis qu'ils atteignent une vitesse formidable et inondent la totalité de l'atmosphère lorsqu'ils sont transmis par un poste émetteur ? »

C'est qu'ils empruntent des moyens de transmission différents.

Propagation des ondes radioélectriques. — Lorsqu'une personne parle dans un auditorium, les vibrations produites par sa voix constituent des ondes sonores et en conservent toutes les caractéristiques jusqu'à leur arrivée au microphone. Mais, à partir de ce moment, elles entrent dans le domaine de l'électricité.

Or, les ondes électriques n'utilisent pas l'air comme véhicule, mais un milieu impondérable, nous dirions presque hypothétique, l'*éther*, dont les propriétés sont toutes différentes au point de vue vibratoire.

L'éther. — Il est indispensable que nous fassions connaissance avec cet agent mystérieux généralement ignoré et qui joue cependant un rôle capital dans la vie humaine.

L'éther n'est ni solide, ni liquide, ni gazeux ; il n'a rien de commun avec le produit pharmaceutique que l'on a coutume d'agiter sous le nez lors de certaines défaillances du cœur. C'est un fluide immatériel, composé de particules extrêmement ténues dont on n'a pu faire jusqu'alors l'analyse.

Son domaine est infini, puisqu'il baigne non seulement l'atmosphère, mais les espaces interplanétaires. La terre, le soleil, les étoiles ne sont que d'étroites îles au milieu du vaste océan éthéré.

Ce milieu, essentiellement vibratile, est indispensable au fonctionnement de l'Univers. C'est grâce à l'éther que les vibrations lumineuses atteignent notre œil, qu'un paysage se reproduit sur notre rétine, que la chaleur solaire parvient jusqu'à nous : sans lui, notre terre ne serait qu'une immense boule glacée, errant, sans lumière et sans vie, dans les profondeurs ténébreuses de l'espace.

C'est également l'éther, avons-nous dit plus haut, qui propage à distance les vibrations radioélectriques. Il se comporte à l'égard de ces dernières de la même façon que l'air devant les ondes sonores.

Mais, d'une part, sa vitesse de transmission est de 300.000 kilomètres par seconde, c'est-à-dire pratiquement

instantanée ; d'autre part, ce fluide est *incompressible* et le plus petit choc produit en un point quelconque se répercute intégralement dans toute sa masse.

Une comparaison nous permettra de saisir cette subtilité.

Emplissons d'eau une seringue bien étanche et faisons-la fonctionner. A l'instant même où nous exerçons une pression sur le liquide, une partie de ce dernier s'écoule à l'extrémité opposée. Admettons maintenant que nous disposions d'une seringue géante, ou mieux d'une pompe foulante dont le tuyau a 100 mètres, 1.000 mètres de longueur, et recommençons l'expérience : nous constaterons toujours qu'au moment précis où nous agissons sur le piston, un jet liquide sort à l'autre bout. Et cela s'explique aisément : l'eau étant incompressible, toute action exercée en un point se transmet dans toute l'étendue de l'élément, sans qu'il y ait aucune déperdition de l'énergie mise en œuvre.

Est-ce à dire que les molécules d'eau directement comprimées par le piston ont traversé toute la masse liquide pour atteindre le lieu d'écoulement ? Non pas.

Comme nous l'avons constaté pour les ondes du bassin, il y a eu seulement transport d'énergie, mais non transport de matière. Les molécules se sont transmises mutuellement la compression subie et les dernières seules ont matérialisé par un écoulement la totalité de l'effort déployé.

Les mêmes phénomènes se constatent dans la propagation des ondes électriques ; les perturbations produites sur l'éther par le poste émetteur sont instantanément et intégralement transmises dans toute sa masse.

Le poste émetteur. — Pour être complet, il nous faut dire comment le poste d'émission parvient à ébranler cet élément et à créer les ondes radioélectriques.

L'antenne de ce poste reçoit d'un dispositif spécial un courant très puissant dont le sens varie plusieurs milliers de fois par seconde, c'est-à-dire devient successivement positif, négatif, 100.000 fois, 200.000 fois par seconde ; on sait qu'un tel courant porte le nom de *courant alternatif*.

Or, les lois de l'électricité nous apprennent qu'un fil conducteur, représenté ici par l'antenne d'émission, parcouru par un courant alternatif provoque autour de lui des ra-

diations qui se propagent dans l'espace sous le nom d'ondes radioélectriques, encore appelées ondes hertziennes, du nom du célèbre professeur allemand Hertz qui décela le premier leur nature particulière.

Une expérience élémentaire, faite pour la première fois par le physicien Faraday, nous familiarisera avec ce phénomène d'induction à distance qui constitue la base même de la T. S. F.

Disposons en A et en B deux boucles de fil de cuivre. Faisons communiquer les premières avec les deux pôles d'une batterie de piles P ; les secondes avec un galvanomètre G, petit appareil dont le rôle est d'indiquer l'exis-

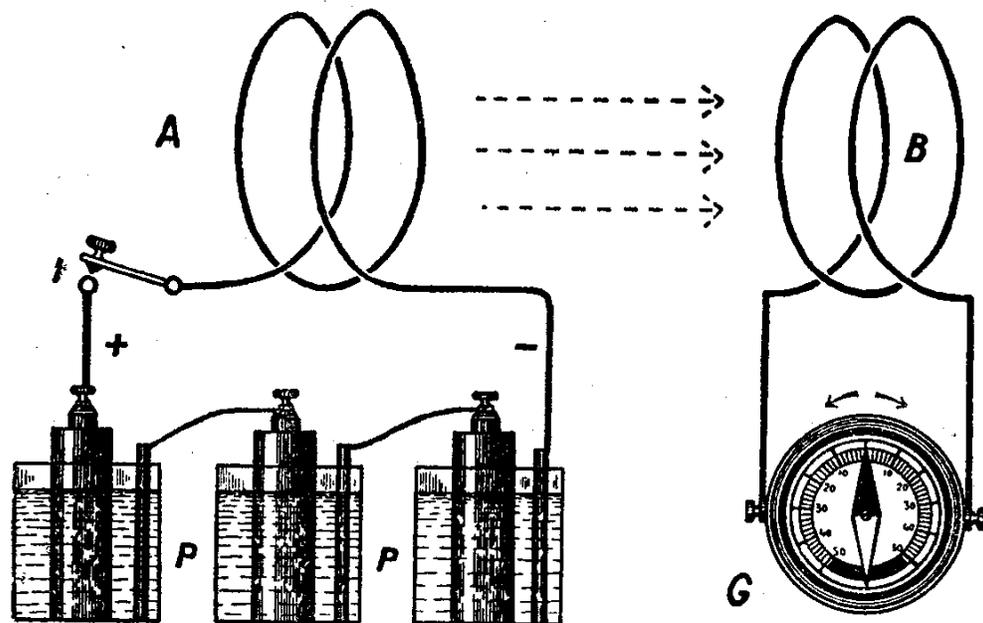


Fig. 3

L'induction à distance.
Dispositif élémentaire d'émission et de réception.

tence des courants électriques par des déviations d'aiguille.

Le premier circuit peut être à volonté fermé ou rompu par un interrupteur I.

Lorsque nous mettons en contact les branches de l'interrupteur, un courant prend naissance dans les spires A ; nous constatons au même moment que l'aiguille du galvanomètre dévie brusquement et revient au point zéro. Si nous coupons le circuit en écartant les branches de l'interrupteur, l'aiguille dévie de nouveau, mais en sens contraire, et reprend immédiatement sa position de repos.

Que s'est-il donc produit ? Avant d'expliquer ce phénomène, rappelons une expérience simple que chacun de nous a certainement faite dans sa jeunesse.

Plaçons un aimant au-dessous d'une feuille de carton horizontale saupoudrée de limaille de fer et donnons de petits chocs au carton. Les parcelles métalliques se rassemblent avec rapidité, formant autour des pôles un dessin régulier que les physiciens nomment « spectre magnétique ».

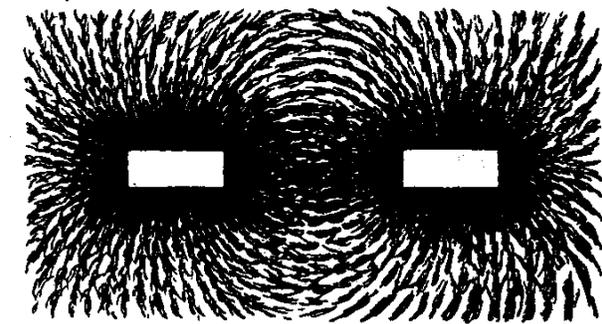


Fig. 4

Spectre magnétique.

L'aimant envoie donc autour de lui des radiations, de véritables lignes de forces capables d'agir à distance sur la limaille. L'ensemble des forces qui s'extériorisent ainsi aux environs des pôles constitue le *champ magnétique* de l'aimant. Ce phénomène semble dû à une torsion de l'éther aux environs des pôles.

Lorsque nous lançons un courant dans un fil métallique, dans les spires A par exemple, il se forme au sein de l'éther, à proximité du fil conducteur, un champ magnétique analogue à celui du fer aimanté. Les couches avoisinantes du fluide sont violemment ébranlées par le remous ainsi produit et font naître une oscillation électrique dans les spires B.

Si nous laissons le courant poursuivre sa course régulière dans le circuit A, le « champ » se stabilise immédiatement et n'a plus aucune influence sur B, comme l'accuse l'aiguille du galvanomètre en revenant au zéro.

Mais lorsque nous provoquons une rupture, le champ magnétique disparaît et le circuit rentre ses lignes de forces comme un escargot rentre ses cornes. Ce phénomène déclenche en B un courant de sens inverse.

Il en sera de même à chaque ouverture et fermeture du circuit A, c'est-à-dire à chaque *variation* de son champ magnétique. Pour qu'un courant existe sans cesse dans les boucles B, il faut donc que ces variations soient continues et provoquées par des ruptures et fermetures successives du circuit A.

Ce rayonnement dans l'éther porte le nom d'« induction ». Il permet de réaliser un transport d'énergie, *sans fil*, d'un point à un autre.

Nous pouvons déduire de ces constatations :

1° Que le circuit A est capable d'influencer à *distance* le circuit B. Le premier constitue le circuit *inducteur* ; le second, le circuit *induit* ;

2° Que chaque variation du champ magnétique de A détermine un courant électrique momentané dans les spires B ;

3° Que le courant induit ne peut être qu'*alternatif* ;

4° Qu'un courant continu n'a aucun pouvoir inducteur, puisqu'en dehors des instants de fermeture et d'ouverture du circuit A, l'aiguille du galvanomètre demeure au zéro.

Reprenons l'expérience et remplaçons les piles par une génératrice susceptible de produire un courant plus puissant : nous remarquons que les spires B, dont l'éloignement de A n'était que de quelques centimètres dans l'expérience de Faraday, sont influencées à une distance beaucoup plus grande. Cette distance augmente encore dans de notables proportions si nous remplaçons le manipulateur I par un dispositif capable d'ouvrir et de fermer le circuit un plus grand nombre de fois par seconde.

Supprimons enfin génératrice et manipulateur et faisons parcourir le circuit A par un courant alternatif, ce qui est la solution idéale pour obtenir des variations régulières et constantes du champ magnétique : un courant de même nature se produit en B et nous avons créé en miniature, d'une part une station d'émission, d'autre part un organe de réception.

Tout poste émetteur produit, en effet, un courant alternatif identique à celui du circuit A, mais beaucoup *plus puissant et de fréquence plus élevée* (nous expliquerons ce terme dans quelques instants). Chaque alternance, c'est-à-

dire chaque changement de sens du courant, est un véritable choc électrique qui rompt l'équilibre de l'éther et produit une oscillation, une bourrasque générale dans toute sa masse.

Nous verrons ultérieurement que les courants alternatifs ainsi diffusés sont impropres à faire mouvoir la plaque vibrante de l'écouteur ou du haut-parleur. Ils constituent seulement l'onde entretenue, le *fil invisible* qui joue le rôle de câble téléphonique entre l'antenne d'émission et le poste récepteur, et le long duquel courent à une vitesse vertigineuse tous les bruits de l'auditorium. Avant même que le speaker de la station émettrice ait parlé, cette onde porteuse se décèle par un très léger sifflement bien connu des sans-filistes.

Rôle du microphone. — Le microphone a pour rôle de recueillir les ondes sonores de l'auditorium et de les transformer en ondes électriques qui sont ensuite transmises à distance par l'onde porteuse dont nous venons d'indiquer l'origine.

Pour comprendre le fonctionnement de ce petit appareil, examinons tout d'abord le dispositif d'une transmission *par fil* que nous avons schématisé à la fig. 5.

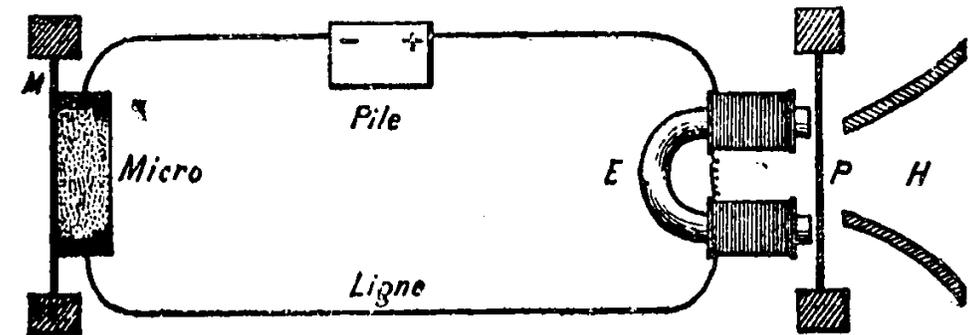


Fig. 5

Schéma théorique d'une transmission téléphonique par fil.

Le microphone est constitué par une mince plaque métallique M qui peut vibrer sous l'influence des ondes sonores. Contre cette membrane est encastrée une cellule à grenaille de charbon dont chacune des extrémités communique aux pôles d'une petite pile électrique.

A droite, nous distinguons les parties essentielles d'un

haut-parleur : un électro-aimant E, formé d'un noyau de fer magnétique (aimanté) autour duquel existent deux enroulements de fil de cuivre très fin ; une plaque vibrante P, placée dans le champ permanent de l'électro, et le pavillon amplificateur H.

Lorsque le microphone est au repos, le courant de la pile traverse sans difficulté la grenaille qui fait bloc et le noyau aimanté attire d'une façon constante la membrane P, qui reste immobile. Mais il n'en est plus de même lorsque la plaque M frémit sous l'influence de la voix ou d'un instrument quelconque.

Prenons un fait précis : une personne exécute sur un violon une note de musique, le *la* par exemple. En produisant cette note, la corde du violon vibre 435 fois par seconde ; elle produit donc 435 ondes sonores qui provoquent 435 vibrations de la plaque microphonique M. Les oscillations de cette dernière mettent la grenaille en mouvement. Or, chacun de ces mouvements rompt plus ou moins les contacts qui existaient entre les grains de charbon et crée une résistance plus ou moins grande au passage du courant électrique, qui est *haché* 435 fois.

Chaque variation d'intensité de ce courant modifie le flux magnétique de l'électro-aimant qui attire brusquement la membrane P. Dans l'exemple choisi, cette membrane vibrera donc 435 fois par seconde : la note de musique se trouvera ainsi reconstituée en ondes sonores et la communication téléphonique réalisée.

Dans les transmissions par radio, le problème est un peu plus compliqué. Le courant microphonique ne dispose plus d'un fil conducteur pour atteindre l'appareil de réception, mais d'un câble immatériel que nous savons être le courant alternatif lancé dans l'éther par le poste émetteur.

En fait, le courant haché, issu du microphone, est d'abord amplifié, puis superposé à cette onde porteuse qu'il diminue ou renforce selon les ondulations mêmes de la voix ou de la corde vibrante.

On dit alors que le courant alternatif originel est modulé.

La *modulation* est donc le procédé qui permet de faire varier l'amplitude de l'onde-support en fonction des variations de résistance du circuit microphonique.

L'auditorium. — Nous croyons intéresser nos lecteurs en leur faisant la description sommaire d'un auditorium où sont organisés les radios-concerts quotidiens, bien que cette partie de la science radiophonique n'entre pas dans le cadre de notre ouvrage. Peu d'entre eux, en effet, ont une idée exacte de l'effort technique et financier qu'exigent l'installation et l'exploitation d'un poste de radio-diffusion.

L'auditorium est une salle spécialement aménagée dans laquelle les artistes jouent ou chantent devant le microphone. Pour supprimer les effets de réflexion et de résonance qui nuiraient à la pureté des sons, on couvre les murs et le plafond de tentures spéciales dont la faculté d'absorption est minutieusement étudiée. On évite les bruits parasites en tapissant le sol de moquettes en feutre ou en caoutchouc. Les sièges sont en fer et leurs pieds sont munis de tampons élastiques.

Les stations d'importance secondaire ne disposent généralement que d'une salle pour l'organisation de leurs séances. Le poste Radio-Paris, l'un des meilleurs postes français, possède deux studios. L'un, de dimensions réduites (7,80 × 5,50 × 4,50), est utilisé pour la musique de chambre. L'autre, beaucoup plus spacieux (18 × 8 × 6), permet de loger un orchestre de cent exécutants : il est réservé aux émissions de la soirée.

Le petit studio est doté d'un seul microphone ; le grand en contient deux, placés à angle droit. Derrière ces appareils se trouve un écran ouaté destiné à supprimer toute réflexion sonore et à éliminer les interférences.

Le speaker dispose personnellement d'une cabine entièrement feutrée également munie d'un appareil transmetteur.

La diffusion des disques, ainsi que la transmission de l'heure, sont effectuées par des pick-up.

La liaison entre les différents studios, la cabine du speaker et les amplificateurs de départ est assurée par l'opérateur de service au moyen d'un meuble de commande.

Pénétrons dans le grand auditorium au moment de l'organisation d'une soirée de gala.

Une centaine de musiciens sont groupés autour de l'estrade où trônent les microphones (M), bien dégagés, non loin du chef d'orchestre (O).

En avant et à gauche de ce dernier, se trouvent les premiers violons (A), au nombre de 15 environ, de qui dépendent en partie toutes les finesses de l'exécution. Derrière eux se tiennent les seconds violons (B), à peu près aussi nombreux. Au troisième rang, sont les contrebassistes (C), qui jouent debout.

À droite, indépendamment du pianiste (P) qui est voisin du chef d'orchestre, se groupent en profondeur instruments à vent (D), altos (E), saxophones (F), trombones et caisses (G.)

Dans un angle (H), sont réunis les choristes des deux sexes.

À proximité des microphones, trois ou quatre solistes (L), hommes

et femmes, assis devant une partition, attendent sagement leur tour.

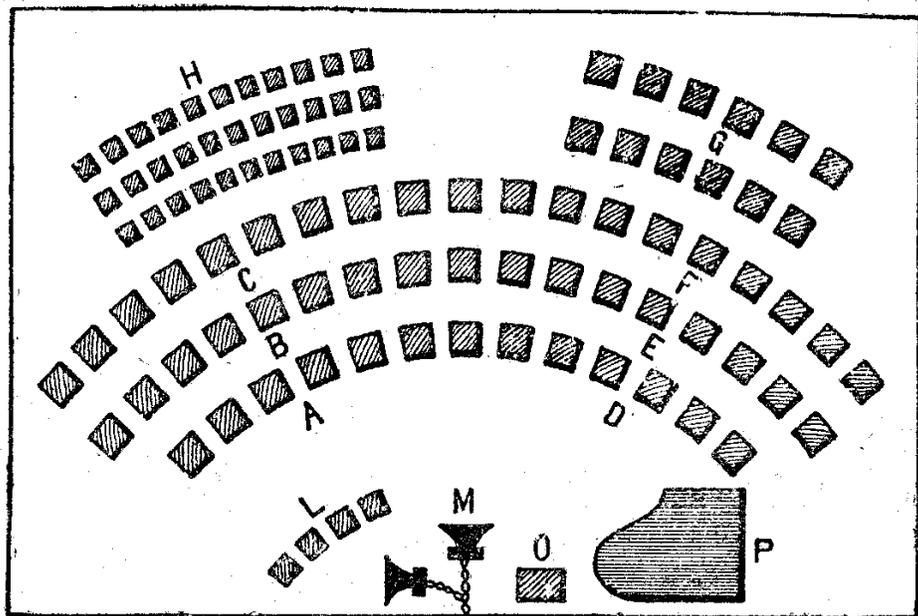


Fig. 5 bis

Plan du grand auditorium de Radio-Paris.

Chacun a pour consigne d'observer un silence absolu ; ce qui donne à l'auditorium une ambiance plutôt glaciale.

Mais voici l'heure du concert... A peine les vibrations du gong se sont-elles atténuées que l'opérateur de service établit la liaison entre la salle et les amplificateurs... Tous les exécutants ont les yeux fixés sur le chef... Sur un signe de ce dernier, des flots harmonieux viennent faire vibrer à mille cadences la plaque des micros, et un faible courant électrique, tout fluide, sort des studios par le câble spécialement aménagé. Quel long chemin, parsemé d'obstacles, il va lui falloir parcourir avant d'être superposé aux oscillations de l'onde porteuse et diffusé par l'aérien !

Devant la double impossibilité d'ériger une antenne de 200 mètres de hauteur en plein cœur de la capitale et d'astreindre les artistes à se rendre plusieurs fois par jour dans la banlieue, les dirigeants de Radio-Paris ont établi l'auditorium dans la rue François-I^{er} et le poste d'émission proprement dit, à Saint-Rémy-l'Honoré, à 38 kilomètres de Paris.

Cette station d'émission, de construction toute récente, constitue l'un des postes les plus modernes. Elle dispose d'un espace de 107 hectares. Au milieu de ce terrain s'élèvent trois pylônes haubannés de 208 mètres de hauteur qui supportent une nappe d'antenne triangulaire de 11 000 mètres carrés environ. La distance qui sépare les pylônes est de 315 mètres.

Au-dessous de cette nappe s'élèvent le bâtiment d'émission et trois pavillons d'habitation destinés au personnel.

Le circuit de terre est constitué par un ensemble de plaques et de fils de cuivre qui, mis bout à bout, auraient une longueur de 15 kilomètres.

L'alimentation électrique est assurée par un double branchement sur le réseau de l'Ouest-Lumière qui fournit à la station du courant triphasé de 15 000 volts 50 périodes.

Un câble spécial de 40 kilomètres relie le poste à l'auditorium de Paris.

Dès la sortie des microphones de la salle d'audition, le courant est amplifié une première fois et transmis par ce câble à Saint-Rémy-l'Honoré.

Là, il est dirigé vers les circuits de l'émetteur qui comportent trois éléments principaux : les étages d'oscillation et de modulation ; les amplificateurs intermédiaires et l'étage final.

Le maître oscillateur, constitué par une triode de 10 watts sous 400 volts, fournit le courant de haute fréquence que modulent ensuite les courants microphoniques fournis par l'auditorium. Le courant modulé qui résulte de cette superposition est amplifié par une première série de triodes travaillant à 1200 volts, puis par deux autres étages dont la tension est de 12 000 volts.

L'étage final, comportant 12 triodes à circulation d'eau dissipant 10 kilowatts sous 12 000 volts, fournit à l'antenne un courant alternatif modulé d'une puissance effective de 85 à 120 kilowatts, c'est-à-dire plus d'un million de fois supérieure à celle du courant primitif. Cette simple indication nous permet d'apprécier l'importance du champ magnétique de ce poste d'émission.

Veut-on maintenant quelques chiffres capables de donner une idée de l'effort financier que nécessite le fonctionnement de ce poste ? Chaque musicien reçoit en moyenne cent francs par jour ; les solistes, plusieurs centaines, et chaque vedette, quelques milliers. Le matériel de première installation est excessivement coûteux ; les lampes seules valent plusieurs milliers de francs et il suffit d'un simple éclat de voix d'une chanteuse pour en faire « claquer » une ou plusieurs. La consommation d'électricité coûte plus de cinq cent mille francs par an. Ce simple exposé, forcément incomplet, prouve surabondamment que le montant des « licences » payées au moment de l'achat des appareils de T. S. F., trouve facilement son emploi.

On sait que le poste Radio-Paris, autrefois exploité par la Compagnie Radioélectrique, est devenu poste d'Etat depuis 1933.

Champ d'une émission. - Après cette rapide incursion dans le domaine artistique, nous revenons à l'émission des ondes radioélectriques dont nous expliquerons certaines caractéristiques : champ, longueur, fréquence.

A mesure que l'on s'éloigne du poste émetteur, l'intensité des radiations électriques diminue progressivement.

Ce fait peut paraître en opposition avec ce que nous disions précédemment sur la transmission *intégrale* de l'énergie diffusée. Mais cette contradiction n'est qu'apparente.

Procédons par analogie avec une émission lumineuse. Lorsqu'il fait nuit, si nous approchons d'une lampe une bande de papier sur laquelle se trouve une phrase imprimée, la lecture du texte se fait sans la moindre difficulté. Doublons la distance qui sépare le papier de la lampe, l'éclairage de la bande est moins intense et nous devons doubler sa longueur ainsi que les dimensions des caractères pour lire le texte avec la même facilité. Décuplons la distance : les lettres deviennent à peine perceptibles et doivent aussi être décuplées pour apparaître au regard avec la même netteté. Augmentons encore l'éloignement, et bientôt il nous sera impossible de distinguer le moindre signe.

La luminosité de la lampe est cependant restée constante pendant toute la durée de notre expérience.

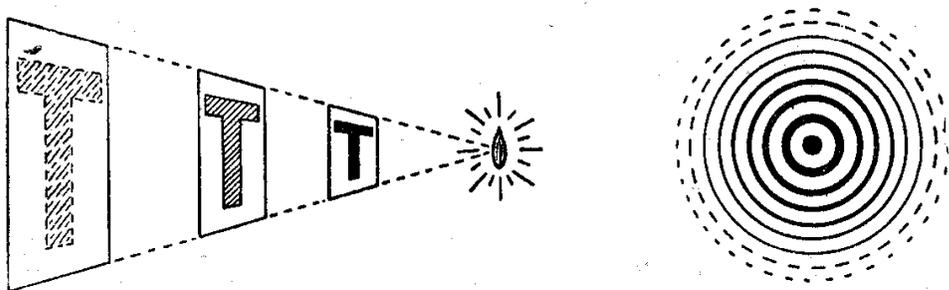


Fig. 6

Les ondes radioélectriques, comme les ondes lumineuses, diminuent d'intensité à mesure qu'elles s'éloignent de la source.

Il en est de même pour les ondes radioélectriques. L'antenne, comme la lampe, constitue le centre d'émission. De ce point partent des ondes dans toutes les directions. Chacune d'elles est à l'origine une sphère minuscule qui passe instantanément de la grosseur d'une bille à celle du globe terrestre pour s'élargir ensuite jusqu'aux espaces interstellaires. On conçoit facilement qu'au fur et à mesure du grossissement de la « bulle électrique », l'énergie se répartit sur une surface de plus en plus grande et chaque point de la sphère reçoit des ondes de plus en plus faibles.

Il en résulte que plus on est éloigné du poste d'émission,

plus il faut donner de longueur à l'antenne réceptrice ou plus puissant doit être l'appareil amplificateur. A une certaine distance, les ondes émises n'ont plus aucune action sur le fil aérien.

L'espace dans lequel se manifeste d'une manière sensible l'action des ondes radioélectriques se nomme *champ*. On dira que telle émission de faible intensité a un champ restreint de 200 à 300 kilomètres, tandis que telle autre de grande puissance, a un champ de 8 à 10.000 kilomètres.

Nous avons dit précédemment que cette portée est d'autant plus étendue que : 1° la puissance du courant alternatif originel est plus considérable ; 2° le nombre des périodes plus élevé. C'est pour permettre à l'énergie émanant de l'antenne d'émission de se propager à grande distance, que les stations émettrices utilisent des courants alternatifs à haute fréquence.

Ainsi que le poste actuel de Radio-Paris, à Saint-Rémy-l'Honoré produit un courant de 181.928 périodes environ par seconde.

Longueur d'onde. — Fréquence. — Nous aurons recours de nouveau à un exemple concret pour donner une idée aussi exacte que possible de ce que l'on entend par « longueur » et « fréquence » des ondes.

Observons un monsieur qui se rend à un village voisin, éloigné de 4 kilomètres, en tenant son jeune enfant par la main. Le pas du premier a une longueur de 80 centimètres ; celui du bambin, de 40 centimètres.

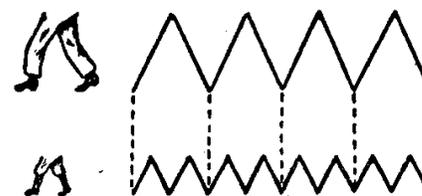


Fig. 7

Pas schématisés.

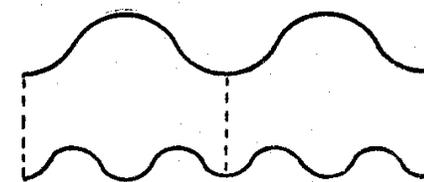


Fig. 8

Ondes profilées.

Dans les deux cas, lorsque la longueur diminue de moitié, la fréquence est doublée.

L'un et l'autre atteignent le village en une heure, mais dans des conditions différentes. L'enfant a déplacé les jambes deux fois plus *fréquemment* que le père : on dit que

son pas a une *fréquence* double. En réalité, le père a fait $4.000 : 0,80 = 5.000$ pas, et l'enfant $4.000 : 0,40 = 10.000$.

Nous nous rendons compte, dès maintenant, que plus la longueur du pas est réduite, plus la fréquence augmente et inversement.

Toutes les ondes radioélectriques parcourent, elles aussi, la même distance (300.000 kilomètres) pendant l'unité de temps, qui est ici la seconde. Mais certaines font des enjambées d'ogre : ce sont les grandes ondes ; d'autres font des pas de petit Poucet : ce sont les petites ondes.

Calculons la longueur d'une onde du poste de Radio-Paris, cité plus haut. Nous avons dit que dans l'espace d'une seconde, cette station émet 181.928 ondes. La longueur totale de ces ondes est de 300.000 kilomètres.

Chacune d'elles aura donc $300.000 : 181.928 = 1 \text{ k. } 649$ approximativement, ou 1.649 mètres, ce qui est bien la *longueur d'onde* du poste désigné.

Faisons le problème inverse avec les P. T. T. On nous dit que cette station émet sur 431 m. 7 de longueur d'onde. La longueur totale des ondes diffusées pendant une seconde étant toujours de 300.000 kilomètres, ou 300.000.000 mètres, nous en déduisons que le poste émet $300.000.000 : 431,7 = 694.927$ ondes environ, ce qui revient à dire qu'il produit un courant alternatif de 694.927 périodes.

Les alternances de Radio-Paris n'étant que de 181.928, nous en concluons que le poste des P. T. T. qui a une *plus petite longueur d'onde*, possède un courant à *plus haute fréquence*.

Pour les amateurs de calcul, nous nous résumerons en disant que le produit du nombre indiquant la fréquence par celui de la longueur d'onde, exprimée en mètres, doit toujours donner comme résultat 300.000.000 de mètres.

La connaissance de la longueur d'onde d'un poste peut paraître un détail superflu ; mais ce dernier a son importance, car il nous permettra dans un instant d'exposer d'une façon plus complète la manière d'accorder les appareils de réception.

Le poste récepteur. — Les ondes ainsi diffusées à travers l'espace arrivent au voisinage des antennes de récep-

tion. Nous savons que ces dispositifs comportent un ou plusieurs fils conducteurs tendus à une certaine hauteur et isolés de la terre par de petits blocs de porcelaine.

Le fil récepteur est influencé à distance de la même façon que le circuit B de Faraday.

L'antenne d'émission a créé par induction dans l'espace des courants alternatifs à haute fréquence. Chez l'amateur, c'est le phénomène inverse qui se produit : les ondes électriques de l'espace créent dans son antenne, toujours par induction, des courants semblables à ceux de l'émetteur, mais — nous en avons expliqué la cause — considérablement affaiblis.

Cependant, objectera-t-on, deux, trois, quatre..., dix stations peuvent émettre au même moment. Ne va-t-il pas en résulter une effroyable cacophonie ? Nullement, car l'appareil de réception ne peut fonctionner que dans des conditions bien déterminées.

L'antenne est une personne capricieuse — et nous n'avons qu'à nous en féliciter — : elle laisse passer indifféremment les milliers d'ondes qui brassent l'éther pour ne cueillir au passage que celle de son choix.

Nous nous expliquons : lorsqu'un pianiste joue dans une salle, il arrive fréquemment que l'une des vitres de la fenêtre vibre à l'unisson d'une certaine note, mais reste insensible aux autres notes de la gamme, phénomène d'acoustique que nous ne nous attarderons pas à expliquer ici.

L'antenne, comme la vitre, a ses prédilections : elle n'entre en vibration qu'au contact de l'onde-sœur, c'est-à-dire des oscillations de l'éther qui possèdent la même longueur d'onde qu'elle.

La figure 9 représente un certain nombre d'ondes lancées dans l'éther par divers postes émetteurs. La figure 10 concrétise la longueur d'onde d'une antenne réceptrice. Nous nous rendons compte que celle-ci a les mêmes caractéristiques que l'émission n° 3 : elle recevra donc exclusivement ces oscillations et les transmettra au poste de réception.

On estime que la longueur d'onde propre d'une antenne est égale à environ 4 fois sa longueur matérielle. Ainsi une antenne unifilaire de 50 mètres a une longueur d'onde d'environ 200 mètres. Ce calcul n'a rien d'absolu, car la

longueur d'onde est à la fois fonction de la longueur et de la hauteur du fil aérien.

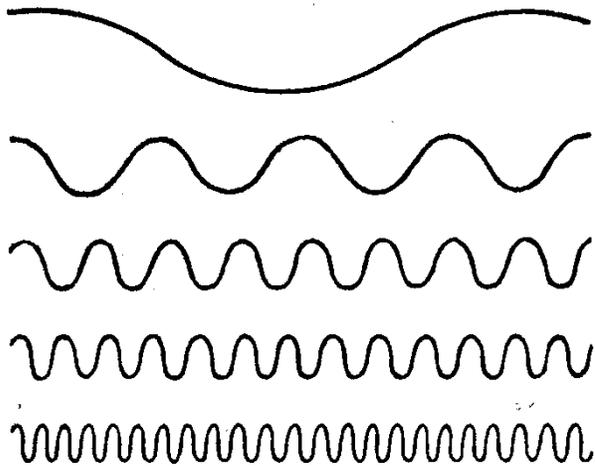


Fig. 9

Quelques oscillations de l'éther ayant des longueurs d'onde différentes.



Fig. 10

Antenne réceptrice.

D'autre part, ce serait une erreur de croire qu'une antenne à deux brins possède une longueur d'onde double de celle de chaque fil pris isolément. Une antenne bifilaire de 50 mètres correspond électriquement à une antenne unifilaire de 65 mètres et a une longueur d'onde d'environ 260 mètres. Mais ici encore, nous sommes dans l'approximation, et la proportion varie avec l'écartement respectif des fils parallèles.

Les appareils d'accord. - En principe, il faudrait donc une antenne spéciale par émission à recevoir : un fil de 412^m,25 (y compris le fil de descente) recevrait l'émission de Radio-Paris sur 1.649 mètres de longueur d'onde ; un autre de 326 m. assurerait l'accord avec Radio-Luxembourg (1304 mètres) ; un troisième de 107^m,90 vibrerait à l'unisson avec l'antenne des P. T. T. (431^m,7) ; mais cette modification continue de l'aérien ne serait ni pratique ni économique et exigerait des exercices d'acrobatie qui décourageraient bien des sans-filistes.

Bobines. — Un ingénieux artifice permet heureusement de tourner la difficulté. Si l'on adapte à la base de l'antenne, c'est-à-dire à l'entrée de l'appareil de réception une

bobine spéciale (fond de panier, nid d'abeille, etc.) on remarque que chaque spire augmente sensiblement la longueur d'onde de l'antenne. Cet allongement électrique est d'environ 10 mètres pour les bobinages en nids d'abeille de moyen diamètre.

Dès lors, le problème de la réception se simplifie. Vou-lons-nous recevoir Radio-Paris avec une antenne unifilaire de 37^m,25 ? Un simple calcul nous en donne le moyen. On sait que la longueur d'onde de ce dispositif aérien est de $37^m,25 \times 4 = 149$ mètres. Comme celle du poste d'émission est de 1.649 mètres, il reste à couvrir une différence de $1.649 - 149 = 1.500$ mètres. Chaque spire de la bobine augmentant la longueur d'onde d'environ 10 mètres, il faudra donc employer un « nid d'abeille » de $1.500 : 10 = 150$ spires, pour obtenir l'accord avec le poste cité.

Condensateur. — D'après ce qui précède, il faudrait une bobine particulière, avec un nombre de spires bien déterminé, pour chaque émission ; mais, en réalité, on se contente d'un jeu de 6 ou 7 bobines ayant respectivement 15, 25, 50, 75, 100, 150 et 200 spires. On parfait l'accord avec un autre organe appelé condensateur dont le rôle est également d'agir sur la longueur d'onde de l'antenne. Si une émission nécessite 115 spires, on utilise la bobine de 100 spires, et on tourne légèrement le bouton du condensateur jusqu'à ce que l'audition soit maxima.

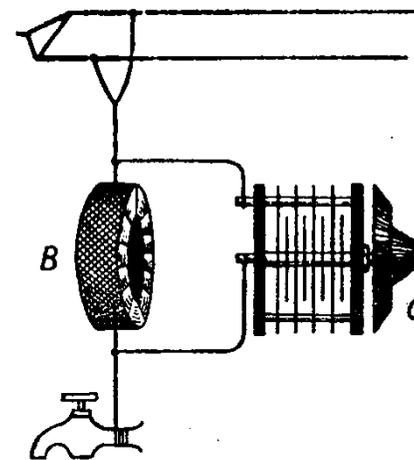


Fig. 11

Dispositif d'accord d'antenne : bobine B et condensateur C.

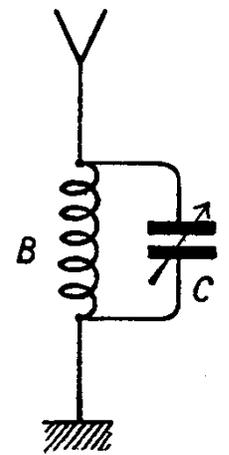


Fig. 12

Représentation schématique.

La fig. 11 représente une antenne bifilaire complétée par

son dispositif d'accord : une bobine B du type « nid d'abeille » et un condensateur variable C.

Actuellement, dans le but de simplifier les manipulations, les efforts des constructeurs tendent à réduire le nombre des bobines d'accord en renforçant la puissance inductive de leurs enroulements : c'est ainsi qu'on emploie une seule bobine pour les petites ondes et une seconde pour les grandes ondes. Il ne faut pas voir dans cette modification un réel progrès technique, mais uniquement un souci de commodité et de simplification, les deux bobines pouvant être fixées à demeure dans l'intérieur de l'appareil et mises en service à volonté par un commutateur.

Lorsqu'on utilise un cadre, le principe reste le même, avec cette seule différence que le cadre remplace à la fois l'antenne et la bobine complémentaire. L'accord s'obtient par l'emploi de tout ou partie du circuit, selon qu'il s'agit des grandes ou des petites ondes, et par la manœuvre du condensateur variable.

Le détecteur.—Voici donc le récepteur accordé sur l'onde à recevoir. Si nous appliquons directement à la membrane de l'écouteur le courant alternatif de 100.000 ou 200.000 périodes reçu par l'antenne, la plaque vibrante ne pourra suivre ces alternances dans leur mouvement trop rapide, car elle ne peut se déplacer mécaniquement plus de 2 à 3.000 fois par seconde.

Elle ne vibrera donc pas. Et d'ailleurs si elle vibrerait, l'ouïe ne percevrait pas des fréquences de cet ordre. Le courant alternatif originel, même modulé par le microphone, est ainsi inutilisable au poste récepteur où seul, un courant continu d'intensité variable, peut actionner la plaque vibrante de l'écouteur ou du haut-parleur. Du reste, ce courant de haute fréquence a terminé son rôle d'agent transmetteur.

Qu'allons-nous en faire ? Le supprimer, tout simplement. Par quel moyen ? En le décapitant ; procédé peu généreux, mais radical. D'ailleurs, qu'on se rassure : l'opération s'effectue sans douleur et il n'y a pas une goutte de sang versée.

La « guillotine » était autrefois constituée par un petit morceau de pierre à reflets métalliques que les techniciens

appellent *détecteur*, et les chimistes, sulfure de plomb ou *galène*. Ce cristal, composé de deux matières de conductibilité différente : soufre (métalloïde), plomb (métal), jouit d'une propriété remarquable : il se laisse facilement traverser par les courants positifs, mais il arrête les courants négatifs. Il s'ensuit qu'un tel corps, placé dans le circuit d'un courant alternatif réduit ce dernier à ses phases positives et le transforme en une multitude de portions de courant de même sens ayant toutes les propriétés du courant continu, seul capable, avons-nous dit, d'impressionner les appareils avertisseurs.

Nous verrons dans un instant comment on utilise le courant ainsi modifié.

Actuellement, la détection s'effectue surtout par lampe : nous étudierons dans un des chapitres suivants le fonctionnement de l'*Audion* en détectrice.

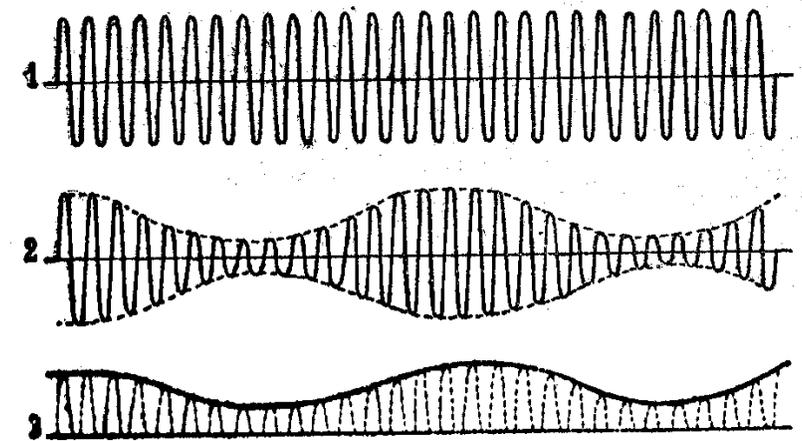


Fig. 13

Modifications successives de l'onde porteuse.

I. Courant alternatif originel. — II. Courant alternatif modulé par le microphone. — III. Courant continu ondulé issu du détecteur.

Nous schématisons dans la figure 13 les modifications successives subies par le courant initial depuis le moment où il est produit par l'alternateur à haute fréquence jusqu'à l'instant où il sort du détecteur.

Le schéma (1) concrétise l'onde porteuse telle qu'elle est produite par l'alternateur. Le schéma (2) montre cette même onde diminuée ou renforcée par le courant microphonique. Le schéma (3) représente les portions de l'alternatif qui subsistent après la détection et se confondent en

un courant continu ondulé, capable d'agir utilement sur la membrane du téléphone.

L'écouteur. — L'écouteur téléphonique a pour rôle de reconstituer au poste récepteur des ondes sonores identiques à celles de l'auditorium, lesquelles, nous nous en souvenons, avaient été transformées en ondes électriques par le microphone du poste émetteur.

Cet organe est le frère cadet du haut-parleur. Il se compose essentiellement d'une membrane métallique susceptible de vibrer à des cadences variables sous le flux plus ou moins accentué d'un électro-aimant mis en sa présence.

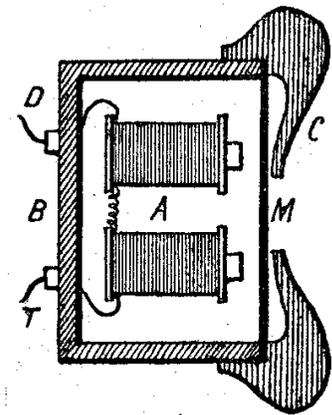


Fig. 14

Coupe d'un écouteur téléphonique. A. électro-aimant, — B. boîtier. — M. membrane. — C. couvercle fixant la membrane sur le boîtier.

Examinons la représentation schématique d'un écouteur à la fig. 14. Nous distinguons la plaque vibrante M placée dans le champ magnétique de l'électro-aimant A, lequel est constitué par un ou deux noyaux de fer aimanté autour desquels existe un enroulement de fil de cuivre très fin. Ce circuit est parcouru par le courant détecté qui entre en D et sort en T.

Quelle est donc la nature exacte de ce courant détecté ? Nous savons qu'il résulte d'une double modification de l'onde initiale (fig. 13).

Le courant alternatif à haute fréquence a été transformé par le détecteur en courant continu dont le débit régulier ne peut avoir aucune influence sur la membrane du téléphone. Seules, subsistent les pulsations, les modulations provoquées à l'émission par les contacts microphoniques sous l'action de la parole ou de la musique. Ces variations sont de fréquence musicale et parfaitement audibles, puisqu'elles sont la reproduction fidèle des ondulations de la voix ou de l'instrument.

Or, chacune d'elles a pour effet d'augmenter l'aimantation de l'électro qui attire brusquement la membrane métallique et produit une vibration.

C'est ainsi que le *la*, exécuté devant le microphone, produit 435 variations dans le flux de l'électro-aimant et

435 attractions de la plaque vibrante. La note de musique se trouve ainsi reconstituée en ondes sonores qui viennent influencer l'amateur coiffé du casque téléphonique ou l'auditoire placé devant le haut-parleur.

On voit donc par ce qui précède qu'une bonne antenne, un bon détecteur et un bon écouteur suffisent pour recevoir les émissions radiophoniques.

Ces organes sont d'ailleurs les seuls importants d'un poste à galène.

Récepteur à galène. — L'étude du fonctionnement d'un de ces récepteurs primitifs nous permettra la récapitulation des notions acquises

Le courant alternatif modulé, diffusé dans l'éther par le poste émetteur crée par induction des courants de même fréquence dans l'antenne A, qui est accordée sur l'onde à recevoir par la bobine B et le condensateur variable C. Ces courants sont ensuite canalisés vers la terre.

En dérivation de ce dispositif se trouve le détecteur qui transforme le courant alternatif en courant continu dont les variations agissent sur l'électro-aimant et actionnent la plaque vibrante du téléphone.

Nous retrouverons ainsi dans tous les montages d'appareils deux parties essentielles, tantôt intimement liées comme dans le cas précédent, tantôt complètement séparées : le circuit antenne-terre ou circuit d'accord, et le récepteur proprement dit ou circuit d'utilisation.

Veut-on nous permettre une nouvelle comparaison, peut-être un peu triviale, pour résumer cette première partie de l'ouvrage ?

Un certain nombre de personnes se disposent à entreprendre un long voyage. Elles prennent un moyen de trans-

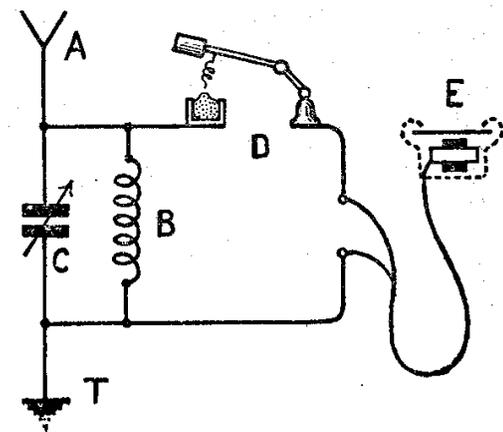


Fig. 15

Récepteur à galène. A, antenne. — B, bobine d'accord. — C, condensateur variable. — D, détecteur. — E, écouteur. — T, terre.

port de fortune pour se rendre à la gare la plus proche. Après les formalités d'usage, elles montent dans le rapide qui les transporte à vive allure vers la gare d'arrivée. Là elles descendent du train et gagnent enfin, à l'aide d'une carriole, la localité destinataire.

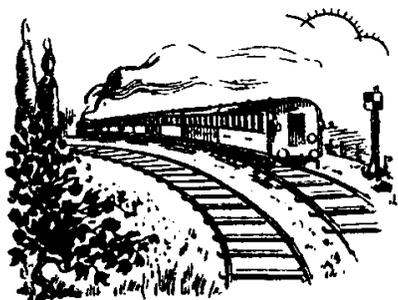
Pourquoi n'ont-elles pas utilisé constamment la voiture? Parce que ce moyen de transport est lent et n'a qu'un rayon limité.

Essayons de créer une analogie entre ce voyage et une transmission radio-téléphonique.

L'air, comme la voiture, est un véhicule peu rapide et de faible portée. Aussi, ne lui demande-t-on de transporter les voyageurs (ondes sonores) que jusqu'à la gare de départ (microphone).

Pour des raisons de service, les passagers doivent changer d'identité (ondes électriques). Cette opération est à peine terminée qu'ils sont happés par le rapide (courant alternatif) et déposés presque instantanément à la gare d'arrivée (poste récepteur).

Ici un personnage important rend aux voyageurs leur « nationalité » d'origine (ondes sonores) et met à leur disposition une nouvelle carriole (air) qui les transporte non-chalamment jusqu'à leur nouveau domicile (oreille des auditeurs).



La lampe Audion

Généralités. — Bien longtemps on a dû se contenter de la réception sur galène; mais les récepteurs à cristaux ne sont vraiment efficaces que dans un rayon limité du poste émetteur. A une certaine distance, les signaux deviennent imperceptibles.

Au cours de la guerre, sous l'influence des nécessités de la défense nationale et de l'organisation scientifique des recherches, la T. S. F. s'orienta vers des voies nouvelles. L'apparition et les perfectionnements incessants des lampes « Audion » ont bouleversé toute la télémechanique et considérablement accru la portée des communications radio-électriques.

Ces organes ne ressemblent en rien aux lampes d'appareil : leur rôle est d'amplifier et non pas d'éclairer. Nous ne pouvons, dans cette étude destinée aux débutants, donner tous les détails techniques qui les concernent. Nous nous limiterons aux notions indispensables de « détection » et d'« amplification » et compléterons ces données dans le chapitre suivant.

Le filament. — Comme les ampoules électriques, les lampes de T. S. F. possèdent un filament qui rougit lorsqu'il est traversé par un courant d'une certaine intensité.

Examinons en détail ce fil ténu qui est l'organe principal de l'Audion. Une observation directe faite avec les yeux ne nous apprendrait pas grand'chose. Mais il n'en serait pas de même si nous pouvions, à l'aide d'un microscope géant, grossir un milliard de fois ce mince filament. Nous serions subitement transportés dans un milieu insoupçonné.

Contrairement à ce que l'on pourrait croire, le cylindre gigantesque révélé par l'instrument d'optique, ne nous apparaîtrait pas comme une masse homogène, semblable à un immense bloc de fonte, mais comme un tissu spongieux, une agglomération de cavernes construites sur un terrain volcanique et animées de mouvements tourbillonnants extrêmement rapides.

Les parois de ces cavernes sont constituées par des noyaux solides que l'on désigne sous le nom d'atomes.

Les électrons. — Prenons maintenant un grossissement de dix milliards et continuons notre incursion dans ce monde étrange. Nous découvrons avec stupéfaction que l'atome lui-même est un véritable univers dans lequel des milliers de planètes s'agitent, dans une ronde folle, autour de soleils minuscules, et que la distance de deux atomes voisins est aussi grande, toutes proportions gardées, que la distance de deux astres.

L'atome n'est donc plus comme on l'enseignait jusqu'à ces dernières années, le plus petit élément des corps : c'est un système solaire dont le noyau central est formé de « ions », corpuscules portant une charge d'électricité positive, et dont les satellites, appelés « électrons » sont chargés d'électricité négative.

Ces derniers peuvent très facilement se mouvoir au travers de l'édifice moléculaire, qui est une immensité par rapport à leur extrême petitesse. Ils sont dans un état d'agitation perpétuelle à la façon des grains de poussière qui dansent dans un rayon de lumière tombant à l'intérieur d'une salle obscure.

Nous atteignons avec l'électron l'ultime division de la matière, l'état transitoire entre le réel et l'impalpable.

On trouve dans un atome d'hydrogène 1.500 de ces corpuscules infinitésimaux, et on évalue à 600.000.000.000.000.000.000 le nombre d'atomes contenus dans un litre de ce gaz.

Voilà bien le domaine de l'infiniment petit, avec cette découverte stupéfiante qu'il est la reproduction, en miniature, de l'infiniment grand.

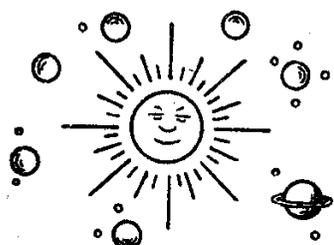


Fig. 17

L'infiniment grand.
Le système solaire

(Réduit des milliards de fois).

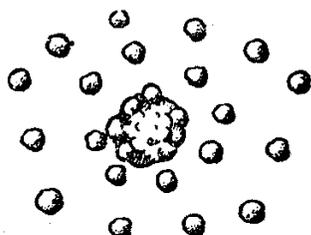


Fig. 18

L'infiniment petit.
Le système atomique

(Grossi des milliards de fois).

Dans un atome, les électrons n'ont pas tous le même rôle. Certains sont près du noyau et en font presque partie

intégrante : ce sont les électrons centraux. D'autres gravitent autour de ce noyau : ce sont les électrons périphériques ou planétaires.

Ouvrons ici une parenthèse pour satisfaire complètement la curiosité des chercheurs.

Dans l'étude des ondes, nous n'avons pu qu'ébaucher la théorie de l'émission et de la réception, car il nous aurait fallu anticiper sur le rôle de l'électron. Faisant un bref retour en arrière, nous pouvons ajouter que la propagation des ondes, en général, n'est que la manifestation d'une énergie qui a son origine et sa terminaison dans les mouvements mécaniques de l'électron. Au départ, comme à l'arrivée, la vibration électronique est le phénomène essentiel qui donne aux oscillations électromagnétiques, calorifiques, lumineuses, chimiques ou radioactives leurs dimensions et leur fréquence.

Cette synthèse de la vibration vient corroborer l'affirmation que nous faisons au début de ce chapitre, à savoir qu'électricité, magnétisme, chaleur, lumière ou radioactivité ne constituent pas des manifestations différentes de la nature, mais des groupements de phénomènes vibratoires séparés par d'harmonieuses transitions. Toutes les propriétés des ondes découlent donc de celles de l'électron, qui devient ainsi la pierre angulaire de l'édifice physique de l'Univers.

**

L'unité que nous constatons dans cette propriété de la matière découle elle-même de la nature de celle-ci : les théories les plus modernes tendent, en effet, à « unifier » sa constitution. Les atomes des différents corps simples ne diffèrent entre eux que par le nombre des électrons qui les composent : ainsi l'atome d'hydrogène, que l'on peut placer à la base de la structure moléculaire, est formé d'un « ion » autour duquel tourne un « électron » ; l'atome de fer contient 26 électrons, l'atome d'argent 47, l'atome d'or 79, l'atome de mercure 80, etc.

Si l'on parvenait à détacher un nombre donné de ces électrons à l'atome, on aurait la possibilité de fabriquer un corps simple à l'aide d'un corps simple différent. Pour obtenir de l'or, par exemple, il suffirait d'enlever un électron à chaque atome de mercure.

Problème captivant de la transmutation des corps sur lequel ont pâli des légions d'alchimistes !

**

L'anatomie de la matière nous étant connue, terminons cette brève étude par quelques observations sur sa « physiologie », s'il nous est permis d'appliquer ce terme, qui implique la vie, à des substances considérées jusqu'ici comme inertes.

Les électrons qui jouent le rôle de satellites ne se confinent pas dans ce mouvement chaotique autour du noyau central de l'atome. Si, à l'extrémité d'un fil métallique, une action mécanique ou une réaction chimique détermine une attraction positive, les électrons

est ainsi porté au rouge blanc ou au rouge sombre selon la nature des lampes utilisées.

Voici nos milliards d'électrons en effervescence. Comment allons-nous les employer ?

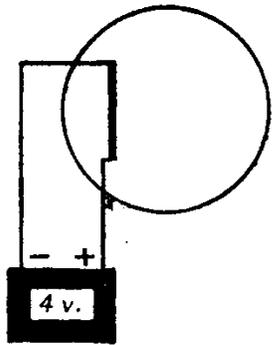


Fig. 22
Circuit de filament

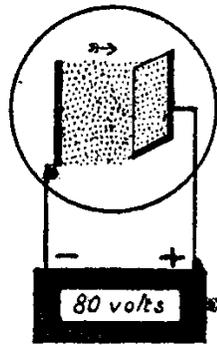


Fig. 23
Circuit de plaque

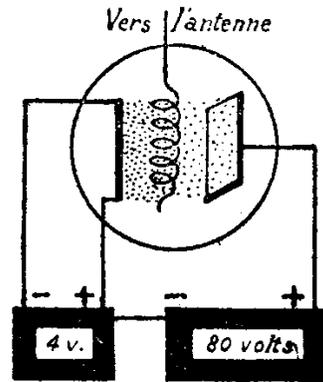


Fig. 24
Circuit de grille

Circuit de plaque. — Portons maintenant notre attention sur la figure 23 et suivons le circuit de la batterie de 80 volts. Nous remarquons que le pôle positif de cette pile est connecté à la plaque, et le pôle négatif, au filament. En réalité, ce pôle négatif est relié au filament, non pas directement, mais par l'intermédiaire du + 4 de la pile de chauffage, comme nous le montre le croquis 24.

Nous sommes donc en présence d'un véritable circuit électrique, interrompu brusquement entre le filament et la plaque. Les électrons sont l'organe de liaison, le pont électrique qui unit ces deux organes. Grâce à eux, le courant de 80 volts passe dans la lampe, mais sans aucun conducteur solide ni liquide. Le corpuscule part comme un boulet de canon, bombarde la plaque à la vitesse de plusieurs centaines de kilomètres à la seconde. La charge négative qu'il porte est neutralisée par les charges positives de la pile ; d'autre part, le pôle négatif de cette dernière fournit au filament les charges négatives qui devront remplacer les électrons disparus.

Le courant ainsi établi est appelé courant de plaque.

Circuit de grille. — Si l'Audion ne contenait que ces deux électrodes (filament et plaque), les électrons passeraient continuellement de l'un à l'autre, dès l'allumage de la lampe, créant ainsi un courant continu dont on ne pourrait tirer aucun profit.

Mais nous avons dit qu'entre les deux se trouve une troisième électrode appelée grille. Or, cette dernière reçoit les oscillations du circuit émetteur : son potentiel, c'est-à-dire son état électrique, est infiniment variable.

Si elle reçoit une tension négative, inférieure à celle du filament, les électrons négatifs ne voleront plus vers la plaque avec autant d'enthousiasme, car deux électricités de même nom se repoussent. Si, au contraire, elle devient positive, elle favorise l'aspiration et les électrons arriveront en plus grand nombre sur la plaque.

La grille constitue donc un véritable régulateur qui commande le débit du courant de plaque : c'est un robinet qui dose constamment l'intensité de ce circuit, selon les variations de potentiel transmises par le poste émetteur et captées par l'antenne de réception.

L'importance du rôle de cette électrode a incité les techniciens à augmenter la sensibilité des lampes de T. S. F. en les dotant d'une ou plusieurs grilles supplémentaires ayant une fonction bien définie : c'est ainsi qu'on a vu apparaître successivement la bigrille, la lampe à écran de grille, la trigrille, l'hexaode, l'heptaode et l'octode.

Ces dernières créations semblent devoir détrôner dans un prochain avenir les triodes classiques, car leurs qualités exceptionnelles permettent d'obtenir une audition de meilleure qualité avec un nombre d'étages plus réduit.

Pour la clarté de cette première partie, nous ne voulons pas en entreprendre dès maintenant la description, nous réservant de le faire dans le chapitre spécial des « lampes ».

Son rôle théorique. — Les trois circuits de l'Audion nous étant connus, il nous reste à préciser comment leurs réactions mutuelles concourent au fonctionnement de la lampe.

Examinons donc la figure 25 qui nous donne la représentation théorique d'un récepteur à lampe.

Nous reconnaissons à gauche le circuit antenne-terre avec son dispositif d'accord : bobine B et condensateur variable C.

A droite se trouve le récepteur proprement dit ou circuit d'utilisation : lampe, pile, écouteur.

Nous retrouvons dans la lampe les organes précédem-

ment décrits, mais notons au sujet de la plaque une remarque importante : le pôle positif de la batterie de 80 volts est relié à cette électrode, non pas directement, comme nous l'avons dit jusqu'alors, mais par l'intermédiaire du circuit de l'écouteur E.

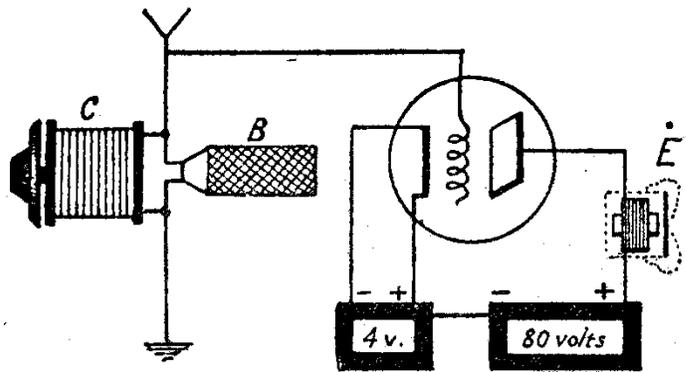


Fig. 25

Représentation théorique d'un récepteur à lampe

Allumons la lampe et suivons la réaction des circuits.

Le filament, porté à l'incandescence, émet des milliards d'électrons qui vont bombarder la plaque et établissent un courant électrique dont l'itinéraire est le suivant : filament, plaque, écouteur, batterie de 80 volts, pile de chauffage, filament, etc.

En l'absence de toute émission, la grille reste neutre et le courant de plaque dont nous venons de parler, a un débit parfaitement régulier qui laisse à l'électro-aimant de l'écouteur un champ magnétique invariable : la membrane reste donc attirée d'une manière constante et demeure immobile.

Lorsque le poste émetteur fonctionne, la grille reçoit par l'intermédiaire de l'antenne, le courant de haute fréquence modulé par le microphone, c'est-à-dire constamment modifié dans son intensité, à une cadence qui est celle de la voix ou de la note de musique émise.

Selon qu'elle est plus ou moins positive ou négative, elle augmente, réduit, ou même supprime le passage des électrons et favorise ou limite le courant de plaque qui se trouve être, de ce fait, une copie fidèle, mais agrandie, du courant de grille.

Or, chaque variation du courant de plaque provoque une attraction de la membrane de l'écouteur. Il s'ensuit que cette dernière suit les ondulations du courant microphonique et, comme nous l'avons vu pour le récepteur à galène, reconstitue dans tous leurs détails, les ondes sonores produites dans l'auditorium.

La lampe agit donc comme un relais transmettant à l'écouteur les impulsions qu'elle reçoit de l'antenne.

Selon les conditions électriques dans lesquelles on place sa grille, la lampe à trois électrodes peut jouer un double rôle ; elle *détecte* les ondes en supprimant l'une des deux alternances ; elle les *amplifie* en empruntant la force électromotrice de la batterie de plaque dont la tension atteint 200 et même 300 volts dans les récepteurs modernes.

Pour le moment, nous passons sous silence un troisième rôle, la fonction *oscillatrice*, dont il sera parlé ultérieurement.

Fonctionnement en détectrice. — Nous avons dit précédemment que les oscillations du circuit émetteur étaient appliquées à la grille : voilà donc cet organe porté des milliers de fois par seconde à des tensions successivement positives et négatives par le courant alternatif initial.

Dans les phases négatives, la grille interrompt le passage des électrons négatifs, par suite de la répulsion qu'éprouvent l'une pour l'autre deux électricités de même nom, et le courant de plaque se trouve suspendu (fig. 26).

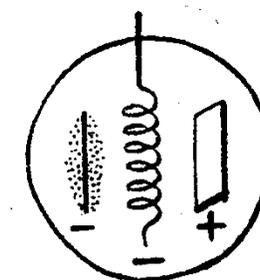


Fig. 26
Grille négative
Courant interrompu

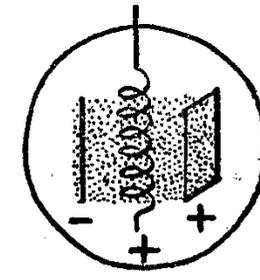


Fig. 27
Grille positive
Courant rétabli

Dans les phases positives, au contraire, l'attraction de la grille s'ajoute à celle du haut voltage de la plaque et les électrons vont en grand nombre bombarder cette dernière : le courant de plaque est rétabli (fig. 27).

Il en résulte, lorsque la lampe fonctionne en détectrice, que les courants alternatifs transmis à la grille par l'antenne sont réduits à leurs alternances positives et provoquent une multitude de petits courants de plaque de même sens, ayant les propriétés d'un courant continu ondulé. C'est ce que nous avons appelé la *détection*, et nous voyons par ce simple exposé que la lampe peut être employée comme détectrice au même titre que la galène.

Fonctionnement en amplificatrice. — La lampe Audion peut également jouer le rôle d'amplificatrice, car il suffit d'une faible variation de l'état électrique de la grille pour provoquer une forte variation du courant de plaque.

La grille par elle-même possède une force très réduite ; mais la batterie de 80 volts est un réservoir d'énergie considérable qui est mis à sa disposition. Et, de même qu'un simple robinet commande avec facilité un marteau-pilon de 1.000 kilos, de même les faibles courants de grille suspendent ou lancent à volonté dans les appareils de réception toute la force électro-motrice de la batterie de haute tension.

Les courants de plaque obtenus, avons-nous dit, sont la reproduction fidèle des courants de grille, mais considérablement agrandis.

On estime qu'une triode quintuple l'intensité d'une réception sur galène seule. Une seconde lampe peut recevoir le courant amplifié par la première et le quintupler à son tour. Et c'est ainsi qu'une succession de lampes à trois électrodes peut grossir démesurément une onde initiale presque imperceptible et la mettre en mesure d'actionner les plus puissants haut-parleurs.

Il faut ajouter toutefois que cette progression géométrique est toute théorique et qu'une partie relativement importante de l'énergie est perdue par suite de l'imperfection des lampes et des appareils récepteurs. Cette déperdition est très sensible, en particulier, dans la réception des petites ondes.

On peut amplifier en haute et en basse fréquence.

Amplification en haute fréquence. — Lorsque, par suite de l'éloignement ou de la faible puissance d'une station d'émission, les courants captés par l'antenne sont insuffisants pour actionner le détecteur, il est nécessaire de les amplifier pour rendre l'audition possible.

C'est là le rôle de l'amplification en haute fréquence, qui agit sur les courants alternatifs modulés, avant leur détection. Tout se passe comme si l'on avait rapproché la station ou augmenté la *sensibilité* du détecteur.

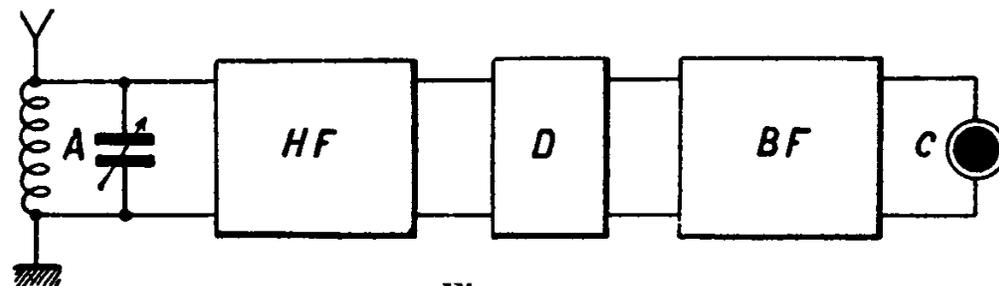
A titre d'exemple, disons qu'un appareil composé d'une lampe amplificatrice haute fréquence suivie d'une détectrice a une portée supérieure de 3 à 400 kilomètres à celle d'un autre appareil constitué par une simple détectrice.

Portée et sensibilité : telles sont les caractéristiques de cette amplification.

Amplification en basse fréquence. — Lorsqu'on veut disposer, à la sortie du récepteur, d'un courant capable de commander avec énergie la membrane de l'écouteur ou du haut-parleur, il convient d'amplifier en basse fréquence.

Ce mode d'amplification agit non plus sur les courants alternatifs transmis par l'antenne, puisque ceux-ci ont été redressés par le système détecteur, mais sur la modulation produite par le microphone, et l'on sait que les variations d'intensité de ce courant continu sont de fréquence musicale (200 à 2 000 pulsations par seconde).

L'amplification basse fréquence influe donc sur la *puissance* de l'audition.



Fig

Suite normale des organes d'un poste récepteur.

A, dispositif d'accord. — HF, amplification haute fréquence. — D, détection. — BF, amplification basse fréquence. — C, casque ou haut-parleur.

Elle est souvent inutile lorsqu'on reçoit au casque, mais devient indispensable dans le cas d'une réception en haut-parleur. Lorsqu'il s'agit d'obtenir une reproduction ultra-puissante (grande salle ou plein air), on doit disposer d'appareils spéciaux que l'on appelle « amplificateurs de puissance ».

La figure 28 donne la représentation schématique d'un récepteur comportant une amplification haute fréquence et une amplification basse fréquence.

Choix d'un appareil récepteur. — Actuellement l'importance du choix d'un appareil est telle que nous croyons devoir développer dans un chapitre spécial les conseils qui figureraient à cette place dans nos précédentes éditions.

NOTIONS TECHNIQUES COMPLÉMENTAIRES

Dans les éditions précédentes de cet ouvrage, la partie théorique était limitée aux notions élémentaires que nous venons d'exposer.

Mais un certain nombre de nos lecteurs ont manifesté le désir d'approfondir davantage les phénomènes de radioélectricité et nous ont demandé d'ajouter à ce premier chapitre, destiné aux débutants, quelques notions techniques qui, sans perdre le caractère de simplicité qui a si largement contribué au succès de notre publication, leur permettraient de connaître les grandes lois qui régissent cette science nouvelle et d'aborder avec une meilleure compréhension la construction, le fonctionnement et le perfectionnement des récepteurs.

C'est avec plaisir que nous faisons droit à leur demande et nous les félicitons vivement de vouloir « gravir un étage » en quittant le terrain du simple « bricolage » pour devenir de véritables amateurs radio-techniciens.

Cette étude méthodique devant s'appuyer sur certaines données d'électricité, nous consacrerons la première partie de ce chapitre à l'exposé de ces notions, ce qui nous permettra de développer plus clairement la seconde partie, consacrée à la T. S. F. proprement dite.

Il ne faut pas oublier, en effet, que la radio n'est qu'un des nombreux chapitres de l'Electricité Générale.

LE COURANT ELECTRIQUE

Nous avons vu précédemment que l'atome, considéré jusqu'alors comme le plus petit élément des corps, est formé d'un noyau central contenant des « ions » (ou protons) autour duquel gravitent des électrons (fig. 18).

Chaque proton représente une charge d'électricité positive ; chaque électron, une charge d'électricité négative. Le nombre des protons, dans l'atome, détermine la nature de la substance.

Dans toute parcelle élémentaire d'un corps, il y a donc deux sortes d'électricités : l'électricité positive, substance mystérieuse qui se confond avec la matière même de l'atome, et l'électricité négative, poussière impalpable qui constitue les minuscules planètes de ce « système solaire ».

CHARGE ÉLECTRIQUE. — Lorsque deux charges se compensent, on dit que l'atome est à l'état neutre.

Si, par un moyen quelconque, on diminue le nombre des électrons, le corps est chargé positivement (signe +) ; si, au contraire, ce nombre augmente, une charge négative apparaît (signe -).

Ainsi, lorsqu'on frotte un bâton de résine avec un chiffon de

laine, les électrons quittent la laine, se rendent sur la résine et lui donnent une charge négative.

Lorsqu'on fait la même opération avec un bâton de verre ce sont les électrons du verre qui passent sur la laine : le bâton se charge positivement et peut attirer des corps légers (bouts de papier, balle de bureau, etc.).

Réalisons cette expérience et approchons le bâton de verre, électrisé positivement, d'une balle de bureau, supposée à l'état neutre (fig. 29-I). Les électrons négatifs de celle-ci viennent s'accumuler sur la partie de la balle la plus proche du verre, tandis que la face opposée se charge positivement, par suite de l'insuffisance d'électrons ; au même instant, une force attractive précipite la balle contre le bâton de verre.

Dès ce contact, les électrons de la balle passent sur le verre pour neutraliser sa charge positive. La balle, dépourvue d'électrons négatifs reste chargée positivement, ainsi d'ailleurs que le verre dont la charge primitive n'a pu entièrement être neutralisée (fig. 29-II).

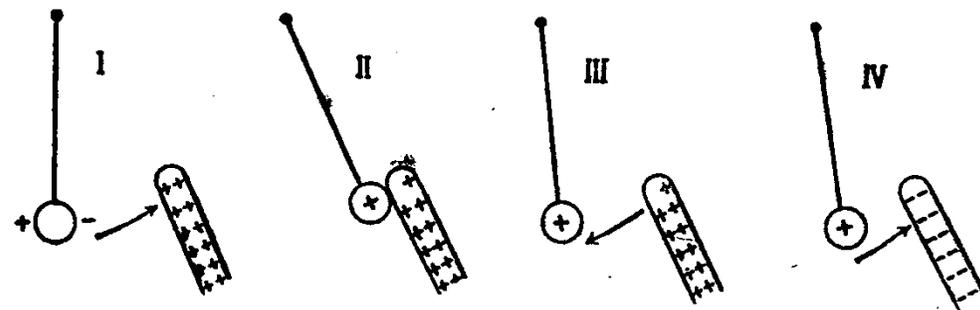


Fig. 29.

Attractions et répulsions mutuelles des charges d'électricité.

La petite sphère de bureau est repoussée et se maintient à la plus grande distance possible du verre (fig. 29-III).

Si, à ce moment, on éloigne le verre et on approche le bâton de résine électrisé négativement (-), la balle (+) est attirée vers la résine (fig. 29-IV).

Nous tirerons de ces expériences la conclusion suivante qui traduit l'une des lois fondamentales de l'Electricité, dite loi de Coulomb : *Deux charges électriques de même nom se repoussent ; deux charges électriques de noms contraires s'attirent* ».

COÛRANT ÉLECTRIQUE. — Supposons maintenant que nous avons pu obtenir un excès d'électrons à l'extrémité N d'un fil de cuivre, et un manque d'électrons à l'autre extrémité P. Nous en déduisons que la première est négative et que la seconde est positive.

Comme les électrons sont nomades par nature, ils passent facilement dans les atomes voisins et les rendent à leur tour négatifs ; ceux-ci agissent de même sur les atomes suivants, jusqu'à ce que

les charges négatives en excès viennent neutraliser les atomes positifs, à l'autre bout du fil. L'équilibre se trouve ainsi rétabli.

Mais si, par un procédé quelconque, on remplace constamment en N, à mesure de leur émigration, les électrons disparus, on crée à travers le fil un « écoulement » continu d'électrons, passant d'atome à atome.

Ce transport interatomique constitue un *courant électrique*.

Comment donc renouveler sans cesse en N la provision d'électrons ?

Une simple pile électrique nous en fournit le moyen.

Plongeons dans une solution d'acide sulfurique une lame de cuivre C et une lame de zinc Z (fig. 30).

L'acide attaquant le zinc produit sur cette plaque un excédent d'électrons, tandis que le phénomène contraire a lieu sur le cuivre.

Si l'on réunit les deux lames par un fil conducteur, les électrons en excès sur le zinc passent d'atome en atome le long du fil et se rendent vers la plaque de cuivre : un courant continu est ainsi établi. Celui-ci se manifestera tant que l'acide attaquera le zinc.

Les explications qui précèdent semblent indiquer que le courant électrique se rend

du — au +, extérieurement à la source. Mais les physiciens sont loin d'être d'accord sur ce point, et l'on a convenu arbitrairement que le courant va du + au —. Nous adopterons donc nous-même ce dernier sens que l'on qualifie de *classique*).

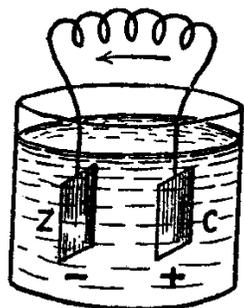


Fig. 30

Pile électrique.

DIFFÉRENCE DE POTENTIEL. — Lorsqu'un conducteur est ainsi traversé par un courant, son équilibre est rompu ; les deux pôles ne sont plus au même « niveau électrique ». L'un contient des électrons en excédent (pôle négatif ou cathode) ; dans l'autre, ce sont les protons qui dominent (pôle positif ou anode).

Scientifiquement, on dit qu'il existe entre eux une différence de potentiel.

On peut donner une image approchée de cette dénivellation créatrice du courant électrique, en réunissant deux entonnoirs par un tube de caoutchouc, l'un étant placé plus haut que l'autre.

Si l'on verse de l'eau dans le premier, un courant s'établira jusqu'à ce que les niveaux se soient égalisés dans les deux récipients, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'ils aient atteint le même plan horizontal.

a) Ses Caractéristiques

PUISSANCE D'UN COURANT. — La puissance d'un courant électrique dépend de deux facteurs : son intensité et sa tension.

Une comparaison hydraulique nous permettra de saisir le sens exact de ces termes. Examinons les deux cuves représentées par la fig. 31. L'orifice de la seconde étant plus grand que celui de la première, le débit, pendant un temps donné, est plus important. On dit encore que l'« intensité » du jet est plus grande.

Semblablement en électricité, l'intensité d'un courant est d'autant plus forte que le diamètre du fil conducteur est plus grand. (Nous ne faisons pas entrer pour le moment en ligne de compte la résistivité des métaux). L'intensité s'exprime en « ampères ». On dit, par exemple, que telle lampe de cinéma, à gros filament, débite 10 ou 15 ampères, tandis que telle lampe de T. S. F., à filament capillaire, a un débit, ou encore une consommation, de 60 à 80 milliampères (millièmes d'ampère).

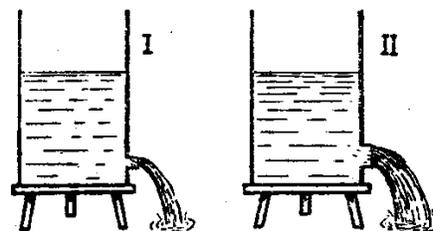


Fig. 31

Intensité d'un courant
I. Petite ouverture : faible débit.
II. Gde ouverture : débit important.

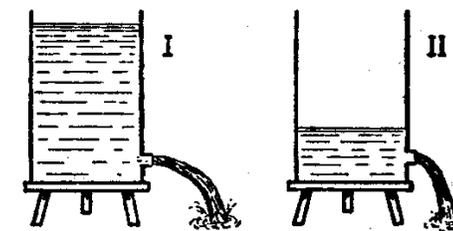


Fig. 32

Pression d'un courant.
I. Niveau élevé : grande pression.
II. Niveau bas : pression réduite.

Considérons maintenant les cuves de la fig. 32. Bien que leurs orifices soient de même diamètre, les jets ne sont pas identiques, car la différence de hauteur entre le niveau supérieur du liquide et le plan d'écoulement n'est pas la même. La pression est d'autant plus grande que cette différence est plus accentuée.

Par analogie, dans un circuit électrique, la pression, ou pour parler plus scientifiquement, la « tension » résulte de la différence de potentiel (niveau électrique) qui existe entre les deux pôles de la source. Cette tension s'exprime en « volts ». On dira ainsi qu'un accumulateur de T. S. F. a une tension de 4 volts ; que la batterie de plaque mesure 80 volts ; que les lignes de haute tension, qui transportent le courant alternatif à longue distance, possèdent des différences de potentiel de 10.000 à 100.000 volts et au-delà.

Les deux caractéristiques que nous venons d'étudier permettent de calculer la puissance d'un courant électrique : leur résultante est le produit de l'intensité (en ampères) par la tension (en volts) ; elle s'exprime en « watts ». Ainsi, un courant de 10 ampères sous 100 volts a une puissance de 1.000 watts ou d'un kilowatt.

RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE. — Lorsqu'un courant électrique parcourt un circuit, le fil conducteur oppose une certaine résistance au pas-

sage des électrons et le frottement des corpuscules contre la structure spongieuse du métal absorbe une certaine partie de l'énergie qui se disperse en chaleur : ce phénomène constitue la « résistance électrique » du circuit.

La valeur de cette résistance varie selon le diamètre et le degré de conductibilité du fil employé. Voici une liste de métaux classés par ordre de résistivité croissante : argent, cuivre, bronze, or, aluminium, laiton, platine, fer, nickel, étain, acier, plomb, ferromnickel.

La résistance du circuit n'est d'ailleurs pas la seule qui intervienne, car on utilise rarement toute la puissance d'un courant. On intercale couramment des résistances supplémentaires appropriées aux besoins d'utilisation.

Les résistances de faible valeur s'expriment en « ohms » ; les fortes résistances en « mégohms » (un million d'ohms).

L'ohm est la résistance que l'on doit intercaler dans un circuit parcouru par un courant de 1 ampère pour provoquer une chute de tension de 1 volt.

La loi d'Ohm nous donne les différentes relations qui lient ces trois unités de mesure.

LOI D'OHM. — Revenons aux vases communicants auxquels nous avons fait allusion antérieurement. Ceux-ci sont schématisés à la fig. 33. Nous nous rendons compte maintenant que plus la différence de niveau *ab*

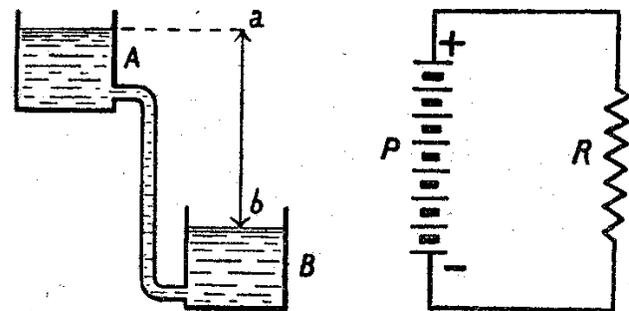


Fig. 33.

Deux vases communicants peuvent être comparés à un circuit électrique.

sera grande, plus la pression de l'eau sera forte et plus le courant sera important.

D'autre part, plus le tuyau de communication sera de grand diamètre, moins il opposera de résistance à l'écoulement.

Comparativement, le courant électrique produit par la pile *P* sera d'autant plus puissant

que la différence de potentiel entre + et - sera plus élevée et que la résistance du fil conducteur représentée par *R* sera moins importante.

La loi d'Ohm formule ainsi ces constatations : « L'intensité d'un courant *I* (exprimée en ampères) est égale à la différence de potentiel *E* (en volts) divisée par la résistance du conducteur *R* (en ohms) » :

$$I = E : R$$

D'autre part, en multipliant les deux termes de l'égalité ci-dessus par *R*, on obtient l'expression suivante :

$$E = I \times R$$

ce qui revient à dire que la différence de potentiel *E* produite aux

extrémités d'une résistance *R*, par le passage d'un courant d'intensité *I*, est égale au produit de la résistance par l'intensité du courant.

Enfin, en divisant les deux termes par *I*, nous avons :

$$R = E : I$$

ce qui signifie que la résistance est égale à la tension divisée par l'intensité du courant.

Prenons un exemple numérique en application de la première formule : quelle est l'intensité d'un courant de 110 volts traversant une résistance de 440 ohms ?

$$I = E : R = 110 : 440 = 0.25 \text{ A ou } 250 \text{ milliampères.}$$

Nous avons dit qu'en T.S.F. la résistance propre du circuit n'est pas seule à intervenir : on utilise comme résistances supplémentaires des enroulements ou bâtonnets d'aggloméré, de valeurs bien définies, qui créent les chutes de tension nécessaires.

Il nous faut ajouter à cela la résistance intérieure des sources d'électricité. Cette résistance est presque nulle dans les accumulateurs ; mais elle atteint 2 ohms par élément dans les batteries de piles sèches et peut aller jusqu'à 100 ohms par suite du vieillissement de celles-ci.

Résistances multiples. — Lorsque plusieurs résistances sont placées en série (fig. 34), la résistance totale est égale à la somme de chacune d'elles. Ainsi, si $r_1 = 20$ ohms et $r_2 = 10$ ohms, nous obtiendrons : $R = 20 + 10 = 30$ ohms.

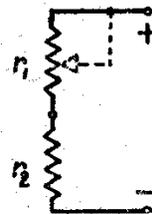


Fig. 34.

Résistances en série.

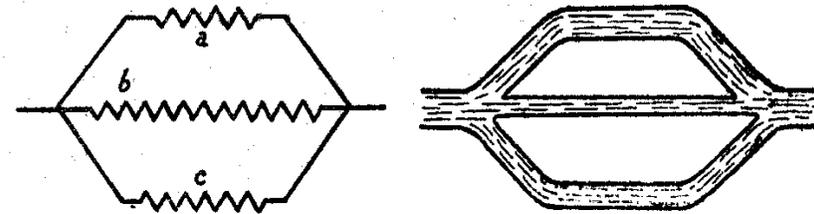


Fig. 35.

Résistances en parallèle avec analogie hydraulique.

Lorsqu'elles sont placées en parallèle ou en dérivation (fig. 35), leur action se contrarie au lieu de s'ajouter ; on conçoit que le courant passe plus facilement que dans une seule et que la résistance totale est inférieure à la valeur de l'une d'entre elles. Ainsi, un ensemble de trois résistances *a*, *c*, *b*, de 6, 10 et 15 ohms agit comme une résistance unique de 3 ohms.

Loi de Kirchoff. — L'intensité du courant dans chaque dérivation sera d'autant plus grande que la résistance propre de cette dérivation sera moins forte, ce qui revient à dire, en hydraulique, que le débit sera d'autant plus grand que la branche sera plus large.

Si, par exemple, un accumulateur de 4 volts débite sur deux résistances en parallèle de 10 et 16 ohms, l'intensité du courant *I*

sera, selon la loi d'Ohm, dans la première, $4 : 10 = 0.400$ ampères, et dans la seconde $4 : 16 = 0.250$ A ou 250 millis.

La loi de Kirchoff résume ainsi ces constatations : *les intensités du courant dans les branches d'une dérivation sont inversement proportionnelles aux résistances de ces branches.*

Potentiomètres. — Dans certains cas, il est nécessaire de pouvoir faire varier la valeur d'une ou plusieurs résistances. On peut obtenir ce résultat en faisant déplacer un curseur sur l'enroulement résistif (pointillé de la fig. 34). C'est la méthode dite potentiométrique.

b) Ses effets

Les effets du courant électrique sont multiples :

1° **Effets lumineux** : le filament d'une lampe d'éclairage devient incandescent lorsqu'il est porté à une température convenable par le courant qui le traverse (fig. 36) ;

2° **Effets magnétiques** : l'aiguille d'une boussole ou d'un galvanomètre dévie quand elle est placée à proximité d'un courant (fig. 37) ;

3° **Effets chimiques** : un certain nombre de liquides subissent une décomposition chimique lorsqu'ils sont traversés par un courant électrique (phénomène d'électrolyse) (fig. 38) ;



Fig. 36.
Eclairage
par incandescence



Fig. 37.
Déviation d'une
aiguille aimantée

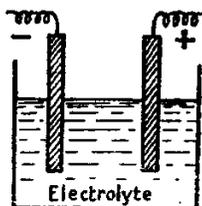


Fig. 38.
Electrolyse
d'une solution

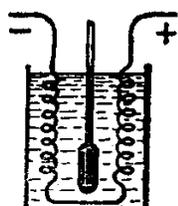


Fig. 39.
Echauffement
d'un liquide

4° **Effets calorifiques** : un fil métallique plongé dans un calorimètre augmente la température du liquide, ainsi que l'accuse le thermomètre témoin (fig. 39). Ce dernier effet a des applications particulièrement importantes dans la plupart des domaines industriels.

Loi de Joule. — Le physicien Joule a établi la formule suivante pour calculer la quantité de chaleur W en fonction de la résistance R en ohms du conducteur, et de l'intensité I (en ampères) en une seconde

$$W = RI^2$$

La même formule pour un certain nombre de secondes t devient RI^2t , et la loi peut s'énoncer ainsi : *la quantité de chaleur dégagée*

est proportionnelle à la résistance du conducteur, au carré de l'intensité du courant et au temps de passage de celui-ci.

W s'exprime en joules. Le joule est l'unité d'énergie ; il vaut 0.24 calorie. Quant au *calorie*, qui est l'unité de quantité de chaleur, il est égal à la chaleur nécessaire pour augmenter d'un degré la température d'un gramme d'eau.

Fusibles. — L'effet thermique du courant électrique trouve une application intéressante dans la protection des postes de T.S.F., ainsi d'ailleurs que des immeubles pourvus d'installations électriques, contre les manipulations imprudentes et les court-circuits.

Lorsque, par suite d'un contact indésirable ou l'usure d'un isolant, la principale résistance du circuit disparaît, l'intensité du courant augmente d'une façon considérable, les conducteurs s'échauffent, les isolants prennent feu et peuvent provoquer un incendie.

Si l'on a soin d'intercaler à l'entrée du circuit un « fusible » calculé de telle sorte qu'il fonde et interrompe le courant, lorsque celui-ci atteint une certaine intensité, tout danger de sinistre est écarté.

On utilise généralement des alliages de plomb et d'étain, qui peuvent fondre à basse température. Voici les principaux diamètres à employer avec des fusibles de 25 mm. de longueur, pour des intensités de 1 à 10 ampères : 1 amp. (0.2 mm) ; 3 amp. (0.4) ; 6 amp. (0.6) ; 8 amp. (0.8) ; 10 amp. (1 mm.).

c) Sa production

Les sources d'énergie électrique peuvent se classer en deux catégories : d'une part, les piles et accumulateurs ; d'autre part, les machines magnéto et dynamo-électriques.

PILES. — Nous avons décrit précédemment un genre de pile, connue sous le nom de pile de Volta et nous avons dit que ces appareils transforment l'énergie chimique en courant électrique.

Lorsque les deux électrodes ne sont pas reliées par un fil (circuit ouvert), aucun phénomène ne se produit, le rôle de la force électromotrice se bornant à maintenir constante la différence de potentiel qui existe entre elles.

Si l'on ferme le circuit, en réunissant les deux pôles, un courant d'électrons se produit et s'accompagne de phénomènes d'électrolyse : on remarque un dégagement d'hydrogène sur le cuivre, et le zinc se transforme en sulfate de zinc (SO_4Zn).

Polarisation. — Toutefois, ces réactions ne se produisent que pendant un temps relativement court, l'hydrogène formant une gaine isolante autour du cuivre qui perd peu à peu tout contact avec l'électrolyte (eau acidulée) : on dit que la pile est polarisée.

Dans les piles commerciales, on évite cette polarisation en plaçant autour de l'électrode positive une substance avide d'hydrogène, c'est-

autour de l'électrode positive une substance avide d'hydrogène, c'est-à-dire dépolarisante.

La pile Leclanché est le type le plus répandu des piles industrielles (fig. 40). Elle comprend un bâtonnet de charbon B placé au centre d'un cylindre poreux P contenant du bioxyde de manganèse (80 o/o) et de la poudre de charbon (20 o/o) (substances dépolarisantes), un bâtonnet ou un cylindre de zinc Z (électrode négative), et une solution de chlorhydrate d'ammoniaque.

Cette pile a une force électromotrice de 1.5 volt.

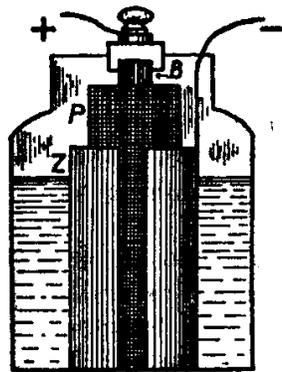


Fig. 40.
Pile Leclanché
au sel ammoniac

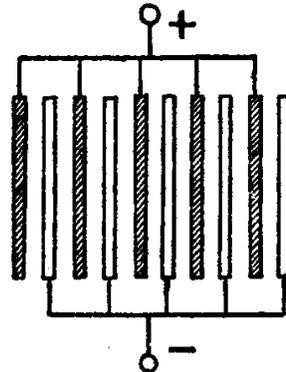


Fig. 41.
Schéma d'un élément
d'accumulateur

ACCUMULATEURS. — Un accumulateur n'est autre chose qu'une pile réversible, c'est-à-dire capable de restituer en partie le courant de charge qu'elle a emmagasiné.

Principe. — Dans un vase contenant de l'eau légèrement acidulée, plaçons deux lames de plomb que nous relions aux deux pôles d'une source électrique : un courant s'établit et donne naissance, d'une part, à un dégagement d'oxygène le long de la lame positive (anode), d'autre part, à un dégagement d'hydrogène le long de la lame négative (cathode) ; de plus, la première s'oxyde et se transforme en bioxyde de plomb.

Au bout d'un certain temps, ces électrodes sont polarisées ; mais la polarisation, si gênante lorsqu'il s'agit de piles, constitue le principe même des accumulateurs.

Si à ce moment, en effet, on éloigne la source d'électricité qui a chargé les lames et on réunit celles-ci par un fil extérieur, un courant inverse au premier prend naissance et ne cesse que lorsque cette dépolarisation a disparu : c'est le courant de décharge ou d'utilisation.

Pour obtenir un courant de décharge suffisamment puissant, il faut disposer d'électrodes à surface poreuse, permettant une polarisation énergique. La mousse de platine, en particulier, favorise la condensation des gaz de l'électrolyse.

La force électromotrice d'un élément d'accumulateur chargé à bloc est de 2.5 volts ; mais elle tombe assez vite à 2 volts, lorsque

l'appareil débite. Une batterie de T.S.F. de 4 volts est donc constituée par deux éléments.

La quantité d'électricité (évaluée en ampères-heure) qu'un accumulateur peut restituer à la décharge est ce qu'on appelle sa *capacité*.

On admet, en général, qu'un accumulateur a une capacité égale à dix fois le poids de ses plaques. Un élément de 3 kilogr. présenterait donc une capacité d'environ 30 Ah (ampères-heure).

La fig. 41 schématise la constitution d'un élément d'accumulateur. Ainsi qu'on peut s'en rendre compte, chaque groupe de plaques est relié à un pôle de l'appareil.

Nous ne nous étendons pas davantage sur cette question, nous réservant de parler plus longuement de ces sources d'électricité dans le chapitre « Alimentation des récepteurs ».

Groupement des générateurs. — Lorsque la tension ou l'intensité d'un courant produit par un générateur sont insuffisantes pour obtenir la puissance désirée (par exemple, en T.S.F. : chauffage, haute tension ou polarisation), on peut grouper les piles ou accumulateurs de façon à obtenir le voltage ou l'ampérage convenables.

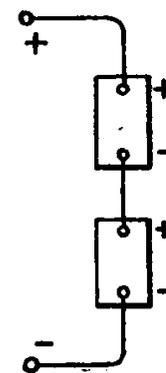


Fig. 42.
Groupement
en série

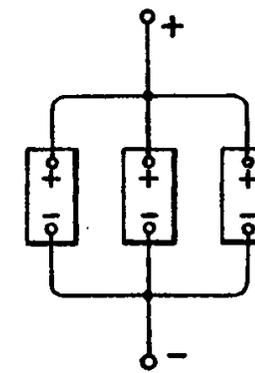


Fig. 43.
Groupement
en parallèle

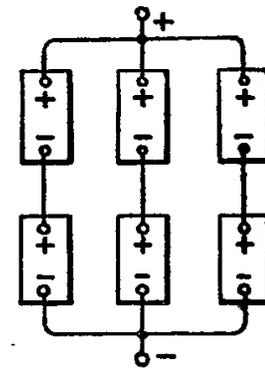


Fig. 44.
Groupement en
série-parallèle

Groupement en série. — Ce groupement augmente le voltage (tension) ; on l'obtient en réunissant le pôle positif de chaque générateur au pôle négatif de l'élément suivant (fig. 42). Ainsi deux piles de 40 volts mises en série donnent 80 volts.

Groupement en parallèle. — La mise en parallèle augmente l'intensité (débit) sans influencer sur le voltage ; on la réalise en réunissant entre eux les pôles de même signe (fig. 43). Trois piles de 40 volts débitant chacune 10 milliampères, peuvent fournir 30 millis lorsqu'elles sont mises en parallèle.

Groupement mixte. — Le groupement série-parallèle est une combinaison des deux précédents : il accroît à la fois le voltage et le débit du courant. La fig. 44 représente trois piles en parallèle, mises en série avec un groupement semblable. Si chaque pile débite 10 mil-

lis sous 40 volts, on obtiendra un courant de 30 millis sous 80 volts.

Ces groupements peuvent également se réaliser avec les accumulateurs de chauffage et les piles de poche.

d) Sa condensation

Nous avons étudié jusqu' alors les propriétés de l'électricité « en mouvement » ou, comme disent les physiciens, de l'électricité dynamique. Il nous reste à dire quelques mots de l'électricité en état d'équilibre (Electrostatique), à laquelle nous avons fait une discrète allusion en parlant du bâton de verre électrisé par frottement.

Examinons donc ce qui se passe lorsque nous « coupons » le courant d'une batterie. Si les fils conducteurs restent en présence, mais sans contact, les électrons de la source s'accumulent à l'extrémité du fil négatif et, agissant à distance sur le fil positif, repoussent ses électrons vers le (+) de la batterie.

Ainsi, bien qu'il n'y ait aucun courant, un appel d'électrons se produit à l'extrémité du fil négatif et une raréfaction dans l'autre.

Cette accumulation peut être considérablement accrue si l'on augmente les surfaces en présence : en disposant, par exemple, une plaque métallique à l'extrémité de chaque conducteur (fig. 45).

CONDENSATEURS. — Un tel dispositif prend le nom de *condensateur*. Les plaques métalliques s'appellent *armatures* et la substance isolante qui les sépare (ici l'air) se nomme *diélectrique*.

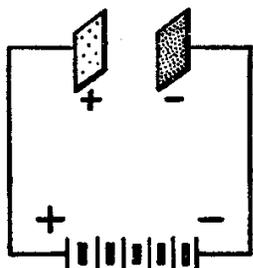


Fig. 45.

Charge d'un condensateur

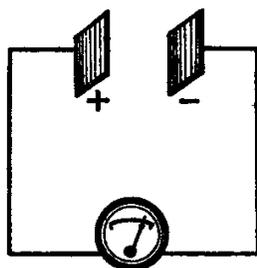


Fig. 46

Courant de décharge

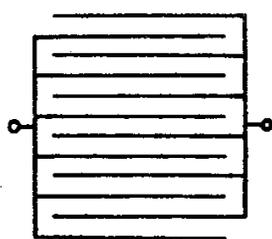


Fig. 47.

Condensateur schématisé

Lorsque le déplacement des électrons cesse, on dit que le condensateur est *chargé*. Il a atteint sa capacité maxima.

Si, à ce moment, on enlève la batterie ou la pile, on constate qu'il existe une différence de potentiel entre les deux pôles du condensateur. En réunissant alors les extrémités libres, on constate l'existence d'un courant de courte durée, qui peut être décelé par un galvanomètre (fig. 46). Ce courant cessera lorsque les charges d'électrons se seront égalisées dans les deux armatures : c'est le courant de *décharge*.

La *capacité* d'un condensateur dépend de la surface et du nombre

des lames en présence, de leur rapprochement, de la nature du diélectrique (air, papier paraffiné, mica, verre, etc.).

Elle s'exprime en *farads*. Comme cette unité est beaucoup trop grande (elle représente la capacité de deux plaques métalliques ayant une surface de 1.150.000^{m2} séparées par une couche d'air d'un centimètre), on se sert habituellement de son sous-multiple, le microfarad (millionième partie du farad).

Certains constructeurs expriment les capacités en centimètres. Nos lecteurs pourront facilement en faire la conversion, sachant que 900 centimètres équivalent à 1 microfarad.

Couplage des condensateurs. — Ces organes peuvent être, eux aussi, couplés en parallèle ou en série. Dans le premier cas, la capacité totale est égale à la somme des capacités couplées. Dans le second, elle est inférieure à celle d'un condensateur pris isolément. Ainsi deux condensateurs de 4 millièmes de microfarad, mis en série, donnent une capacité résultante de 2 millièmes seulement.

Nous reviendrons ultérieurement sur ces organes et parlerons de leur utilisation en T.S.F.

MAGNETISME

Le magnétisme n'est pas étranger à la T.S.F., car les ondes transmises à distance par les postes d'émission ne sont autres que des ondes électromagnétiques.

AIMANTS NATURELS. — Ce chapitre des sciences physiques étudie les propriétés des aimants.

On trouve les aimants naturels sous forme d'un minéral de fer appelé oxyde magnétique de fer.

Si l'on suspend un barreau aimanté par son point milieu, il prend lui-même la direction nord-sud. L'une des extrémités porte le nom de *pôle nord*, et l'autre, celui de *pôle sud* (fig. 48). Depuis

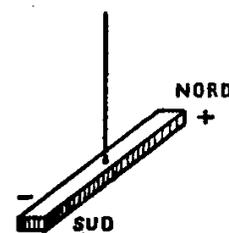


Fig. 48

Orientation d'un barreau aimanté

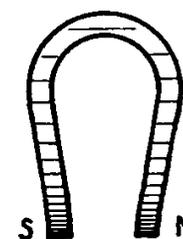


Fig. 49

Aimant en fer à cheval

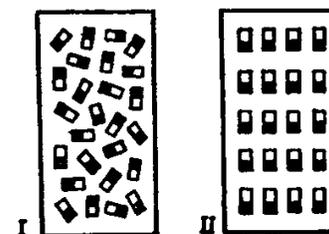


Fig. 50

Mécanisme de l'aimantation par influence.

des siècles, cette propriété est utilisée pour la confection des boussoles.

On donne généralement aux aimants la forme d'un fer à cheval (fig. 49). Si l'on coupe en deux l'un de ceux-ci, on obtient deux aimants distincts ayant les mêmes propriétés que le premier. Il en est de même si l'on divise chaque morceau en fragments de plus en plus petits. On est donc amené à conclure que chaque parcelle d'oxyde magnétique est un aimant complet possédant les deux pôles.

Dans le premier chapitre de cet ouvrage, nous avons dit que l'aimant envoie autour de lui des radiations, de véritables lignes de force dont l'ensemble constitue son *champ magnétique*.

Aimantation par influence. — Si nous plaçons un barreau de fer doux dans ce champ magnétique, le métal s'aimante. Si on supprime le champ, l'aimantation disparaît au moindre choc.

Un barreau d'acier exige un champ plus puissant pour acquérir les mêmes propriétés ; mais il conserve une partie de son aimantation après la disparition de celui-ci.

Ce phénomène s'explique ainsi : le fer et l'acier seraient constitués par une infinité de petits aimants élémentaires disposés en désordre dans la masse du métal (fig. 50-I) ; l'approche d'un champ magnétique oriente ces aimants dans le même sens et communique au métal les propriétés de l'aimant (fig. 50-II).

Toutefois, les aimants élémentaires de l'acier sont moins mobiles que ceux du fer ; ils exigent un flux plus puissant pour s'orienter ; mais, une fois dirigés dans le même sens, ils conservent assez longtemps cette disposition.

ELECTROMAGNÉTISME. — L'aimant n'est pas seul à pouvoir créer autour de lui un champ magnétique. Si l'on place une aiguille aimantée au voisinage d'un courant, celle-ci subit une déviation : on doit donc conclure que le courant électrique, comme l'aimant, est créateur de lignes de force.

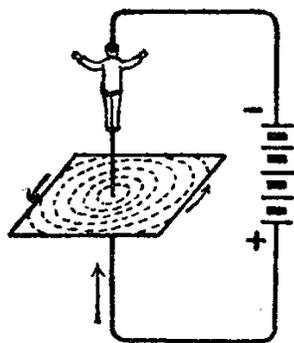


Fig. 51

Expérience d'Ampère

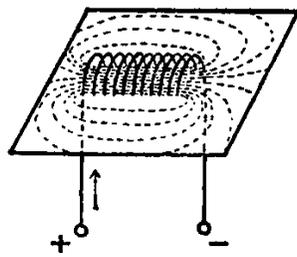


Fig. 52

Champ d'une bobine

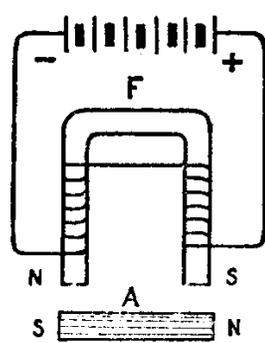


Fig. 53

Electro-aimant

Ampère a démontré que, pour un observateur placé dans le sens du courant, le pôle nord de l'aimant est dévié vers sa gauche. L'aiguille aimantée se mettrait donc « en croix » avec le fil conducteur.

On peut mettre en évidence l'action du champ magnétique d'un courant assez puissant en utilisant la limaille de fer, comme nous l'avons fait pour l'aimant naturel (fig. 51).

Quant au sens de ce champ, il est déterminé par la règle de Maxwell, dite règle du tire-bouchon : si l'on visse un tire-bouchon dans le sens du courant électrique, les lignes du champ magnétique tournent dans le même sens que la poignée du tire-bouchon. Les flèches de la fig. 51 indiquent le sens du courant et du champ.

Disons enfin que l'unité de flux est le « maxwell », représenté par une ligne de force. L'intensité s'exprime en « gauss » : le gauss a la valeur d'une ligne de force traversant une surface de 1 centimètre carré.

Solénoïdes. — Lorsque le circuit électrique est constitué, non plus par une seule spire, mais par une bobine, les champs magnétiques créés par chaque spire s'ajoutent l'un à l'autre et les lignes de force se ferment à l'intérieur de l'enroulement (fig. 52). Une telle bobine est appelée solénoïde et possède toutes les propriétés des aimants.

On a utilisé celles-ci pour la réalisation d'électro-aimants.

Electro-aimants. — Ces appareils sont constitués par un noyau de fer doux F généralement recourbé en fer à cheval et entouré à chacune de ses extrémités d'une bobine de fil isolé ; les deux enroulements sont reliés entre eux (fig. 53).

Lorsque le courant passe, le fer est aimanté : il peut alors attirer une armature métallique A. L'aimantation cesse dès que le courant est interrompu.

L'électro-aimant trouve des applications dans un grand nombre d'appareils électriques : sonneries, télégraphe, téléphone, relais, etc., et dans la bobine d'induction dont nous allons parler.

Hystérésis. — Lorsque le courant est interrompu dans un électro-aimant, la désaimantation n'est pas intégrale : il reste une aimantation résiduelle. Cette force rémanente oppose une certaine résistance à la réaimantation du noyau ; elle est due au mouvement intense des molécules prenant et perdant alternativement leur orientation.

Il en résulte que les variations du champ magnétique du noyau sont toujours plus ou moins en retard sur les variations du champ du solénoïde. Ce phénomène porte le nom d'*hystérésis magnétique*.

Cette résistance opposée à la désaimantation provoque une perte d'énergie qui se transforme en chaleur.

Dans les machines électriques présentant un champ en perpétuelle variation (alternateurs, par exemple), il faut réduire au minimum cette perte d'énergie. On utilisera de préférence le fer doux.

Induction électromagnétique.

Lorsque nous avons parlé du poste émetteur, nous avons indiqué comment Faraday parvint à créer un courant dans un circuit B placé à quelque distance d'un autre circuit A à champ magnétique variable.

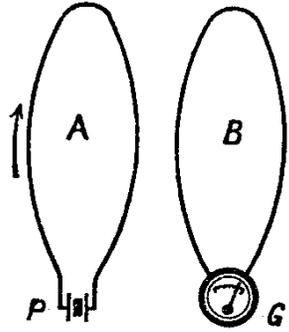


Fig. 54

A. — Circuit inducteur
B. — Circuit induit.

Ce dernier se nomme circuit *inducteur* ; l'autre, circuit *induit*.

La force électromotrice induite est d'autant plus puissante, avons-nous dit, que la source électrique est plus importante et la fréquence du courant plus élevée.

A chaque fermeture du circuit, l'aiguille du galvanomètre dévie dans un sens ; elle reste immobile pendant l'écoulement du courant continu, et dévie dans l'autre sens, au moment de la rupture.

Nous allons expliquer ces constatations qui ont une importance toute particulière en T.S.F.

LOI DE LENZ. — Le physicien Lenz a énoncé la loi générale suivante qui régit tous les phénomènes d'induction : « *Le courant induit qui prend naissance tend toujours à s'opposer à la variation du flux qui le produit.* »

Pour la bonne compréhension de cette loi et la recherche du sens des courants induits, traçons en A (fig. 55) la courbe des variations du courant inducteur A (fig. 54) dans ses diverses phases.

Lors de la fermeture du circuit, le courant, qui était nul, atteint rapidement son maximum (portion *ab*) : les études précédentes nous permettent d'affirmer qu'il y a création d'un champ magnétique.

Le courant reste ensuite constant pendant un temps plus ou moins long, selon la rapidité des interruptions (portion *bc*) : ici, aucune variation du champ.

Au moment de la rupture, l'intensité tombe rapidement du maximum à zéro (portion *cd*) : diminution et suppression du champ magnétique.

Voyons maintenant ce qui se produit en B (fig. 54 et 55).

Lorsque le champ magnétique se crée et augmente en A, un courant induit prend naissance en B et, selon la loi de Lenz, tend à s'opposer à l'existence de ce champ ; il faut donc qu'il ait un sens contraire au flux

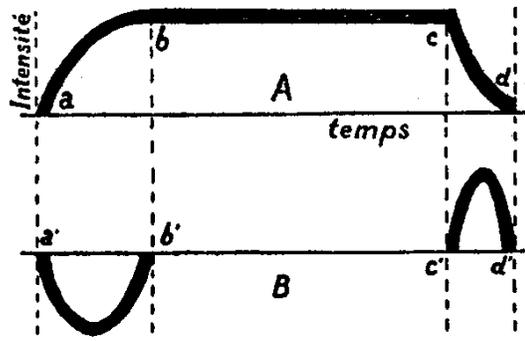


Fig. 55.

A. — Variations du courant inducteur.
B. — Variations du courant induit.

inducteur représenté par la flèche à la fig. 54. Nous représentons ce courant inverse par la boucle *a'b'* placée au-dessous de la ligne de base.

Le champ magnétique restant ensuite stationnaire, aucun courant induit ne se produira dans l'espace *b'c'*.

Au moment de la rupture, le flux diminue. Un nouveau courant induit prend naissance et tend à s'opposer à cette diminution : on conçoit, dans ce cas, qu'il doit être de même sens que celui de A ; ce que nous schématisons par la boucle *c'd'*.

Ainsi donc, au moment de la fermeture, on observe un courant induit *inverse* et, au moment de la rupture, un courant induit *direct* : c'est bien ce qu'avait accusé l'aiguille du galvanomètre G.

Courants de Foucault. — Des courants induits prennent naissance dans toute masse métallique soumise à des variations de flux ; ils tendent à s'opposer au phénomène qui les produit, échauffent la masse et constituent une perte d'énergie appréciable.

On diminue leur importance en constituant la carcasse métallique par des feuilletés ou des faisceaux de fil de fer isolés les uns des autres. Cette précaution s'impose, en particulier, dans la confection des transformateurs.

Self-Induction

Lorsqu'une bobine est parcourue par un courant électrique, le champ magnétique qu'elle produit n'agit pas seulement sur les circuits extérieurs, mais aussi sur la bobine même qui le crée.

Quand le courant prend naissance, le champ magnétique provoque dans les spires un flux en sens contraire qui s'oppose, pour ainsi dire, au passage du courant de la pile. Le courant inverse prend le nom d'*extra-courant de fermeture*.

Inversement, lorsqu'on interrompt le courant de la pile, la suppression du flux produit dans le circuit un *extra-courant de rupture*, mais, cette fois, de même sens que le courant qu'on supprime.

Il a pour effet de renforcer momentanément le courant primitif, ce qui se traduit généralement par une étincelle à l'interrupteur.

Les effets d'induction d'un courant sur lui-même sont appelés phénomènes de self-induction. Ceux-ci jouent un rôle capital dans les courants alternatifs.

La self-induction produit, à la fermeture, le même effet qu'une augmentation de résistance et, à la rupture, celui d'une diminution de résistance.

Ces courants sont à peu près nuls sur un fil rectiligne. Dans un circuit muni d'une bobine, la « self » se trouve presque entièrement localisée à l'intérieur de l'enroulement (fig. 56) ;

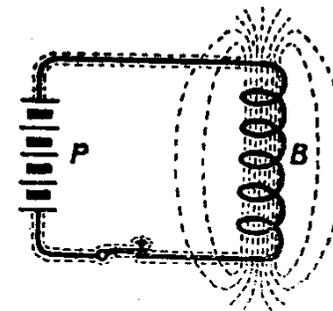


Fig. 56.

Phénomènes de self-induction.

enfin, ils augmentent considérablement d'intensité lorsque la bobine contient un noyau de fer doux.

Le coefficient de self-induction s'exprime en *henrys*. Cette unité a pour sous-multiples le millihenry (millième) et le microhenry (millionième partie du henry). Une bobine a une self-induction de 1 henry, quand un courant de 1 ampère la traversant produit l'unité de flux.

Les amateurs de calculs pourront trouver eux-mêmes la « self » d'un nid d'abeille (bobine la plus fréquemment employée) en appliquant la formule du Japonais Nagaoka

$$L^2 = N^2 a^2 : (18.5 a + 31 b + 35 c) \text{ microhenrys,}$$

dans laquelle N est le nombre de tours, a le rayon moyen, c la hauteur de la bobine et b son épaisseur (a , b et c étant exprimés en centimètres).

Induction mutuelle. — En terminant ce chapitre, il nous reste à dire un mot sur l'influence mutuelle de deux bobinages placés à proximité l'un de l'autre.

Si le sens du champ magnétique de ces enroulements coïncide (cas de deux selfs placées parallèlement sur le même axe), leur self-induction commune est plus grande que la somme de leurs coefficients de self-induction propre. Le coefficient peut être positif ou négatif, selon que les bobinages sont faits dans le même sens ou en sens inverse.

Lorsque les sens des champs magnétiques sont perpendiculaires (cas d'une bobine placée horizontalement à côté d'une autre verticalement), l'action réciproque est à peu près nulle.

On trouve une application intéressante de ce principe dans le *variomètre*, où le coefficient d'induction mutuelle peut passer de zéro au maximum par rotation d'une bobine à l'intérieur ou à proximité d'une autre bobine fixe.

COURANT ALTERNATIF

Nous n'avons envisagé jusqu'alors que le courant électrique continu, semblable à un filet d'eau coulant toujours dans le même sens.

Nous allons maintenant porter notre attention sur un courant de nature différente, le courant alternatif, ainsi appelé parce qu'il change périodiquement de direction. Ici, les électrons vont et viennent dans le circuit conducteur d'une façon ininterrompue et à des intervalles de temps égaux.

a) Ses Caractéristiques

Dans tout courant alternatif, on distingue :

La *période* : temps pendant lequel les électrons effectuent un aller et retour complet.

La *fréquence* : nombre de périodes par seconde ;

L'*amplitude* : puissance maxima du courant.

Pour avoir une idée assez précise du courant alternatif, faisons une comparaison hydraulique (fig. 57).

Considérons les deux vases communicants A et B qui peuvent être portés alternativement plus haut l'un que l'autre. Quand A commence à monter, le courant va vers B. Mais à peine cette direction est-elle prise que B remonte à son tour et qu'un courant de sens opposé s'établit. Entre ces deux mouvements, il existe un instant où la circulation est arrêtée dans le tuyau : c'est au moment où les deux vases sont sur le même niveau horizontal.

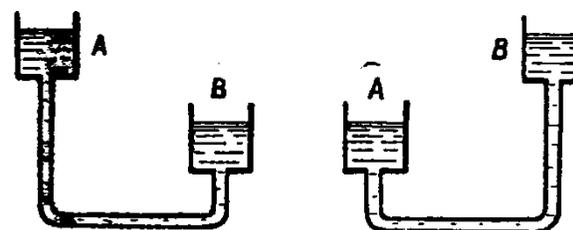


Fig. 57.
Réalisation d'un
courant alternatif hydraulique

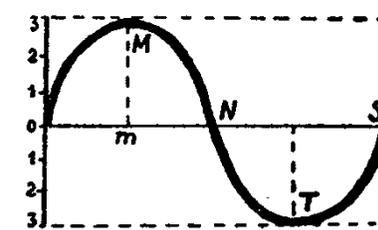


Fig. 58.
Représentation graphique
d'un courant alternatif.

Il est évident que le courant est d'autant plus intense que la différence de niveau des deux récipients est plus accentuée. De même en électricité, le courant sera d'autant plus puissant que la différence de potentiel (de tension) sera plus marquée.

On représente graphiquement le courant alternatif par la courbe de la fig. 58. L'intensité en ampères (ou en milliampères, selon le cas), est indiquée sur la ligne verticale ; la ligne horizontale marque le temps.

L'intensité 0 correspond au moment où les vases sont sur le même plan. Le courant s'accroît ensuite dans un sens, pour atteindre sa puissance maxima au point M ; puis il décroît, redevient nul en N et prend insensiblement la même intensité dans le sens négatif. La ligne Mm indique l'intensité maxima du courant.

La portion OS représente une période. Chaque période comprend deux alternances.

La fréquence des courants alternatifs est très variable ; elle s'étend de 25 ou 50 périodes (distribution d'énergie et d'éclairage) à 30 000 000 et plus (courants de très haute fréquence utilisés en radio)

De même que pour le courant continu, la tension du courant alternatif s'exprime en volts, l'intensité en ampères, et sa puissance réelle en watts.

b) Sa production

Nous avons dit précédemment que pour obtenir un courant électrique continu, on utilisait des piles et des accumulateurs. Mais ces appareils ne peuvent fournir qu'un courant de faible intensité.

Pour créer une énergie électrique de grande puissance, on se sert industriellement de machines *génératrices*. Celles-ci peuvent être à courant continu ou à courant alternatif. Notons que dans ces deux catégories, le courant produit est toujours alternatif ; il est ensuite *redressé*, grâce à un dispositif spécial, dans les machines à courant continu.

Voici le principe de la production du courant alternatif. Plaçons entre les pôles d'un puissant aimant un fil F plié en rectangle (fig. 59). Il se trouve ainsi dans un champ magnétique très intense.

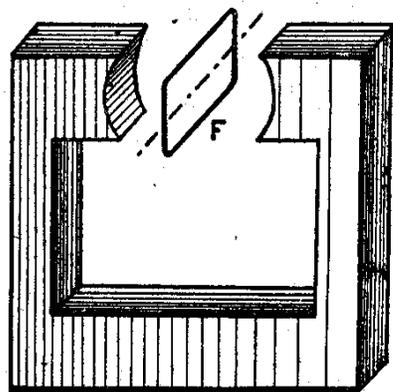


Fig. 59.

Création théorique d'une tension alternative.

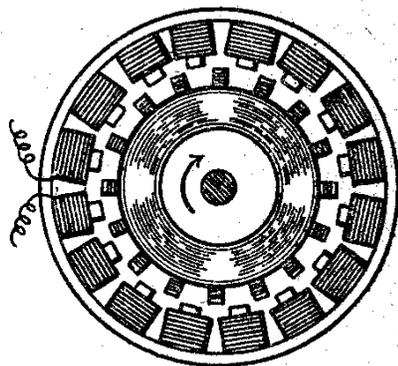


Fig. 60.

Production industrielle du courant alternatif.

Si nous faisons tourner cette spire autour de son axe, figuré en pointillé, il se produit une force électromotrice qui donnera naissance à un courant induit.

En effet, dans la position verticale, la spire rectangulaire est traversée par le plus grand nombre de lignes magnétiques ; puis, celles-ci diminuent d'intensité et deviennent presque nulles, lorsque le cadre occupe la position horizontale : à ce moment, en vertu de la loi de Lenz, la force électromotrice est maxima.

Le phénomène inverse se produira lorsque la spire, continuant sa course, quittera la position horizontale.

Ainsi donc, tout se passe comme si le champ magnétique était en perpétuelle variation. Or, nous avons dit que toute variation d'un champ magnétique déterminait un courant alternatif dans le circuit induit.

La spire est donc parcourue par un courant alternatif. Mais on se

rend compte que ce courant est relativement faible et ne peut avoir une fréquence bien élevée. Aussi, dans la pratique, utilise-t-on des variantes perfectionnées de ce générateur.

ALTERNATEURS. — L'aimant est remplacé par une série d'électro-aimants, formant l'inducteur, dont la puissance peut être très grande et dont le grand nombre de pôles permet d'obtenir une fréquence beaucoup plus élevée (fig. 60). L'induit est constitué par des bobines groupées en série, en face desquelles les électro-aimants tournent à grande vitesse.

Cet ensemble, qui porte le nom d'*alternateur*, n'est autre chose qu'une dynamo dont on aurait supprimé le collecteur ; le rôle de celui-ci étant de transformer le courant alternatif en courant continu.

Les alternateurs industriels produisent une force électromotrice maxima de 5 à 10.000 volts, avec des fréquences variant de 25 à 50.000 périodes.

On conçoit que ces appareils sont encore insuffisants pour produire les courants de très haute fréquence utilisés dans la transmission des ondes courtes. Aussi, a-t-on recours à un générateur d'oscillations beaucoup plus souple : la lampe à trois électrodes ou ses dérivés, organes merveilleux qui remplissent avec une perfection remarquable les multiples fonctions que nous décrirons dans le chapitre suivant.

c) Sa transformation

Pour transmettre à distance l'énergie électrique, le courant alternatif est préférable au courant continu, car il se prête beaucoup plus facilement aux transformations de tensions et permet de réduire les pertes (énergie transformée en chaleur) qui, selon la *loi de Joule*, sont proportionnelles à l'intensité du courant transmis.

On se sert donc de courants à intensité réduite, mais de tension très élevée, atteignant souvent 100.000 et 200.000 volts, la puissance P restant toujours la même :

$$P \text{ (en watts)} = E \text{ (en volts)} \times I \text{ (en ampères)}$$

Cette possibilité de transformation, qui est l'un des gros avantages du courant alternatif, s'effectue à l'aide d'organes spéciaux appelés transformateurs.

TRANSFORMATEURS. — Un transformateur est constitué d'un noyau magnétique autour duquel sont bobinés deux enroulements indépendants, ayant respectivement N et N' tours.

Le bobinage qui reçoit le courant inducteur se nomme le *primaire* P ; celui dans lequel prend naissance le courant induit s'appelle le *secondaire* S (fig. 61).

Le rapport du nombre de tours du secondaire au nombre de tours

du primaire ($N' : N$) se nomme rapport de transformation. Si ce rapport est 30, cela signifie que le secondaire possède 30 fois plus de spires que le primaire. Dans ce cas, le secondaire a, en principe, une force électromotrice (tension) 30 fois plus forte que le primaire, mais un débit (intensité) 30 fois plus faible, la fréquence restant la même.

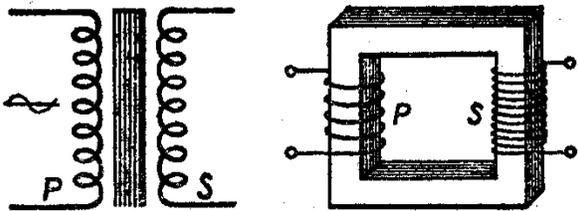


Fig. 61.

Transformateur
Représentation symbolique. Représentation schématique.

Ainsi, un tel organe donnerait, avec un courant alternatif primaire de 15 ampères et 120 volts, un courant secondaire de 0.5 ampère sous 3600 volts.

Pour répondre à une question qui nous a été souvent posée au sujet de l'alimentation des récepteurs, ajoutons qu'un transformateur pour courant de 50 périodes ne peut être utilisé sur un

secteur de 25 périodes, car la résistance inductive de son primaire est insuffisante. Par contre, on peut sans autre inconvénient qu'une diminution de puissance, lancer un courant de 50 périodes dans un transformateur construit pour 25 périodes.

Lorsqu'on commande un transformateur d'alimentation, il faut avoir soin d'indiquer la tension primaire (secteur 110 ou 220 volts), la tension désirée au secondaire (en volts) et le débit maximum (en ampères ou milliampères).

Les transformateurs à prise médiane au secondaire possèdent, dans cet enroulement, deux bobinages égaux dont le point commun sert de prise zéro.

Nous reviendrons sur ces appareils dans le chapitre des « Organes de réception ».

d) Ses propriétés

Examinons maintenant comment se comporte le courant alternatif dans différents circuits contenant une résistance, une self et une capacité.

CIRCUIT AVEC RÉSISTANCE. — Dans ce premier cas, l'intensité et la force électromotrice conservent leur maximum ; elles croissent, s'annulent, changent de sens au même moment et sans décalage : on dit qu'elles sont en phase (fig. 62). Ces deux facteurs sont toujours liés par la loi d'Ohm : $E = I \times R$.

CIRCUIT AVEC SELF. — La présence d'une bobine dans un circuit, même lorsque sa résistance ohmique, représentée par R_1 , est négligeable, provoque l'effet de self-induction et diminue l'amplitude de ce courant, et ceci d'autant plus que la self est plus forte

et la fréquence plus élevée. Cela s'explique facilement du fait que les extra-courants, lors de chaque alternance, s'opposent à l'établissement du champ magnétique et ne lui permettent pas d'osciller dans de larges limites (fig. 63).

Une bobine peut donc laisser passer facilement un courant continu, mais elle oppose une résistance au passage du courant alternatif.

Inductance. — Cette opposition se nomme résistance inductive ou inductance. Elle est proportionnelle à la self-induction de l'enroulement et à la fréquence du courant. Contrairement à la résistance ohmique, elle ne dégage aucune chaleur.

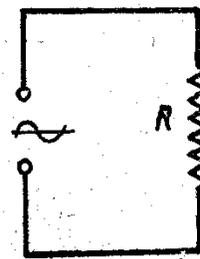


Fig. 62
Circuit avec résistance

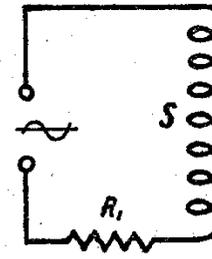


Fig. 63
Circuit avec self

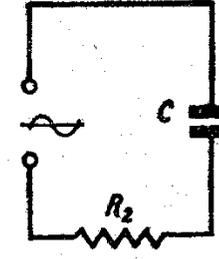


Fig. 64
Circuit avec capacité

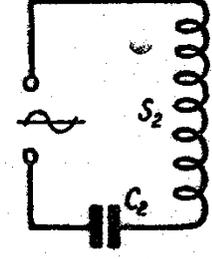


Fig. 65
Circuit avec self et capacité

CIRCUIT AVEC CAPACITÉ. — Un condensateur placé dans le circuit d'un courant alternatif en diminue également l'amplitude ; mais le décalage est en sens inverse (fig. 64).

Contrairement à ce qui se passe avec la self, cette action est d'autant plus marquée que le condensateur est plus faible et la fréquence du courant moins élevée. On se rend compte, en effet, qu'un condensateur de faible capacité ne peut recevoir qu'un petit nombre d'électrons sur ses armatures et, d'autre part, que des alternances se succédant sur un rythme extra-rapide font rebrousser chemin à ces corpuscules avant qu'ils aient pu s'accumuler alternativement sur ces armatures.

Ainsi donc, un condensateur, qui arrête tout courant continu, s'oppose d'autant moins au passage de l'alternatif qu'il sera de forte capacité et que la fréquence du courant sera plus élevée.

Capacitance. — On dit alors que la résistance capacitaire ou capacitance est inversement proportionnelle à la fréquence du courant et à la capacité du condensateur.

CIRCUIT AVEC SELF ET CAPACITÉ. — Les propriétés d'un circuit contenant une self S_2 et une capacité C_2 (fig. 65) découlent des remarques précédentes. Selon la valeur de la bobine et du condensateur, l'intensité du courant peut être en avance ou en retard sur la différence de potentiel.

Lorsque les effets de self compensent exactement les effets de

capacité, le circuit jouit de propriétés spéciales que nous étudierons dans un instant ; l'amplitude du courant conserve alors sa valeur maxima, comme s'il n'y avait ni bobine ni condensateur : on dit qu'il y a « résonance ».

Impédance. — La résistance totale que le circuit oppose au passage des courants alternatifs (résistances, selfs, capacités) s'appelle impédance. On la désigne généralement par la lettre Z et elle s'exprime en ohms.

Décharge oscillante d'un condensateur.

Il nous faut compléter ici les notions précédemment données sur le condensateur, organe qui joue un rôle de premier plan dans l'émission et la réception.

Nous avons vu comment un condensateur se charge au moment de la rupture d'un circuit électrique, lorsque les deux fils restent en présence (fig. 45). On peut établir une différence de potentiel beaucoup plus importante en chargeant le condensateur à l'aide d'une bobine d'induction (bobine de Ruhmkorff). Nous ne nous étendrons pas sur cette méthode qui figure dans tous les traités de Physique.

Il convient maintenant d'examiner de près le phénomène de décharge.

Considérons un circuit contenant une bobine S et un condensateur chargé. Si nous fermons l'interrupteur I, il se produit un courant de décharge à travers la bobine.

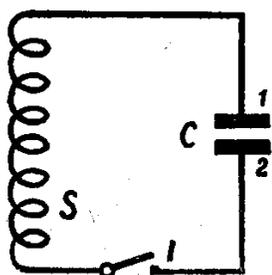


Fig. 66
Circuit oscillant
Self et condensateur.

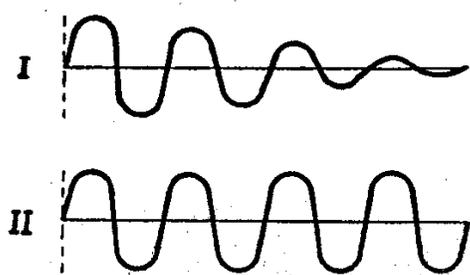


Fig. 67
Oscillations de décharge
I Amorties. — II. Entretenues.

Cette décharge est-elle définitive et instantanée ? Evidemment non, car le courant est prolongé par un courant induit de même direction. Les électrons de la plaque 1, par exemple, continueront à se rendre vers la plaque 2, même quand la différence de potentiel entre les deux plaques sera nulle. Le condensateur sera donc rechargé.

Et alors les phénomènes contraires se reproduisent. Les électrons oscillent entre les deux plaques, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. Mais ces oscillations diminuent rapidement d'amplitude,

par suite de la résistance du circuit : on dit qu'elles s'amortissent. L'ensemble de ces décharges successives prend le nom de train d'oscillations amorties (fig. 67-I).

Il devient alors nécessaire de recharger le condensateur à l'aide de la bobine de Ruhmkorff : on obtiendra ainsi un nouveau train d'oscillations semblable au premier.

Pour que l'oscillation soit continue, il faudrait rendre de l'énergie au circuit en la prenant à une source extérieure. On peut ainsi comparer ces oscillations aux mouvements du pendule d'une horloge. A chaque déplacement, ce pendule reçoit une petite quantité d'énergie d'un ressort tendu. On dit alors que les oscillations sont entretenues (fig. 67-II).

Nous verrons ultérieurement comment la lampe à trois électrodes permet d'obtenir ce résultat.

Circuit oscillant.

Le circuit que nous venons de décrire est appelé « circuit oscillant ». Il constitue la base fondamentale des problèmes de T.S.F.

Le rythme de charge et de décharge du condensateur donne à ce circuit une fréquence qui lui est propre, et, par voie de conséquence, une longueur d'onde déterminée.

On peut calculer ces facteurs à l'aide de la formule de Thomson. Si la résistance du circuit est négligeable, comme cela se produit dans les montages bien établis, la période propre d'oscillation T (en fraction de seconde) est égale à $2\pi\sqrt{LC}$, L représentant la self du circuit (exprimée en henrys) ; C, la capacité du condensateur (en farads) ; π ayant la valeur connue 3,14.

La fréquence f du circuit, qui est inversement proportionnelle au temps de la période, est donnée par l'inverse de ladite formule, soit $f = 1 : 2\pi\sqrt{LC}$.

Quant à la longueur d'onde, en mètres, elle découle de la formule $\lambda = 1,885\sqrt{LC}$. L étant exprimé, cette fois, en microhenrys et C en micromicrofarads. Ainsi lorsqu'un circuit oscillant est constitué par un bobine de 50 spires, dont la self est de 200 microhenrys, et un condensateur de 200 micromicrofarads (0.2/1000 de microfarad), la longueur d'onde est de :

$$\lambda = 1,885\sqrt{200 \times 200} = 377 \text{ mètres.}$$

Le problème de la réception consiste à donner aux circuits oscillants du récepteur la même fréquence, et partant la même longueur d'onde, que celles de la station d'émission choisie. On dit qu'il y a résonance entre les deux circuits.

On comprend dès lors que pour recevoir toute la gamme des longueurs d'ondes utilisées en radio, on est dans l'obligation de faire varier constamment la longueur d'onde propre du circuit récepteur.

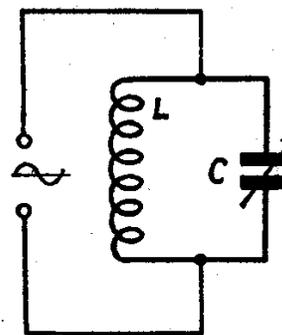


Fig. 68
Circuit oscillant
d'un récepteur

On obtient ce résultat en modifiant la valeur de L (emploi de bobines à prises ou interchangeables) et de C (condensateur) variable remplaçant tout une série de condensateurs fixes).

En résumé, on peut dire que l'amplitude d'un circuit oscillant est maxima lorsque la période de la force électromotrice ou du champ inducteur est égale à la période propre du circuit. A ce moment, l'impédance de l'ensemble est minima : il y a résonance.

SÉLECTIVITÉ D'UN CIRCUIT OSCILLANT. — Le propre d'une émission est de faire paraître aux bornes du circuit oscillant de réception LC (fig. 68) une différence de potentiel aussi élevée que possible.

L'idéal, pour un récepteur, serait de reproduire cette émission avec puissance et de n'être influencé par aucune autre.

En fait, ce résultat est assez difficile à obtenir, car, si le circuit oscillant de réception vibre avec enthousiasme pour l'onde de son choix, il est également influencé par les émissions de fréquences voisines : d'où ces brouillages et interférences qui se manifestent avec plus ou moins d'intensité, selon la nature du montage récepteur.

On dit que l'appareil a une bonne ou une mauvaise *sélectivité* (ou encore une plus ou moins bonne syntonie). Cette qualité est subordonnée à un certain nombre de facteurs que nous étudierons par la suite.

Pour tenter de « matérialiser » le pouvoir sélectif des récepteurs, nous avons représenté à la fig. 69 les courbes de résonance d'un circuit très sélectif et d'un autre peu sélectif. Sur la ligne horizontale figurent les longueurs d'ondes voisines de 800 mètres (plage prise au hasard) ; sur la ligne verticale *cd* sont portées les tensions constatées aux bornes du circuit oscillant.

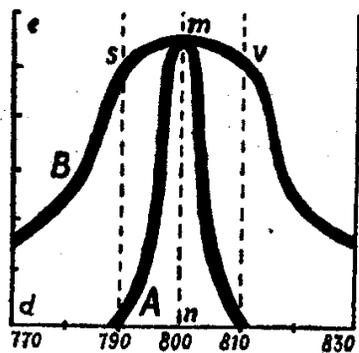


Fig. 69.

Courbes de résonance.
A. Circuit très sélectif.
B. Circuit peu sélectif.

Voyons maintenant la courbe B, beaucoup plus aplatie. La longueur d'onde 800 mètres développe bien ici encore une tension maxima ; mais les ondes de 790 et 810 mètres induisent des courants presque aussi importants, puisque les points *s* et *v*, auxquels elles correspondent, indiquent une amplitude à

peine inférieure à celle de la fréquence de résonance *mn*. Ici, le circuit manque de sélectivité et laisse chevaucher les émissions.

Il semble donc que les efforts des constructeurs devraient tendre à l'établissement de circuits à courbe de résonance extrêmement pointues. Mais le problème se complique en radiotéléphonie.

L'onde porteuse possède bien, en effet, une fréquence nettement déterminée ; mais la modulation microphonique crée de part et d'autre de celle-ci des ondes supplémentaires qui diffèrent de l'onde fondamentale par la fréquence musicale de modulation.

Ces ondes adjacentes, les unes plus courtes, les autres plus longues que l'onde porteuse, constituent les « bandes latérales de modulation ».

Ainsi donc, pour recevoir correctement la parole et la musique, les circuits récepteurs doivent respecter ces bandes de fréquences qui forment, pour ainsi dire, le clavier de la transmission.

L'ensemble des fréquences musicales, y compris les harmoniques les plus élevées, exigerait des bandes de 10 000 périodes-seconde. Mais, pour diminuer l'encombrement de l'éther, on a décidé de couper les fréquences supérieures à 4 500, de sorte que chaque émetteur n'occupe, avec ses deux bandes latérales, que 9 000 pér/sec. ou 9 kilocycles.

Ainsi pour une onde porteuse de 1500 m., correspondant à une fréquence de 200.000 périodes-seconde, les bandes de modulation s'étendent respectivement à 1 534 et 1 467 mètres, correspondant à des fréquences de 204 500 et 195 500. Tandis que pour une onde fondamentale de 300 m., l'encombrement s'étendrait environ de 298 m. 50 à 301 m. 50.

Ces deux exemples nous montrent que plus les longueurs d'onde sont réduites plus on peut grouper de stations dans une même plage sans aucun risque de gêne réciproque.

Nous nous rendons compte, d'après ce qui précède, qu'un circuit ayant une courbe de résonance très effilée (fig. 69 A), ne transmettrait qu'une faible partie des bandes de modulation : les notes graves seraient respectées, mais les notes aiguës subiraient une altération, ainsi que le timbre des instruments : il y aurait distorsion.

Nous schématisons, par le double rectangle hachuré de la fig. 70 la bande passante de 9 000 périodes ou 9 kilocycles. Il est bien certain que la courbe de résonance idéale serait une ligne se rapprochant de CDF. Mais une telle courbe ne peut être obtenue avec des circuits oscillants ordinaires.

Filtres de bande. — On peut s'en approcher à l'aide d'organes de liaison spéciaux, dits « filtres de bandes », composés de deux circuits oscillants faiblement couplés et accordés sur la même fréquence. Ces organes trouvent surtout leur emploi comme transformateurs moyenne fréquence dans les supers.

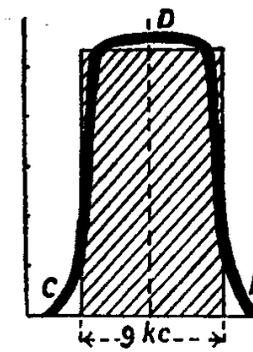


Fig. 70
Courbe idéale de résonance.

La fig. 71 représente un filtre de bande comprenant un circuit oscillant primaire CL, aux bornes duquel s'applique la tension alternative inductrice, et un circuit secondaire C'L'. Dans l'amplification MF, les condensateurs C et C' sont accordés une fois pour toutes par le constructeur sur la longueur d'onde choisie.

Lorsque les deux circuits sont faiblement couplés, le primaire a peu d'action sur le secondaire ; le courant de celui-ci est faible et présente son maximum à la résonance. La courbe est très pointue, et conséquemment la sélectivité très grande, incompatible même avec une réception fidèle des concerts radiophoniques (fig. 72 A).

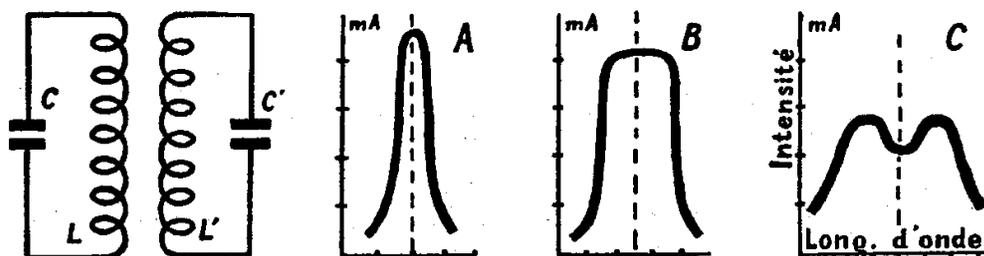


Fig. 71

Filtre de bande.

Fig. 72

Courbes de résonance d'un filtre de bande.
Couplage moyen Couplage faible Couplage serré

Si on couple davantage les circuits, la courbe s'aplatit et il arrive un point critique où se produit le plus grand transfert d'énergie du primaire au secondaire. A ce moment, la courbe se rapproche du tracé idéal précédemment décrit et la bande de modulation est respectée (fig. 72 B).

En augmentant davantage l'induction mutuelle, deux maxima apparaissent et la courbe se présente en « dos de chameau » dont les saillants s'écartent de plus en plus (fig. 72 C). Il est certain qu'à ce moment la sélectivité devient défectueuse.

Notons en terminant que si un désaccord se produit dans l'un des circuits, le transformateur perd tout son effet de filtre de bande.

Les différentes fréquences.

Les fréquences des courants alternatifs, avons-nous dit précédemment, occupent une très large gamme.

Dans l'industrie, on utilise des courants dont la fréquence ne dépasse pas 200 périodes par seconde. Les réseaux de distribution électrique ont des fréquences de 25, 42 ou 50.

Viennent ensuite les fréquences correspondant aux sons, appelées couramment fréquences musicales. Les sons les plus graves représentent une fréquence de 16 (l'oreille ne commence à percevoir qu'à partir de 50) ; les sons les plus aigus ont une fréquence de 40 000.

Un son de fréquence donnée se compose d'ailleurs de vibrations complexes : la plus basse s'appelle fréquence *fondamentale* ; les

autres, qui sont généralement des fréquences multiples, forment les *harmoniques*. Le nombre et l'intensité de celles-ci constituent le *timbre* des sons. C'est par leur timbre que nous distinguons les sons des différentes voix ou des divers instruments.

Le microphone peut traduire les sons en courants électriques d'intensité variable : ces courants dont la fréquence va de 16 à 40 000, sont appelés courants de basse fréquence.

COURANTS DE HAUTE FRÉQUENCE. — Les courants de haute fréquence utilisés en T.S.F. commencent à 15 000 périodes par seconde pour atteindre 300 000 000 et davantage. Nous avons dit, dans le premier chapitre, que plus leur fréquence est grande plus leur longueur d'onde est petite.

Ils peuvent être obtenus à l'aide de divers procédés :

a) **Alternateurs.** — Nous ne reviendrons pas sur ces appareils industriels dont nous avons décrit le fonctionnement. Des courants d'une puissance relativement considérable peuvent être obtenus à l'aide des alternateurs ; mais, malgré la multiplicité des pôles, leur fréquence dépasse rarement 50 000 périodes par seconde. Citons, dans cet ordre d'idées, la machine d'Alexanderson, qui peut fournir des puissances de 50, 250 et 500 kilowatts.

b) **Eclateurs.** — Les générateurs de courants haute fréquence par étincelles électriques sont entrés dans le domaine pratique après la célèbre expérience de Hertz, en 1885. Ils sont basés sur les propriétés de la décharge oscillante d'un condensateur, étudiées dans l'un des chapitres précédents.

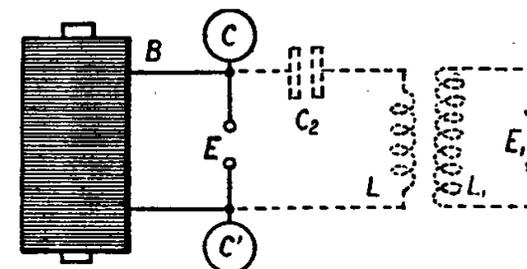


Fig. 73

Excitateur de Hertz et dispositif de Tesla.

de la décharge oscillante d'un condensateur, étudiées dans l'un des chapitres précédents.

Le dispositif est indiqué par la fig. 73. Il comprend une bobine de Ruhmkorff B, deux grosses sphères C et C' de 30 cm. de diamètre, jouant le rôle de condensateur et deux petites boules E formant éclateur.

La bobine d'induction est constituée par un primaire à gros fil enroulé sur un noyau de fer doux, pouvant induire dans un secondaire à fil très fin et à grand nombre de tours, une force électromotrice de plusieurs dizaines de milliers de volts.

Les ruptures successives du courant primaire accumulent des charges électriques en C et C' et déterminent en E des séries d'étincelles se succédant sur un rythme si rapide qu'elles paraissent n'en former qu'une seule continue.

Ces décharges oscillantes provoquent, dans le voisinage, des effets d'induction qui ne sont autres que des ondes électromagnétiques.

L'Autrichien Tesla, en perfectionnant cet appareil par l'adjonction des organes figurant en pointillé, a pu obtenir en E₁ des cou-

rants de haute tension pouvant atteindre et dépasser 100 000 volts.

Les sphères C et C' sont remplacées par le condensateur C₂, qui est chargé directement par la bobine. L'étincelle qui jaillit en E provoque à travers la bobine L, par la décharge oscillante de ce condensateur, des courants de haute fréquence qui induisent en L₁ (bobinée en fil long et très fin) des différences de potentiel considérables.

Ces courants induits, dits courants de Tesla, peuvent atteindre 100 000 périodes par seconde ; leur haute fréquence les rend inoffensifs pour le corps humain. On peut les mettre en évidence très facilement en plaçant en série, entre les bornes de E₁, une personne et une lampe à incandescence : la lampe s'allume.

c) **Lampe oscillatrice.** — L'apparition de la lampe à trois électrodes a donné un procédé vraiment pratique pour la production de courants alternatifs à haute fréquence.

Non seulement ce tube, ainsi d'ailleurs que ses dérivés multi-grilles, permet des montages souples et peu compliqués, mais il donne seul la possibilité d'obtenir des fréquences très élevées, correspondant à l'émission et à la réception des ondes courtes.

Nous reviendrons sur ce point dans le prochain chapitre.

Les pertes en haute fréquence

Plus la fréquence d'un courant est élevée, plus les pertes d'énergie sont nombreuses dans les divers circuits. Ces « fuites » occasionnent bien des déboires en radioélectricité : l'ensemble de ces pertes joue le rôle d'une résistance parasite qui serait mise en série avec la self de chaque circuit.

Il en résulte un fâcheux amortissement qui agit sur la résonance et diminue la sélectivité du récepteur.

Nous allons examiner les principales causes de ces pertes.

Effet pelliculaire. — Les courants de haute fréquence se propagent le long de la surface extérieure du fil conducteur et ne pénètrent pas dans sa masse : tout se passe comme si le fil était un cylindre creux de même diamètre (skin effect, en anglais).

La conductibilité du fil est donc proportionnelle, non pas à sa section, mais à sa surface ; conséquemment sa résistance est plus élevée et les pertes plus importantes.

L'emploi du fil câblé à plusieurs brins est donc recommandable pour l'établissement des circuits de haute fréquence. Sur ondes courtes, le ruban et le tube de cuivre sont à conseiller.

Courants de Foucault. — L'effet pelliculaire constaté sur un fil rectiligne augmente d'intensité lorsque le conducteur est enroulé en bobine. Cette résistance supplémentaire est d'autant plus sensible que les spires sont plus rapprochées et la fréquence plus élevée.

Pour réduire les pertes en courants de Foucault, on évitera (sur ondes courtes) les bobines à plusieurs couches et surtout les bobinages en vrac ; on éloignera également de ces enroulements toute masse métallique.

Pertes dans les isolants. — Les diélectriques généralement utilisés sont plus ou moins bons isolants ; les fuites qu'ils occasionnent augmentent avec la fréquence du courant. A peine sensibles en basse fréquence, elles peuvent être très fortes en HF et surtout en O.T.C.

En vue de les diminuer, on doit prendre des isolants de bonne qualité et en nombre aussi restreint que possible. On les supprimera même, le cas échéant, l'air étant le meilleur des isolants.

Capacités parasites. — Les enroulements eux-mêmes possèdent une capacité propre d'autant plus importante qu'ils sont à grand nombre de couches. Celle-ci agit comme un condensateur-shunt qui dériverait une partie du courant. Leur confection soignée est donc un facteur de succès, principalement sur petites ondes.

Ajoutons enfin que les capacités parasites entre conducteurs ou enroulements occasionnent aussi des pertes plus ou moins sensibles. Aussi faut-il éviter le rapprochement et le parallélisme des circuits différents, principalement de ceux qui sont parcourus par les courants HF.

Les notions fondamentales d'Electricité ayant été exposées, nous allons pouvoir aborder l'étude de la T.S.F. proprement dite.

T. S. F.

PRINCIPES GÉNÉRAUX

La T. S. F. a pour but d'établir une communication entre deux postes sans aucun fil conducteur.

Dans la télégraphie sans fil, le problème consiste à transmettre l'énergie électrique du poste d'émission pendant des durées plus ou moins longues et à des intervalles de temps plus ou moins rapprochés, à la cadence du Morse.

En radiophonie, les courants de haute fréquence émanant du poste émetteur sont modulés par les courants microphoniques, puis rayonnés à travers l'éther jusqu'aux postes récepteurs qui reconstituent les signaux (parole et musique) produits dans l'auditorium.

On sait que les courants de fréquence élevée peuvent seuls engendrer dans l'espace les ondes électromagnétiques destinées à véhiculer la manipulation du télégraphe ou la modulation du microphone. Voyons donc en détail ce mécanisme de l'émission.

ÉMISSION

ÉMETTEUR A ONDES AMORTIES - Les courants d'émission utilisés pour les premières communications radiotélégraphiques étaient produits par les étincelles d'un éclateur.

Nous retrouvons à la fig. 74 un dispositif à peu près analogue à l'éclateur de Hertz, modifié par Tesla. On distingue la bobine d'induction B, une source d'électricité S, un interrupteur I, un manipulateur M, un condensateur C, un éclateur E et les selfs L_1 et L_2 .

Lorsqu'on abaisse le manipulateur, l'interrupteur I qui fonctionne

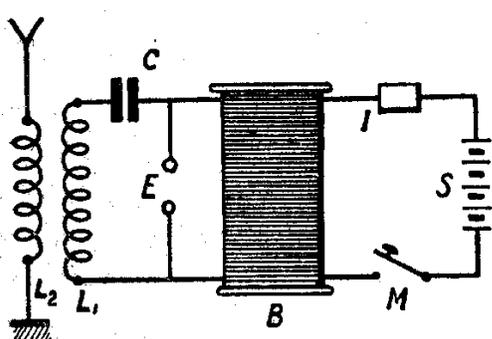


Fig. 74.

Emetteur à ondes amorties.

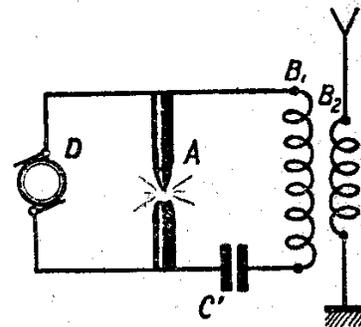


Fig. 75.

Emetteur à ondes entretenues.

comme celui d'une sonnerie électrique, provoque une série de contacts, et par conséquent d'extra-courants, suffisamment puissants pour provoquer des étincelles de rupture.

Pendant toute la durée de la fermeture de M, le circuit sera le siège d'oscillations dont la fréquence sera celle de l'interrupteur.

Par suite de la décharge oscillante du condensateur C, chaque étincelle donne lieu, non pas à une onde unique, mais à un train d'ondes dont l'intensité diminue progressivement : ce sont des ondes amorties (fig. 67-I). Celles-ci sont transmises à l'antenne par L_2 et rayonnées dans l'espace.

ÉMETTEUR A ONDES ENTRETENUES — L'arc électrique fut utilisé à partir de 1892 comme émetteur d'ondes.

On observa, en effet, qu'en plaçant en dérivation d'un tel arc A une bobine B_1 et un condensateur C_1 , on pouvait obtenir des oscillations entretenues susceptibles d'être transmises à l'antenne par B_2 . Le courant est fourni par une dynamo D (fig. 75).

Ces émetteurs, très employés en télégraphie, à un certain moment, avaient malheureusement de nombreux harmoniques et encombraient une large plage de longueurs d'onde.

Vinrent ensuite les alternateurs, dont nous avons parlé.

Emetteurs radiotéléphoniques. — L'apparition de la lampe à trois électrodes fit faire de rapides progrès à l'émission et permit l'établissement de communications radiotéléphoniques.

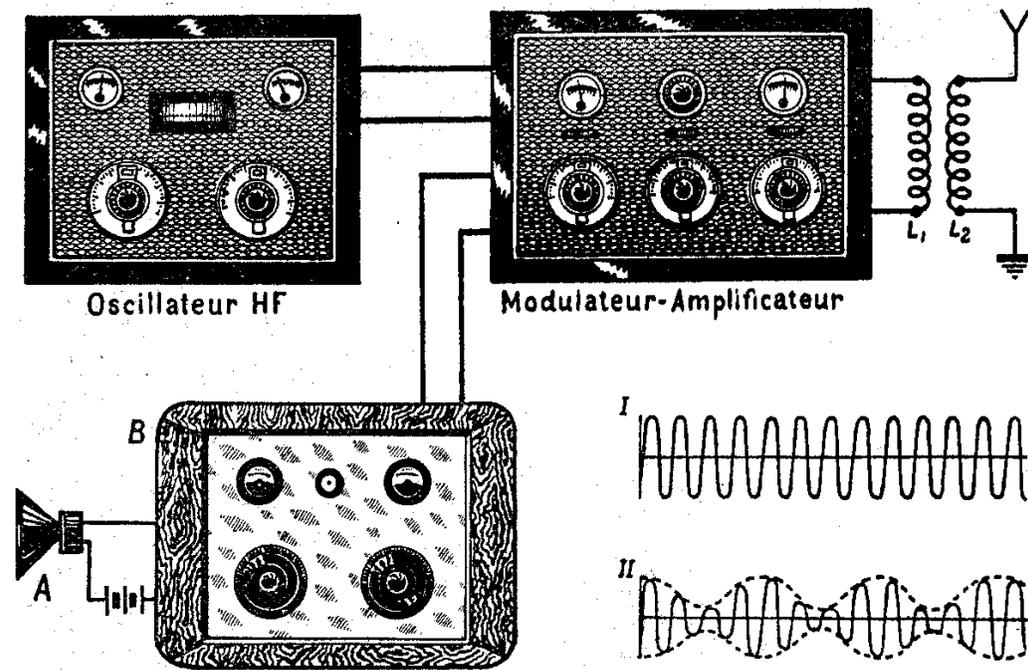


Fig. 76.

Dispositif moderne pour émission radiotéléphonique.

On connaît le mécanisme de ces dernières : un courant de haute

fréquence produit par un oscillateur, joue le rôle de véhicule, de fil invisible, destiné au transport à distance de la parole et de la musique.

Le microphone A, qui reçoit les ondes sonores de l'auditorium, transforme celles-ci en courants électriques d'intensité variable, qui sont amplifiés par l'amplificateur microphonique B et dirigés vers l'appareil modulateur. Cet organe superpose le courant de basse fréquence du microphone au courant de haute fréquence de l'oscillateur, et donne ainsi un courant de haute fréquence *modulé*.

Ce dernier est amplifié de nouveau par des amplificateurs intermédiaires et par un étage final que nous avons condensé en un seul meuble pour simplifier la gravure.

Le courant de grande puissance ainsi obtenu parcourt la self L_1 , couplée inductivement à la self d'antenne L_2 , qui transmet les oscillations à l'aérien, en vue de leur radiation dans l'espace.

Nous représentons à la fig. 76-I le courant de haute fréquence tel que le produit l'oscillateur. En II, nous voyons ce même courant modulé par le courant issu du microphone. C'est ce dernier qui, après amplification, produit les bourrasques de l'éther qui, sous forme d'ondes électromagnétiques, impressionnent à distance les antennes réceptrices.

Nous parlerons ultérieurement du fonctionnement de la lampe montée en oscillatrice. Disons dès maintenant que, dans les stations d'émission puissantes, on utilise des lampes à gros filaments pouvant absorber plusieurs ampères. Il s'y produit un grand dégagement de chaleur. Pour empêcher les organes d'atteindre une température trop élevée, on établit une circulation d'eau, comme pour le refroidissement des moteurs d'automobiles.

PROPAGATION

Jusqu'alors nous avons supposé que les ondes radioélectriques, créées dans l'éther par le champ électromagnétique de l'antenne d'émission, venaient impressionner directement les antennes de réception. Le moment est venu de donner quelques précisions sur la propagation de ces ondes.

Certaines d'entre elles suivent la courbure de la terre et atteignent ainsi directement les organes récepteurs : ce sont les *ondes directes*. Mais on conçoit qu'une partie de l'énergie est absorbée par le sol et surtout par les grandes surfaces métalliques. Cette absorption est d'autant plus importante que les ondes sont plus courtes.

Il est maintenant établi qu'une grande partie des ondes émises par les stations de radiodiffusion se dirigent vers la haute atmosphère, à des hauteurs variant de 100 à 250 kilomètres, rencontrent à cet endroit une couche conductrice, qui les renvoie vers la terre, comme le ferait un miroir : ce sont les *ondes indirectes*.

Cette couche, qui porte le nom du physicien américain Heaviside, serait une nappe ionisée, c'est-à-dire rendue conductrice par les

rayons ultra-violetts du soleil, et constituée par des électrons dont la densité n'est pas la même le jour que la nuit, et l'hiver que l'été. Les nuits d'hiver sont particulièrement favorables à cette réflexion.

Ainsi donc, du poste d'émission E partent non seulement des ondes directes qui atteignent le récepteur R, mais aussi d'autres ondes qui sont réfléchies par la couche de Heaviside C.

Ces deux modes de propagation interviennent différemment selon la longueur des ondes considérées.

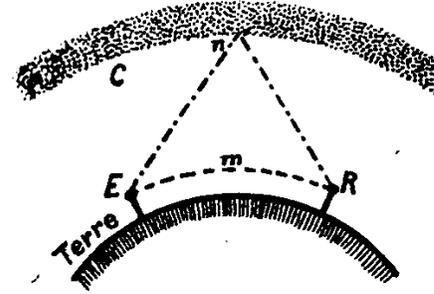


Fig. 77

Propagation des ondes hertziennes.

Grandes ondes. — En ce qui concerne les grandes ondes (1.000 à 10.000 m.), la réception directe est à peu près la seule existante jusqu'à 1.000 kilomètres. De 1.000 à 5.000, les ondes directes et indirectes entrent en jeu ; au delà de 5.000, la propagation se fait uniquement par ondes indirectes.

L'audition faiblit lorsque le soir survient sur l'un des points du parcours ; puis elle augmente sensiblement d'intensité pour se stabiliser ensuite jusqu'au lever du soleil.

Ondes moyennes. — A petite distance, les ondes moyennes (800 à 200 m.) se propagent uniquement par ondes directes. Mais lorsqu'on s'éloigne, celles-ci sont rapidement absorbées par la terre, surtout dans les régions boisées et accidentées. Elles se combinent alors avec les ondes indirectes ; mais comme le chemin parcouru varie avec la hauteur et l'épaisseur de la couche de Heaviside, il en résulte des déphasages qui produisent soit des renforcements, soit des évanouissements, donnant lieu au phénomène du fading.

Ondes courtes. — L'onde directe joue un rôle de moins en moins important avec les O. C., sauf sur les faibles distances.

Les grandes portées que l'on observe avec ces ondes sont dues exclusivement à la propagation indirecte. Mais, les chemins suivis étant très variés, et la couche ionisée en perpétuelles variations de hauteur et d'intensité, le fading est très violent sur cette plage.

Quant aux ondes ultra-courtes (inf. à 10 m.) elles traversent ladite couche sans être réfléchies. A l'égal du rayon lumineux, elles ne peuvent servir de communication qu'entre deux points relativement rapprochés et visibles l'un pour l'autre.

RÉCEPTION

Nous connaissons le principe général de la réception : les ondes électromagnétiques créées par l'antenne d'émission se propagent dans toutes les directions à la vitesse de 300.000 kilomètres par seconde.

Sous l'influence des torsions de l'éther, les électrons de chaque antenne réceptrice se déplacent alternativement de haut en bas et de bas en haut, tantôt s'accumulant à la partie supérieure de l'aérien, tantôt se précipitant vers la terre (fig. 78), et donnant une image fidèle, mais très affaiblie, des courants de haute fréquence modulés de l'émetteur.

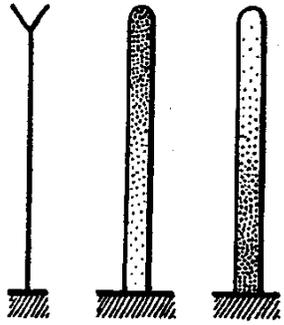


Fig. 78

Déplacement des électrons dans l'antenne.

On compare souvent cette période d'oscillations à celle d'un tuyau d'orgue : si l'on approche de ce dernier un diapason donnant sa note fondamentale, il vibre fortement et renforce d'une façon considérable le son produit par le diapason.

L'antenne, comme le tuyau, reçoit avec le maximum de puissance l'onde correspondant à sa période propre d'oscillation et reste moins sensible aux autres vibrations de l'éther. Ces dernières, qui ne sont pas « en phase » avec le déplacement périodique des électrons de l'antenne, créent une résistance interne qui affaiblit considérablement les courants induits correspondants.

Cette propriété particulière de l'antenne permet donc d'assimiler celle-ci à un circuit oscillant dont la période est donnée par la relation de Thomson : $T = 2\pi\sqrt{LC}$, et la longueur d'onde propre par la formule $\lambda = 1.885\sqrt{LC}$ (L exprimé en microhenrys et C en micromicrofarads).

Circuit d'accord.

Comme l'antenne doit être adaptée à la réception de toutes les ondes radiophoniques, on doit pouvoir varier sa self et sa capacité, de manière que l'expression $1.885\sqrt{LC}$ soit égale à la lon-

gueur d'onde que l'on désire recevoir : tel est le rôle de la bobine et du condensateur variable qu'on place à sa base et qui constituent le circuit d'accord (fig. 79).

Nous avons donné précédemment la manière de calculer la « self » d'un nid d'abeille. Voici la formule qui permet d'obtenir en microhenrys celle des bobinages en fond de panier :

$$L = 0.02N^2r$$

N étant le nombre total des spires et r le rayon moyen en centimètres.

Le système ainsi constitué (antenne A, self L et condensateur C) entrera en vibration pour toute longueur d'onde égale à la sienne, et l'on disposera aux bornes ab de la self d'une différence de potentiel utilisable par le récepteur proprement dit.

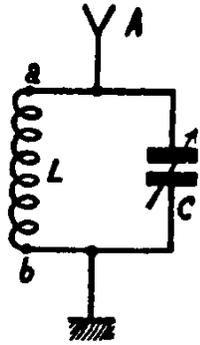


Fig. 79

Circuit d'accord.

Résonance. — Lorsque le dispositif que nous venons de décrire vibre à l'unisson de l'antenne d'émission, on dit qu'il y a résonance. Mais les effets de cette résonance peuvent être plus ou moins prononcés selon les montages réalisés.

Si le circuit de réception est parfaitement établi et que son amortissement soit peu important, la courbe de résonance est aiguë, c'est-à-dire que les tensions aux bornes du circuit oscillant seront maxima pour une onde donnée. Dans ce cas, la sélectivité est grande.

Au contraire, si l'amortissement est sensible, la courbe de résonance est aplatie et deux ondes voisines induisent aux bornes du même circuit des tensions à peu près égales, comme nous l'avons vu pour la courbe B de la fig. 69. La réception manque de syntonie et les émissions chevauchent les unes sur les autres. Lorsque le circuit est très amorti, il perd sa qualité de résonance et devient *apériodique* (sans période propre).

On réduit l'amortissement en diminuant la résistance du circuit (fil d'antenne à brins multiples, prise de terre bien établie) et en supprimant les pertes en haute fréquence (condensateur de bonne qualité, selfs bien isolées avec peu de capacité répartie).

Sélectivité. — Indépendamment des soins de montage, on a envisagé divers moyens pour augmenter la sélectivité des récepteurs (Nous ne parlerons pas pour l'instant des changeurs de fréquence qui feront l'objet d'une étude spéciale).

En intercalant le circuit oscillant dans le circuit antenne-terre, on augmente l'amortissement de l'ensemble et on diminue, par ce fait, la sélectivité de l'appareil. La réception dite « en direct » (fig. 79), sera donc peu sélective, et ceci d'autant plus que l'antenne sera plus longue.

MODES DE COUPLAGE. — Un premier procédé consiste à intercaler entre l'antenne et le circuit oscillant un condensateur C de

faible capacité (0.15/1000). Ce couplage dit, *électrostatique*, accroît la hauteur de la courbe de résonance (fig. 80).

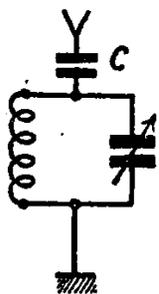


Fig. 80

Couplage électrostatique.

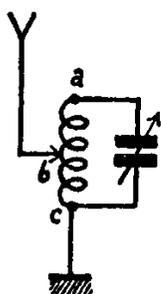


Fig. 81

Couplage en Oudin.

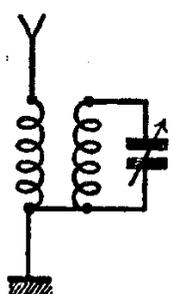


Fig. 82

Couplage en Bourne.

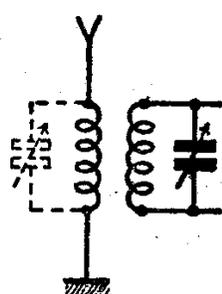


Fig. 83

Couplage en Tesla.

Les autres montages sont *électromagnétiques* (ou inductifs).

Couplage en Oudin. — La réception en « Oudin » (fig. 81) est une amélioration. En effet, le circuit primaire *bc* ne s'identifie pas avec le circuit secondaire *ac* sur toute sa longueur.

Couplage en Bourne. — La fig. 82 représente un couplage en Bourne, système dans lequel les selfs primaire et secondaire n'ont plus qu'un seul point commun.

Couplage en Tesla. — La réception en Tesla (fig. 83) est évidemment la plus sélective, car lesdites selfs sont complètement indépendantes et permettent d'obtenir, selon leur écartement plus ou moins prononcé, une sorte d'effet de filtre de bande. Pour renforcer la syntonie, on peut également accorder le primaire (condensateur en pointillé). Ce mode de couplage a été très utilisé avant l'apparition des changeurs de fréquence et des présélecteurs.

Au cours de ces dernières années, le problème de la sélectivité s'est présenté sous une forme plus aiguë du fait que les stations d'émission augmentent en nombre et en puissance.

Les constructeurs ont donc été dans l'obligation de porter leurs efforts sur la mise au point de dispositifs perfectionnés ne laissant passer que la bande de fréquence correspondant à l'émission désirée.

Ils y sont parvenus en filtrant l'énergie radiante à travers des circuits oscillants successifs. L'ensemble du dispositif porte le nom de « présélecteur ».

Les changeurs de fréquence sont, par nature, très sélectifs ; mais cette qualité s'est émoussée peu à peu pour les raisons que nous avons expliquées. Les présélecteurs leur sont donc applicables et, *à fortiori*, aux récepteurs à amplification directe.

Présélecteurs. — Les présélecteurs les plus simples et les plus couramment employés sont constitués par des circuits oscillants placés à l'entrée du récepteur, c'est-à-dire entre l'antenne et la première lampe.

Ces circuits doivent être au moins au nombre de deux.

Nous donnons ci-après la représentation réelle d'un élément de présélecteur et le dispositif couramment employé devant les supers : un circuit d'entrée en Bourne, un circuit de grille, à la suite desquels vient le circuit de l'oscillateur.

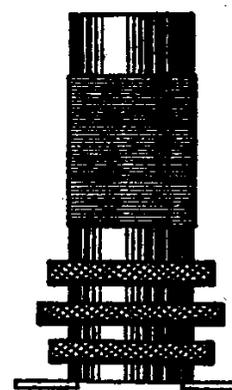


Fig. 84

Élément d'un bobinage présélecteur.

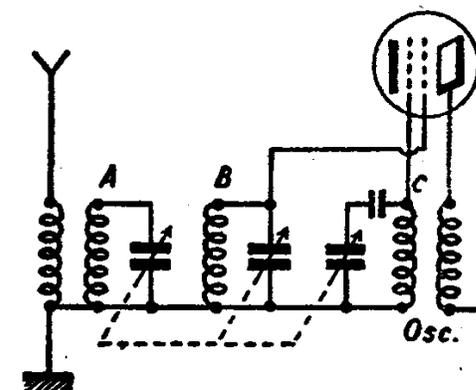


Fig. 85

Représentation schématique d'un présélecteur-oscillateur.

Il existe dans le commerce un grand choix de ces bobinages que l'amateur peut acquérir à des prix très modérés. Aussi, nous ne croyons pas utile de parler de leur construction.

Certains fabricants enferment dans le même blindage les circuits d'accord et le bloc oscillateur. Le même bouton commande les deux organes dans la commutation PO — GO.

Détection.

Les explications qui précèdent nous ont permis d'établir que les courants de haute fréquence captés par l'antenne de réception créent une différence de potentiel alternative aux bornes *ab* de la self d'antenne (fig. 79).

Comment utiliser cette tension ? Il semblerait qu'il suffise de connecter un écouteur à cet endroit. Mais nous avons dit précédemment que la membrane de cet appareil, étant donnée son inertie, ne peut se déplacer à la cadence des oscillations de haute fréquence. D'ailleurs le pourrait-elle que notre oreille ne percevrait rien, car la limite des fréquences audibles est de 40.000.

Ces fréquences élevées n'étant plus d'aucune utilité, puisque leur fonction d'onde porteuse a pris fin, il ne reste plus qu'à les sup-

primer pour en extraire la composante basse fréquence qui correspond à la modulation : c'est le rôle du détecteur.

Nous savons que le détecteur le plus simple se compose d'un cristal de galène sur lequel repose un chercheur métallique. La conductibilité unilatérale de ce petit bloc de sulfure de plomb « redresse » le courant alternatif et ne laisse subsister que les ondulations de fréquence musicale produites au départ par le microphone. Les voyageurs se trouvent alors séparés de leur véhicule.

Reproduction sonore.

Ces ondulations de basse fréquence font varier à leur cadence le champ magnétique de l'électro-aimant de l'écouteur. La plaque vibrante est attirée sur le même rythme et les bruits de l'auditorium se trouvent reconstitués en ondes sonores.

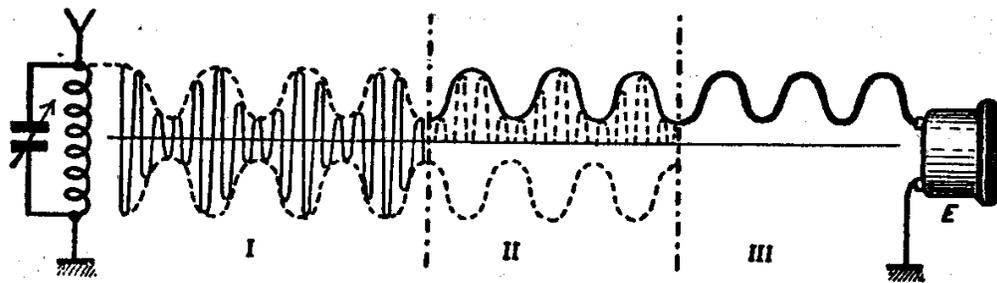


Fig. 86

Transformation des courants à la réception.

I. Courants HF modulés. — II. Courants détectés. — III. Courant BF modulé.

La fig. 86 schématise les diverses modifications que nous venons de décrire. Nous voyons successivement les oscillations modulées de haute fréquence (I) recueillies par l'antenne, puis ces mêmes courants détectés (II) et enfin la composante basse fréquence (III) qui agit sur l'écouteur E.

Il est bien certain que des courants ainsi utilisés ne peuvent fournir qu'une intensité d'audition très réduite. Nous étudierons, dans le chapitre suivant, le moyen de les amplifier.

LES LAMPES DE T.S.F.

Pendant de longues années, les efforts des chercheurs ont tendu à obtenir une amplification confortable des signaux captés par l'antenne de réception.

Au début de ce siècle, on crut avoir trouvé la solution du pro-

blème en disposant au poste récepteur une cascade de microphones qui augmentaient progressivement la puissance des courants détectés. Mais les sons étaient très altérés et les bruits parasites extrêmement gênants ; d'autre part, ces montages n'amélioraient pas la sensibilité des appareils.

Vers 1905, le physicien anglais Fleming, reprenant certaines expériences d'Edison et de son compatriote Thomson, constata le pouvoir de « redressement » que présentait un tube à deux électrodes, véritable valve qui ne laisse passer l'alternatif que dans un seul sens.

Deux années plus tard, l'Américain de Forest eut l'idée d'adjoindre à ce tube une troisième électrode : la grille, modification qui ne donna des résultats vraiment positifs qu'en 1912. Dès lors, la T.S.F. était née : la valve fut dénommée « lampe Audion ».

La structure du tube à vide a été modifiée et perfectionnée dans la suite, principalement par l'adjonction de grilles supplémentaires qui ont donné successivement les bigrilles, les trigrilles ou pentodes, les hexaodes, les heptaodes, les octodes, etc.

La lampe diode. — Nous ne nous étendrons pas, longuement sur la lampe à deux électrodes (ou diode). Nous savons que sa conductibilité unilatérale en fait un excellent détecteur et une valve de redressement couramment utilisée dans l'alimentation par le secteur alternatif.

Rappelons toutefois le principe de son fonctionnement, ce qui nous permettra d'aborder avec plus de compréhension celui de la triode.

Le filament F (ou cathode) est chauffé par une source de 4 volts ; une tension de 80 à 150 volts est appliquée à la plaque P (anode). L'existence d'un courant est décelée par la déviation de l'aiguille du galvanomètre G.

Quel est le sens de ce courant ? Certains font remarquer, avec juste raison, que les électrons du filament se rendant sur la plaque, le courant va dans le sens filament plaque. D'autres, non moins documentés, rappellent que dans le circuit d'une pile électrique, le courant se rend du + au — extérieurement à la source. Dans le cas présent, il devrait donc aller de la plaque positive au filament négatif.

Comment concilier ces deux thèses ?

Voici l'explication que nous croyons la plus plausible. Il est incontestable qu'un courant électronique partant du filament se dirige vers la plaque ; mais cette poussière d'électrons constitue le milieu conducteur dans lequel se propage le véritable courant électrique de la pile qui, lui, va de la plaque au filament, puis se rend au négatif de la pile, ensuite au positif, et à la plaque, etc.

Il faut donc distinguer le courant électronique, qui sert de « support » et le courant électrique proprement dit.

Ce dernier, qui joue le rôle capital, est d'autant plus intense que

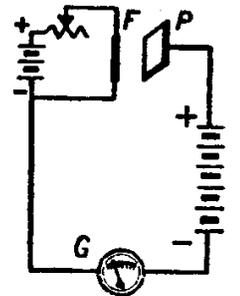


Fig. 87

Lampe diode et ses circuits.

la tension de chauffage et la tension de plaque sont plus élevées. Toutefois, pour une lampe donnée, il ne peut dépasser une certaine limite ; à ce moment, il prend le nom de *courant de saturation*.

LA LAMPE TRIODE

En ajoutant au tube précité une troisième électrode, la grille, on obtient la lampe triode. Cette électrode, avons-nous dit, permet d'agir sur le flux électronique filament-plaque et, par conséquent, sur le courant anodique.

On obtient ce résultat en appliquant à la grille un *potentiel* variable par rapport à celui du filament.

Les variations d'intensité du courant filament-plaque, par rapport aux variations du potentiel de grille, constituent la principale caractéristique d'une triode, car c'est d'elles que dépend le pouvoir amplificateur de celle-ci, ainsi que son emploi comme détectrice ou comme oscillatrice.

Pour l'étudier on réalise l'expérience de la fig. 88.

COURBE CARACTÉRISTIQUE. — Le filament est chauffé par la pile A de 4 volts, le — 4 étant réuni au — HT ; la tension-plaque est fournie par la batterie B, de 80 v. par exemple.

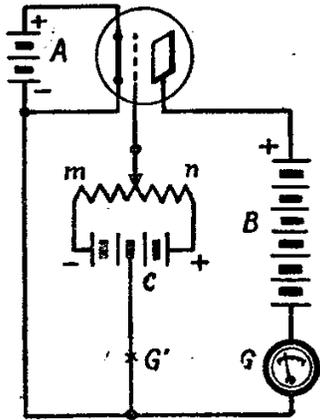


Fig. 88

Montage permettant de relever les caractéristiques d'une triode.

Dans le circuit de grille, on intercale une pile C permettant de faire varier le potentiel de grille de — 10 à + 10. Pour cela, on connecte le point milieu de cette pile au point commun — 4 — 80 et on shunte C par un potentiomètre *mn* de 2 000 ohms.

Le curseur du potentiomètre est réuni à la grille. Placé au point *m*, il donne à celle-ci une tension de — 10 volts ; ramené progressivement vers le point *n* il la rend de moins en moins négative, puis neutre, lorsqu'il occupe la position médiane (celle indiquée sur la figure), et enfin de plus en plus positive, de 0 à + 10 volts.

Un galvanomètre G, inséré dans le circuit filament-plaque, indique à tous moments le débit du courant anodique.

Prenons maintenant une feuille de papier sur laquelle nous traçons un trait vertical OH, dont les graduations indiquent l'inten-

sité du courant de plaque en milliampères. Sur une ligne horizontale, dont le milieu correspond au point O, nous portons les différentes tensions de grille, de — 10 à + 10.

Plaçons alors le curseur du potentiomètre au point *m* : la grille est polarisée à — 10 volts. Nous remarquons que l'aiguille de G reste immobile : aucun courant de plaque ne passe. Cela s'explique par le fait que la grille étant très négative, repousse les électrons négatifs du filament et leur interdit le chemin de la plaque. Nous plaçons un premier jalon *a* qui sera le point de départ de notre graphique.

A — 8 volts, l'aiguille dévie quelque peu (0.2 mA) : les premiers électrons atteignent la plaque. Nous notons le point *b* à la hauteur correspondante.

A — 6, le galvanomètre indique un courant de 0.5 mA : nous portons un nouveau point *c* à l'intersection des lignes menées verticalement de — 6 et horizontalement de 0.5 mA.

A — 4, le débit du courant anodique est de 1 mA : nous marquons le point *d* (afin d'éviter la surcharge du dessin, nous avons indiqué en pointillé, pour ce point seulement, les lignes de construction).

Pour une polarisation de — 2 volts, le courant est de 2,2 mA ; pour 0 volt, nous avons 4 mA ; ensuite, pour + 2 volts : 5,5 mA ; pour + 4 volts : 7,1 mA ; pour + 6 volts : 7,8 mA ; pour + 8 volts : 8 mA ; pour + 10 volts : 8 mA.

A ce moment, nous remarquons que le débit reste stationnaire : il y a saturation. La totalité des électrons émis par le filament atteint la plaque.

Il nous suffit de joindre par une ligne tous les points notés et nous obtenons la courbe caractéristique de la triode expérimentée. Pour toute valeur donnée du potentiel de grille, cette courbe nous permet de trouver immédiatement la valeur correspondante du courant d'anode.

Ajoutons que si nous avons placé un second galvanomètre au point G', nous aurions remarqué une déviation de l'aiguille de plus en plus accentuée, à mesure que la grille devient plus positive, ce qui indique l'existence d'un courant de grille. La courbe D qui le caractérise peut être établie par le même procédé que la précédente. On voit que ce courant est beaucoup moins important que le premier.

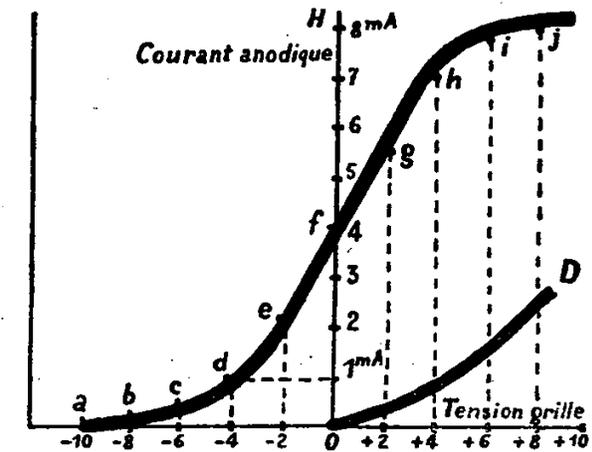


Fig. 89

Tracé de la courbe caractéristique

Mais si le potentiel de grille augmentait considérablement et devenait voisin du potentiel de plaque, la grille capterait une grande partie des électrons et le courant de plaque baisserait ; la lampe fonctionnerait alors dans des conditions tout à fait défectueuses : forte consommation, faible amplification.

On se rend compte dès maintenant du rôle capital que joue le potentiel de grille dans le fonctionnement de la triode.

Courbes complémentaires. — La courbe caractéristique que nous avons établie correspond à un courant de chauffage normal et à une tension anodique de 80 volts.

Il est bien certain qu'elle subira des variations si nous modifions soit le chauffage, soit la haute tension.

Examinons le premier point. En augmentant la température du filament, son pouvoir émissif augmente : les électrons sont plus nombreux. Le « milieu » conducteur étant plus dense, le courant de plaque deviendra lui-même plus important, et le courant de saturation sera plus élevé.

C'est ce que nous indiquent les courbes de la fig. 90. Si les parties inférieures de celles-ci sont à peu près identiques, le courant de saturation, par contre, augmente d'une façon très sensible.

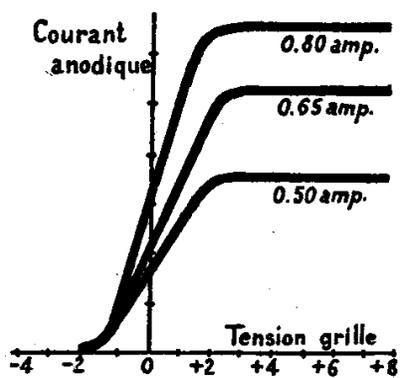


Fig. 90

Influence de l'intensité de chauffage sur le courant anodique.

Examinons maintenant les modifications qu'apporte une augmentation de la tension plaque.

L'anode étant portée à un potentiel plus élevé exerce un pouvoir attractif plus puissant sur les électrons du filament.

Cette attraction vaincra plus tôt la force répulsive exercée par la grille négative et, tandis que les premiers électrons ne pouvaient atteindre la plaque qu'au-dessus d'une tension de grille de -10 , ceux-ci pourront commencer leur bombardement à -15 , par exemple, puis à -20 , à -25 , pour les tensions de plaques progressivement portées à 100, 125 et 150 volts.

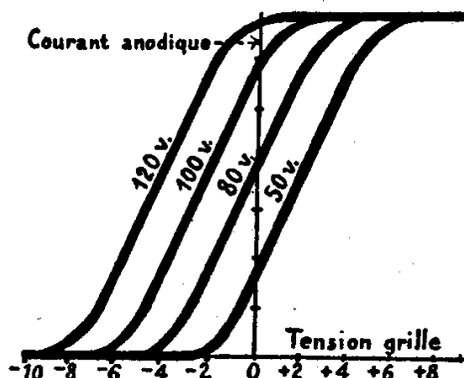


Fig. 91

Déplacement des courbes par variation de la tension plaque.

La caractéristique de plaque se déplace donc vers la gauche et on obtient une famille de courbes, à peu près équidistantes, telles que celles de la fig. 91 (tube différent de celui de la fig. 89).

L'examen de ce réseau nous indique, par contre, que le courant de saturation conserve la même valeur.

Il convient d'ajouter que les chiffres donnés ci-dessus et éventuellement ceux que nous donnerons ultérieurement n'ont rien d'absolu, mais, au contraire, sont infiniment variables selon le type de lampe envisagée : ils dépendent des dimensions des électrodes, de la finesse de la grille, de l'éloignement de la plaque, etc. Chaque tube à vide acheté dans le commerce est d'ailleurs accompagné de ses courbes caractéristiques.

Les exemples précédents n'ont d'autre but que de faciliter la compréhension de la présente étude.

I. Fonction amplificatrice

Dans la première partie de l'ouvrage, nous avons dit qu'il suffisait d'une simple tension appliquée à la grille d'une lampe pour obtenir une forte variation du courant de plaque : d'où ce merveilleux pouvoir amplificateur des tubes à vide.

Connaissant le fonctionnement général de ceux-ci, il nous est facile d'étudier ce phénomène avec plus de précision.

Reprenons, avec un autre tube, l'expérience indiquée à la fig. 88, et notons attentivement les variations du courant de plaque pour chaque variation de la tension-grille.

A cet effet, prenons une feuille de papier et portons sur un trait horizontal, ou axe des abscisses, les volts appliqués à la grille, tandis qu'un trait vertical, ou axe des ordonnées, indique le débit du courant de plaque en milliampères (mA).

Pour une tension anodique de 50 volts, nous remarquons que le courant de plaque est nul à -4 volts grille ; il en est de même à -3 volts. Lorsque le potentiomètre est placé à -2 volts, ce courant apparaît et le milliampèremètre indique 0.1 mA.

Continuons à manœuvrer le curseur : pour -1 volt grille, le courant anodique est de 1 mA ; pour 0 volt grille, il est de 2 mA ; puis successivement pour $+1$ volt, 3 millis ; pour $+2$ volts, 4 millis, etc. En résumé, le courant de plaque croît de 1 milliampère pour chaque augmentation de 1 volt de la tension grille (fig. 92-I).

Si nous avons pris une tension anodique plus forte 80 volts, par exemple (ligne en traits mixtes), le courant de plaque apparaîtrait beaucoup plus tôt, à -4 volts, mais, comme dans le cas précédent, il croîtrait de 1 milliampère par volt. En effet, élevons une verticale de la division -2 volts : le point d'intersection m avec la courbe se trouve à hauteur de la division 2 mA ; le courant anodique est donc de 2 millis. Cherchons le point de correspondance pour -1 volt : nous trouvons n , correspondant à 3 mA, et ainsi de

suite. Il en serait de même pour des tensions-plaque de 100 et de 150 volts.

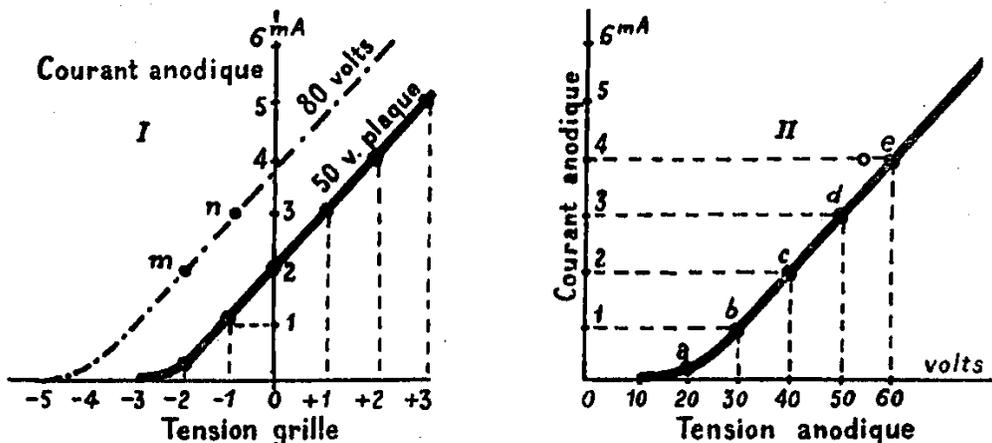


Fig. 92

Courbes comparatives permettant de connaître le pouvoir amplificateur d'une triode.

Reprenons maintenant cette expérience, mais en faisant varier uniquement la tension anodique, le potentiel de grille restant à 0. Portons les résultats sur une autre feuille de papier où nous avons indiqué horizontalement les tensions de plaque successivement envisagées et verticalement, le débit du courant anodique.

Nous constatons que pour 0 volt plaque, le courant est nul ; pour 10 volts également ; il s'amorce à 20 volts (point a). A 30 volts (point b), il correspond à 1 milliampère ; à 40 volts (c), il est de 2 mA ; à 50 volts (d), de 3 mA ; à 60 volts (e), de 4 mA, etc., avec un accroissement de débit de 1 mA pour chaque augmentation de 10 volts appliquée à la plaque. Nous obtenons ainsi la courbe de la fig. 92-II.

Si nous comparons les deux courbes 92-I et 92-II, nous voyons que la même variation du courant anodique (1 milliampère dans le cas qui nous intéresse) est obtenue, soit en augmentant le potentiel de grille de 1 volt, soit en augmentant celui de plaque de 10 volts.

Pour ladite lampe, les variations de débit anodique sont donc 10 fois plus fortes pour une variation de tension appliquée à la grille que pour cette même variation appliquée à la plaque.

Nous pouvons déduire de ce qui précède les propriétés générales de la lampe triode, ou, plus précisément, ses caractéristiques électriques. Celles-ci dominent également l'étude de toute lampe à grilles multiples. Nous envisagerons successivement le coefficient d'amplification, la résistance interne et la pente.

Valeurs fondamentales

Coefficient d'amplification. — Dans l'exemple précité, nous avons vu que la lampe amplifie 10 fois les variations de potentiel appli-

quées à la grille. On dit que son coefficient d'amplification est égal à 10.

Nous dirons que ce coefficient d'amplification est le rapport qui existe entre les variations de potentiel qu'il faut appliquer à la plaque et celles qu'il faut appliquer à la grille pour obtenir la même variation du courant de plaque.

Ici, le coefficient d'amplification en volts, généralement désigné par la lettre *k*, est égal à $10 : 1 = 10$. Il peut varier, selon les lampes, de 3 à 200 et au delà.

Résistance interne. — La résistance interne *Q* d'une lampe est la résistance que les électrons ont à vaincre pour se rendre du filament à la plaque. Elle est d'autant plus grande que ces électrodes sont plus éloignées l'une de l'autre. Pour la déterminer, on divise les variations de tension anodique, en volts, par les variations d'intensité du courant de plaque, en ampères ; soit, pour le cas présent : $Q = 10 : 0.001 = 10\ 000$ ohms.

Pente. — La pente, encore appelée inclinaison, permet d'apprécier le pouvoir amplificateur d'un tube. On se rend compte que plus la courbe caractéristique de la fig. 92-I est verticale, plus grand est le pouvoir amplificateur de la lampe.

La pente *S* indique l'accroissement du courant de plaque par volt-grille et s'exprime en mA/volt. On l'obtient en divisant le coefficient d'amplification par la résistance interne. Ainsi une lampe dans laquelle $k = 10$ et $Q = 10\ 000$, a une pente égale à $10 : 10\ 000 = 0.001$, soit 1 mA/volt. Si la résistance interne n'était que de 5 000 ohms, la pente serait égale à $10 : 5\ 000 = 0.002$ ou 2 mA/volt.

Mécanisme de l'amplification.

Nous schématisons à la fig. 93 une triode montée en amplificatrice à la suite du circuit oscillant d'antenne. Nous distinguons la pile de chauffage A, de 4 volts, la batterie de plaque P, de 80 volts, et une pile de grille G, de 2 volts, dont nous décrivons le rôle un peu plus loin.

Nous représentons, d'autre part, à la fig. 94 la courbe caractéristique de cette lampe ainsi montée. La ligne horizontale porte les différentes tensions de la grille (tensions négatives à gauche du O, et tensions positives à droite) ; la ligne verticale indique celles du courant anodique en milliampères.

La grille, ayant une tension négative permanente de — 2 volts, assurée par la pile G, son point de fonctionnement est en F, point situé sur la verticale élevée de — 2. Donc, au repos, le courant de plaque est de 4 mA division de la ligne OR qui correspond horizontalement au point F.

Appliquons maintenant à la grille les variations de potentiel du circuit oscillant d'antenne LC. Ces tensions alternatives sont assez

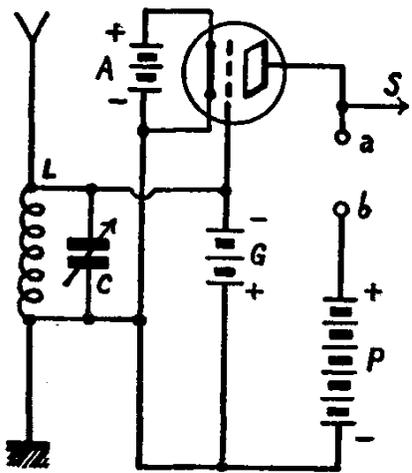


Fig. 93

Triode amplificatrice en premier étage HF.

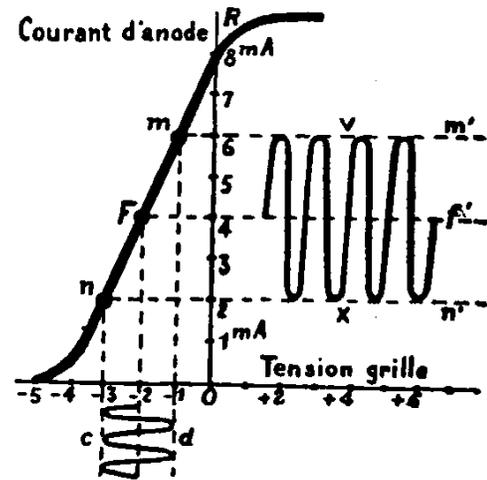


Fig. 94

Courbe de fonctionnement d'une triode amplificatrice.

faibles et représentent des fractions de volt ; pour faciliter le raisonnement, nous les exagérons et supposons qu'elles sont de l'ordre de 1 volt (chiffre qui n'est généralement obtenu qu'après une amplification de plusieurs étages).

Au cours de l'alternance positive, la tension de grille, passe de -2 à -1 ; au cours de l'alternance négative, elle va de -2 à -3 . Cette tension alternative d'attaque est représentée par la ligne sinusoïdale cd .

Or, la tension de grille de -1 volt correspond verticalement au point m de la courbe et à un courant anodique de 6 mA ; celle de -3 volts correspond au point n et à un courant de 2 mA.

Nous voyons que les deux alternances de grille font périodiquement varier le courant de plaque de 4 à 6 mA et de 4 à 2 mA, variations qu'indique la seconde ligne sinusoïdale vx , obtenue à l'aide des horizontales mm' et nn' .

Ces variations du courant de plaque ont la même fréquence que les variations de la tension de grille qui les provoque. Il en résulte que la lampe transforme les variations de tension en variations d'intensité.

Pour utiliser ces dernières, il faut les transformer à leur tour en variations de potentiel (ou de tension) : c'est le rôle de l'organe de liaison (circuit oscillant, self, résistance, transformateur) que l'on insère dans le circuit d'anode en ab .

Ainsi donc, si le coefficient d'amplification de la lampe est égal à 10, les tensions alternatives produites en L par le poste d'émission se retrouvent aux bornes de ab avec une puissance dix fois plus grande.

Il suffit maintenant d'appliquer ces dernières à la grille d'une autre lampe pour obtenir une nouvelle amplification de 10, c'est-à-dire une résultante définitive (théorique) de 100. Nous disons « théorique », car les organes ne sont pas parfaits et les pertes de courant par fuites ou par induction sont inévitables.

Ces pertes sont très sensibles en haute fréquence, les courants de L, ayant une tendance à gagner la sortie S par la capacité parasite grille-plaque. C'est pourquoi, dans la technique actuelle, on n'utilise plus la triode que comme amplificatrice basse fréquence, classe A ou classe B.

Les techniciens rangent dans la classe A le montage de la triode tel que nous venons de le présenter : la lampe travaille sur la partie rectiligne de sa courbe.

La méthode d'amplification classe B n'utilise, au contraire, qu'une seule alternance d'attaque et repose sur une polarisation de grille telle que le courant d'anode soit pratiquement nul lorsque la grille est au repos. Ce procédé trouve son emploi dans l'émission et dans les montages en push-pull.

La distorsion. — L'amplification idéale doit donner une reproduction exacte et amplifiée des oscillations d'entrée. Si cette condition n'est pas remplie, il y a distorsion.

Généralement ce phénomène est dû à ce que la grille ne travaille pas dans de bonnes conditions.

Observons ce qui se produirait, dans le cas précédent, si le point de fonctionnement de la grille avait été maintenu à 0 (batterie G supprimée).

La tension alternative d'attaque de la grille étant de 2 volts, par exemple, celle-ci varierait de 0 à -2 et de 0 à $+2$.

Les points extrêmes correspondent à n et m . Le courant de plaque varie donc de 8 à 5 mA (alternance négative) et de 8 à 9 (alternance positive). Ces variations sont représentées par la ligne sinusoïdale $v'x'$. Nous voyons que celle-ci diffère de la précédente : les parties comprises entre $f'm'$ sont moins importantes que leurs correspondantes en $f'n'$.

Les variations du courant de plaque ne sont donc pas proportionnelles aux variations de la tension de grille. Il se produit une sorte de détection indésirable et une déformation des sons.

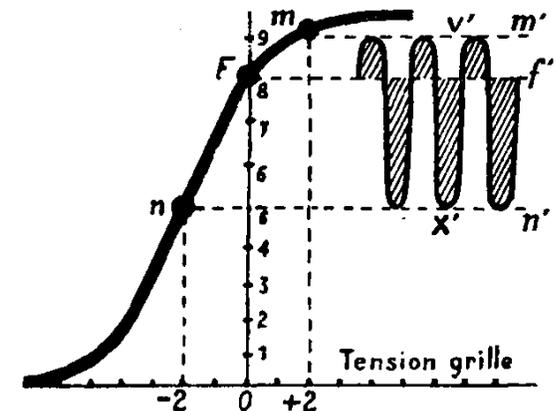


Fig. 95

Lampe amplificatrice travaillant dans des conditions défectueuses.

Cette distorsion est due à ce que la lampe ne travaille pas dans la partie rectiligne de la caractéristique.

Polarisation de grille. — Un résultat à peu près semblable se produirait si la grille avait été polarisée à -4 volts ; la lampe travaillerait, cette fois, sur sa courbe inférieure.

Il résulte de ces faits qu'il y a, pour une lampe donnée, une tension de grille à respecter scrupuleusement. Celle-ci, qui est appliquée en permanence, se nomme « tension de polarisation ».

En haute fréquence, la polarisation doit être faible : dans les montages « batteries », on se contente généralement de connecter la grille, par l'intermédiaire d'une résistance, au point le plus négatif du filament. Mais, en basse fréquence, elle est plus importante, car les amplitudes de tensions appliquées sont beaucoup plus grandes. Elle peut ainsi atteindre de -10 à -30 volts. Nous indiquons aux fig. 253 et 254 différents moyens permettant d'obtenir ces polarisations.

Disons, en terminant ce chapitre, qu'en augmentant la tension-plaque, il faut accentuer la polarisation négative de la grille, car la caractéristique de la lampe se déplace vers la gauche (fig. 91) et entraîne le déplacement identique du point optimum de fonctionnement.

II. Fonction détectrice

Nous savons que le problème de la détection revient à redresser les courants de haute fréquence de manière à ne laisser subsister que la modulation, sous forme de courant de basse fréquence, capable d'agir sur la membrane du haut-parleur.

Ce redressement peut être obtenu de deux manières : soit en utilisant la conductibilité unilatérale du circuit filament-plaque (la lampe travaille alors comme une simple valve à deux électrodes, ou *diode*) ; soit en montant la triode en détectrice amplificatrice (c'est le cas de la détection par caractéristique de grille ou par caractéristique de plaque).

DÉTECTION PAR DIODE. — La présente étude se rapportant à la triode, nous nous étendrons peu sur le premier procédé. Celui-ci est d'ailleurs d'une extrême simplicité.

Nous savons que dans un tube à deux électrodes, un courant ne peut s'établir que lorsque la plaque est positive par rapport au filament. Si donc nous intercalons une diode dans le circuit d'antenne, chaque alternance positive déclenchera un courant entre la plaque et le filament, et comme ce courant « redressé » est modulé selon les variations du microphone d'émission, l'écouteur reproduira les sons de l'auditorium.

Nous représentons à la fig. 96 un détecteur diode monté avec une triode dans laquelle la plaque et la grille ont été réunies.

Cet appareil possède la même sensibilité qu'un bon détecteur à

galène ; il assure un redressement parfait, sans distorsion, des courants de haute fréquence avec une stabilité beaucoup plus grande.

Bien que connu depuis trente ans, il a été longtemps délaissé, car on hésitait à remplacer un détecteur à galène par une valve beaucoup plus coûteuse et nécessitant une source de chauffage. Ce n'est que vers 1932 que ce mode de détection idéal a été adopté, alors que se posait la question de montages extrêmement fidèles, ceux-ci étant suffisamment puissants, d'autre part, pour qu'il soit possible de ne demander aucune amplification à l'étage détecteur.

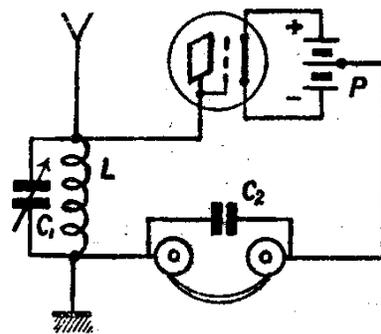


Fig. 96
Détecteur diode
utilisant une lampe triode.

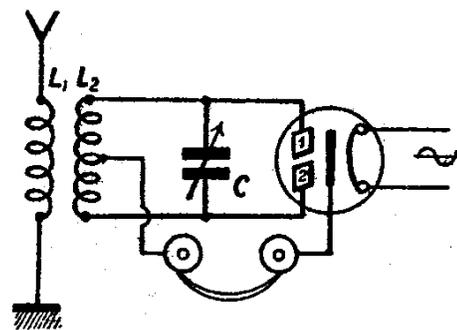


Fig. 97
Diode biplaque
assurant une détection intégrale.

Nous nous rendons compte toutefois que ce détecteur n'utilise qu'une seule alternance, les demi-périodes négatives étant tout simplement arrêtées.

Il n'en est plus de même si l'on fait usage d'une diode à deux anodes montées en opposition (fig. 97) : celle-ci permet de redresser les deux alternances. Grâce à la prise médiane effectuée sur le secondaire du circuit d'accord, les plaques deviennent alternativement positives : donc à tout moment l'écouteur est parcouru par le courant redressé, et le rendement se trouve grandement amélioré.

DÉTECTION PAR LA GRILLE. — La triode utilisée comme détectrice se comporte, en réalité, à l'égal d'un relais détecteur-amplificateur constitué par une diode détectrice et une triode amplificatrice.

La détection peut s'effectuer selon deux mécanismes différents : par utilisation de la caractéristique de grille, lorsqu'on ne dispose que de signaux faibles (cas d'un récepteur comprenant une HF, une D et une BF), et par utilisation de la caractéristique de plaque (cas d'une forte amplification HF ou MF préalable).

La première de ces méthodes a été la seule employée jusqu'à l'apparition des supers alimentés par le secteur.

L'examen de la fig. 89 (courbe D) nous montre qu'un courant de grille apparaît aux environs du point 0, c'est-à-dire lorsque cette électrode acquiert une tension positive.

Dès que le bombardement électronique est déclenché, la grille

prend des charges de plus en plus négatives (on sait que les électrons sont de signe —) ; celles-ci auraient rapidement pour effet de supprimer ledit courant et de bloquer le fonctionnement de la lampe, si l'on ne prenait soin de fixer le potentiel de grille d'une manière stable.

C'est pourquoi on relie la grille au pôle positif de la source de chauffage par une résistance de forte valeur R_1 (fig. 98) qui permet l'écoulement des électrons et maintient à cette électrode une tension légèrement positive.

Toutefois, si cette résistance se laisse bien traverser par le courant continu de la source, elle s'oppose au passage des courants HF. Il est donc indispensable de leur fournir un autre chemin : tel est le rôle du petit condensateur C_1 . Ce procédé est dit : *détection grille par condensateur shunté*.

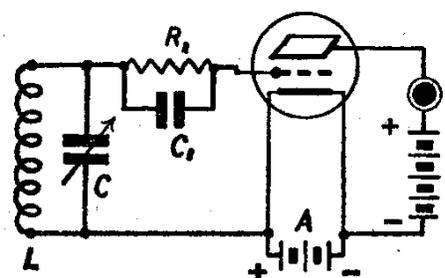


Fig. 98

Triode montée en détectrice.
Procédé du condensateur shunté.

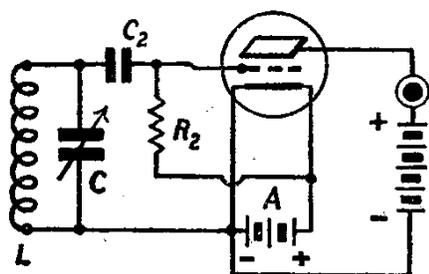


Fig. 99

Autre méthode de détection
par caractéristique de grille.

Une variante est indiquée par la fig. 99. Ici, le retour de grille se fait au — 4 (point commun) et la résistance R_2 est reliée au + 4.

Dans l'un et l'autre cas, les oscillations alternatives d'entrée sont redressées dans le circuit de grille par utilisation de la caractéristique de grille (courbe D précitée), dans des conditions à peu près analogues à celles que nous allons décrire dans la détection par caractéristique de plaque.

Ce redressement fait apparaître la « modulation » que l'on retrouve amplifiée dans le circuit d'anode.

La valeur de la résistance et du condensateur joue un rôle important dans ce procédé de détection. Plus C_1 est faible, plus la fidélité est bonne et la sensibilité médiocre, et réciproquement : les valeurs courantes oscillent autour de 0.1 et 0.15/1000 pour la radiophonie (1/1000 en télégraphie). Quant à la résistance, elle peut varier de 1 (montages puissants) à 4 mégohms (appareils anciens), et atteindre 10 mégohms pour la télégraphie.

Ce mode de détection n'est pas sans présenter des inconvénients : le redressement n'est pas linéaire, ce qui provoque une certaine distorsion ; d'autre part, la grille étant positive, le courant anodique est assez intense ; enfin le courant de grille provoque un certain amortissement.

DÉTECTION PAR L'ANODE. — Si, malgré ses imperfections, la

détection par caractéristique de grille est recommandable pour les signaux faibles, la détection par courbure de plaque est à préférer pour les oscillations d'une certaine amplitude.

Dans ce genre de détection, on polarise fortement la grille à l'aide de la pile B ou par tout autre moyen, afin que le point de fonctionnement F de la lampe se trouve au début de la courbure inférieure de la caractéristique, ce qui fait que le courant anodique est presque nul au repos.

Le montage à réaliser est indiqué par la fig. 100. Dans la grille se trouve le circuit oscillant LC (qui peut être le secondaire d'un transformateur HF ou d'un Tesla) ainsi que la pile de polarisation B.

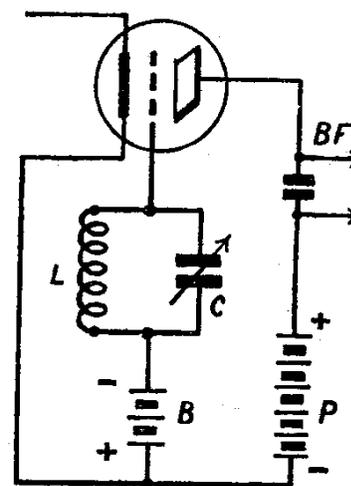


Fig. 100

Détection par l'anode.

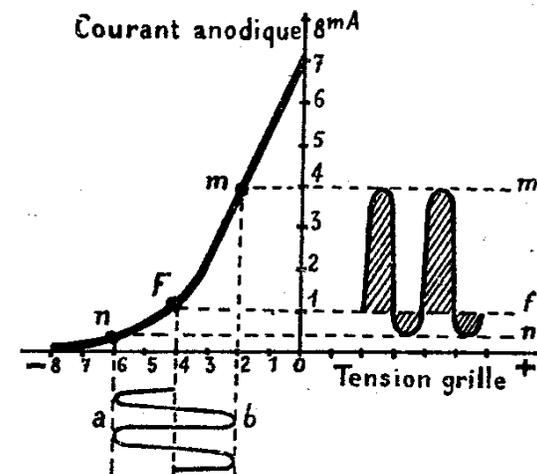


Fig. 101

Mécanisme du redressement.

L'examen de la courbe (fig. 101) montre le mécanisme de la détection. La ligne horizontale inférieure indique les tensions de grille en volts ; la ligne verticale, le courant anodique.

La grille est polarisée à — 4 volts (valeur très variable selon le type de lampe) ; son point de fonctionnement est donc en F.

Les variations de potentiel ba produites par le circuit oscillant LC déplacent alternativement ce point en m et en n .

Les horizontales correspondantes mm' , Ff' et nn' montrent que, pendant les alternances positives, le courant de plaque passe de 1 à 4 mA, tandis que dans les alternances négatives, il diminue de 1 à 0.3 mA. Il y a donc beaucoup plus grande amplification des premières que des secondes.

Ces variations dissymétriques du courant anodique jouent le rôle d'un courant redressé dont la modulation basse fréquence fait vibrer le récepteur téléphonique.

L'idéal serait de supprimer la partie $f'n'$; mais cela est impossible, car il ne peut y avoir de coude brusque en F. Comme dans le cas précédent, la détection n'est pas unilatérale ; mais elle présente néanmoins des avantages sur la détection par grille pour les signaux relativement puissants.

La grille étant toujours négative, aucun courant de grille ne peut apparaître ; il n'y a donc aucune perte d'énergie dans le circuit, ni conséquemment, aucun amortissement, et le récepteur y gagne en sélectivité.

D'autre part, l'amplification croît en raison du carré des tensions à détecter, au lieu d'être proportionnelle à ces tensions, comme dans un détecteur diode. Les signaux de forte amplitude peuvent donc être reçus avec une grande puissance. Ces particularités, jointes à la simplicité de sa réalisation, le font réserver aux récepteurs présentant une amplification HF assez importante ou aux changeurs de fréquence simplifiés.

DÉTECTION DE PUISSANCE. — Lorsque l'amplitude des signaux à détecter dépasse une certaine limite, la détection par l'anode provoque néanmoins une distorsion plus ou moins accentuée.

Or, dans les récepteurs modernes, munis de lampes à écran ou de pentodes HF à grand coefficient d'amplification, les tensions haute fréquence modulées appliquées à la grille détectrice peuvent atteindre 10 et 15 volts aux extrêmes.

On se trouve alors dans l'obligation d'utiliser la détection dite de puissance, que l'on peut obtenir soit par l'anode, soit de préférence par la grille.

Par suite de la grande amplitude des oscillations, les alternances positives n'intéressent que la partie rectiligne de la caractéristique : la détection est donc linéaire.

Le schéma de montage est à peu près le même que celui de la détectrice classique. Mais, si le condensateur C conserve sa valeur de 0,1/1000, la résistance de grille R doit être réduite à 250.000 et quelquefois 100.000 ohms (certaines lampes cependant exigent 1 ou 2 mégohms) et la tension plaque portée à 150, 200 ou 250 volts, selon l'impédance de la lampe.

Avec ce mode de détection, le courant anodique est important et peut atteindre 5 milliampères, risquant ainsi de saturer le transformateur BF et de faire perdre tout le bénéfice de la détection de puissance.

Le remède est simple. Il consiste à soustraire le primaire du transfo à l'action du courant anodique, comme l'indique le schéma 102.

Le circuit de plaque est constitué par une résistance R_1 de 200.000 ohms. Il est séparé du transfo BF par le condensateur C_2 de 0,5 à 2/1000.

Dans ce cas, la tension anodique doit être portée à 4 ou 500 volts pour compenser la chute produite par la résistance R_1 .

Le montage classique peut être maintenu lorsqu'on dispose d'un

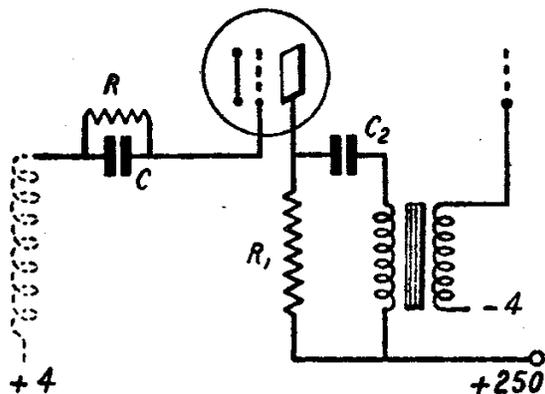


Fig. 102

Montage d'une détectrice de puissance.

transformateur spécial ; mais cet organe est volumineux et très coûteux.

La lampe utilisée devra présenter un grand coefficient d'amplification (de 40 à 50) et une résistance interne de 8 à 12 000 ohms. On trouve surtout ce type dans les séries « secteur » à chauffage indirect.

On ne peut affirmer cependant que son fonctionnement soit idéal, car elle doit assurer à la fois les fonctions détectrice et amplificatrice. Or, si la détection s'opère normalement, l'amplification BF ne s'effectue pas dans de bonnes conditions.

On tourne la difficulté en séparant les deux fonctions et en utilisant une détectrice diode suivie d'une amplificatrice BF : c'est précisément le montage que nous remarquons dans un grand nombre de récepteurs modernes.

DÉTECTION PAR DIODE ET TRIODE. — Le dispositif généralement adopté est indiqué par la fig. 103. Il est surtout recommandable pour les lampes à chauffage indirect.

La détectrice diode A est montée selon la méthode habituelle ; elle est couplée par la résistance R_1 , de 250 000 ohms à 2 mégohms, et le condensateur C_2 , d'environ 10/1000, à la triode amplificatrice BF, dont la grille est convenablement polarisée par la pile P, à travers la résistance R_2 , de 0,5 à 2Ω.

Mais comme les oscillations HF, transmises par le circuit oscillant LC, seraient appliquées non seulement à la grille de la première lampe, mais aussi à celle de la seconde par C_2 , on leur interdit l'accès de celle-ci par l'interposition d'une bobine de choc Ch.

Un condensateur C_3 , de 0,1/1000, peut dériver, au surplus, vers le point commun les oscillations HF fugitives.

Les tensions BF obtenues à la sortie de la lampe B peuvent être appliquées ensuite à la grille d'une BF de puissance.

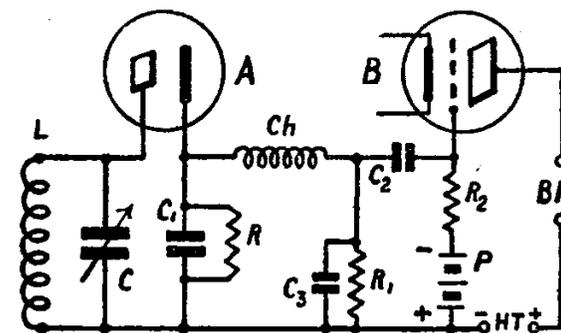


Fig. 103

Détectrice diode suivie d'une Triode amplificatrice basse fréquence.

DÉTECTION PAR TRIODES COMBINÉES. — Ce dispositif, très recommandable par lui-même, présente cependant l'inconvénient d'exiger deux lampes, et, par voie de conséquence, un encombrement et une dépense supplémentaires. Aussi, les constructeurs se sont-ils évertués à placer les éléments de deux lampes dans la même ampoule, et c'est ainsi que l'on a vu successivement l'apparition des diodes-triodes, des diodes-tétraodes, binodes, doubles diodes-triodes, doubles diodes-pentodes, etc.

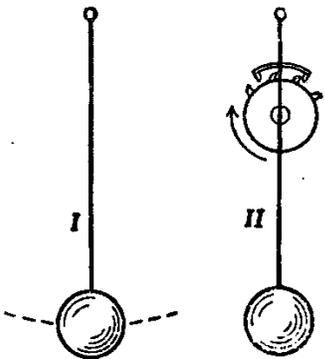
III. Fonction oscillatrice

La troisième fonction de la lampe, après l'amplification et la détection, est l'entretien des oscillations.

C'est grâce à cette faculté que possède la lampe de T.S.F. de pouvoir fournir des oscillations entretenues de toutes fréquences qu'on a pu réaliser des postes émetteurs de grande puissance, ainsi d'ailleurs que des récepteurs très sensibles.

On peut considérer cette troisième fonction comme un cas particulier de l'amplification.

Pour avoir une idée assez exacte de cet entretien d'oscillations, considérons un pendule simple, puis un balancier d'horloge.



Déplacé de sa position d'équilibre et abandonné à lui-même, le pendule décrit autour de celle-ci des déplacements réguliers, amples tout d'abord, puis de plus en plus faibles, et revient à sa position première. La courbe que l'on pourrait tracer est en tous points semblable à celle d'une oscillation amortie.

Pourquoi le balancier d'horloge ne se comporte-t-il pas de même? Parce qu'à chaque déplacement un ressort communique au mécanisme d'échappement, et par suite au balancier, une petite impulsion qui compense la perte d'énergie due au frottement, et entretient le mouvement oscillatoire.

Nous pourrions citer d'autres exemples et constater, dans tous ces générateurs d'oscillations, une source d'énergie (ressort, vapeur, électricité, etc.) et un organe de commande (roue d'échappement, vibreur de sonnette électrique, piston de moteur, etc.).

Cette comparaison va nous permettre de comprendre, par analogie, comment on peut entretenir des oscillations électriques dans un circuit à l'aide d'une triode.

Nous trouvons dans ce tube l'organe de commande auquel nous avons fait allusion : la grille. La source d'énergie est constituée par la batterie de plaque. Cette lampe est montée selon le schéma 105.

La grille est réunie au point commun O (pôles négatifs des deux batteries A et B) par l'intermédiaire d'une self S.

La plaque est reliée à la haute tension par le circuit S'C dans lequel il s'agit d'entretenir les oscillations. L'amorçage de celles-ci

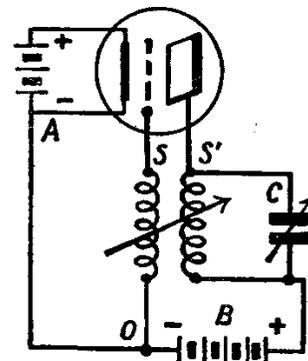


Fig. 105
Montage d'une triode en oscillatrice.

est produit soit par l'allumage du filament, soit par le branchement de la pile B.

Comment va s'effectuer l'entretien? En voici la théorie élémentaire. Puisque S'C oscille, il y a variation de courant de la batterie B (les courbes précédentes nous en ont donné l'explication). Par suite du couplage SS', ces variations produisent, à leur tour, des variations du potentiel de grille.

Ces dernières provoquent de nouvelles variations du courant de plaque, qui réagissent sur le circuit de grille, etc.

En résumé, pour qu'il y ait entretien des oscillations, il suffit de monter une lampe en amplificatrice et de coupler son circuit de plaque, non à la grille de la lampe suivante, mais à sa propre grille.

Précisons toutefois que ce couplage ne suffit pas à lui seul. Il faut observer un certain sens dans l'induction des selfs : leurs bobinages doivent être disposés en sens inverse, et présenter ce que l'on appelle un coefficient de couplage négatif (simple question de connexions).

Un couplage nul ou insuffisant ne permet pas l'entretien des oscillations : on dit que l'oscillateur « n'accroche pas ». Un couplage exagéré fait disparaître toute oscillation. Il faut donc observer le couplage optimum, capable d'entretenir le mouvement oscillatoire avec une amplitude normale.

Ajoutons que, dans la réception des ondes courtes, le couplage de la grille et de la plaque par capacité interne suffit pour faire osciller la lampe sans qu'il soit besoin de coupler les selfs. C'est pourquoi on s'est trouvé longtemps dans l'impossibilité d'amplifier les petites ondes en haute fréquence. On a remédié, par la suite, à cet inconvénient, en annulant cette capacité parasite (montages neutrodynes), ou en interposant un obstacle entre les deux électrodes (lampes à écran).

Le dispositif de la fig. 105 n'est pas le seul qui puisse être réalisé. Ainsi, on peut placer le circuit S'C dans la grille.

Oscillateur Hartley. — Il est également possible de réunir les selfs de plaque et de grille en un enroulement unique, avec prise médiane se rendant à la masse. On se rend compte que les conditions d'accrochage sont encore observées, puisque les deux parties de l'enroulement sont inversées (par rapport à la prise de masse) et le coefficient de couplage est négatif : telle est la technique de l'oscillateur Hartley (fig. 106).

Afin de pouvoir maintenir la grille à une faible tension, tout en appliquant le + HT à la plaque, il est nécessaire d'intercaler entre la self L et l'anode un condensateur C₂.

La capacité d'accord C est placée entre la grille et la plaque. Elle

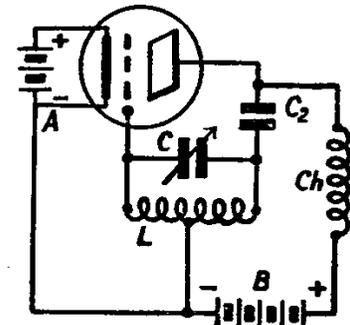


Fig. 106.
Oscillateur Hartley.

ajoute à l'action de la bobine un couplage électrostatique qui donne une grande stabilité à l'oscillateur et évite tout décrochage.

Dans les deux cas précités, comme dans tous les montages analogues, si nous relevons les caractéristiques de fonctionnement des lampes montées en oscillatrices, nous constaterions que le courant d'anode n'apparaît pas d'une façon continue, mais sous forme d'impulsions successives, lors de chaque alternance de la tension d'attaque : c'est ce bref courant qui, à l'égal du ressort de l'horloge, donne au circuit de grille le choc électrique nécessaire à l'entretien des oscillations.

La réaction. — Nous venons de voir qu'en couplant d'une façon convenable les bobines de grille et de plaque, la lampe fonctionne en génératrice d'oscillations.

Si l'on diminue le couplage entre les deux selfs, on fait cesser le mouvement oscillatoire et la détectrice peut recevoir les émissions radiophoniques ; mais on remarque que l'audition est beaucoup plus

forte que si l'on recevait en supprimant la self de plaque.

Cette augmentation de puissance s'explique par l'effet de réaction dû au couplage de la bobine de plaque L_2 et de la bobine de grille L_1 , lequel couplage compense l'amortissement du circuit L_1C ; il en résulte, en outre, une augmentation de la sélectivité.

La fig. 107 montre un récepteur Bourne avec réaction électromagnétique.

Le courant détecté, qui a subi une première amplification, revient dans L_1 et influence plus fortement la grille.

Il en résulte des modifications plus intenses dans le courant de plaque qui, revenant une nouvelle fois au circuit d'accord, produit des variations de plus en plus amples de la tension de grille.

Un bon récepteur radiophonique avec détectrice à réaction exige un couplage minutieusement étudié. Si celui-ci est exagéré, la lampe oscille et devient un véritable émetteur : non seulement les qualités d'audition disparaissent, mais des sifflements se produisent dans les appareils récepteurs du voisinage qui reproduisent également des sons altérés.

Nous verrons ultérieurement comment on peut utiliser les propriétés oscillatrices de la lampe, soit à l'émission (production de courants à haute fréquence), soit à la réception (fonctionnement en hétérodyne).

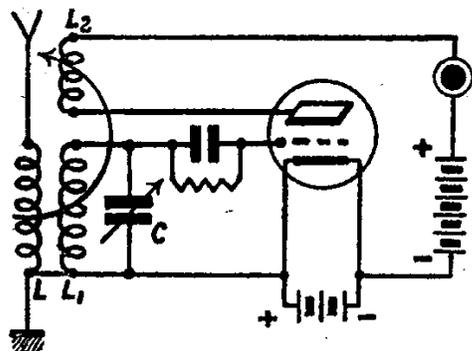


Fig. 107.

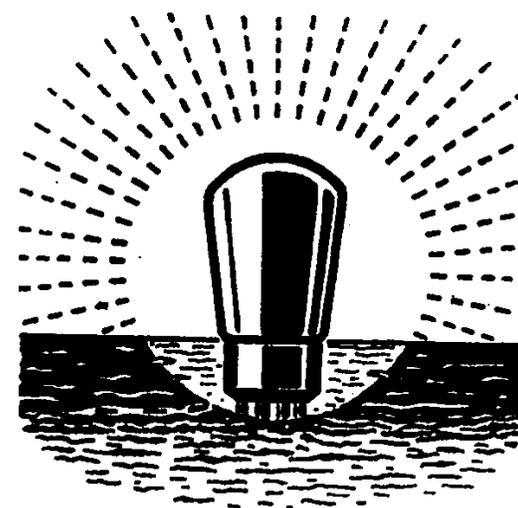
Montage permettant d'obtenir l'effet de réaction.

Applications

Après avoir étudié dans leurs détails les différentes fonctions de la triode, il nous resterait à décrire les montages qui viennent en application de chacune d'elles.

Nous croyons logique de reporter ces réalisations à la fin de ce volume, car, pour en saisir complètement le fonctionnement, il nous faut parler auparavant des organes de réception (antenne, bobines, condensateurs, diffuseurs, etc.), des lampes dérivées de la triode (bigrilles, lampes à écran, pentodes, hexaodes, heptaodes, octodes, etc.), ainsi que des différents procédés d'alimentation des récepteurs (piles, accus, secteur).

Nous trouvons ainsi tracé brièvement le sommaire des chapitres suivants.



SIGNES CONVENTIONNELLS EMPLOYÉS EN TÉLÉGRAPHIE & EN TÉLÉPHONIE SANS FIL

Éléments d'un Poste

125		129		133		137	
126		130		134		138	
127		131		135		139	
128		132		136		140	

125, Antenne. — 126, Terre. — 127, Bobine d'accord. — 128, Condensateur fixe. — 129, Condensateur variable. — 130, Circuit oscillant. — 131, Transformateur. — 132, Transformateur à fer. — 133, Détecteur à galène. — 134, Source 4 volts. — 135, Batterie haute tension. — 136, Rhéostat. — 137, Potentiomètre. — 138, Résistance fixe. — 139, Résistance variable. — 140, Ecouteur, casque ou haut-parleur.

DEUXIÈME PARTIE

Organes de réception

Antenne

Antenne extérieure. — L'antenne jouait un rôle assez effacé depuis l'avènement des changeurs de fréquence.

Mais l'apparition des postes secteur à étages réduits lui a rendu la suprématie qu'elle n'aurait jamais dû perdre. Aussi, maintenons-nous, dans la présente édition, la description des divers types d'aériens.

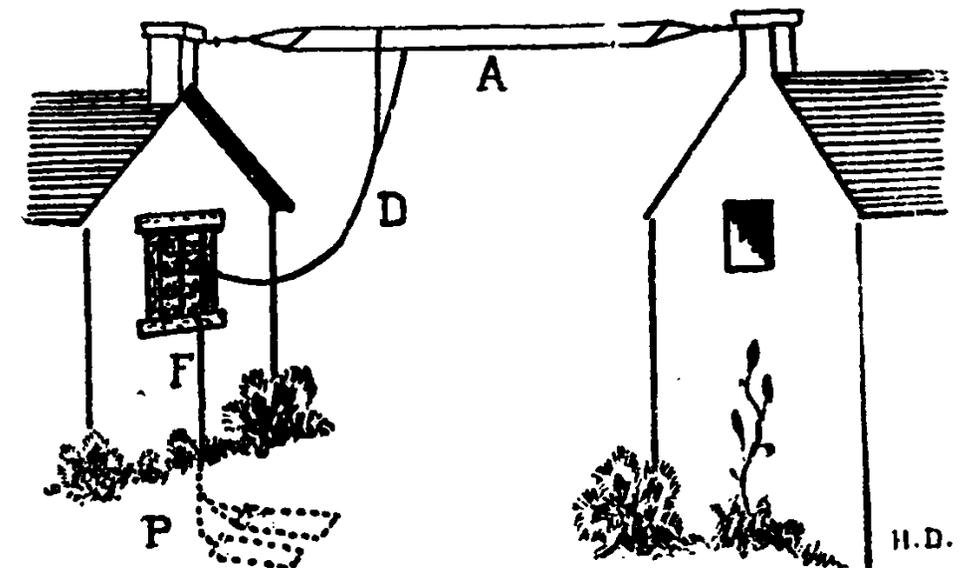


Fig. 141

A, antenne — D, fil de descente. — F, Fil de terre. — P, prise de terre.

Emplacement. — Le choix de l'emplacement ne doit pas dépendre du hasard ; on placera l'antenne dans un endroit dégagé, au-dessus des maisons et des arbres environnants qui absorbent une bonne partie de l'énergie hertzienne.

Il est bon de savoir qu'un mètre en hauteur équivaut bien souvent à dix mètres en longueur. Une cheminée, un pignon élevé, un mât de huit à dix mètres lui donneront une hauteur suffisante.

Dans tous les cas, il est prudent de monter une extrémité de l'antenne au moins sur poulie (fig. 142-V), afin de faciliter un changement de fil ou une réparation quelconque.

Dimensions. — En principe, plus une antenne est longue, plus l'audition est forte. Mais il ne faut pas tomber dans l'excès, car une antenne démesurée recueille tous les parasites atmosphériques qui se traduisent dans les écouteurs par des craquements et des grésillements du plus désagréable effet. Une longue antenne s'oppose également à la réception des petites ondes. Cinq à dix mètres suffisent pour un changeur de fréquence. Quinze mètres au moins sont nécessaires pour un poste à résonance ; vingt-cinq mètres pour une détectrice à réaction et quarante à cinquante mètres pour un poste à galène.

Nature du fil. — Il n'est pas abusif d'attirer l'attention sur le choix judicieux du fil à employer. Les courants captés par l'antenne doivent rencontrer le moins de résistance possible dans le circuit antenne-terre. Il faut donc que le fil soit excellent conducteur de l'électricité. Le cuivre, le bronze, l'aluminium, répondent à cette exigence ; par contre, un fil d'acier donnerait un résultat déplorable. Le diamètre doit atteindre 1,5 à 2 millimètres.

D'autre part, on gagnera considérablement en puissance à augmenter le développement périphérique du fil conducteur, car les courants alternatifs, dans leur course vertigineuse, n'utilisent que la surface de ce dernier et ne pénètrent pas dans sa masse. Tout se passe comme si le fil était un cylindre creux de même métal et de même diamètre.

Le fil à brins tressés est donc en tous points recommandable. On trouve couramment dans le commerce un fil composé de 16 brins dont la conductibilité en haute fréquence est trois fois plus grande que celle d'un brin de cuivre ordinaire de 2 millimètres de diamètre. Ces brins doivent, autant que possible, être isolés à l'émail, afin d'éviter l'oxydation des couches superficielles, les seules utilisées par les courants captés.

Nombre de fils. — L'antenne unifilaire convient lorsqu'on dispose d'une place suffisante (fig. 142-I) : c'est la plus simple à mettre en place.

En cas d'emplacement restreint, on peut ajouter un second fil (fig. 141) et même un troisième (fig. 142-III) : on obtient alors une nappe. Mais il faut bien noter que ces fils supplémentaires ne sont vraiment efficaces que si leur écartement atteint au moins 1^m,50.

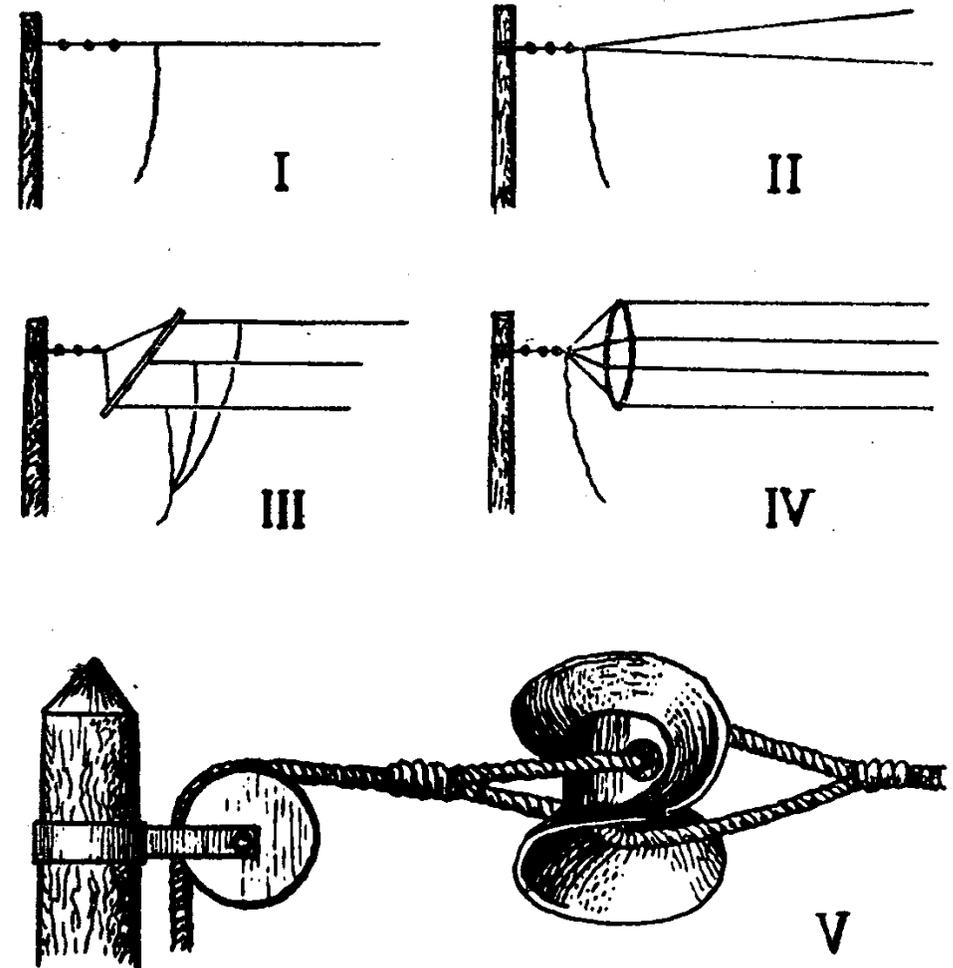


Fig. 142

I. Antenne unifilaire. — II. Antenne en V. — III. — Nappe à 3 brins. — IV. Antenne prismatique. — V. Mode de fixation et d'isolement de l'antenne.

L'antenne en V est aussi fréquemment employée (fig. 142-II) ; mais son effet directif est très prononcé et ce collecteur ne reçoit vraiment bien que les postes situés dans le prolongement de la pointe du V.

Un excellent genre d'aérien est l'antenne prismatique, composée de 4,5 ou 6 fils (fig. 142-IV). La résistance en haute

fréquence de ce dispositif est très faible, le prisme jouant le rôle d'un conducteur unique d'un diamètre égal au sien, ce qui permet de recevoir particulièrement bien les petites ondes.

Le montage d'une telle antenne est très simple ; les fils peuvent être fixés soit à deux barres de bois de 0^m,80 à 1 mètre assemblés en croix, soit à des cerceaux de tonneaux ou à des jantes de bicyclettes.

Le fil employé est du cuivre de 15 à 20/10 de millimètre, ou mieux, du câble tressé.

Isolement. — Le plus grand soin doit être apporté au bon isolement de l'aérien. L'isolement électrique est assuré par l'emploi de blocs de porcelaine appelés « isolateurs ». L'isolateur type « védovelli » (fig. 142-V), est particulièrement recommandable ; on peut utiliser également des maillons en forme d'œufs ou des poulies plates ; ces dernières sont les moins coûteuses. Il faut placer au moins trois de ces pièces à chaque extrémité du fil d'antenne pour obtenir un bon résultat.

Les isolateurs sont réunis entre eux et fixés au support par une corde paraffinée ou simplement par un fil galvanisé.

L'isolement magnétique de l'aérien est assuré par l'éloignement des murs, arbres, gouttières, objets métalliques, capables de soustraire une partie des courants de haute fréquence, essentiellement fugitifs.

Fil de descente. — Le fil métallique qui relie l'antenne au poste récepteur porte le nom de « descente d'antenne » et la partie qui pénètre dans l'immeuble se nomme « entrée de poste ». Le fil de descente peut être nu jusqu'à 1 mètre de l'immeuble ; mais à partir de cet endroit, le fil nu est remplacé par un câble à fort isolement. La traversée de la fenêtre s'effectue avec l'aide d'une « pipe » en porcelaine.

Tous les raccords doivent être soigneusement soudés.

Danger de foudre. — Il est ridicule d'affirmer que l'antenne attire la foudre : cette crainte irréfléchie de certains propriétaires d'immeubles prive un grand nombre de locataires sans-filistes des bienfaits d'une antenne extérieure. Pourquoi donc un fil d'une trentaine de mètres serait-il plus dangereux que les kilomètres de fils téléphoniques et de

câbles électriques qui sillonnent les agglomérations et prennent appui, eux aussi, sur les habitations ?

Il est bon néanmoins de prendre les précautions d'usage pour éviter que l'appareil soit traversé par les courants induits. Le mieux est de prévoir, à l'extérieur du bâtiment, un dispositif permettant de relier l'antenne au fil de terre : un simple brin de cuivre de 2 ou 3 millimètres de diamètre soudé au fil de terre et pouvant être introduit à volonté dans une borne fixée sur le fil de descente d'antenne, constitue un protecteur efficace et bien suffisant.

Antennes antiparasites. — Les dispositifs antiparasites trouvant logiquement leur place dans le chapitre des « Pannes et insuccès », nous avons reporté dans cette partie (tome II) les montages pratiques susceptibles d'améliorer la pureté de l'audition.

Antennes intérieures

Il est certain cas, dans les villes en particulier, où le sans-filiste ne dispose d'aucun emplacement extérieur pour ériger son antenne. Il est donc dans l'obligation d'installer le collecteur d'ondes à l'intérieur de l'immeuble.

Pour ce genre d'antenne, comme pour les dispositifs extérieurs, il s'efforcera de donner le plus de développement possible au fil collecteur et de placer ce dernier dans l'endroit le plus élevé de la maison, dans un grenier, par exemple. Là encore, il faut éloigner l'antenne des murs ainsi que des masses métalliques et veiller à son parfait isolement. Ajoutons qu'une nappe, si importante soit-elle, tendue sous une toiture en zinc, ne donnerait aucun résultat.

Si l'on dispose d'un espace suffisant, on établira une nappe de 3 ou 4 « fuseaux prismatiques » parallèles, disposée dans le sens de la longueur du grenier. Les fuseaux seront écartés d'au moins 1 mètre l'un de l'autre et fixés au mur à l'aide de cordelettes et d'isolateurs.

A défaut de grenier, on peut monter l'antenne dans la pièce où est installé l'appareil de réception. Il existe di-

vers modèles d'antennes dites « invisibles » qui ne nuisent nullement à l'esthétique du lieu. L'isolement et la fixation sont assurés par de petites équerres en celluloïd.

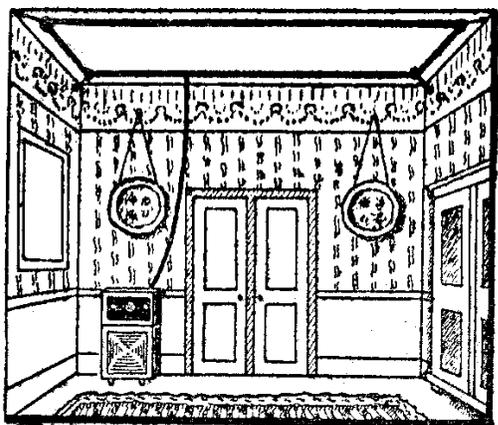


Fig. 143

Antenne intérieure établie dans une pièce d'appartement

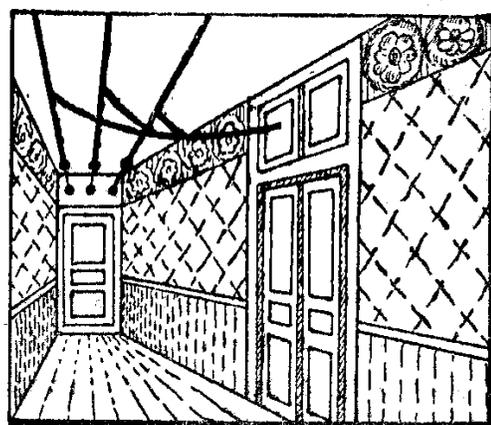


Fig. 144

Antenne intérieure utilisant un long couloir

Pour la forme à adopter, on s'inspirera de la disposition et de l'étendue du local.

Si la chambre est restreinte, on fait effectuer au fil plusieurs fois le tour de la pièce, en maintenant un intervalle constant de vingt centimètres, et l'on obtient une antenne dite « en toile d'araignée ».

Lorsqu'on peut disposer d'un long couloir, celui-ci est tout indiqué pour recevoir une antenne en nappe. On procédera comme nous l'indiquons au schéma n° 144.

Deux ou trois brins seront tendus dans le sens de la longueur, maintenus à une certaine distance des murs et du plafond par une série d'isolateurs et de la corde paraffinée.

On comprendra facilement que pour les antennes intérieures surtout, la qualité du conducteur doit suppléer à la quantité.

Antennes de fortune. — La canalisation de gaz est souvent employée comme antenne par les amateurs des villes. Il suffit de gratter le tuyau de plomb avec un couteau et d'enrouler plusieurs fois à cet endroit (ou de souder) le fil qui sera relié à la borne « antenne » de l'appareil. Avec

un récepteur puissant, et sensible, ce système n'est pas mauvais, mais n'oublions pas que la tuyauterie touche le mur et constitue aussi bien une prise de terre qu'une antenne. De plus, la longueur d'onde d'un tel collecteur est inconnue. Ce dispositif ne doit donc être qu'un pis-aller.

Le secteur électrique constitue, lui aussi, une antenne toute confectionnée. Nous en parlerons lors de l'étude des « Postes Secteur ».

Ajoutons en terminant ce chapitre que si l'on est assez près de la station d'émission, il est souvent possible d'utiliser comme aérien la surface d'une toiture en zinc, voire même un grand balcon métallique.

Prise de terre

La prise de terre a une importance égale à celle de l'antenne : ce n'est pas un accessoire de second plan qui peut supporter la médiocrité. Trop d'amateurs, cependant, après avoir apporté tous leurs soins à la construction de l'aérien, traitent la prise de terre en parent pauvre. Il convient, au contraire, d'apporter tous les soins possibles à son établissement pour obtenir de belles réceptions.

Qu'entend-on par prise de terre ? Un dispositif capable de disperser le plus rapidement possible dans le sol, après utilisation, les courants alternatifs recueillis par l'antenne.

Si l'aérien doit être parfaitement isolé, pour éviter toutes pertes prématurées, la prise de terre doit, au contraire favoriser le plus possible les fuites. Il importe donc que le fil de terre soit de gros diamètre (3 mm par exemple) et excellent conducteur de l'électricité. Pour la même raison, il sera aussi court que possible et rectiligne : on se rappellera qu'un coude brusque, dans un circuit de haute fréquence est un robinet aux trois quarts fermé.

Un simple fil introduit dans la terre donne avec le sol une liaison insuffisante. Afin d'augmenter la surface de contact, on utilise généralement une ou plusieurs plaques de zinc ou de tôle enfouies à 80 centimètres dans la terre et

aussi près que possible des appareils (partie pointillée de la fig. 141). La surface des plaques devra atteindre au moins 1 mètre carré.

L'idéal serait d'établir la prise de terre dans un sol bon conducteur, c'est-à-dire humide, sous un massif de verdure ou à l'entrée d'une cave.

Si l'on ne dispose que d'un terrain sablonneux et susceptible de se dessécher facilement, il est bon de coucher les plaques dans un lit de coke soigneusement pilé qu'on maintient humide par des arrosages fréquents et copieux.

Dans les villes, il est encore possible d'utiliser la canalisation d'eau ; à la campagne, le tuyau de descente d'une pompe dans un puits.

Quel que soit le mode adopté, il est indispensable de souder le fil de terre aux surfaces métalliques qui assurent le contact avec le sol.

Contrepoids. — Un dispositif spécial peut tenir lieu de prise de terre et même améliorer la réception lorsqu'elle est brouillée par des parasites industriels : c'est le *contrepoids*.

Ce contrepoids est constitué par un fil semblable au fil d'antenne, disposé parallèlement à lui à quelque distance du sol et également isolé. Un grillage de cuivre à mailles serrées donne aussi un excellent rendement.

Sur avion, toutes les parties métalliques du fuselage sont reliées à la borne « terre » et jouent le rôle de contrepoids.

Cadre

Le cadre a eu son heure de célébrité au moment de l'apparition des changeurs de fréquence ; mais sa suprématie n'a été qu'éphémère. Sans être totalement abandonné, il est remplacé de plus en plus, sur les appareils modernes, par l'antenne intérieure, moins encombrante et parfois même invisible.

Nos précédentes éditions donnaient les détails de construction de plusieurs types de cadres simplifiés. Nous croyons inutile d'y revenir.

Nous indiquons également la manière de procéder pour obtenir un cadre à double enroulement, l'un pour les P. O., l'autre pour les G. O., avec inverseur rotatif permettant de passer instantanément des petites ondes aux grandes ondes.

Au cas où quelques-uns de nos lecteurs seraient restés fidèles à ce genre de collecteur, nous donnons à la fig. 145

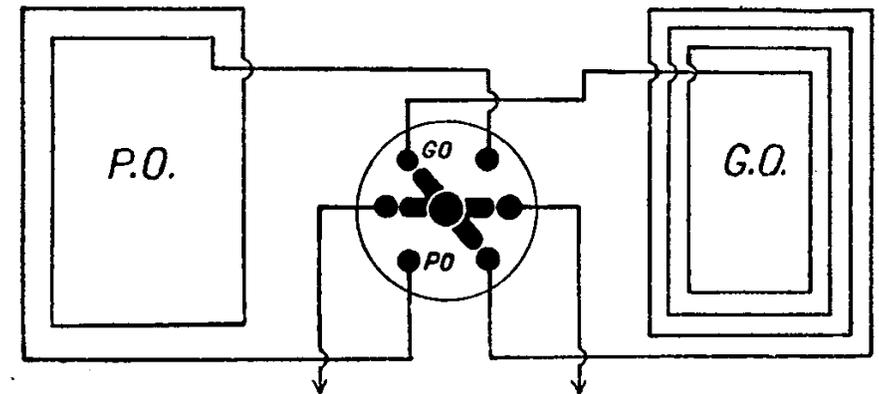


Fig. 145

Inverseur bipolaire permettant de passer de P.O. à G.O. et réciproquement.

la manière de brancher cet inverseur aux deux enroulements.

Certains amateurs préfèrent les enroulements en spirales plates, moins encombrants que les précédents. Ils pourront réaliser leur désir en construisant le cadre perfectionné décrit ci-après, qui donne avec un condensateur de 1/1.000 à ses bornes, toutes les longueurs d'ondes sans bout mort.

La monture est en chêne ou en noyer bien sec ; elle a une hauteur totale de 1 mètre. Chaque extrémité de la croix est percée de 15 trous espacés de 10 millimètres, dans lesquels on a enfoncé des chevilles-supports débordant en avant et en arrière du cadre. La branche inférieure est munie d'un trou supplémentaire parce qu'elle supporte les points de départ et d'arrivée des enroulements.

Sur les chevilles sont placés de petits isolateurs à gorge (poules d'électriciens) à raison de 4 isolateurs par cheville : 2 en avant du cadre, 2 en arrière. On effectue alors 4 enroulements parallèles de 15 spires chacun. Les extré-

mités des spirales ainsi formées aboutissent à des manettes ou à des inverseurs montés sur une plaque d'ébonite, dispositif qui permet de prendre à volonté 1, 2 ou 4 enroule-

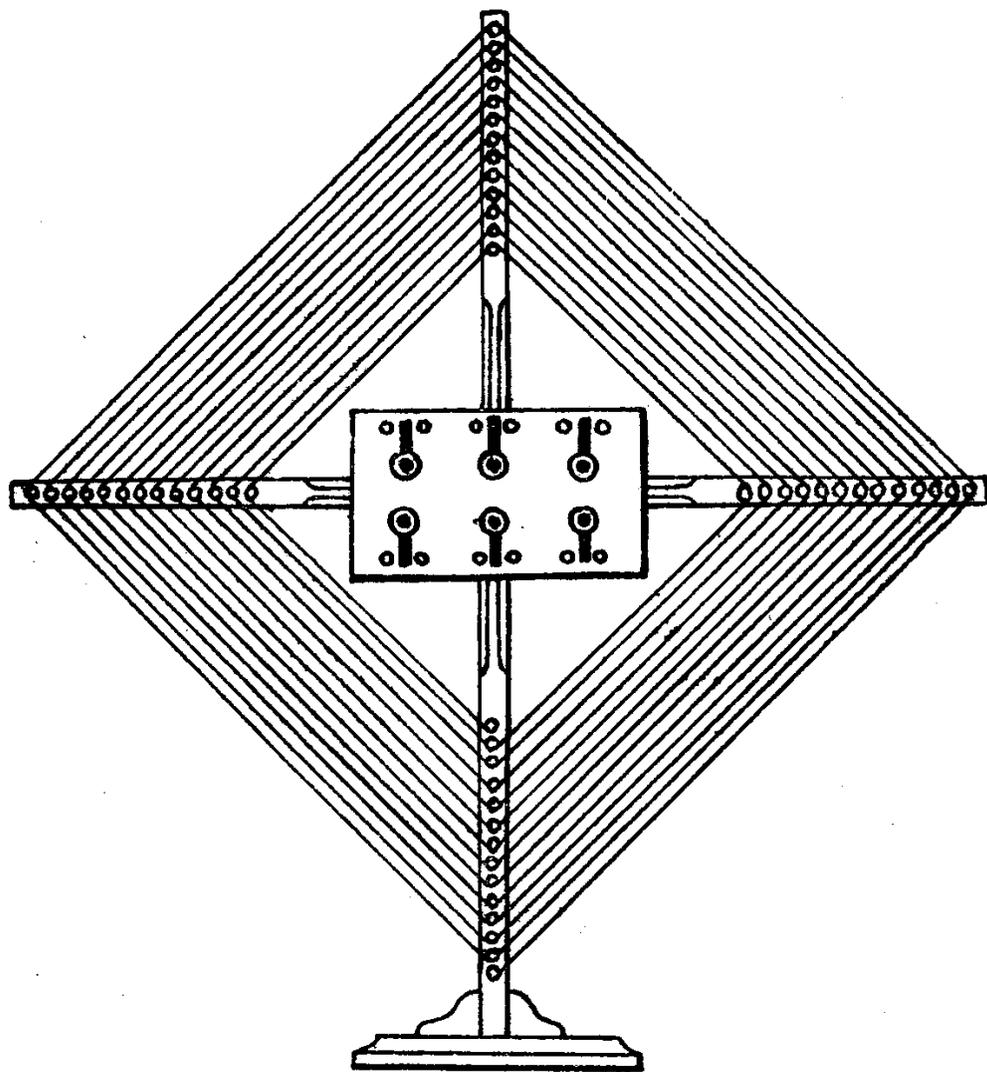


Fig. 146

Cadre pour toutes ondes.
Un seul enroulement est visible. En réalité, quatre enroulements égaux sont superposés. Les six manettes permettent toutes les combinaisons nécessaires.

ments, combinaisons suffisantes pour couvrir la gamme de 200 à 1.850 mètres de longueurs d'onde.

Nous donnerons dans un instant les moyens de réaliser pratiquement ces connexions.

Le fil employé ne sera pas obligatoirement isolé, puisqu'il repose sur des poulies en matière isolante. On utilisera avantageusement du câble à 16 brins tressés. Il en faut une longueur d'environ 90 mètres.

Les fig. 147, 148 et 149 indiquent les groupements à réaliser, soit à l'aide de manettes, soit avec un combinateur spécial pour obtenir successivement la réception des G.O., M.O. et P.O.

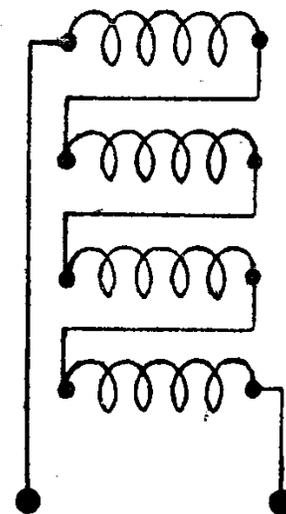


Fig. 147
Mise en série
Réception des G. O.

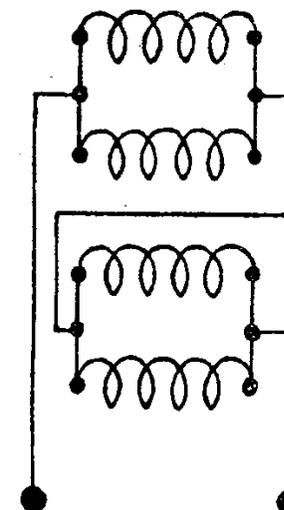


Fig. 148
Groupement mixte
Réception des M. O.

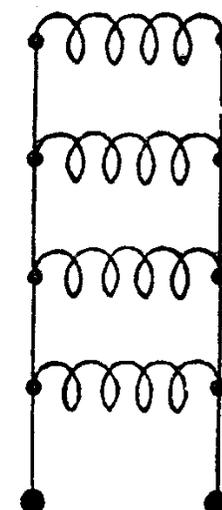


Fig. 149
Mise en parallèle
Réception des P. O.

Dans la fig. 147, les enroulements I, II, III et IV sont en série et leurs longueurs d'ondes respectives s'ajoutent.

La figure 148 montre ces enroulements groupés deux par deux : I et II d'une part, III et IV d'autre part, sont en parallèle. L'ensemble agit approximativement comme si deux enroulements seulement existaient.

Enfin, nous voyons au croquis suivant (fig. 149) les entrées et les sorties reliées entre elles, combinaison qui possède une longueur d'onde à peine supérieure à celle d'un enroulement isolé.

Nous nous rendons compte que cette méthode de groupements permet d'utiliser à tout moment la totalité du fil, ce qui non seulement supprime les bouts morts toujours nuisibles, mais renforce l'action de la partie active du cadre.

Voyons maintenant la manière de brancher les quatre entrées et les quatre sorties. Nous indiquerons deux procédés.

En premier lieu, utilisation des 6 manettes figurant sur le schéma 146. La fig. 150 indique les connexions à exécuter. (Les manettes supérieures ont été déplacées pour faciliter la lisibilité du croquis). En mettant les lames de contact sur

les plots P, les enroulements sont placés en parallèle pour la réception des P. O. En les mettant sur S, on obtient la mise en série pour la réception des G. O. Une combinaison des deux positions donne les M. O.

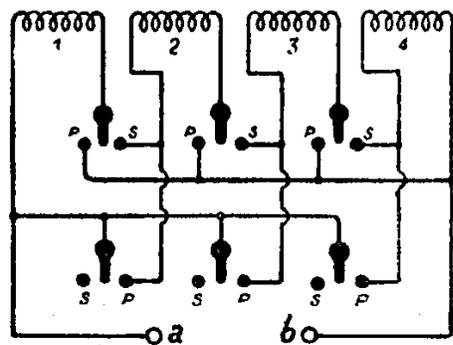


Fig. 150

Commutation par manettes.

a et b communiquent au récepteur.

P, « en parallèle » ;

S, « en série ».

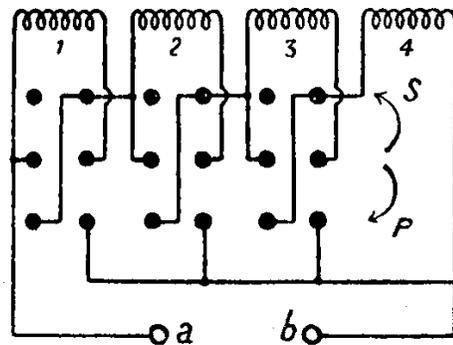


Fig. 151

Commutation par inverseurs.

Couteaux vers le haut : parallèle.

Rabattus vers le bas : série.

La fig. 151 représente trois inverseurs bipolaires permettant de réaliser les mêmes combinaisons. Lorsque les couteaux sont en contact avec les griffes supérieures, les enroulements sont en parallèle; rabattus sur les griffes inférieures, ils donnent la position « en série ». Une manœuvre mixte donne la position série-parallèle qui permet de recevoir les moyennes ondes.

Nous ajouterons que si l'on se contente des deux positions « série » et « parallèle », on peut utiliser simplement un commutateur tétrapolaire à deux directions.

Bobines d'induction

C'est entre l'antenne et la prise de terre qu'on dispose le système d'accord, formé d'une bobine d'induction et d'un condensateur variable.

Nous avons dit précédemment que le rôle de la bobine d'accord est d'augmenter électriquement la longueur d'onde de l'antenne, afin de lui permettre de vibrer à l'unisson de celle du poste émetteur, chaque spire représentant un allongement approximatif de 10 mètres pour

certain bobinages ; mais ce chiffre peut varier dans de grandes proportions selon le diamètre de la bobine et la nature du fil.

Notons que toutes les spires de ces bobinages présentent entre elles un effet de capacité qui n'est pas négligeable. Celui-ci est d'autant plus important que l'enroulement est moins soigné. Tout se passe comme si la bobine était shuntée* par un petit condensateur qui représente la capacité propre de celle-ci. Cette capacité dévie une partie d'autant plus grande du courant que la fréquence est plus élevée.

Les enroulements massés, « nids d'abeille » et « fonds de panier » ont une capacité propre relativement importante; aussi ne les utilise-t-on que pour les ondes supérieures à 500 mètres. Sur ondes courtes, il y a lieu d'employer les bobinages à une seule couche, « bobinages cylindriques » et « gabions » qui ne présentent pas cet inconvénient au même degré.

Enfin, pour les ondes très courtes, il faut éviter, en outre, les déperditions qui se produisent dans l'isolant lui-même (coton, soie, émail, caoutchouc, support ébonite, etc.). Aussi l'emploi de bobinages « dans l'air », sans support, est-il particulièrement recommandé.

Nid d'abeille. — Les bobines en nid d'abeille, qui offrent une certaine ressemblance avec les alvéoles des ruches, sont construites à l'aide d'un mandrin cylindrique en bois de 5 à 6 centimètres de diamètre pourvu de tiges métalliques plantées le long de deux cercles équidistants de 25 millimètres. Cette monture a sensiblement l'aspect d'une roue à double rangée de rayons. Lorsque le bobinage est terminé, on enlève les tiges métalliques, on lui donne la rigidité suffisante en l'enduisant de vernis à la gomme laque et on le libère de son support. Il ne reste plus qu'à le monter sur sabot à l'aide d'une bande de celluloid.

Fonds de panier. — Si la construction des nids d'abeille est délicate et peu recommandée aux amateurs, celle des fonds de panier n'offre aucune difficulté. On prend un disque de carton mince de 10 à 12 centimètres de diamètre dans lequel on pratique 7 encoches de 3 millimètres de largeur, divi-

Ces organes sont généralement placés après la détectrice pour « bloquer » la haute fréquence dans ses circuits propres et éviter son passage dans les étages BF, fuite qui occasionne des accrochages, des sifflements et de la distorsion des sons.

Ils constituent donc une résistance, un obstacle pour les courants HF, tout en laissant passer le courant continu. Afin d'éviter toute capacité répartie et toute perte des courants de haute fréquence, l'enroulement est fractionné, et chaque partie est séparée de la voisine par un épaulement.

Nous recommandons d'acheter ces selfs toutes confectionnées dans le commerce, car leur fabrication est délicate. Voici toutefois quelques détails à l'usage des amateurs qui désireraient les monter par leurs propres moyens.

Prendre un mandrin en ébonite de 22 mm. de diamètre sur 61 mm. de long. Creuser au tour 9 gorges de 3,5 mm. de largeur séparées entre elles par un épaulement de 2,5 mm. Bobiner ensuite dans les 8 premières gorges 2.400 tours de fil 8/100 ou 1/10 sous soie; la 9^e est inutilisée et permet le logement des écrous de fixation. L'enroulement est réalisé en ob-

servant une progression ascendante, par exemple en bobinant successivement 125, 175, 225, 275, 325, 375, 425 et 475 spires (fig. 154). Une fente de 1 mm. est ménagée dans chaque épaulement pour le passage du fil d'une gorge à l'autre.

Certains fabricants le répartissent dans 9 gorges et font 3 séries de 125, 275 et 400 spires. D'autres,

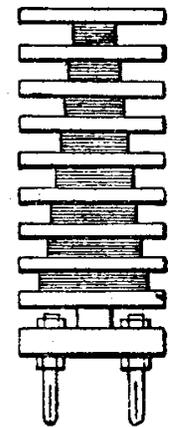


Fig. 154
Self de choc
pour
toutes ondes



Fig. 155
Mandrin pour
self
semi-apériodique

pour favoriser davantage la réception des petites ondes, limitent le bobinage à 1.600 spires et le groupent en 4 tronçons égaux de 400 spires chacun.

Nous indiquerons, dans le chapitre des montages, la manière d'utiliser ces organes.

Selfs semi-apériodiques. — L'amplification en haute fré-

quence, nécessaire pour la réception des stations lointaines exige, pour chaque étage, un dispositif d'accord spécial. Mais à mesure que le nombre des étages augmente, l'accord du poste est beaucoup plus difficile à obtenir, car il nécessite la manœuvre simultanée de plusieurs condensateurs variables, dont l'achat représente, en outre, une dépense assez élevée.

On peut tourner la difficulté en disposant à certains de ces étages une self semi-apériodique qui amplifie, sans condensateur, toutes les longueurs d'onde de 100 à 2.000 mètres.

La construction d'une bobine de ce genre ne présente pas de grandes difficultés. On se procure un cylindre d'ébonite de 3 cm. de diamètre sur 7 de long. On creuse au tour, dans ce cylindre, 9 gorges de 2 mm. de largeur (3 pour les 2 dernières) en échelonnant les profondeurs de 2 à 10 mm., selon l'importance du bobinage (fig. 155).

On enroule successivement dans ces gorges, de bas en haut, 50, 50, 50, 50, 150, 250, 400, 600, 800 spires de fil 8/100, 2 couches soie. Pour permettre le passage d'une gorge à l'autre, on pratique une rainure de 1 mm. 5 dans les joues de séparation.

Lorsqu'on a terminé le bobinage de chaque gorge, on soude sur le fil de 8/100 un fil souple de 6/10 isolé au coton qui se rend à l'un des 8 plots du contacteur ou de la manette. On comble le reste de la gorge avec du cordon de soie et on obtient une self robuste qui ne craint aucune détérioration.

Le début de l'enroulement communique à la plaque de la lampe HF, les prises aux 8 plots correspondants, et la manette au + 80.

L'emploi d'une telle self simplifie les réglages et diminue le prix de revient du poste ; mais il est bon d'ajouter que ce mode de liaison haute fréquence n'a pas la sélectivité ni la syntonie du montage à résonance (self et condensateur).

Nature du fil. — Pour la réception des grandes ondes, on emploie dans tous les bobinages dont nous venons de parler (exception faite des trois derniers) du fil de cuivre de 2 à 4/10^e de millimètre de diamètre ; pour les petites

ondes, le fil de 6 à 8/10° donne de bien meilleurs résultats, car il oppose moins de résistance au passage de la haute fréquence. Les gabions ainsi que les bobines spirales seront constitués en fil de 12/10°. Dans tous les cas, isolément par deux couches de coton.

Condensateurs

Le complément indispensable de la bobine d'induction est le condensateur variable dont le rôle est de parfaire l'accord en agissant également sur la longueur d'onde de l'antenne.

Dans le chapitre des « Notions techniques », nous avons parlé de la constitution, de la capacité et du fonctionnement de cet organe.

Le condensateur peut être fixe ou variable.

Condensateur fixe. — Le condensateur fixe est établi pour avoir une capacité déterminée et autant que possible invariable. A ce type se rattachent les condensateurs de détection (de l'ordre du dix-millième de microfarad), les condensateurs de liaison entre étages (un à cinq dix-millièmes pour la haute fréquence, et 4 à 10 millièmes pour la BF) et les condensateurs-shunt d'écouteurs ou de transformateurs (1 ou 2 millièmes).

Nos précédentes éditions donnaient la manière de réaliser ces capacités classiques. Mais le commerce fournit actuellement ces accessoires à très bon compte.

La fig. 156-I représente en profil et en plan un condensateur dans lequel on a exagéré l'épaisseur des feuilles de mica et d'étain, pour la bonne lisibilité du schéma.

Certains fabricants enroulent dans un tube les deux armatures et leur isolant : ils obtiennent ainsi des condensateurs tubulaires fig. 156-II).

Il faut noter que dans toutes ces réalisations, plus l'isolant est mince, plus la capacité augmente, les surfaces en présence restant les mêmes.

A ce type de condensateurs fixes se rattachent les condensateurs ajustables dont on peut faire varier légèrement la

capacité par l'écartement plus ou moins accentué d'une lame métallique mobile.

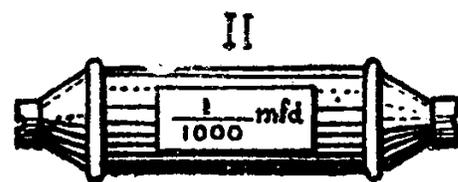
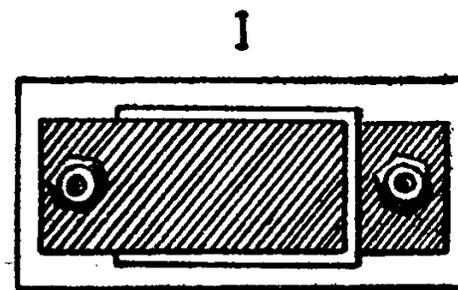
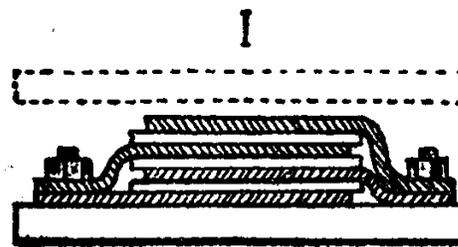


Fig. 156
Condensateurs fixes.
I. Modèle plan.
II. Modèle tubulaire.

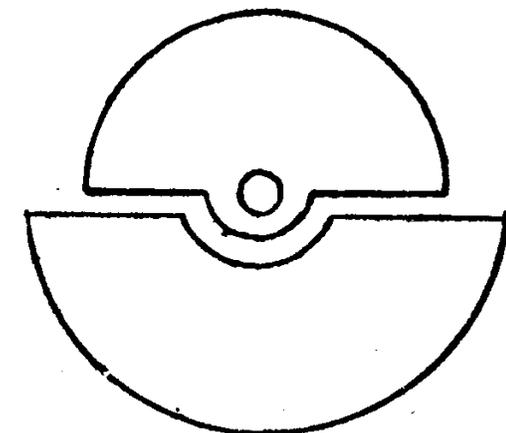
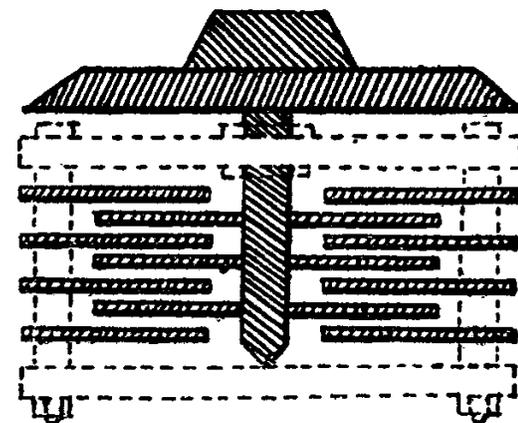


Fig. 157
Condensateur variable.
Coupe schématique.
Plan des lames.

Condensateur variable. — Le condensateur variable (fig. 129) est constitué par une série de lames métalliques fixes entre lesquelles peuvent coulisser des lames mobiles manœuvrées par un bouton molleté ; l'air joue le rôle d'isolant. C'est à ce type de condensateurs que nous avons fait allusion en parlant de l'accord d'antenne.

La fig. 157 donne le schéma de principe d'un condensateur variable et la position respective des lames (vue de plan) lorsque la capacité est nulle. Les lames mobiles font corps avec l'axe central et sont commandées par lui ; les lames fixes sont maintenues par le bâti de l'appareil. Plus

les premières sont rentrées dans les secondes, plus la capacité est grande. Un condensateur variable de 1 millième possède généralement vingt lames fixes et dix-neuf lames mobiles.

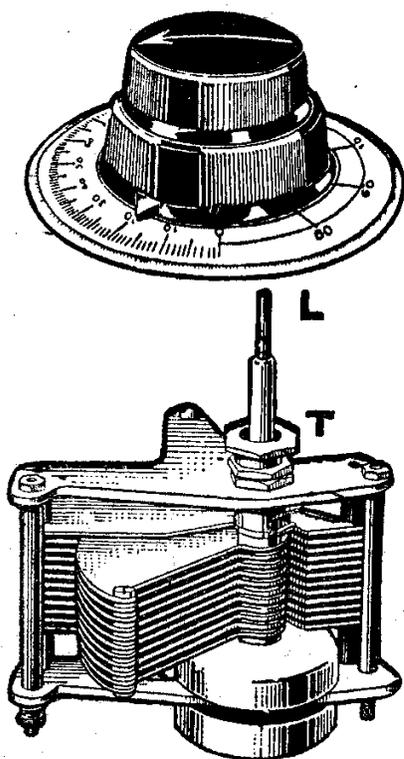


Fig. 158
Condensateur variable
à démultiplicateur.

La plupart des condensateurs variables sont munis d'un dispositif spécial permettant d'obtenir un accord très précis.

Il y a quelques années, la faveur allait au vernier, organe comprenant une lame mobile commandée par un second bouton.

Actuellement, la plupart des condensateurs sont à *démultiplicateur*. La figure 158 représente ce type d'appareils : la tige T, permet la commande directe des lames mobiles ; la tige L, qui passe à l'intérieur de T, assure la progression micrométrique de ladite armature. Le

rapport de démultiplication est généralement de 1-20.

Le condensateur *square law* à variation linéaire de longueur d'onde a des lames mobiles semi-circulaires dont le contour spécial est étudié pour que les longueurs d'onde se répartissent d'une manière égale sur le disque gradué, ce qui rend les réglages plus faciles et la sélectivité uniforme.

Ces appareils ne souffrent pas la médiocrité, car un isolement insuffisant est une source de pertes en haute fréquence. Il ne faut donc pas lésiner sur les prix.

La Commande unique

Autrefois, chaque circuit d'accord avait son condensateur variable indépendant. De nos jours, la mode est à la simplicité de manœuvre et le réglage des circuits s'effectue à l'aide d'un bouton unique, par rotation simultanée de plusieurs condensateurs montés sur un même arbre.

Ajoutons que cette méthode, qui se borne à obtenir un « réglage moyen » n'ajoute rien à la valeur technique de l'appareil.

La réalisation de récepteurs à commande unique exigeant des

moyens techniques qu'un grand nombre d'amateurs n'ont pas à leur disposition, nous devons louer les fabricants de bobinages qui ont mis au point les pièces détachées nécessaires à cette réalisation.

Nous reportant au schéma 85, nous nous rendons compte que si les bobinages A, B et C sont rigoureusement identiques, ils pourront être accordés par un condensateur composé de trois capacités également identiques. Celles-ci sont indiquées par le pointillé.

Nous donnons au schéma 159 la représentation de ce condensateur triple dont les trois stators sont isolés et les trois rotors solidaires d'un même axe.

La chose paraît donc très facile en théorie. Mais en pratique, il y a quelques points épineux. Il est tout d'abord très difficile de construire des selfs absolument identiques. D'autre part, couplé à la self d'antenne, le bobinage A aura son accord légèrement décalé. Enfin, la capacité nécessaire pour couvrir la gamme d'hétérodyne est généralement plus faible que la capacité destinée à couvrir la gamme du circuit d'accord.

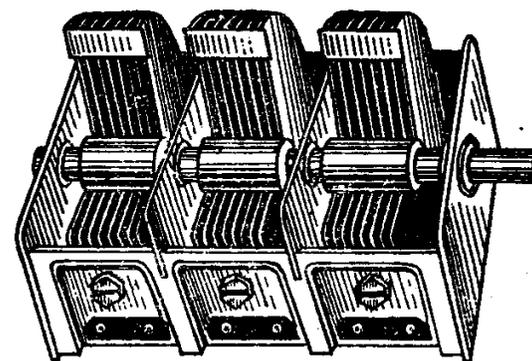


Fig. 159
Condensateur triple
pour commande unique.

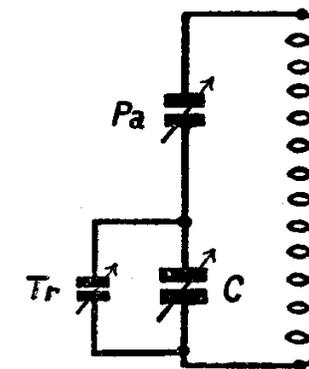


Fig. 160
Trimmer Tr
et padding Pa.

Il est indispensable de procéder à une opération que l'on désigne généralement sous le nom « d'alignement des circuits ». Pour cela, on utilise des capacités correctrices nommées « trimmers » et « paddings » (fig. 160).

Le trimmer Tr a une faible valeur ; il est monté en parallèle avec le condensateur variable C. Cet organe est généralement placé sur le bâti même de ce dernier (les trois boulons que l'on voit sur la fig. 159 sont les commandes de ces petites capacités). Il a pour rôle de permettre l'alignement à la base et de contrebalancer l'inégalité de valeur des selfs et des condensateurs variables.

Le padding Pa est placé en série et possède une capacité beaucoup plus forte. Il est sans action au bas de la gamme (point zéro du bloc) ; mais en revanche, en fin de course, il réduit la capacité totale du condensateur variable. Le mono-réglage peut ainsi être réalisé.

Il va sans dire que seules les maisons possédant un laboratoire bien outillé peuvent fournir un matériel bien étalonné, permettant « l'alignement du poste » sur toutes les positions des condensateurs.

Condensateurs électrochimiques. — Aux organes précédemment décrits, nous devons ajouter les condensateurs électrochimiques dont l'usage s'est beaucoup généralisé dans ces derniers temps.

Ces condensateurs, qui sont à liquide libre ou à liquide semi-immobilisé, comprennent une électrode en aluminium (pôle +) baignant dans un électrolyte approprié (pôle —) formant la seconde armature. Une mince couche d'oxyde d'aluminium déposée sur la première joue le rôle de diélectrique. L'ensemble est contenu dans un boîtier en métal.

Les avantages de ces appareils sont nombreux : capacité élevée sous un volume et poids réduits ; sécurité au claquage à peu près absolue ; existence d'un courant de fuite permanent qui évite toute surtension.

Ces qualités ont fait adopter les condensateurs électrochimiques comme organes de filtre de haute tension. Les capacités les plus couramment employées sont 6, 8, 12, 16 et 32 microfarads. Leur durée, lorsqu'ils sont soigneusement construits, peut atteindre et dépasser 10 années.

Dispositifs d'accord

L'antenne de réception, avons-nous dit dans la première partie de cet ouvrage, ne recueille pas indistinctement toutes les ondes qui passent à sa portée.

L'énergie rayonnée par les divers postes d'émission est si faible par rapport à l'immensité de l'espace où elle se répand, que la fraction infinitésimale recueillie par l'antenne est pour ainsi dire inappréciable. Ainsi une antenne de moyenne longueur recueille, à 100 kilomètres de la station émettrice, un courant de 5 milliardièmes d'ampère.

Cette énergie infime se heurte, dans le fil métallique, à la résistance qu'oppose tout conducteur aux déplacements d'électrons dans sa masse.

Mais si l'on adapte à l'aérien un dispositif qui lui permette d'avoir la même longueur d'onde qu'une station bien déterminée, il oscille à l'unisson de l'antenne émettrice ; à ce moment, toute résistance interne disparaît et

les courants induits trouvent le chemin libre pour atteindre l'appareil récepteur.

Ce dispositif se nomme *circuit d'accord* ou circuit oscillant (fig. 130). Il comprend, nous le savons déjà, une bobine d'induction et un condensateur variable.

La bobine fournit l'effet de « self » dont nous avons vu l'importance, le condensateur, la capacité, qui se traduit par une aspiration électronique résultant de la dénivellation électrique créée entre ses deux armatures.

C'est en faisant varier la self et la capacité qu'on « accorde » une antenne.

Mode: de couplage. — Nous avons indiqué précédemment les divers modes de couplage de l'antenne au circuit oscillant.

Rappelons que le couplage en direct (fig. 161) est le moins sélectif, car l'amortissement de l'aérien est introduit dans le circuit oscillant.

Le couplage en Tesla (fig. 162) est d'autant plus sélectif que les selfs B et B₁ sont éloignées l'une de l'autre. La pointe de résonance est encore accrue lorsqu'on accorde également le primaire (partie pointillée).



Fig. 161
Accord
en direct

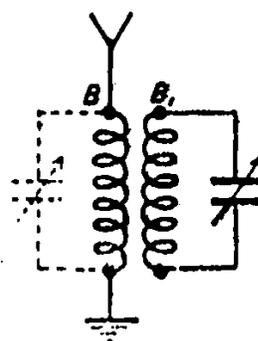


Fig. 162
Accord
en Tesla

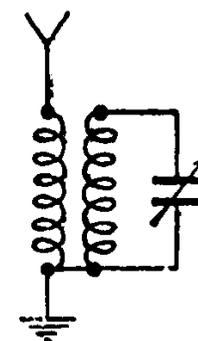


Fig. 163
Accord
en Bourne

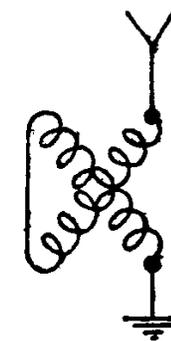


Fig. 164
Accord par
variomètre

La réception en Bourne (fig. 163) se place, en tant que syntonie, entre les deux systèmes précédents. Nous savons que ce dispositif comporte un point commun aux deux selfs.

Quant à l'accord par variomètre (fig. 164), il s'obtient par l'action inductive de deux selfs mises « en série ». Le couplage plus ou moins accentué de ces bobinages aug-

mente ou diminue la capacité et joue le rôle de condensateur.

Circuit d'antenne. — Il est possible de recevoir sur antenne accordée ou sur antenne désaccordée.

Antenne accordée. — La caractéristique de l'antenne accordée, sauf pour le cas du variomètre, est la présence d'un condensateur variable dans le circuit antenne-terre. Cette capacité peut être connectée de deux manières audit circuit : tantôt elle est placée en série (partie pointillée de la fig. 161), tantôt en dérivation de la bobine d'induction (partie pleine de la même figure).

Dans le premier cas, elle diminue la longueur d'onde de l'antenne et favorise la réception des P. O. ; dans le second cas, elle l'augmente et permet de recevoir plus facilement les G. O.

Antenne désaccordée. — Dans la réception avec antenne désaccordée, aucun condensateur variable ne se trouve dans le circuit primaire. La figure 163 schématise une antenne désaccordée.

Celle-ci possède bien encore une longueur d'onde propre : mais sa courbe de résonance est très aplatie, ce qui lui permet de recevoir toute une bande de longueur d'onde avec la même self. Le circuit oscillant qui lui est couplé permet de prélever dans celle-ci les oscillations de son choix.

La réception en Bourne et en Tesla se prête facilement à ce mode d'accord et présente le précieux avantage de pouvoir capter des ondes inférieures à l'onde propre de l'antenne.

Nous l'utiliserons dans les montages spéciaux pour ondes courtes.

Transformateurs

Dans la partie théorique de cet ouvrage, nous avons dit que les transformateurs sont des enroulements de fil destinés à transformer les caractéristiques d'un courant électrique. On réalise facilement un organe de transformation en accolant deux bobines l'une contre l'autre (fig. 165-I) : la première (P) qui reçoit le courant initial, se

nomme « primaire » ; elle agit par induction sur l'autre (S) qui constitue le « secondaire ».

Si l'on désire que les deux circuits aient une action maxima l'un sur l'autre, on diminue le plus possible leur éloignement respectif et l'on est ainsi amené à superposer les deux enroulements, sans autre écartement que l'épaisseur de l'isolant.

Tous les transformateurs ne sont pas *élevateurs* de tension ; il suffit d'en inverser les caractéristiques et ils deviennent *abaisseurs*. Mais les premiers seuls sont utilisés dans les postes récepteurs de T. S. F. ; les autres ne trouvent leur emploi que dans les dispositifs de recharge d'accumulateurs ou dans les blocs d'alimentation pour filaments.

Nous nous occuperons donc surtout des transformateurs *élevateurs*.

Dans ce type, le fil du secondaire est moins gros et plus long que celui du primaire. Les électrons superficiels passent nécessairement en moins grand nombre, et leur *débit* pendant l'unité de temps est plus faible que dans les spires du primaire ; mais comme l'énergie doit être la même dans les deux circuits, leur *pression* est supérieure à celle des électrons du courant primitif. En résumé, les transformateurs envisagés donnent un courant d'intensité plus faible, mais de tension supérieure.

Si le nombre des spires du secondaire est trois fois plus important que celui du primaire, on dit que le rapport de transformation est de 1 — 3. La force électromotrice utilisable est alors trois fois plus grande et l'audition, en principe, trois fois plus forte.

On distingue les transformateurs sans fer, les transformateurs à fer.

Transformateurs sans fer. — Les transformateurs sans fer sont constitués simplement par les enroulements primaire et secondaire (fig. 131). Ils sont employés dans l'amplification en haute fréquence.

Un transformateur unique peut être employé pour toute la gamme des ondes radiophoniques : son secondaire est fractionné en plusieurs parties et une manette permet de prendre la valeur d'enroulement correspondant à l'onde re-

que : c'est le transformateur *semi-apériodique* (fig. 165-II). Cet organe n'est pas accordé par un condensateur.

Lorsque le transformateur est établi pour recevoir une gamme d'ondes restreinte et fonctionner avec l'aide d'un condensateur variable, on obtient l'effet de *résonance*. Ce dernier type est supérieur au précédent, car il permet un accord précis et donne une grande sélectivité au poste de réception.

Transformateurs à fer. — Les transformateurs à noyau de fer sont plus généralement employés en basse fréquence. Dans ce type spécial, l'énergie n'est pas directement transmise d'un bobinage à l'autre : le flux magnétique produit

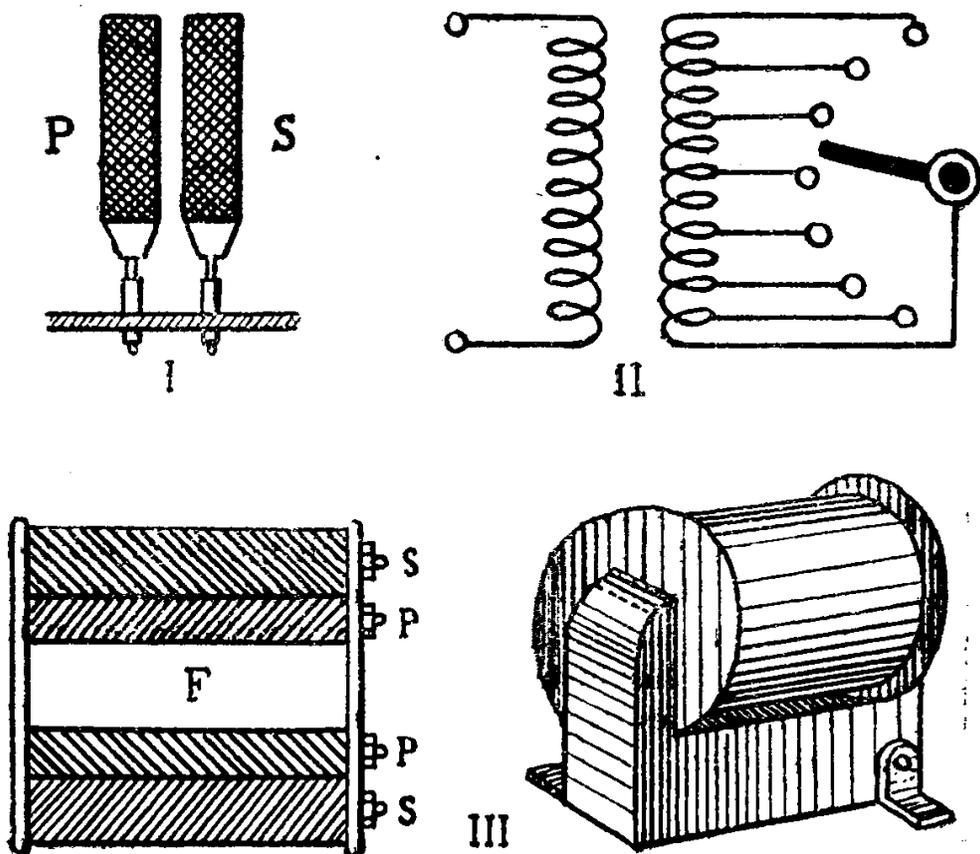


Fig. 165

- I. — Transformateur à nids d'abeille interchangeable.
 II. — Transformateur semi-apériodique.
 III. — Coupe et aspect extérieur d'un transformateur BF aperiodique:
 F, Tôle feuilletée ; P, enroulement primaire ; S, enroulement secondaire.

par le courant primaire est absorbé par le noyau métallique qui le restitue ensuite au circuit secondaire. Il y a lieu de noter dès maintenant que l'intensité du champ magné-

tique à l'intérieur du noyau devient considérable même pour de faibles valeurs du courant primaire. Il s'en suit que lorsque le transformateur est de mauvaise qualité, le noyau se « sature » rapidement et l'audition se trouve déformée. La tôle feuilletée, à haute teneur en silicium, est celle qui présente la plus grande perméabilité magnétique.

L'introduction d'un noyau de fer dans les transformateurs étend d'une manière très sensible la gamme des longueurs d'onde qu'ils permettent de recevoir et les rend plus *apériodiques*, mais par contre moins sélectifs.

Employés en haute fréquence, ces organes donnent toute l'échelle des émissions radiophoniques avec une seule coupure au primaire et au secondaire.

Quant aux transformateurs à basse fréquence, ils sont complètement aperiodiques et amplifient sans fractionnement, toutes les fréquences acoustiques. Ils sont employés dans la presque totalité des montages radio-électriques.

La figure 165-III représente la coupe et l'aspect extérieur d'un transformateur BF.

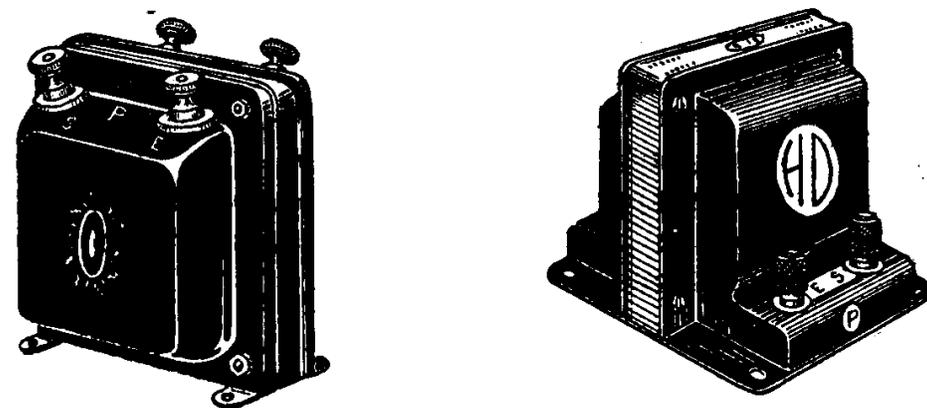


Fig. 166

Transformateurs à basse fréquence blindés

Autrefois, les types les plus employés étaient de rapports 1-5 (premier étage BF) et 1-3 (deuxième étage), un troisième de rapport 1-1 commandant le haut-parleur. Mais les constructeurs se sont évertués à augmenter le rendement de ces appareils, tout en diminuant les rapports de transformation couramment 1-3,5 et 1-2,5), de sorte qu'un seul étage BF suffit généralement après la détectrice pour obtenir une amplification confortable. La pureté s'en trouve accrue.

Le rayonnement magnétique des transformateurs est très intense et peut agir sur d'autres organes du poste en créant des courants parasites. Pour éviter cet inconvénient, on utilise de préférence des transformateurs *blindés*, c'est-à-dire recouverts d'une carcasse métallique qui supprime toute induction extérieure.

Ajoutons que dans les récepteurs modernes, l'amplification BF à résistances tend à remplacer de plus en plus l'amplification par transformateur, car elle seule permet d'obtenir une très grande pureté.

Appareils de mesure

Les appareils de mesure jouent un grand rôle en T. S. F. ; non seulement ils permettent de contrôler la bonne marche des circuits, le voltage et l'état intérieur des sources de courant, mais de vérifier les différents organes d'un poste et de localiser rapidement les pannes.

Il y aurait beaucoup à dire sur ce chapitre et les amateurs qui se sont constitué un petit laboratoire savent quelles joies nouvelles il est possible de se procurer avec des ressources relativement restreintes. Mais pour rester dans la note générale de cet ouvrage, nous nous limiterons aux deux appareils que l'on doit considérer comme indispensables à tout sans-filiste soucieux d'effectuer un travail méthodique.

Voltmètre. — S'il ne veut acquérir qu'un seul appareil de contrôle, il n'a pas à hésiter : le plus nécessaire est un voltmètre à deux sensibilités, avec double graduation de 0 à 6 et de 0 à 150. La première échelle permet de se rendre compte de la valeur du courant de chauffage ; la seconde, du voltage de la tension de plaque.

Pour effectuer ces mesures, on place un pôle du voltmètre sur la borne positive de l'accumulateur ou de la pile et l'autre pôle sur la borne négative. Le sens importe peu, car généralement ces appareils ne sont pas « polarisés ».

Les voltmètres à deux sensibilités contiennent une double résistance en un seul boîtier : l'une d'environ 1.000

ohms correspond à la première graduation ; l'autre, de 20.000 ohms, agit sur la seconde. Lorsqu'on achète des appareils de bas prix, ces résistances ont des valeurs beaucoup moindres ; il en résulte que les circuits du voltmètre « consomment » une certaine quantité de courant et indiquent un voltage inférieur au voltage réel. Cette fausse indication peut avoir des conséquences fâcheuses, principalement en ce qui concerne l'alimentation des filaments.

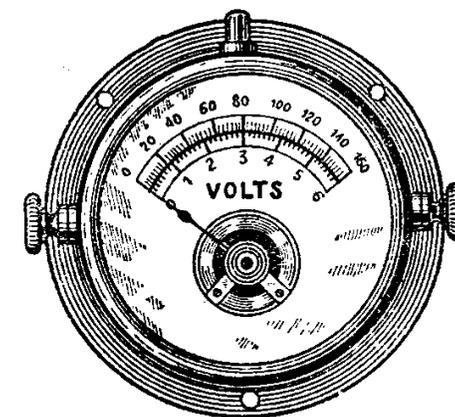


Fig. 167

Voltmètre à deux sensibilités.

La fig. 167 représente un voltmètre à deux sensibilités du type « à encastrer », avec prises latérales. Les appareils « de poche » sont établis sur le même principe, mais généralement livrés avec deux cordons de couleurs différentes correspondant aux deux tensions.

Milliampèremètre. — Le milliampèremètre le plus recommandable possède 3 sensibilités : 0 — 3, 0 — 12 et 0 — 120. La première échelle permet de contrôler la valeur du courant de plaque d'une lampe prise isolément ; la seconde, celle du courant de plaque total absorbé par un poste classique à 4 lampes ; la dernière donne la valeur de ce même courant sur un poste à grand nombre d'étages avec lampe de puissance et permet d'effectuer diverses mesures sur différents organes du poste récepteur.

Le milliampèremètre ne se place pas en dérivation de la source de courant, comme le voltmètre précédemment décrit, mais en série dans le circuit de cette source. Ainsi, pour contrôler la valeur du courant de plaque total d'un poste, on débranche la connexion qui se rend du positif de la haute tension à la borne + 80 ou + 120 et on interpose le milliampèremètre entre ces deux points, en ayant soin de respecter la polarité : l'aiguille indique la valeur totale du courant de plaque.

Pour une tension de plaque d'environ 80 volts et un chauffage correct, la valeur du courant de plaque d'une

lampe ordinaire est voisine de deux millis et demi. Un poste de 4 lampes a donc un débit total d'environ 10 milliampères. Un super à 6 ou 7 lampes, avec dernier étage de puissance, consomme de 25 à 30 millis.

Remarque. — On peut d'ailleurs utiliser un milliampèremètre pour la mesure d'intensités supérieures à celles qu'indiquent normalement ses graduations. Mais il est nécessaire de connaître sa résistance intérieure.

Soit un appareil gradué de 0 à 5 millis et présentant une résistance propre de 50 ohms.

En montant en parallèle avec lui une résistance supplémentaire de même valeur, le courant qui le traverse sera diminué de moitié, et la graduation indiquera 5 mA pour un courant réel de 10 mA. L'appareil permet donc de mesurer des intensités doubles.

Pour enregistrer des intensités décuples, soit 50 mA, on utilisera une résistance telle qu'elle dévie les 9/10 du courant. La valeur de cette dernière sera de $50 : 9 = 5.55$ ohms.

Pour régler l'appareil sur 1 ampère, soit un courant 200 fois plus intense que dans le premier cas, on choisira une résistance qui en dévie les 199/200, soit $50 : 199 = 0,25$ ohm.

Lampes

Généralités. — Dans la première partie de cet ouvrage, nous avons exposé brièvement la constitution et le fonctionnement des lampes de T. S. F., encore appelées « tubes à vide ». Nous avons mis en relief leurs précieuses qualités.

Nous allons maintenant décrire les types les plus couramment employés.

Lampes Radio-micro. — Depuis 1924, ce type a remplacé progressivement les lampes à forte consommation qui exigeaient une recharge presque journalière des accumulateurs. Ces valves consomment, selon le type, de 8 à 12 fois moins que les précédentes et possèdent des propriétés électroniques bien supérieures. Le commerce livre actuellement des lampes appropriées à chaque fonction : amplification HF, détection, amplification BF. Cette sélection est très recommandée et permet d'obtenir des postes un rendement optimum. Caractéristiques : chauffage 3,6 volts (filaments thoriés) et 4 volts (filaments à oxydes) avec débits respectifs de 0,06 ampère pour les premiers et de 0,08 à 0,10 ampère pour les seconds ; tension anodique 80 à 150 volts

avec débit de 2 à 3 milliampères ; résistance intérieure voisine de 25.000 ohms.

Certains types possèdent cependant une résistance intérieure beaucoup plus faible (9.000 et même 7.000 ohms). Ils sont spécialement utilisés pour la détection et l'amplification basse fréquence intermédiaire.

Lampes bigrilles. — Cette catégorie possède les avantages réunis des lampes précédentes et des lampes à deux grilles : faible consommation et réduction de la tension de plaque (10 à 45 volts selon le type).

La figure 168 donne la représentation schématique d'une lampe bigrille avec correspondance des broches du culot.

La valeur de la tension anodique est subordonnée au rôle de la bigrille.

Dans les montages normaux (amplification ou détection), la grille interne GI, très rapprochée du filament et portée à une tension sensiblement égale à celle de la plaque, provoque, pour de faibles voltages, la libération d'une grande quantité d'électrons ; d'où l'appellation de « grille accélératrice » fréquemment donnée à cette grille auxiliaire. La résistance de l'espace filament-plaque est très faible (4.000 ohms environ), on utilise des tensions anodiques peu élevées : 20, 10, voire même 5 volts dans le cas d'une détectrice.

Dans les changeurs de fréquence, la bigrille, employée comme oscillatrice, a ses deux grilles négatives ; sa résistance interne est beaucoup plus grande et une tension anodique assez élevée est nécessaire (généralement 40 volts).

Compte tenu de ce qui précède, les caractéristiques des bigrilles, sont à peu près les mêmes que celles des Radio-micro.

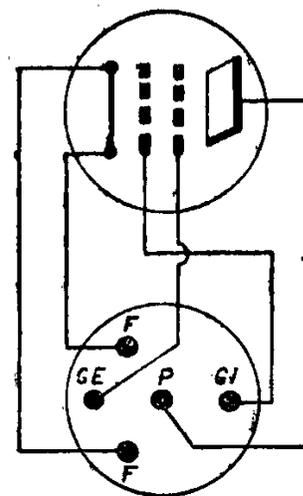


Fig 168

GE, grille extérieure
GI, grille intérieure
FF, filament. — P, Plaque

Lampes à écran. — Les lampes à grille-écran marquent un grand progrès dans la technique des lampes de réception.

Elles permettent, en effet, d'obtenir une amplification très importante par étage et d'augmenter la sélectivité des postes récepteurs en leur assurant une stabilité parfaite.

La figure 169 représente la coupe théorique de cette lampe. Nous distinguons le filament F qu'entoure la grille principale G, puis la plaque P séparée des autres électrodes par la grille-écran E.

D'autre part, la figure 170 en donne la représentation schématique et les connexions avec les broches extérieures. Nous remarquons que les broches de grille et de filament occupent la même place que dans les triodes ; par contre, la quatrième broche est connectée, non plus à la plaque, mais à la grille-écran. La plaque

communiquera à une borne spéciale placée à la partie supérieure de la lampe.

Rôle de la grille-écran. — Interposée entre le filament et la plaque, la grille-écran place le premier hors du champ électrostatique de la seconde, annule par suite la capacité interne de la lampe et supprime les « accrochages » spontanés, si désagréables avec la triode.

D'autre part, en permettant d'éloigner la plaque du filament, l'écran augmente considérablement la sélectivité ainsi que le coefficient d'amplification, qui atteint 150, tandis qu'il est de 10 environ dans les lampes courantes.

Notons cependant que tout l'intérêt présenté par une lampe à écran peut être détruit si l'on n'a pas soin d'éliminer les couplages électrostatiques et électromagnétiques des circuits grille-plaque extérieurs à la lampe. Si l'on utilise un seul étage HF, on peut éviter toute induction en éloignant suffisamment les bobinages les uns des autres ; mais

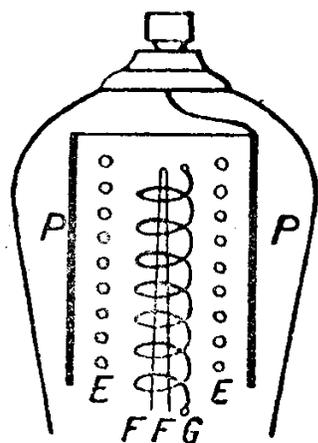


Fig. 169
Coupe d'une
lampe à écran

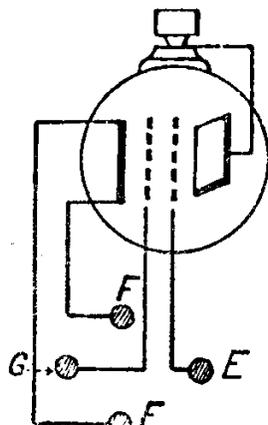


Fig. 170
Correspondance
des broches

si l'on monte deux lampes à écran en cascade, il est prudent d'avoir recours aux « blindages ». Nous parlerons ultérieurement de ces dispositifs de protection.

Caractéristiques de la lampe. — Il nous reste maintenant à résumer les caractéristiques de la lampe à écran et nous posséderons la technique de cette merveilleuse amplificatrice : Tension de chauffage : 4 volts. Intensité de chauffage : 0,07 ampère. Tension anodique : 50 à 150 volts. Intensité du courant anodique : 3 milliampères. Tension de la grille-écran : 25 à 75 volts. Coefficient d'amplification : 100 à 200. Résistance interne (filament-plaque) : 100 à 150.000 ohms.

Lampes de puissance. — Les lampes de puissance sont employées comme dernier étage BF. La lampe finale d'un appareil récepteur doit contrôler l'énergie fournie par les étages précédents ; il en résulte, avec les lampes ordinaires, un effet de saturation qui occasionne une distorsion des sons. Les lampes de puissance, à faible résistance intérieure, évitent cet inconvénient et permettent d'obtenir un grand volume de son joint à une remarquable pureté.

Triodes. — Les caractéristiques des lampes à trois électrodes employées comme lampes de puissance diffèrent sensiblement de celles des triodes ordinaires, sauf en ce qui concerne la tension de chauffage (3,6 à 4 volts). Intensité de chauffage : 0,15 ampère. Tension de plaque : 120 à 250 volts. Intensité du courant de plaque : 10 à 20 milliampères. Résistance intérieure : 1500 à 6000 ohms. Polarisation de grille : de — 3 à — 20 volts.

Trigrilles. — Les trigrilles employées comme lampes de puissance ne possèdent que deux grilles avec broches extérieures ; la troisième grille n'a pas de connexion apparente ; elle est reliée, à l'intérieur de l'ampoule, au point milieu du filament. Grâce à cette disposition des électrodes, la trigrille fournit une amplification énorme, alliée à une grande pureté. Dans la plupart des cas, un seul étage BF suffit pour obtenir du puissant haut-parleur. Chauffage : 0,15 ampère sous 4 volts. Courant anodique : 20 millis. Tension anodique et tension de la grille auxiliaire de même valeur : 120 à 250 volts. Coefficient d'amplification :

100. Résistance intérieure : 50.000 à 65.000 ohms. Polarisation de grille : de — 10 à — 40 volts.

Lampes Secteur. — Depuis longtemps déjà, des recherches ont été effectuées en vue du remplacement des accumulateurs de chauffage par le courant alternatif du secteur. Dès 1923, notre ami regretté, M. Joseph ROUSSEL, Secrétaire Général de la Société française d'études de T. S. F., avait l'idée de cette substitution. Mais il fallut de longues années d'essais pour mettre au point les tubes spéciaux que l'on trouve actuellement dans le commerce sous le nom de « lampes secteur ».

Il ne suffit pas, en effet, de ramener la tension du secteur de 110 à 4 volts par un transformateur approprié : en adoptant cette méthode simpliste, chaque extrémité du filament devient alternativement positive et négative à la fréquence du secteur ; le potentiel de grille varie dans les mêmes conditions ; cette instabilité périodique entraîne des variations dans l'émission électronique et provoque un ronflement continu qui rend toute réception impossible.

On doit donc avoir recours à un stratagème, en haute fréquence tout au moins, pour obtenir la constance de température du filament. On utilise, à cet effet, des lampes à chauffage indirect dont nous parlerons dans un instant.

Lampes à chauffage direct. — En basse fréquence, cependant, les lampes de puissance ont des filaments assez gros pour que leur inertie calorifique ne s'oppose pas au chauffage par l'alternatif brut : de telles lampes sont appelées « lampes secteur à chauffage direct ».

Un transformateur abaisse le voltage de l'alternatif à 4 volts et fournit directement le chauffage ; d'autre part, le secondaire de cet appareil possède une prise médiane qui permet de fixer le potentiel de grille.

Caractéristiques : tension de chauffage : 4 volts ; courant de chauffage : 1 à 1,5 ampère ; tension de plaque : 200 à 500 volts ; courant de plaque : 15 à 40 milliam-pères ; résistance intérieure : 2.000 à 30.000 ohms selon la nature des lampes.

Lampes à chauffage indirect. — Les lampes de cette série

comportent un filament auxiliaire qui joue uniquement le rôle d'élément chauffant. Porté au rouge blanc par le courant alternatif, ce fil communique sa chaleur à la cathode proprement dite chargée d'émettre les électrons.

La figure 171 représente ce dispositif. Le filament, qui est un fil de tungstène replié sur lui-même FF, est enfilé dans un bâtonnet de quartz (silice). Le tout est introduit dans un cylindre de nickel C d'environ 1 mm. de diamètre et de 3 cm de longueur sur lequel se trouve déposée la couche O émettrice d'électrons (généralement oxyde de baryum). Le quartz isole donc le filament chauffant du cylindre émetteur.

La chaleur dégagée par le premier se propage au second et provoque l'émission électronique. On conçoit facilement que la température du cylindre reste constante et n'est aucunement influencée par les alternances du secteur.

Nous donnons à la figure 171 la correspondance des organes intérieurs et des broches du culot.

Caractéristiques : tension de chauffage : 4 volts ; courant de chauffage : 1 à 1,5 ampère ; tension de plaque : 50 à 200 ; résistance filament-plaque : 5.000 à 20.000 (lampe à écran : 50 000 à 500.000).

Comme pour les Radio-micro, ces lampes ont des affectations spéciales selon leurs caractéristiques : amplification HF, détection, amplification BF. Il existe également des lampes à

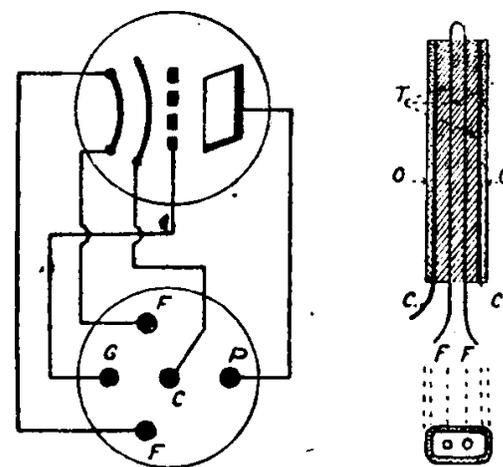


Fig. 171

Lampe secteur à chauffage indirect. A droite, coupe du dispositif de chauffage : FF, filament chauffant. — C, cathode. — O, couche d'oxyde. — T, quartz isolant.

plusieurs grilles dont nous allons parler. Ajoutons que les lampes à chauffage indirect ne fonctionnent normalement qu'au bout de quelques dizaines de secondes, temps nécessaire au tube électronique pour être porté à la température convenable.

Les tétraodes — La bigrille et la lampe à écran existent dans la série « secteur » comme dans la série « batteries ». Ces tubes ayant été étudiés précédemment, nous n'y reviendrons pas ici et limiterons nos descriptions aux lampes exclusivement alimentées par les canalisations électriques.

La pentode HF. — On sait que la quatrième électrode des lampes à grille-écran a pour rôle de diminuer la capacité parasite qui existe entre la grille principale et la plaque. Elle est un perfectionnement de la lampe triode, mais elle n'est pas un élément parfait.

On observe, en effet, que dans certaines circonstances, des électrons s'échappent de la plaque pour aller vers l'écran, ce qui constitue une émission secondaire susceptible de réduire l'efficacité des récepteurs.

Pour éviter ce retour d'électrons, on dispose un second écran entre l'anode et le premier écran : cette électrode est reliée à la cathode dans la plupart des pentodes HF européennes ; elle est indépendante dans les types américains. Dans les deux cas, elle oppose une barrière infranchissable à la circulation électronique en sens inverse.

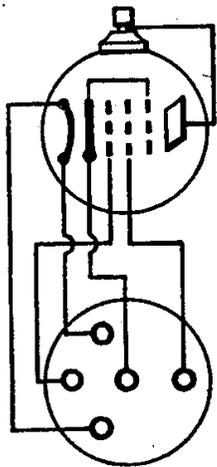


Fig. 172.
Trigrille HF.

Cette constitution confère aux pentodes une constance de fabrication, une large liberté de choix dans les tensions d'écran et d'anode, une grande amplification, une résistance interne très élevée assurant une sélectivité accrue.

Le culot est identique à celui de la lampe à écran à chauffage indirect, puisque la troisième grille ne correspond à aucune broche supplémentaire dans les lampes européennes.

Les pentodes HF peuvent être utilisées comme amplificatrices HF et MF ; le montage est identique à celui des lampes à grille-écran à chauffage indirect. Elles peuvent assurer aussi les fonctions détectrices, modulatrices, oscillatrices et modulatrices combinées.

Pour le montage en détectrice d'une trigrille du type E446, on intercale entre la cathode et la masse une résistance de polarisation de 10.000 ohms shuntée par 2MFD et une résistance de 300.000 ohms entre la plaque et la haute tension ; la grille-écran ayant une tension de 40 à 80 volts. Ces valeurs changent avec les marques de lampes ; ainsi pour la MSP4, elles deviennent respectivement 1.500 et 100.000 ohms.

La fig. 279 indique le montage à réaliser pour obtenir le fonctionnement d'une pentode en auto-oscillatrice.

Il existe également des pentodes à pente variable.

L'hexaode. — Quoique les trigrilles permettent d'effectuer le changement de fréquence avec un seul tube, il est assez difficile d'éviter entièrement la réaction du circuit oscillateur sur le circuit d'entrée.

L'hexaode, grâce à une électrode supplémentaire, évite cet incon-

véniement, ce qui facilite considérablement la mise au point du montage.

Il existe, d'autre part, un type d'hexaode à pente variable spécialement étudiée pour le réglage automatique d'intensité du son (anti-fading), lorsqu'on dispose de la tension régulatrice d'une détectrice appropriée, par exemple d'une binode. L'hexaode changeuse de fréquence peut être considérée comme la combinaison d'une lampe à grille-écran servant de détectrice (électrode c , g_1 , g_2 , g_3 , l'électrode g_3 jouant le rôle de plaque) et d'une lampe triode.

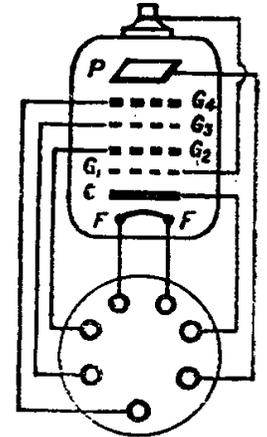


Fig. 173

Hexaode modulatrice

Nous donnons au schéma 173 la correspondance des électrodes et des broches du culot. Ainsi qu'on peut s'en rendre compte, FF indique l'élément chauffant ; C la cathode ; g_1 , g_2 , g_3 et g_4 , les grilles ; P, la plaque. Les grilles 1 et 3 sont considérées comme grilles de commande ; les grilles 2 et 4, comme grilles-écran.

Afin de réduire la capacité interne à une valeur aussi faible que possible, la grille de commande g_1 est reliée au sommet de l'ampoule.

Un exemple de l'hexaode oscillatrice-modulatrice est donné à la fig. 280.

L'heptaode. — Les techniciens américains, toujours à la recherche du mieux, sinon de la simplification, ont ajouté une cinquième grille à l'hexaode, la transformant en une heptaode ou pentagrille.

Cette électrode est placée entre la grille g_4 et la plaque (fig. 173) ; elle est reliée à g_3 à l'intérieur de l'ampoule.

L'heptaode se prête fort bien également à la régulation automatique ; elle donne une amplification considérable jointe à une excellente musicalité.

Un exemple d'utilisation de l'heptaode comme changeuse de fréquence est donné dans le montage du JKS 6 (fig. 434, tome II).

L'octode. Pourquoi s'arrêter en si bon chemin ? Une électrode de plus et voilà l'octode ! Ce tube est spécialement étudié en vue du changement de fréquence. Il présente des avantages réels sur l'heptaode dont le rendement est déjà très apprécié.

Sa pente élevée permet une amplification considérable avec de bons circuits de moyenne fréquence. Le pas variable de sa grille principale permet la commande automatique du volume de son. La séparation parfaite des fonctions oscillatrice et modulatrice autorise la réception des ondes très courtes, jusqu'à 7 mètres, tandis que l'heptaode ne reçoit correctement que jusqu'à 20 mètres. A noter enfin sa grande résistance interne et la valeur élevée de l'amplification de conversion (cette amplification est le rapport de la tension alternative aux bornes du circuit MF et de la tension haute fréquence appliquée).

L'octode peut être considérée comme constituée par deux lampes superposées : une triode formée par la cathode, la première et la seconde grille, cette dernière jouant le rôle de plaque, et une hexaode, formée par une cathode fictive, par les 3^e, 4^e, 5^e, 6^e grilles et par l'anode. La grille 4 est à pas variable.

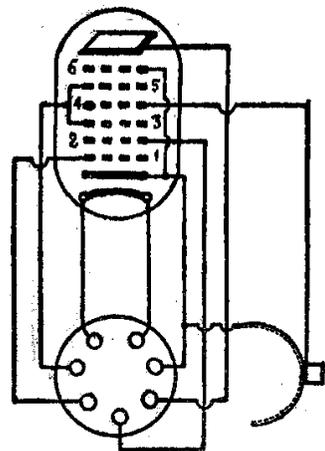


Fig. 174
Octode.

La triode est montée en oscillatrice et l'hexaode, qui fonctionne en réalité comme une pentode, en amplificatrice modulatrice à pente variable.

Les grilles 1, 2 et 4 sont indépendantes ; 3 et 5 sont reliées entre elles ; 6 est reliée à la cathode ainsi qu'à la métallisation de l'ampoule ; comme nous l'avons dit pour la pentode, elle constitue une barrière contre tout retour en arrière des électrons. La grille de commande n° 4 communique à la borne du sommet.

La fig. 174 indique la disposition schématique de ces électrodes et la correspondance des broches du culot.

Le bruit de fond que l'on constate dans tous les changeurs de fréquence est pour ainsi dire inexistant avec l'octode, qui permet donc de construire des appareils très musicaux.

Ce tube consomme 1 ampère sous 4 volts. Son emploi sera décrit dans le chapitre des changeurs de fréquence.

Lampes universelles. — Les lampes secteur continu étaient jusqu'alors peu employées, surtout avec le secteur à 110 volts, car leur tension anodique réduite ne fournissait qu'une amplification basse fréquence insuffisante.

L'apparition de lampes américaines à chauffage indirect de la série 0,3 ampère a donné la solution du problème qui était depuis longtemps à l'étude. Ces lampes, construites pour fonctionner entre 100 et 200 volts permettent, en effet, d'obtenir d'excellents résultats dès 95 volts.

De plus, leurs éléments chauffants ayant tous la même intensité, elles peuvent être montées en série ; il suffit que la somme des tensions de chauffage ne dépasse pas 110 volts. Si elle est inférieure, on absorbe la différence avec une résistance. C'est ainsi qu'un récepteur à 5 lampes chauffées sous 20 volts fonctionnera dans d'excellentes conditions avec une faible résistance R absorbant 10 volts.

Enfin, nouvel avantage, un poste réalisé avec ces lampes peut être alimenté sans modification par l'alternatif. On dispose donc, en définitive, d'un récepteur « tous courants ».

Il est bon de monter les éléments chauffants dans l'ordre suivant : — secteur, détectrice, changeuse de fréquence, HF ou MF, basse fréquence et + secteur.

La fig. 175 schématise le dispositif à établir. La valve biplaque V, ou l'équivalent la 25Z5 américaine à chauffage indirect, redresse l'alter-

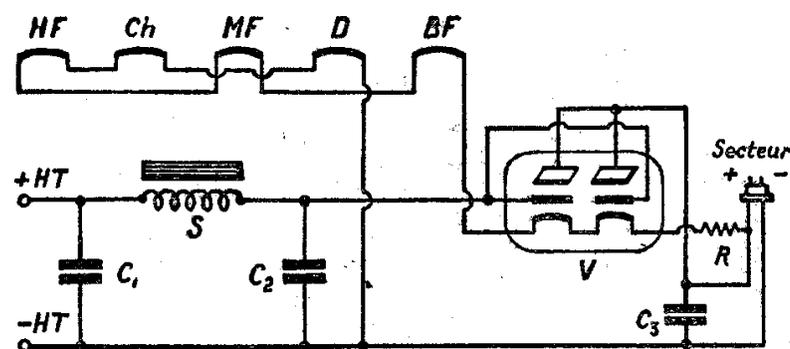


Fig. 175.

Dispositif d'alimentation tous courants permettant le fonctionnement sur secteurs continus et alternatifs.

natif sans transformateur, si l'on utilise ce mode de secteur. Elle se comporte comme une simple résistance, si le secteur est continu. La self de filtrage S est de faible résistance ; les condensateurs C_1 , C_2 et C_3 valent respectivement 10, 20 et 0,1 MFD. Les polarisations s'obtiennent à l'aide de résistances, selon la méthode habituelle.

C'est sur ce principe que sont fondés les récepteurs universels modernes.

Les premières lampes européennes de ce type ont fait leur apparition au début de 1934. Elles consomment généralement 200 ou 300 millis sous 13, 20, 25 ou 30 volts.

Lampes 110 volts. — La solution la plus logique du chauffage des lampes par le secteur, tant continu qu'alternatif, est naturellement l'alimentation directe sous 110 volts, la tension classique de 4 volts étant réservée aux postes à accus.

Ces lampes existent actuellement et présentent des avantages incontestables : sur alternatif, elles suppriment le transformateur de chauffage ; sur continu, elles ne consomment strictement que le courant utile. Elles sont naturellement à chauffage indirect.

Les supports de lampes courants peuvent recevoir ces nouveaux tubes qui ont l'aspect extérieur des lampes classiques.

Lampes américaines. — Depuis plusieurs années, les lampes américaines nous arrivent sous forme d'une véritable invasion. Leur vulgarisation en Europe s'est trouvée facilitée par leurs prix relativement modiques.

Ces tubes n'ont pas les mêmes caractéristiques que les lampes européennes ; d'autre part, l'électrode qui correspond au sommet de l'ampoule est non plus l'anode, mais la grille de commande ; enfin, la disposition de leurs broches est en forme de cercle. Leur pouvoir amplificateur est relativement réduit.

L'école européenne, au contraire, demande à chaque tube le rendement maximum, afin de diminuer le nombre des lampes.

A l'amateur de choisir...

La fig. 176 représente le culot de quelques lampes américaines parmi les plus utilisées et donne la correspondance des broches.

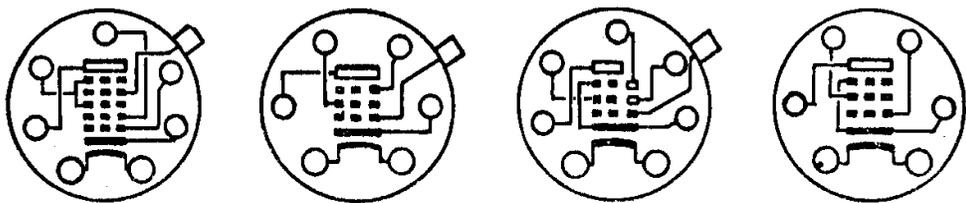


Fig. 176

Culots de quelques lampes américaines, vus par dessous.
2A7 et 6A7 77 et 78 2B7 et 6B7 42 et 43

La désignation des lampes américaines est assez vague et ressemble, en cela, à celle des anciennes lampes européennes. Le premier chiffre indique la tension de chauffage arrondie au volt inférieur ; le dernier, le nombre d'éléments que comporte la lampe. La lettre définit le rôle du tube : « Z » est réservée aux valves ; « A », « B » et « C » s'appliquent respectivement aux lampes HF, BF et détectrices. Ainsi la désignation 6A4 se rapporte à une lampe haute fréquence chauffée sous 6,3 volts et comportant 4 électrodes.

Lampes transcontinentales. — Les techniques américaine et européenne, après s'être affrontées pendant plusieurs années sur le marché mondial, devaient fatalement se fondre pour donner le jour à de nouvelles lampes, participant des avantages respectifs des anciennes concurrentes. L'antagonisme cessa en 1935 et l'on vit apparaître les séries dites « transcontinentales », dont les qualités électriques et mécaniques furent rapidement appréciées sur tous les continents.

Les avantages généraux de ces nouveaux tubes sont les suivants : dimensions géométriques réduites, culots à contacts latéraux très efficaces, caractéristiques régulières, limitation complète des phénomènes parasites secondaires, métallisation accessible, grille de commande au sommet de l'ampoule, accessibilité de la troisième grille des pentodes HF.

Le code d'identification a gagné lui-même en précision : on utilise dès lors deux lettres et un chiffre. La première lettre indique la nature et la valeur du chauffage : A, 4 volts alternatifs ; B, courant continu 180 millis ; C, tous courants 200 millis ; E, chauffage sous 6,3 volts ; F, chauffage 13 volts (postes auto) ; H, 4 volts (batteries) et K, 2 volts (batteries).

La seconde lettre indique le type de la lampe : A, diode ; B, duodiode ; C, triode (sauf finales BF) ; Ch, triode hexaode ; D, triode BF de puissance ; E, tétraode ; F, pentode haute fréquence ; H, hexaode ;

K, octode ; L, pentode BF finale ; Y, valve monoplaque ; Z, valve biplaque.

Le chiffre indique simplement le numéro de fabrication.

On trouvera le croquis des culots de ces lampes dans le chapitre des postes secteur, et la liste détaillée des divers types, au tableau final (tome II).

Rhéostats

Le rhéostat est un petit appareil généralement destiné à régler la tension de chauffage.

Cet organe est constitué par un enroulement de fil métallique présentant une forte résistance électrique, c'est-à-dire peu conducteur de l'électricité : alliage de ferro-nickel ou maillechort. La résistance est d'autant plus grande que le fil est plus long et plus fin.

Un curseur permet de prendre tout ou partie de l'enroulement. La fig. 177 schématise un rhéostat dans lequel une tension de 4,5 volts est réduite à un courant d'utilisation de 3,5 volts.

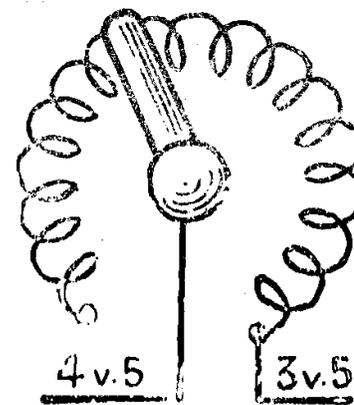


Fig. 177

Rhéostat.

Si le rhéostat était indispensable avec les lampes au thorium dont la pellicule émettrice d'électrons risquait d'être volatilisée au delà de 4 volts, son emploi est moins impérieux avec les filaments à oxydes.

Ces électrodes travaillant, en effet, à basse température, peuvent subir d'assez grands écarts de chauffage sans que le débit électronique ait à en souffrir. Il suffit que la tension de chauffage ne s'écarte pas trop du voltage normal.

La figure 328 montre en détail les différentes parties du rhéostat et donne la manière d'en effectuer le montage sur une plaque d'ébonite.

Remarque. — Il est facile de calculer soi-même la valeur du rhéostat à adopter, connaissant le débit du filament, la tension de la batterie de chauffage et le nombre de lampes utilisées.

Exemple : avec une batterie donnant en pleine charge 5 volts et 2 lampes « micro » absorbant chacune 0,06 ampère (soit 0,12) sous 3,8 volts, quel rhéostat intercaler ?

Le voltage à absorber est de $5 - 3,8 = 1,2$ volt sous 0,12 ampère. On connaîtra la résistance utile en divisant 1,2 par 0,12, soit 10 ohms. Pour une seule lampe, nous aurions obtenu $1,2 : 0,06 = 20$ ohms. Pratiquement, on prendrait des rhéostats de 15 et 30 ohms.

Veut-on, d'autre part, connaître la chute de tension provoquée par un rhéostat de résistance connue, par exemple 5 ohms, pour trois lampes consommant chacune 0,06, soit 0,18 ampère ? Il suffit de multiplier 5 par 0,18 et l'on obtient 0,9 volt.

Résistances

Les résistances proprement dites procèdent du même principe que les rhéostats, mais elles ont une valeur ohmique beaucoup plus grande. Elles s'échelonnent, en effet, de 1.000 ohms à 10 mégohms (10.000.000 d'ohms).

Ces résistances sont généralement constituées soit par un fil très fin, soit par une matière peu conductrice de l'électricité. Il en existe un très grand nombre de modèles : résistances au graphite, résistances tubulaires, résistances en bâtonnets, résistances bobinées.

Les amplificateurs modernes utilisent couramment ces dernières qui permettent le passage de courants de grande intensité (5 à 500 milliampères).

Dans nos précédentes éditions, nous avons indiqué le moyen de réaliser soi-même des résistances au graphite. Mais l'emploi de celles-ci tend à disparaître depuis quelques années. Nous recommandons d'ailleurs d'acquiescer ces accessoires tout confectionnés et convenablement étalonnés.

Pour assurer le rendement maximum d'un appareil, l'utilisation de *résistances variables* est souvent nécessaire (tensions de polarisation, circuit de grille-écran, volume-contrôle de son, etc.).

On trouve dans le commerce une grande variété de résistances variables constituées, comme les rhéostats, par un enroulement résistant sur lequel se déplace un curseur.

Mesure des résistances. — Il est facile de vérifier la valeur d'une résistance à l'aide d'un milliampèremètre ou d'un voltmètre.

Premier cas : nous disposons d'un accumulateur donnant 4,5 volts. Plaçons la résistance en série avec le milliampèremètre et mesurons le courant débité. L'appareil indique 5 millis, par exemple. Il suffit de diviser le voltage par l'intensité en ampère et on obtient la valeur de la résistance, soit $4,5 : 0,005 = 900$ ohms.

Second cas : nous disposons du même accumulateur et d'un voltmètre dont nous connaissons la résistance intérieure R_i (généralement indiquée sur le cadran), 1.000 ohms par exemple. Plaçons la résistance en série avec le voltmètre et effectuons la mesure : l'appareil indique une tension d de 3 volts. La valeur de la résistance s'obtient en divisant la tension normale T de l'accumulateur par la tension réduite t ; en retranchant l'unité, et en multipliant le résultat par la résistance intérieure R_i du voltmètre.

Soit $R = [(T : t) - 1] \times R_i = [(4,5 : 3) - 1] \times 1.000 = 500$ ohms.

Pour les résistances supérieures à 10.000 ohms, on utilise la pile ou l'accumulateur de 80 volts et la seconde sensibilité du voltmètre.

Avec l'un ou l'autre de ces procédés, l'amateur peut ainsi mesurer ou vérifier la valeur des résistances fixes ainsi que celles des casques et haut-parleurs.

Potentiomètres

Nous terminons l'étude des circuits résistants par quelques mots sur le potentiomètre (fig. 137).

Cet organe sert à doser le potentiel, c'est-à-dire la tension qui doit être appliquée à une ou plusieurs électrodes.

Il est constitué, ainsi que le rhéostat, par un enroulement de fil résistant, mais beaucoup plus fin et plus long, car la résistance totale du circuit varie de 200 à 50.000 ohms. De plus, il comporte trois bornes.

Dans les appareils anciens, le potentiomètre était généralement branché entre le + 4 et le - 4, comme le représente la figure 178. Le curseur était relié à la grille détectrice ou amplificatrice que l'on désirait polariser.

On se rend compte facilement que plus le curseur se rapproche de A, plus la tension de grille sera positive, et inversement lorsqu'il se rapproche de C.

L'interrupteur I permet d'éviter que le potentiomètre consomme en dehors des heures d'écoute : ce dernier met, en effet, en court-circuit les deux pôles de la pile.

Cet accessoire avait encore un autre usage : il permet-

tait d'éviter les accrochages, très fréquents lorsque les récepteurs comprenaient plusieurs triodes HF ou MF.

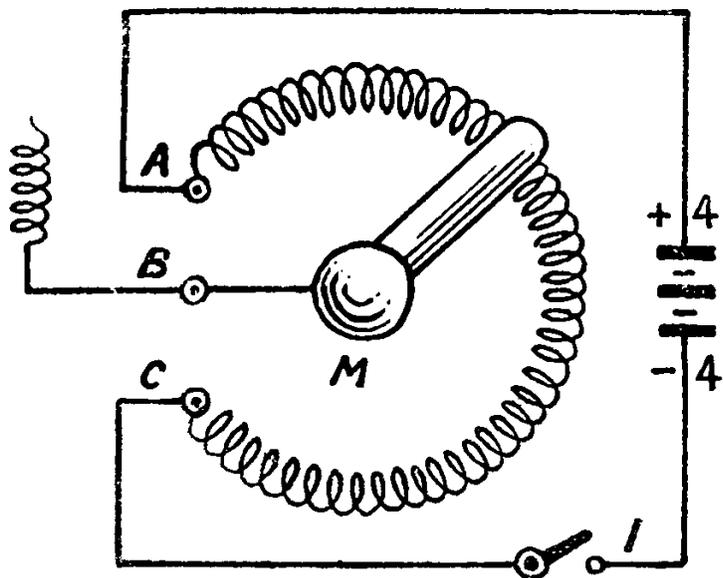


Fig. 178
Potentiomètre

Après avoir été délaissé lors de l'apparition des lampes à écran de grille, moins susceptibles d'osciller et permet-

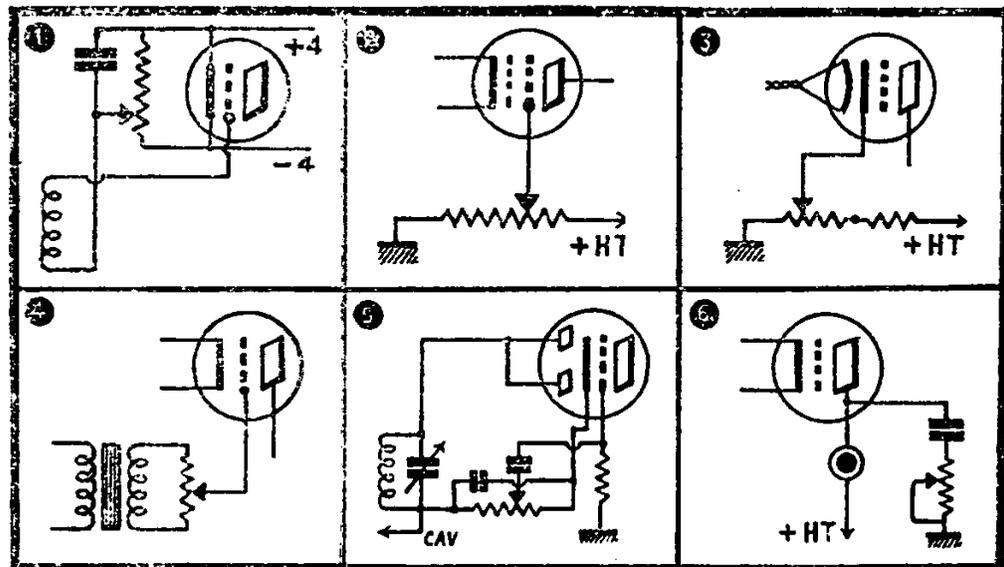


Fig. 179

Quelques usages du potentiomètre.

1. Stabilisateur HF. — 2. Diviseur de tension. — 3. Polarisation de cathode.
4. Régulateur de son. — 5. Régulateur antifading. — 6. Réglage de tonalité.

tant des montages plus stables, il a retrouvé un emploi courant dans la plupart des postes secteur.

C'est, en effet, à l'aide d'un potentiomètre que l'on règle les tensions de polarisation des lampes HF, les tensions de grilles-écrans, les voltages cathodiques des lampes à pente variable, le volume de son des récepteurs, etc.

Nous donnons à la fig. 179 plusieurs montages classiques utilisant un potentiomètre.

Cristaux détecteurs

Contrairement à un grand nombre de praticiens qui considèrent l'emploi des détecteurs à cristaux comme étant d'une autre époque, nous estimons que ces derniers ne doivent pas disparaître, mais se perfectionner.

Parmi eux, la galène ou sulfure de plomb est la plus couramment employée. On trouve ce corps en masses granuleuses, à cassure brillante, aux environs des anciennes régions volcaniques.

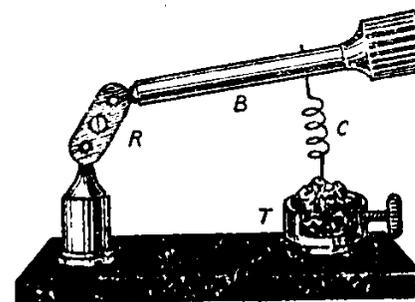


Fig. 180

Détecteur à galène
B, bras mobile. R, rotule.
C, chercheur. T, cuvette.

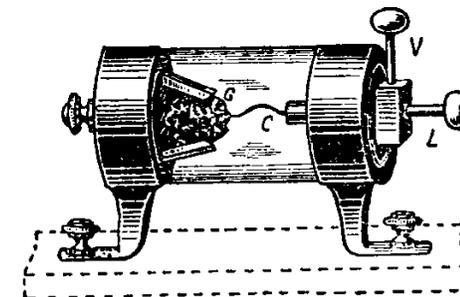


Fig. 181

Détecteur à tube
L, commande du chercheur C. —
G, galène. — V, vis de blocage.

La détection par galène a certes des avantages et des inconvénients. On lui reproche d'être instable, d'obliger l'amateur à de longues recherches pour obtenir un point sensible, d'enlever un peu de sélectivité à l'appareil.

Ces inconvénients sont largement compensés par la simplicité des montages et la merveilleuse pureté des récepteurs qui l'utilisent. Il y a d'ailleurs dans le commerce d'excellentes galènes sélectionnées et des galènes artificielles dont tous les points jouissent à peu près de la même sensibilité. Quant à la stabilité, elle est assurée par l'emploi de détecteurs à tube munis de vis de blocage.

En général ce sont les galènes à grains très fins qui donnent les meilleurs résultats.

Qu'il s'agisse de détecteur ordinaire ou de détecteur à tube, la galène est bloquée soit dans une cuvette, soit dans une griffe et le contact est assuré sur le point sensible par une pointe métallique acérée (chercheur) appuyant légèrement sur le cristal. Cette pointe est en métal non oxydable (platine, ferro-nickel, or).

Dans nos précédentes éditions, au temps où l'on ne connaissait encore que les lampes passe-partout sans affectation bien définie, nous avons souvent recommandé l'emploi des cristaux détecteurs, car les valves donnaient un résultat nettement inférieur. Mais, depuis plusieurs années, le marché offre des lampes spéciales, de plus en plus perfectionnées, qui remplissent au mieux la fonction détectrice. A l'amateur de choisir le mode qui répond le mieux à ses aptitudes et ses ressources.

Ecouteurs - Haut-parleurs

Casques téléphoniques. — Le casque téléphonique comporte deux écouteurs réunis par un serre-tête. Nous ne reviendrons pas longuement sur le fonctionnement de l'écouteur qui a été exposé dans la partie théorique (fig. 14). Nous rappellerons simplement que cet organe de réception est essentiellement constitué par une lame métallique placée dans le champ magnétique d'un électro-aimant. Le courant modulé modifie constamment le flux de l'électro et chaque variation provoque une vibration sonore de la plaque, qui reproduit fidèlement les bruits de l'auditorium.

Haut-parleurs électro-magnétiques. — Les premiers haut-parleurs étaient composés d'un écouteur ordinaire sur lequel on avait adapté un pavillon. Leur rendement laissait beaucoup à désirer. Dans le courant de ces dernières années, la valeur technique de ces appareils a été grandement augmentée et à l'heure actuelle, la plupart des haut-parleurs de marque approchent de la perfection.

Nous distinguerons deux types principaux de haut-parleurs : les H.P. électromagnétiques et les H.P. électrodynamiques,

Les premiers reposent sur le même principe que l'écouteur téléphonique, mais leurs diaphragmes sont plus grands et leurs aimants permanents plus puissants. L'espace qui sépare ces deux parties, et que l'on nomme « entrefer », peut être réduit ou augmenté par un bouton de réglage, amélioration qui augmente la sensibilité et la puissance de ces appareils. La mise au point doit toujours être faite de telle façon que les pièces polaires ne soient jamais en contact avec les électro-aimants.

L'amplificateur acoustique peut être un pavillon métallique ou une membrane en forme de cône.

Diffuseurs. — Les haut-parleurs à pavillon tendent de plus en plus à céder le pas aux diffuseurs. Ces derniers doivent en principe leur être supérieurs, puisqu'ils sont débarrassés d'un organe qui, si bien établi soit-il, apporte une déformation dans les sons et crée des harmoniques parasites. Mais nous nous empressons d'ajouter qu'ils sont bien plus mauvais si leur fabrication n'est pas soignée. Il ne faut donc pas lésiner sur le prix d'achat.

Pour cette raison, nous ne conseillons pas aux amateurs d'en tenter la construction.

Un diffuseur comprend essentiellement un électro-aimant M dont le flux commande une « palette » mobile P fixée à la pointe du cône C par une armature métallique (fig. 182). Une vis V permet de rapprocher à volonté l'électro de la palette, déplacement qui a pour effet de régler la puissance de l'audition. L'ensemble porte le nom de « moteur ».

La base du cône repose sur un cercle en métal supporté par un pied : pour la lisibilité de la gravure, nous n'avons pas figuré cette monture.

Le moteur que nous venons de décrire est d'une grande simplicité, mais d'un rendement souvent imparfait. Il est nettement insuffisant pour les auditions de moyenne et de grande puissance.

Les moteurs à deux pôles et mieux encore à quatre pôles, constituent des perfectionnements très accentués de ces

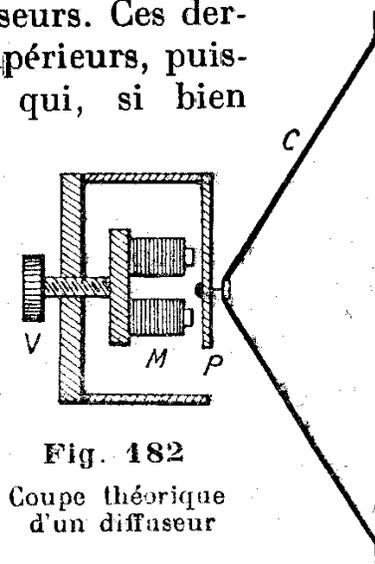


Fig. 182
Coupe théorique
d'un diffuseur

et se dirige vers le poste en F. Nous avons représenté, dans ce schéma, la lampe BF et le transformateur de liaison Tr, de rapport 20-1 ou 30-1.

Diffuseur magnétodynamique. — La nécessité d'une source auxiliaire apporte une certaine complication dans l'emploi de l'électrodynamique.

L'idéal serait certainement de pouvoir disposer d'un dynamique sans excitation. Cet appareil existe et porte le nom de diffuseur magnétodynamique :

le courant d'excitation de l'appareil précédent est remplacé par un puissant aimant permanent SN qui donne des résultats à peu près équivalents.

La fig. 185 représente une coupe schématique d'un magnétodynamique.

Deux petites masses d'acier A et B sont calées sur la tige T solidaire du cône H. Cette tige est maintenue en place par deux ressorts R et R'. La distance AB est un peu plus grande que celle qui sépare les pièces polaires C et D, de sorte que les deux petites masses sont légèrement décalées vers l'extérieur des entrefers CC' et DD'.

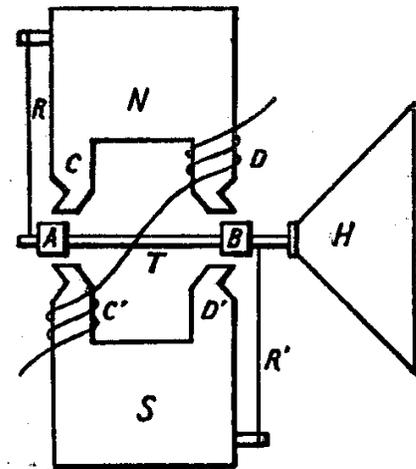


Fig. 185

Diffuseur magnétodynamique.

Un enroulement en fil fin est disposé autour de C' et se continue autour de D. Il est parcouru par le courant de plaque de la dernière lampe. Ce courant, changeant de sens à fréquence acoustique, augmente alternativement le flux de CC' et de DD' et diminue simultanément celui de l'entrefer opposé.

Tantôt l'armature A est attirée vers CC', tantôt l'armature B subit l'attraction de DD'. Il en résulte que la tige T est mue de gauche à droite et de droite à gauche à la fréquence acoustique ; elle attaque l'air ambiant à cette même fréquence et assure la reproduction fidèle des sons.

Un transformateur est nécessaire pour coupler la lampe de sortie au diffuseur magnétodynamique ; son absence provoquerait des harmoniques et une distorsion.

La simplicité de montage et le bon rendement de cet appareil font croître rapidement sa popularité.

TROISIÈME PARTIE

Sources d'électricité

Les postes récepteurs modernes exigent trois sources d'électricité, ou plus exactement, trois sortes de tension :

1° Une source de chauffage, généralement de 4 volts, destinée à porter les filaments des lampes à la température convenable ;

2° Une source de tension plaque, qui a été pendant de longues années la batterie classique de 80 volts, mais qui varie actuellement de 40 à 300 volts selon le type de lampes employées ;

3° Une source de polarisation de grille couramment utilisée en basse fréquence et dont la valeur est comprise entre — 2 et — 40 volts.

On peut utiliser, à cet effet, les piles, les accumulateurs ou le courant du secteur.

Ces divers modes d'alimentation ont leurs avantages et leurs inconvénients : les piles sont fort pratiques, mais se polarisent assez rapidement ; les accumulateurs ont un débit très régulier, mais exigent des soins fréquents ; le secteur est une source inépuisable d'énergie, mais il « ronfle » si on ne lui inculque les principes de civilité sous forme de filtrages et d'épuration.

Ce dernier procédé, qui paraît le plus logique, a pris définitivement le pas sur les autres.

Piles

Nous nous sommes longuement étendu sur l'emploi des piles, dans nos précédents Traités. Comme celles-ci tendent de plus en plus à être supplantées par le secteur, nous n'en parlerons que brièvement dans ce volume.

Les piles les plus utilisées sont les éléments au sel ammoniac.

Piles de chauffage. — On utilise pour le chauffage des filaments trois grandeurs de piles dont les sacs positifs mesurent respectivement : 6 centimètres (diamètre) \times 13 centimètres (hauteur) ; 8×16 et 8×21 . La capacité respective de ces éléments est de 100, 250 et 360 ampères-heures. Les charges en sel ammoniac sont de 200, 350 et 500 grammes. Chaque élément donne 1,5 volt.

Il est avantageux d'utiliser des éléments de grande capacité, car non seulement on évite des manipulations fréquentes, mais on obtient de ces piles un service relativement plus long, parce que la dépolarisation est d'autant plus rapide que les surfaces en contact sont plus importantes.

La batterie de chauffage peut comprendre au début trois éléments donnant au total 4,5 volts ; au bout de quelques mois, on ajoute un quatrième élément en ayant soin d'utiliser un rhéostat approprié. La figure 3 indique le mode d'attache des éléments successifs : le zinc de chaque pile est relié au poreux de la pile suivante ; le premier charbon constitue le pôle positif (+) et le dernier zinc, le pôle négatif (—).

Ainsi constituée, une batterie de chauffage peut fournir, avec un poste à 4 lampes, plus de 1.000 heures d'écoute si l'on utilise les piles de 8×16 , et 1.500 heures avec les gros éléments. Elle n'exige, pour tout entretien, qu'une addition périodique de sel ammoniac.

Batterie de haute tension. — La question de la source à haut voltage destinée à fournir ce que l'on appelle le courant de plaque est facile à résoudre, car le débit de ce circuit n'est que de quelques milliampères.

On peut employer des piles analogues à celles que nous venons de décrire pour le chauffage, mais de dimensions très réduites et de faible capacité. Trente éléments fournissent une tension de 45 volts ; soixante éléments donnent 90 volts.

Mais les amateurs utilisent généralement des « piles sèches », plus pratiques et plus maniables. Ces piles contiennent les mêmes éléments que les précédentes, mais de diamètres très petits ; de plus, leur électrolyte liquide est remplacé par un électrolyte pâteux dont la composition est généralement la suivante : eau, 1.000 grammes ; sel ammoniac, 100 gr. ; chlorure de zinc, 50 gr. ; coke en poudre, 100 gr. ; bioxyde de manganèse, 200 gr.

Avec les récepteurs modernes, la batterie classique de 80 volts devient insuffisante pour l'alimentation plaque, car le dernier étage, souvent équipé avec une lampe de puissance, exige une tension de 120 à 150 volts pour donner à l'audition toute la qualité désirable. Dans ce cas, une batterie supplémentaire de 45 ou de 60 volts est adjointe à la première. La fig. 377 montre l'utilisation de cette pile.

Lorsqu'on achète une batterie de haute tension, il est indispensable que l'intensité normale de son débit ne soit pas inférieure à la consommation totale des lampes du récepteur. Une batterie ordinaire débitant 10 milliampères convient pour un appareil classique à 4 lampes, mais est insuffisante pour un superhétérodyne à 6 lampes.

Pile de polarisation. — Les batteries de polarisation sont constituées par des blocs de piles sèches dont la tension totale atteint, selon le type, 6, 9, 12, 15 ou 18 volts, avec prises de 1,5 en 1,5 ou de 3 en 3 volts. Pour les faibles valeurs de polarisation, on se contente d'une ou deux piles de poche mises en série (négatif de l'une soudé au positif de l'autre).

Un grand nombre de schémas indiquent la manière d'utiliser une pile de polarisation.

Nous connaissons les avantages de cette opération ; augmentation de la pureté des auditions ; diminution de l'intensité du courant de plaque, donc prolongation du service des batteries de haute tension.

Accumulateurs

Un accumulateur n'est autre chose qu'une pile réversible, c'est-à-dire capable de restituer en partie le courant de charge qu'elle a emmagasiné.

La quantité d'électricité (évaluée en ampères-heure) qu'un accumulateur peut restituer à la décharge est ce qu'on appelle sa *capacité*. Si un élément chargé à saturation peut fournir un courant de 1 ampère pendant 20 heures, on dit que sa capacité est de 20 ampères-heure.

Utilisation.— Les accumulateurs atteignent, par élément, 2,5 volts en fin de charge. Dès que le courant est coupé, le voltage tombe à 2,2. Il ne faut jamais pousser la décharge au delà de 1,8 volt, sous peine de sulfater et de détériorer gravement les électrodes.

Les accumulateurs de *chauffage* sont formés de 2 éléments en série (4 volts) ; les capacités couramment adoptées sont de 20, 30 et 40 ampères-heure.

Les accumulateurs de *tension plaque* sont constitués par des éléments de capacité beaucoup plus faible que celle des précédents : 1 ampère suffit pour les postes à 4 lampes et 2 ou 3 ampères pour les appareils plus puissants.

Entretien. — Certaines précautions sont indispensables pour conserver un accumulateur en bon état :

1° Prendre une intensité de charge au plus égale au 1/10 de la capacité indiquée en AH (ampères-heure) ;

2° Eviter de laisser la batterie longtemps chargée sans l'utiliser et surtout de la laisser longtemps déchargée (sulfatation) ;

3° Maintenir les plaques constamment recouvertes par l'addition périodique d'eau distillée ;

4° Vérifier de temps en temps le degré d'acidité de l'électrolyte à l'aide d'un pèse-acide (28° Baumé).

Lorsque l'accumulateur est légèrement sulfaté, l'acide se trouve en partie dans les plaques sous forme de sulfate de plomb. La densité de l'eau acidulée est alors réduite. Il faut recharger et décharger plusieurs fois au 1/10 de l'intensité

normale, jusqu'à ce que la densité soit revenue en fin de charge aux environs de 28°.

Lorsqu'une batterie doit rester longtemps au repos, il convient de la charger à fond et de lui donner une nouvelle charge tous les mois. Si l'on se trouve dans l'impossibilité d'effectuer cette opération mensuelle, le mieux est de vider l'électrolyte et de la remplacer par de l'eau distillée, en laissant les lames le moins possible au contact de l'air.

Au moment de la remise en service, remettre l'électrolyte et charger de nouveau.

Charge normale. — La charge des accumulateurs peut s'effectuer sur le courant continu ou sur le courant alternatif du secteur.

En principe, la charge, pour être complète, doit durer une dizaine d'heures, si l'on a eu soin, comme il est dit plus haut de donner au courant une intensité correspondant au dixième de la capacité de la batterie.

Il est à remarquer que la densité augmente au fur et à mesure de la charge ; cette augmentation est l'indice certain que l'opération se poursuit dans de bonnes conditions. Quand la charge est complète, la densité n'augmente plus et doit marquer normalement 28° B.

C'est donc en fin de charge seulement que l'on peut faire une rectification utile de la densité du liquide : si elle est trop élevée, ajouter de l'eau distillée ; si elle est trop faible, ajouter de l'eau acidulée.

Charge lente. — Il est quelquefois nécessaire de diminuer le régime de charge d'un accumulateur ; la charge lente est particulièrement recommandée dans le cas de forte sulfatation.

Un ampèremètre donnerait dans ce cas d'utiles indications et permettrait de réduire le débit du chargeur au point voulu. Mais si l'on ne possède pas d'appareil de mesure, on peut se contenter d'intercaler un rhéostat de 30 ohms dans un point quelconque du circuit de charge.

Indices de fin de charge. — Pendant la dernière partie de la charge, un bouillonnement commence à se produire ; il se manifeste d'abord par un faible dégagement de bulles

fines dont le nombre s'accroît progressivement jusqu'à donner au liquide un aspect laiteux. Vers la fin de l'opération, les bulles grossissent et le liquide s'éclaircit.

On reconnaît que la charge est terminée :

- 1° Par la grande intensité de ce bouillonnement ;
- 2° Par la différence de potentiel aux bornes de la batterie qui atteint 2 v. 5 à 2 v. 75 par élément, pour tomber à 2 v. 10 ou 2 v. 15 dès que le courant est interrompu ;
- 3° Par la densité de l'électrolyte (28° Baumé) ;
- 4° Par la couleur des plaques : négatives, teinte gris ardoise (plomb) ; positives, teinte chocolat (peroxyde de plomb).

Charge sur un courant continu. -- La charge des accumulateurs sur le courant continu du secteur s'effectue, sinon à bon compte, du moins avec grande facilité. Il suffit

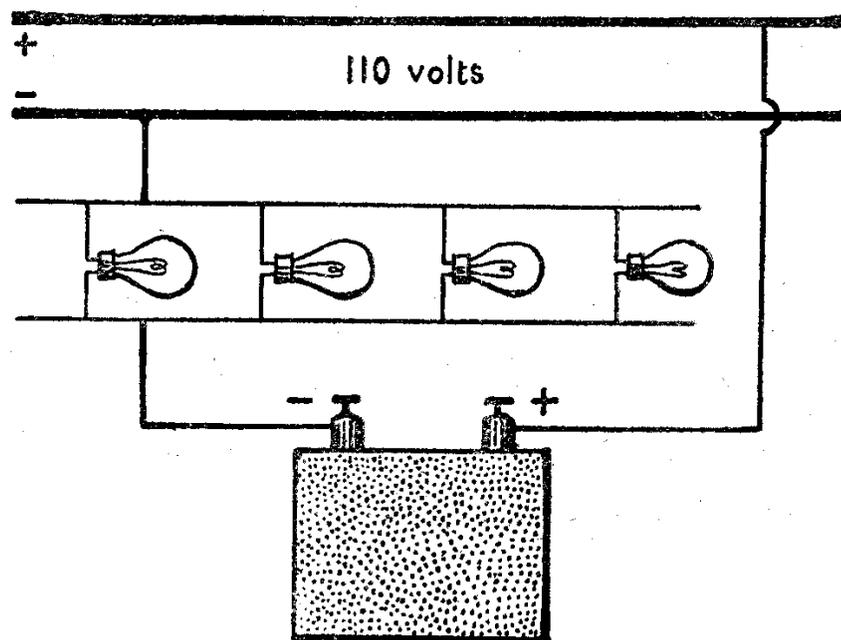


Fig 200

Dispositif de recharge d'accumulateurs sur courant continu du secteur.

d'absorber à l'aide d'une résistance appropriée, le voltage non utilisé. Si l'on dispose d'une tension de 110 volts, il faut ramener cette tension à 4 volts, s'il s'agit d'une batterie de chauffage ; opération désastreuse qui fait perdre 95 % de l'énergie totale.

Un procédé beaucoup moins coûteux consiste à se servir comme résistances de lampes utilisées pour l'éclairage de l'appartement. Ces dernières fonctionnent alors à 106 volts au lieu de 110, ce qui, pratiquement, ne diminue pas leur intensité lumineuse.

La figure 200 montre le dispositif à employer. Le positif de l'appareil est relié directement au positif du secteur ; mais le négatif utilise comme intermédiaire les filaments de plusieurs lampes qui ramènent la tension du courant à 4 volts. Si l'on ignore la polarité des fils, on utilise le papier-pôle des électriciens qu'accompagne toujours le mode d'emploi.

Pour réduire le nombre des lampes, on peut se servir avantageusement de types à forte consommation (filament de carbone).

Supposons qu'on ait à charger une batterie de 2 éléments (4 volts) ayant une capacité de 40 ampères-heure. D'après ce qui a été dit précédemment, l'intensité du courant de charge doit être au maximum le 1/10 de la capacité totale, soit 4 ampères.

Une lampe de 16 bougies à filament de charbon laisse passer environ 0,5 ampère. Il faudra donc employer huit lampes pour obtenir 4 ampères. La charge se poursuivra pendant 10 heures. Si l'on emploie des lampes de 32 bougies, leur nombre sera de quatre. Les lampes à filaments métalliques ont un débit plus restreint (0,2 ampère) ; elles devront donc être employées en plus grand nombre ou, ce qui revient au même, l'opération devra se prolonger plus longtemps.

Charge sur courant alternatif. — Nous avons constaté que la charge d'un accumulateur sur un secteur continu à 110 volts est d'un rendement lamentable, puisque 95 % du courant sont dispersés en chaleur par la résistance. Si le secteur est à 220 volts, le résultat est encore plus désastreux.

Seul le courant alternatif est pratique pour ce genre d'opérations : dans ce cas, un transformateur donne le moyen d'abaisser la tension du secteur à celle que l'on désire pour la charge. Mais à ce moment toute difficulté n'est pas vaincue, en ce sens que la tension ainsi abaissée est

toujours de l'alternatif et qu'il reste à la transformer en continu, c'est-à-dire à la *redresser*.

Pour ce faire, on dispose de plusieurs méthodes :

- 1° Emploi de redresseurs à lampes ;
- 2° Emploi de soupapes électrolytiques ;
- 3° Emploi de redresseurs à oxydes ;
- 4° Emploi de vibreurs magnétiques.

Avant d'examiner ces divers procédés, nous croyons utile d'exposer le principe du redressement en employant une comparaison hydraulique.

Le redressement de l'alternatif. — Le fonctionnement de la pompe à incendie, comme on la trouve encore dans bien des villages, manœuvrée à bras d'hommes, résout le problème que nous nous posons : redresser une force alternative et la rendre parfaitement continue.

Examinons la figure 201. Le tuyau d'alimentation T amène l'eau dans la partie inférieure de la pompe. Lorsque le piston A est soulevé par le levier, l'eau est aspirée et pénètre dans le corps de pompe par le clapet C. Mais ce clapet se referme lorsque le piston descend et l'eau, qui ne peut plus repasser en sens inverse, fuit dans le tuyau d'écoulement H par la soupape S : le redressement est effectué.

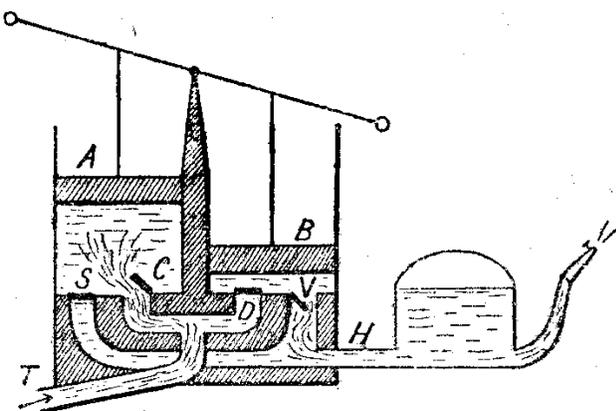


Fig. 201

La pompe à incendie transforme les aspirations alternatives en écoulement continu.

Les mêmes phénomènes se produisent avec le piston B, mais à contre-temps; l'eau pénètre par le clapet D et se trouve refoulée dans H par l'intermédiaire de la soupape V : il en résulte que les deux alternances produisent un écoulement de sens unique.

À l'entrée de H, cet écoulement n'est pas uniforme; il est saccadé, pulsatoire. Mais l'eau pénètre dans un réservoir volumineux, hermétiquement clos. Elle comprime l'air

dans le couvercle, et le réservoir est ainsi « chargé » à la pression voulue. Cette pression constante régularise le débit et le jet qui sort de la lance est rigoureusement continu.

Redresseurs à lampes. — Tous ces principes se retrouvent dans les redresseurs à lampes. La figure 202 montre un dispositif utilisant une seule alternance du courant, analogue à une pompe n'ayant qu'un seul piston ; la figure 108 représente un appareil utilisant les deux alternances, comme la pompe à incendie ordinaire. Le transformateur est le tuyau d'alimentation ; les lampes-valves sont les clapets, et l'accumulateur, la lance résistante.

Le primaire du transformateur est branché directement sur le secteur à l'aide d'une simple prise de courant. Les lampes utilisées ne possèdent que deux électrodes : un filament et une plaque.

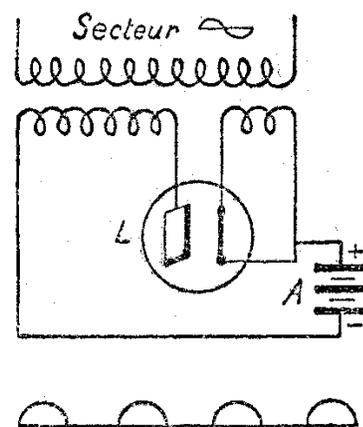


Fig. 202

Redresseur utilisant une seule alternance

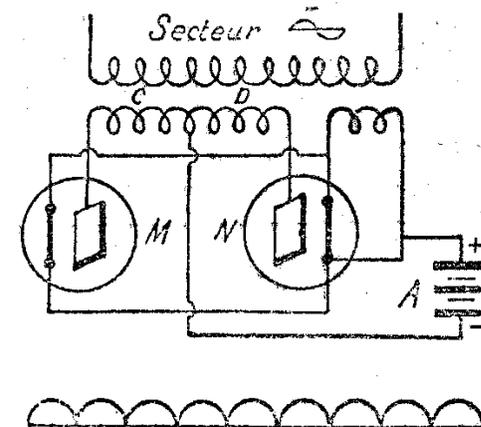


Fig. 203

Redresseur utilisant les deux alternances

Dans le premier cas, le courant, qui ne peut passer que dans le sens plaque-filament, est bloqué pendant une alternance et non utilisé. Il est donc haché, mais néanmoins de qualité suffisante pour remplir sa fonction.

Dans le redresseur de la figure 203, au contraire, où l'une des parties du secondaire possède une prise médiane, chaque portion d'enroulement redresse une alternance du courant et on obtient un écoulement continu de sens unique.

Lampes biplaques. — La plupart des redresseurs élec-

troniques modernes utilisent des lampes biplaques et permettent ainsi de redresser les deux alternances du courant avec une seule valve. Ces lampes dites « à gaz ionisé » peuvent débiter 2 ampères ; elles sont généralement complétées par une lampe « régulatrice » composée d'un filament de fer enfermé dans une atmosphère d'hydrogène. Le rôle de cette dernière est de limiter le courant à l'intensité indiquée.

Nous allons donner les indications nécessaires pour permettre aux amateurs de réaliser économiquement un tableau redresseur utilisant ces organes.

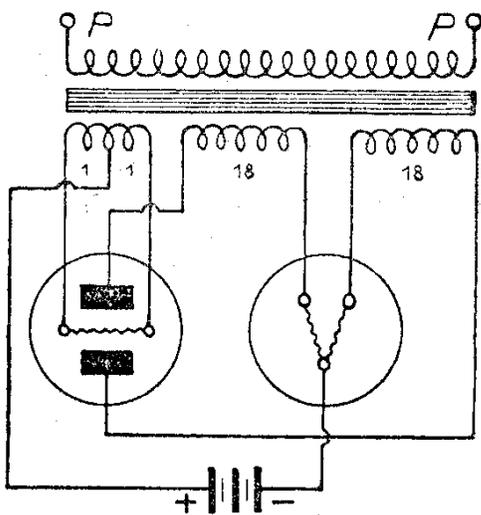


Fig. 204

Redresseur de courant avec lampe biplaque et régulatrice

Le transformateur a 2 sectionnements au secondaire : la partie qui alimente le filament donne 2 volts et possède une prise médiane ; celle qui communique aux plaques donne deux fois 18 volts. La lampe régulatrice est intercalée dans le circuit de charge (fig. 204).

Le positif de l'accumulateur est relié à la prise médiane de l'enroulement filament ; le négatif, à la pointe du V de la régulatrice.

Le montage en tableau de cet appareil est d'une grande simplicité : la figure 205 montre le dispositif à adopter et les connexions à établir. Le transformateur est fixé à la partie supérieure d'un tableau de chêne de 210 mm. de hauteur sur 170 mm. de largeur. Une prise amène le courant du secteur aux bornes primaires PP.

Les bornes 1 et 3 du secondaire alimentent le filament de la redresseuse ; la prise médiane 2 se rend à la borne positive de charge +. Les bornes 4 et 7 commandent les plaques et les deux fils médians 5 et 6 vont à la borne de charge — à travers le fil résistant de la régulatrice.

L'accumulateur est branché aux bornes inférieures + et —.

Avec une dépense de 130 francs (60 francs de transformateur, 50 francs de redresseuse et 20 francs de régulatrice), les amateurs peuvent ainsi avoir un accumulateur en état constant de fonctionnement et éviter la sujétion d'innombrables transports à l'usine.

La recharge des batteries de haute tension se fait exactement dans les mêmes conditions, mais avec un transformateur possédant au secondaire un enroulement-plaque beaucoup plus important.

Un grand nombre d'appareils commerciaux permettent de charger alternativement les accumulateurs de 4 à 6 volts et les batteries de 40 à 120 volts, par le seul jeu d'un inverseur. Dans l'une de ses positions, ce dernier donne un dispositif semblable à celui de la figure 204. Rabattus dans l'autre sens, les couteaux de l'inverseur mettent en circuit une nouvelle portion secondaire du transformateur et une autre valve, généralement monoplaque (suffisante pour les petits débits de 40 à 120 volts) ou, plus simplement, une seconde résistance placée dans la régulatrice.

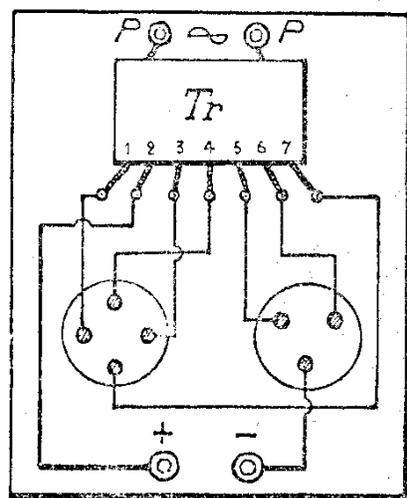


Fig. 205

Réalisation pratique du redresseur ci-contre

Souppes électrolytiques — Nous ne ferons que citer pour mémoire les souppes électrolytiques dont l'emploi se fait de plus en plus rare depuis l'apparition des postes Secteur.

On sait que le redressement électrolytique est basé sur l'effet soupape que présentent certains couples métalliques plongés dans une solution saline ou acide ; ces éléments ne livrent passage que dans un seul sens au courant alternatif : on dit qu'ils ont une conductibilité unilatérale.

Les électrodes sont généralement constituées par des métaux précieux, tels que le Titane ou le Tantale.

Ces redresseurs sont assez économiques, mais ils exigent

des manipulations chimiques relativement fréquentes et ont une durée souvent éphémère.

Redresseurs secs à oxydes. — Les redresseurs à oxydes, d'invention relativement récente, semblent être appelés à une brillante carrière. Toutefois beaucoup de techniciens donnent encore leur préférence aux valves pour l'alimentation en haute tension ; celles-ci sont, en effet, moins coûteuses et peut-être plus efficaces ; de plus, dans le mode de redressement par valves, la capacité de liaison de l'appareil avec le secteur est plus faible et s'oppose mieux au passage des parasites. Mais le proche avenir pourrait fort bien donner définitivement le pas aux redresseurs oxymétal.

Dans l'état actuel de la technique, ces appareils sont la seule formule pratique d'alimentation directe des filaments.

Chaque élément comprend une rondelle de cuivre, oxydée sur l'une de ses faces. On peut disposer plusieurs éléments en série ou en parallèle selon la tension et l'intensité désirées.

Voici comment s'explique le phénomène du redressement :

Lorsqu'on fait passer un courant à travers la rondelle oxydée, l'intensité est plus faible dans le sens cuivre-oxyde que dans le sens contraire. Le rapport des intensités qui était de 1 à 3 au début, a pu être porté de 1 à 1000 et même au delà. De sorte que si la rondelle laisse passer un courant de 1 ampère, par exemple, dans le sens oxyde-cuivre (le pôle positif de la source étant branché à l'oxyde), ce courant est réduit à 1 milliampère dans le sens cuivre-oxyde (branchement de la source inversé). Ce faible débit, appelé courant de fuite, est pratiquement négligeable.

La cellule redresseuse tient donc lieu d'une lampe ; le cuivre joue le rôle du filament et l'oxyde, celui de l'anode (plaque). Des électrons libres passent du cuivre sur l'oxyde, livrant passage au courant électrique dans le sens oxyde-cuivre. Le côté métal donne le +, et le côté oxyde, le —.

La figure 206 (I) représente deux éléments complets de cellule redresseuse. Ces éléments sont perforés au centre pour permettre le passage d'un boulon B revêtu d'un manchon isolant T. Lorsque toutes les cellules sont en place, l'ensemble est bloqué par un écrou placé à chaque extrémité E.

Nous distinguons successivement une rondelle isolante R, un disque de cuivre C, la couche d'oxyde O, une rondelle de plomb P permettant par sa malléabilité d'assurer un contact parfait entre cette cellule et la suivante, etc.

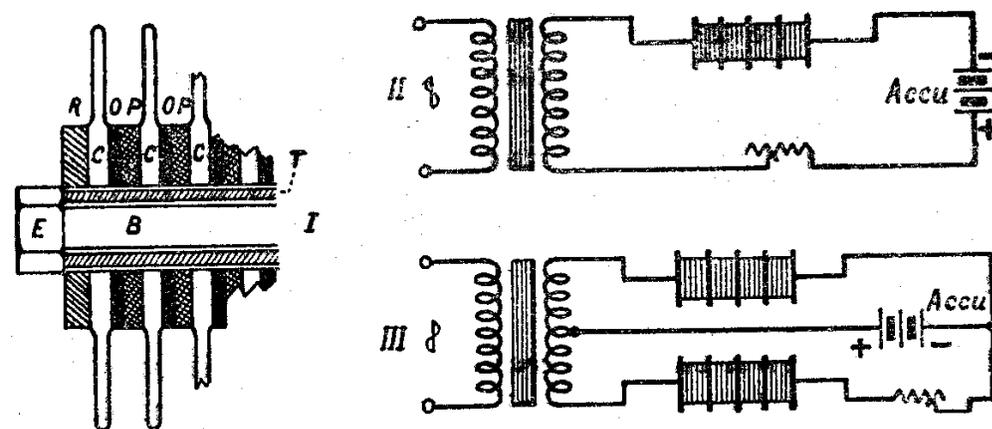


Fig. 206

Redresseurs Oxymétal

- I. Constitution des cellules redresseuses cuivre-oxyde.
- II. Chargeur oxymétal utilisant une seule alternance.
- III. Chargeur oxymétal utilisant les deux alternances.

L'intensité maxima que peut débiter un élément est de 0,1 à 0,2 ampère par centimètre carré. Le montage de plusieurs cellules « en parallèle » augmente l'intensité ; la mise « en série » augmente le voltage. Le rendement moyen est de 60 %.

Le mode de groupement de ces éléments redresseurs est le même que pour les cellules électrolytiques : on peut adopter soit un montage simple, n'utilisant qu'une alternance ; soit un montage conjugué avec transformateurs à prise médiane utilisant les deux alternances ; soit enfin un montage « en pont » de Wheastone utilisant également les deux alternances, mais ne nécessitant qu'un transformateur à secondaire unique.

Le redressement d'une alternance ne convient que pour des puissances faibles (charge de batteries de 80 ou 120 volts). Le redressement des deux alternances est nécessaire, dès que le débit atteint 30 milliampères.

La fig. 206 II) montre un ensemble redresseur n'utilisant qu'une alternance. Nous avons dit précédemment que la continuité rigoureuse du courant n'était pas indispensable dans la charge des accumulateurs.

La fig. 206 (III) représente un chargeur plus perfectionné utilisant les deux alternances. Dans ce montage, un transformateur à prise médiane et deux groupes redresseurs sont nécessaires.

Dans les deux cas, une résistance variable R_h de 8 à 20 ohms permet de faire varier le régime de charge.

Nous parlerons ultérieurement du montage « en pont » de Wheastone (fig. 217).

Ajoutons que l'action redresseuse s'effectue en l'absence de toute modification chimique de l'oxyde et de toute action électrolytique : la cellule cuivre-oxyde a donc une durée illimitée.

Redresseurs à lame vibrante. - Nous ne citerons que pour mémoire les vibrateurs électromagnétiques employés comme redresseurs. Ces chargeurs, de modèle ancien, sont bruyants et produisent dans les récepteurs voisins, une gêne très prononcée. De plus, ils exigent en fonctionnant une surveillance continuelle, car si le vibreur « colle », la batterie se décharge et risque de se détériorer. Ces appareils sont donc à délaisser.

En résumé, trois procédés se trouvent en présence pour la recharge des accumulateurs sur l'alternatif : l'emploi de redresseurs à lampes, fournissant un redressement parfait, mais exigeant le remplacement assez fréquent des ampoules; l'utilisation de soupapes électrolytiques, économiques, mais peu transportables et nécessitant quelques manipulations chimiques ; enfin le montage de redresseurs à oxydes, n'exigeant ni lampes, ni liquide et ayant une durée presque indéfinie.

Secteur

Nous envisagerons de nouveau deux cas pour l'alimentation directe des postes par le secteur : réseau à courant continu, réseau à courant alternatif.

Courant continu

Les secteurs d'alimentation à courant continu tendent de plus en plus à céder la place aux courants alternatifs, car ces derniers sont plus simples à produire et leur transport se fait dans de meilleures conditions. Mais ils sont encore nombreux à l'heure actuelle.

Le courant produit n'est pas absolument « continu » au sens rigoureux du mot. Il présente l'allure générale d'un courant ondulé constitué par un courant continu auquel se superposent des courants alternatifs dus à la constitution même de la dynamo génératrice.

L'alimentation des filaments peut se faire sans grand inconvénient en intercalant simplement dans le circuit une résistance convenable ; mais il n'en est plus de même pour la haute tension.

Tension de plaque. — Si l'on appliquait directement ce courant polyphasé aux plaques du récepteur, il en résulterait un bruit désagréable correspondant à l'ensemble des composantes du secteur.

Pour obtenir une audition pure, il est indispensable de supprimer par un filtre les alternances parasites et de ne conserver que le courant continu. Pour cela on utilise une self qui arrête les ondulations et un condensateur qui les absorbe.

Nous donnons ci-contre le schéma d'un filtre capable d'alimenter non seulement les plaques des lampes ordinaires (80 volts), mais aussi les lampes de puissance et les montages qui exigent 45 volts.

On se procurera dans le commerce la self ainsi que les condensateurs C_1 et C_2 de 6 microfarads. Pour l'alimentation d'un poste à 3 ou 4 lampes, la self aura 50 henrys avec une résistance propre de 300 ohms environ ; pour des appa-

reils plus puissants, 20 ou 30 henrys suffisent, afin de laisser passer 20 à 30 milliampères.

La tension de 100 volts est donnée directement (le circuit de la self absorbant environ 10 volts). Celle de 80 s'obtient par l'interposition d'une résistance R_1 dont la valeur variera de 15000 ohms (cas d'un poste à une lampe) à 1200 ohms (cas d'un poste à 7 ou 8 lampes).

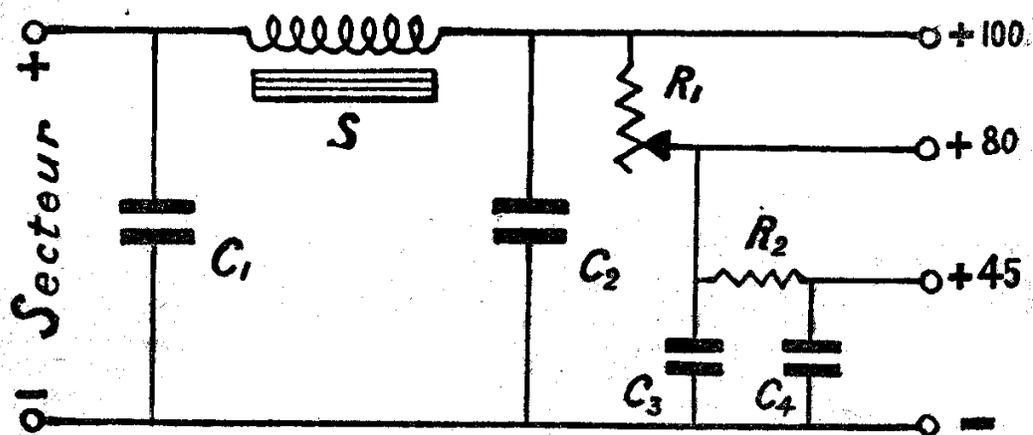


Fig. 207

Filter d'alimentation plaque sur secteur continu.

On obtient ces variations en utilisant une résistance de 15.000 ohms en océrite, crayon d'aggloméré sur lequel on fait glisser une bague de cuivre : on peut ainsi prendre très facilement la fraction convenable de cette résistance. Un voltmètre, utile en la circonstance, indique le voltage précis.

Quant à la résistance supplémentaire R_2 elle sera également constituée en océrite, mais aura une valeur fixe de 15 à 20.000 ohms pour abaisser la tension à 40/45 volts, ou de 30 à 40.000 ohms pour l'alimentation d'une bigrille ancien type (15/20 volts). Les condensateurs C_3 et C_4 ont respectivement des capacités de 4 et 2 microfarads.

Dans le chapitre suivant (courant alternatif), nous indiquerons la manière de calculer la valeur exacte des résistances R_1 et R_2 , les chiffres qui précèdent ne pouvant fournir que des tensions intermédiaires très approximatives.

Chauffage. — Nous avons dit plus haut que l'alimentation des filaments pouvait se faire directement sur le cou-

rant initial du secteur par la simple interposition d'une résistance convenable. Là encore la présence d'un voltmètre est indispensable, si l'on veut éviter des déboires.

Cette résistance doit pouvoir varier de 1.800 à 200 ohms selon l'appareil et les lampes utilisés. Comme un rhéostat de cette force coûterait assez cher, on se contente souvent d'intercaler dans le circuit une lampe à incandescence d'intensité convenable et de parfaire la résistance avec un rhéostat variable monté sur porcelaine. Ce dispositif n'exclut pas naturellement l'emploi des rhéostats ordinaires sur l'appareil récepteur.

Voici la résistance approximative des lampes à incandescence les plus employées :

	Monowatt	Demi-watt	Carbone
5 bougies	2200 ohms	4400 ohms	600 ohms
16 —	740 —	1400 —	220 —
25 —	440 —	880 —	120 —
50 —	220 —	440 —	60 —

Si le courant du secteur a une tension de 220 volts au lieu de 110, il faut adopter des résistances plus fortes.

Lorsqu'on désire obtenir un courant parfaitement continu, débarrassé de ses parasites, on place en dérivation, entre les bornes de sortie + 4 et - 4, un condensateur électrochimique de 8 à 10 000 microfarads qui joue le rôle d'accumulateur-tampon sans en présenter les inconvénients.

Remarque importante : afin de ne pas mettre le secteur à la terre et risquer de griller le poste, il est indispensable de disposer en série dans la prise de terre un condensateur fixe d'au moins 6/1000, parfaitement isolé.

Courant alternatif

La question de l'alimentation directe des postes récepteurs par le courant alternatif a depuis longtemps passionné les amateurs qui désiraient s'affranchir de l'usage souvent gênant des piles et des accumulateurs. De nombreux procédés ont été envisagés et de multiples solutions proposées. Nous indiquons seulement celles de ces dernières qui donnent les meilleurs résultats. Des perfectionnements importants ont été apportés, durant ces der-

nières années, à ce mode d'alimentation qui approche actuellement de la perfection.

Sa transformation. — Nous avons dit que le courant alternatif pouvait être facilement transformé : on utilise cette propriété pour abaisser sa tension, en vue du chauffage des filaments, et pour l'élever, dans le but d'alimenter les circuits d'anodes.

A cet effet, on emploie des *transformateurs*, organes constitués par deux ou plusieurs enroulements sur noyau métallique.

La construction de ceux-ci présente d'assez grandes difficultés pour l'amateur, car elle exige des calculs complexes et une connaissance parfaite des propriétés magnétiques des tôles utilisées. Ces difficultés sont encore accrues lorsque les bobinages primaire et secondaire sont superposés.

Nous nous bornerons donc à donner les caractéristiques d'un transformateur, pour secteur ordinaire de 42-50 périodes, dans lequel les circuits primaire et secondaire sont distincts. Le rendement est un peu moins bon, mais la construction beaucoup plus facile.

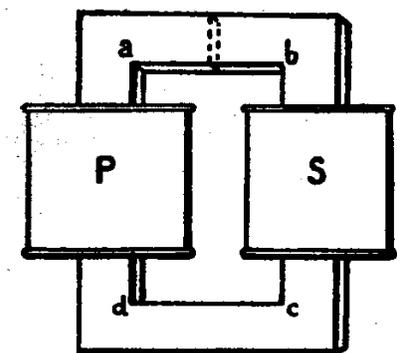


Fig. 208

Transformateur d'alimentation.

Le noyau, d'une section carrée de 2^{cm}5 de côté, est constitué par des tôles au silicium de 4/10^e d'épaisseur. On donnera à *ab* 3^{cm}8, et à *bc*, 6^{cm}3.

Les enroulements sont convenablement isolés du noyau ; un espace de 6 à 7^{mm} les sépare des tôles ; le mieux est d'employer une vieille chambre à air de pneu.

Ils se font à spires jointives par couches régulières superposées.

Pour obtenir un transformateur de chauffage donnant 6 volts au secondaire sur secteur de 110, on constitue le primaire P avec 500 spires de fil 6/10 isolé par deux couches de coton, et le secondaire S avec 27 pires de fil 2^{mm}, même isolement. Si l'on désire 12 volts au secondaire, il suffit de donner 55 tours à cet enroulement, sans autre changement. La puissance est d'environ 40 watts.

Un transformateur de haute tension, donnant 300 volts au secondaire sur secteur de 110, se fait sur un noyau magnétique de 3^{cm}5 de section carrée : *ab* est porté à 6^{cm}5 et *bc*, à 10^{cm}. Primaire : 330 tours de fil 16/10 isolé deux couches de coton ; secondaire : 960 tours, fil 3/10 même isolement. Puissance : 250 watts.

Pour réaliser une prise médiane à ce transformateur et obtenir deux sections de 150 volts chacune, il suffit de bobiner côte à côte deux enroulements bien identiques de 480 tours, le point commun servant de prise zéro.

Si l'on veut obtenir 500 volts au secondaire, au lieu de 300, il suffit simplement de donner 1600 tours à cet enroulement.

Pour le choix du fil, il convient de noter qu'on ne doit pas

admettre un débit supérieur à 1 ampère par millimètre carré de section. Ainsi le fil de 16/10, recommandé ci-dessus, correspond à une intensité maxima de 2,5 ampères.

Le filtrage. — L'utilisation de l'alternatif ne nous est pas totalement inconnue, puisque nous avons examiné, dans le chapitre précédent, les différentes méthodes de redressement en vue de la charge des accumulateurs.

Mais nous savons qu'à la sortie du redresseur le courant est loin d'être parfaitement continu : il se présente sous la forme de succession d'à-coups, comparables aux jets saccadés que produirait la pompe à incendie si la lance était placée en H (fig. 201).

Les accumulateurs se contentent facilement de ce courant pulsatoire, mais les récepteurs sont beaucoup plus difficiles et les lampes exigent un débit très régulier, tant pour le chauffage des filaments que pour la tension anodique.

Il faut avoir recours à des organes de *filtrage*.

Pour le moment, nous passons volontairement sous silence les lampes Secteur.

Considérons la partie inférieure des figures 202 et 203 qui schématisent l'allure d'un courant redressé (une ou deux alternances). Il faut tout d'abord « combler les vides », c'est-à-dire employer un organe faisant office du réservoir de pression de la pompe à incendie. Les vides étant plus grands dans le premier cas que dans le second, nous pouvons dire dès maintenant que l'opération est plus facile lorsqu'on redresse les deux alternances.

L'organe devant faire office de réservoir pendant les interruptions est un condensateur fixe de forte capacité.

Rôle du condensateur. — On sait que cet organe est composé de feuilles d'étain ou d'aluminium séparées par un isolant, les feuilles paires étant réunies entre elles, les feuilles impaires également, chaque groupe formant un pôle ou armature.

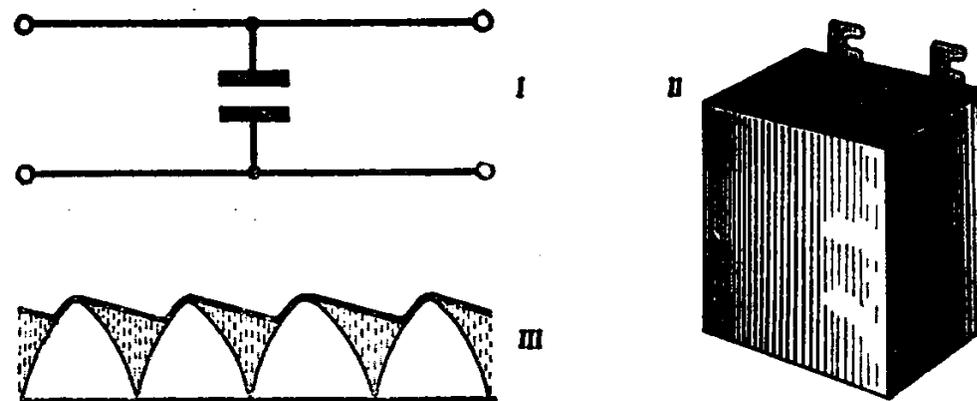


Fig. 209

Condensateur de filtre.

I. Représentation schématique. — II. Aspect extérieur. — III. Croquis théorique indiquant le rôle de cet organe.

L'énergie électrique emmagasinée par un condensateur croît avec sa capacité et suivant le carré de la tension appliquée. On se rend

compte facilement que le filtrage de la basse tension (filaments) nécessite des capacités considérables (5 à 10.000 microfarads), tandis que celui de la haute tension demande seulement 4 à 8 microfarads pour 100 à 200 volts.

Ces organes doivent être parfaitement isolés.

De quelle façon se comporte un condensateur de filtre ?

A chaque alternance, il se charge au maximum et, pendant l'intervalle de deux alternances consécutives, il se décharge dans la résistance selfique dont nous allons parler.

La tension aux bornes varie constamment sans jamais devenir nulle. Le condensateur supprime donc les interruptions, c'est-à-dire comble les « creux », mais donne un courant *ondulé*.

Il reste à supprimer les « bosses » ; ce sera le rôle d'un second organe : la self de filtrage.

Rôle de la self. — Celle-ci se compose d'un circuit magnétique fermé sur lequel se trouve un enroulement en fil de cuivre isolé. Lorsqu'un courant parcourt ce fil, il se produit une aimantation du fer, phénomène qui a pour résultat de faire naître un courant inverse tendant à s'opposer au premier.

La self joue donc le rôle d'un amortisseur qui a pour effet d'atténuer les ondulations. Elle tend à maintenir constante la tension aux bornes d'un deuxième condensateur qui complète généralement les organes de filtrage.

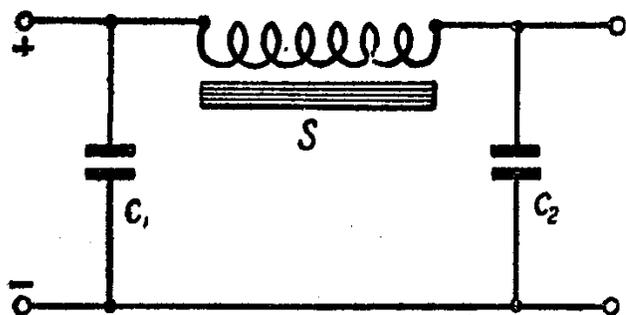


Fig. 210

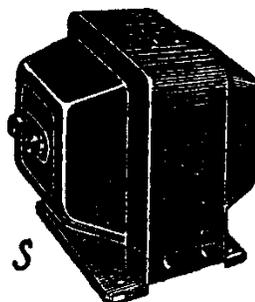
Self de filtre.

La fig. 210 indique les emplacements respectifs de la self S et des condensateurs C_1 et C_2 . La première se place dans le circuit positif.

Tous les filtres ne présentent d'ailleurs pas obligatoirement cette même disposition. Lorsque l'épuration du secteur est particulièrement difficile, on peut placer deux selfs à la suite en utilisant un condensateur supplémentaire : on obtient ainsi un filtre à deux cellules.

D'autre part, lorsque le redresseur doit alimenter un appareil puissant, on peut disposer une seconde self dans le circuit négatif ; mais il est plutôt recommandé d'employer une self double dont l'efficacité est plus grande. Les deux enroulements sont bobinés en sens inverse et les ondulations du courant de l'un annulent celles de l'autre (fig. 217).

Cette question du filtrage étant mise au point, nous allons exami-



ner les systèmes d'alimentation directe les plus utilisés, en distinguant, comme nous l'avons fait pour le courant continu, la haute et la basse tension. Nous terminerons par la description d'un tableau d'alimentation totale.

Redresseurs de tension anodique.

Il nous est facile désormais de constituer dans tous ses éléments un redresseur de tension anodique : il suffit d'adjoindre à l'un des chargeurs décrits dans le chapitre précédent le filtre dont nous venons de parler.

Deux solutions se présentent : l'emploi de valve électronique ou d'éléments au cuivre-oxyde. Nous avons dit que le premier procédé est celui qui donne les meilleurs résultats pour la haute tension. Nous l'indiquerons donc en premier lieu.

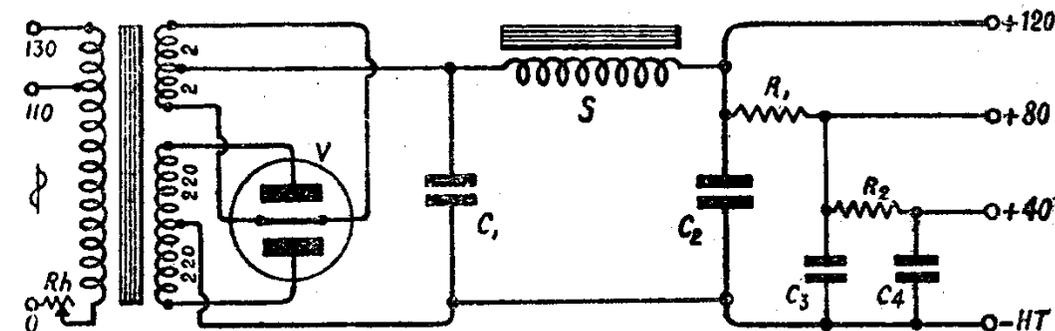


Fig. 211

Redresseur de tension anodique à valve.

La fig. 211 donne le schéma d'un redresseur à valve bi-plaque. Cette dernière pourrait être remplacée par deux valves monoplaques ; mais cette substitution ne serait ni économique ni pratique. Comme un grand nombre de récepteurs utilisent actuellement une tension supérieure à 80 volts, tension exigée soit par les lampes à écran, soit par la BF de puissance, nous donnons les caractéristiques d'un ensemble fournissant 120 volts (nous parlerons ultérieurement des tensions intermédiaires).

Le primaire du transformateur possède 3 prises, permettant de brancher le dispositif sur les secteurs de 110 et 130 volts. Le secondaire est sectionné en deux parties ayant chacune une prise médiane : l'une de 2 + 2 volts destinée au chauffage de la valve ; l'autre, qui alimente ses plaques, donne 220 + 220 volts sous 50 milliampères.

Le débit est réglé par le rhéostat Rh de 300 ohms.

La valve V est du modèle courant à deux plaques.

La self de filtrage S a une valeur de 50 henrys. Les caractéristiques de cette dernière changent naturellement avec le genre de redresseurs. Sans entrer dans des calculs compliqués, disons que sa valeur doit être approximativement égale à vingt fois le voltage, divisé par le courant en milliampères, soit pour le cas présent :

$$(20 \times 120) : 50 = 48 \text{ henrys.}$$

Les condensateurs C₁ et C₂ ont les valeurs respectives de 4 et 6 microfarads.

Le montage en tableau ne présente pas la moindre difficulté ; on aura soin toutefois d'effectuer le câblage en fil parfaitement isolé.

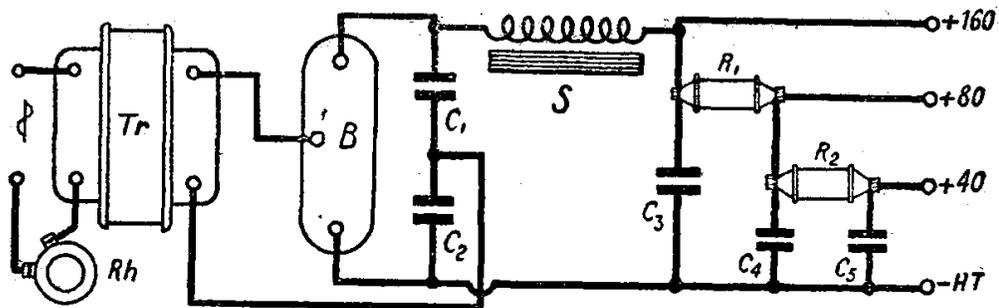


Fig. 212

Redresseur de tension anodique oxydant.

Voici, d'autre part, la description d'un redresseur à oxyde de cuivre, également utilisé pour la tension anodique (fig. 212).

Le meilleur montage que l'on puisse conseiller est le système « doubleur de tension » qui n'exige pas de prise médiane au transformateur et diminue, par suite, le prix de revient tout en simplifiant la construction de l'appareil.

Celui que nous décrivons peut débiter 40 milliampères sous 160 volts et alimenter un changeur de fréquence à 6 ou 7 lampes dont deux à écran de grille.

Le primaire du transformateur est muni d'un rhéostat Rh de 300 ohms. La tension au secondaire est de 135 volts.

Le bloc redresseur B est muni de 3 prises. Le schéma indique clairement les connexions à effectuer.

La self de filtrage S est placée sur le circuit positif de la

haute tension. Les condensateurs C₁, C₂ et C₃ ont une capacité de 4 microfarads ; C₄ et C₅, de 1 microfarad.

Câblage en fil à fort isolement.

Le montage en tableau peut s'effectuer d'après la disposition même du schéma dans lequel nous avons donné au transformateur, au bloc redresseur et aux résistances « chutrices » leur figuration réelle.

Tensions intermédiaires. — Ainsi montés, les redresseurs précédents donnent à leurs bornes extrêmes des tensions de 120 et 160 volts. Mais, dans la plupart des récepteurs modernes, on utilise diverses tensions plaque : les bigrilles exigent en effet, 40 à 45 volts ; les grilles-écrans ainsi que les plaques des détectrices, 70 à 80 volts.

Comment obtenir ces tensions intermédiaires ?

Par l'emploi de résistances appropriées qui produisent une chute de potentiel et ramènent le voltage au point voulu.

Ce résultat peut être obtenu par divers procédés.

Résistances fixes. — Le schéma précédent indique la manière d'opérer, partant de 160 volts, pour alimenter des circuits de 80 et 40 volts. Une résistance R₁ est branchée sur le +160 et une autre R₂ part du +80. Les extrémités opposées de ces résistances sont reliées au — HT par les condensateurs C₄ et C₅ de 1 microfarad, qui évitent aux courants alternatifs HF et BF le chemin résistant des organes R₁ et R₂.

Certaines publications donnent comme valeurs absolues pour ces résistances 10.000 et 25.000 ohms. Il ne s'agit là que d'une approximation plus ou moins fantaisiste, car ces valeurs dépendent du type des lampes utilisées, ou plus scientifiquement, de l'importance du débit des prises intermédiaires. Nous donnons plus loin la manière de les calculer.

Diviseurs potentiométriques. — Une façon beaucoup plus rationnelle d'obtenir ces tensions intermédiaires est de disposer à la sortie du filtre une résistance potentiométrique sur laquelle des prises seront faites en des points judicieusement déterminés.

Ce procédé a, entre autres avantages, celui de créer un

courant de fuite (le + HT et le — HT étant en court-circuit) qui évite une surtension exagérée et la détérioration des condensateurs du filtre en cas de fonctionnement « à vide » du redresseur.

Prenons ici comme exemple un changeur de fréquence comportant une bigrille (alimentée sous 40 volts), deux moyenne fréquence (grille-écrans sous 80 volts, plaques sous 160 volts), une détectrice (80 volts) et une trigrille de puissance (200 volts).

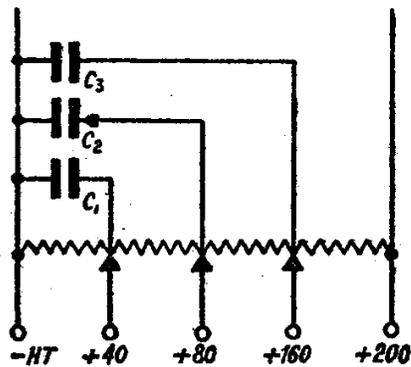


Fig. 213

Diviseur potentiométrique

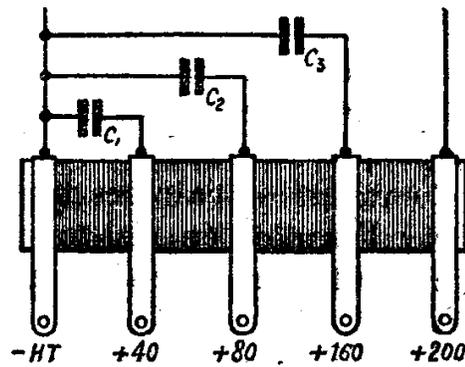


Fig. 214

Résistance à colliers mobiles

Deux procédés permettent d'obtenir les tensions de 160, 80 et 40 volts : utilisation d'un potentiomètre à curseurs multiples (fig. 213) ou d'une résistance unique avec colliers mobiles (fig. 214).

Le potentiomètre utilisé est un modèle spécial à 3 curseurs mobiles permettant de faire varier les valeurs des portions successives jusqu'à ce que l'audition ait atteint le maximum de pureté.

La résistance bobinée, dont le débit doit être pour le cas présent de 30 milliampères, est munie de deux colliers fixes et de trois colliers mobiles, ces derniers jouant le rôle des curseurs du potentiomètre.

Dans les deux cas, chaque prise est reliée au — HT par un condensateur de 1 ou 2 microfarads (c_1 , c_2 et c_3), isolé à 600 volts.

Qu'il s'agisse du diviseur potentiométrique ou de la résistance bobinée, le contrôle des tensions par un voltmètre est très recommandable ; mais il faut utiliser un appareil de grande précision, à résistance intérieure très forte, car les

voltmètres de bas prix « consomment » et donnent des indications inférieures à la réalité.

Nous reprendrons plus loin ce dernier exemple et donnerons la manière de calculer la valeur des résistances intermédiaires et celle de la résistance totale.

Condensateurs électrochimiques. — Nous avons mentionné dans nos précédentes éditions l'usage de condensateurs électrochimiques constitués par une cascade de condensateurs électrochimiques de petite capacité, présentant au plus haut point les avantages des résistances potentiométriques.

Malheureusement le claquage de cellules occasionnaient bien des déboires aux usagers ; aussi leur emploi ne s'est pas généralisé.

Ces capacités ont reparu, dans ces derniers temps, sous une autre forme. Nous en avons dit quelques mots à la page 130, à la suite des condensateurs variables.

Les nombreuses qualités de ces nouveaux types les ont fait rapidement adopter pour le filtrage de l'alternatif. Mais ils ne contiennent qu'un seul élément de condensateur et ne peuvent donc plus être utilisés comme diviseurs de tension.

Tension de polarisation. — Les montages modernes tendent de plus en plus à demander la ou les tensions de polarisation au secteur. Avant l'apparition des BF de puissance, les quelques volts de tension négative nécessaires à la dernière lampe étaient fournis par le pôle négatif d'une pile de poche dont le positif était relié au — 4. Mais les valves actuelles exigent des polarisations de — 20 et même — 30 volts. Il est donc plus rationnel et plus économique de mettre le secteur à contribution.

Le problème consiste à placer dans le — HT une résistance fixe ou variable le long de laquelle le passage du courant-plaque crée une chute de tension. C'est la différence de potentiel ainsi obtenue que l'on utilise à la polarisation.

On peut prévoir une ou deux tensions négatives, selon que le récepteur comporte une ou deux lampes BF, la première de celle-ci étant toujours moins polarisée que la seconde.

Nous donnons ci-après les schémas se rapportant à ces deux cas.

La fig. 215 représente l'extrémité du filtre d'alimentation. Dans le circuit négatif, se trouve intercalé un potentiomètre de 600 ohms monté en rhéostat et permettant d'obtenir une tension approximative de 0 à — 15 volts.

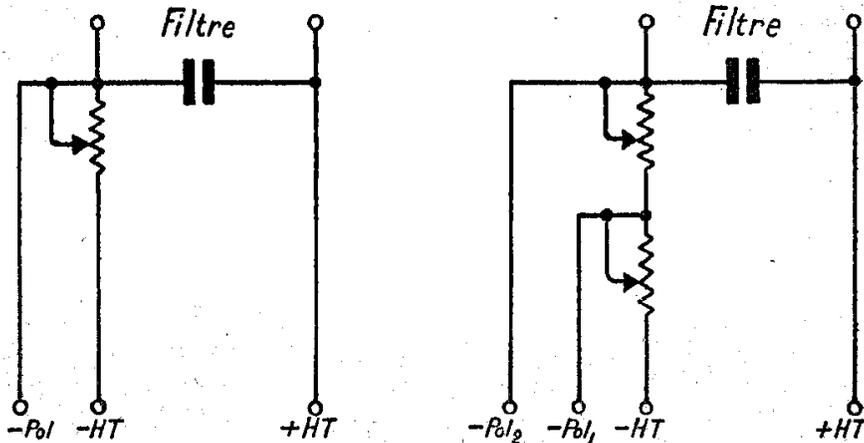


Fig. 215

Montage donnant une seule tension de polarisation

Fig. 216

Dispositif permettant d'obtenir deux tensions différentes.

Dans le schéma 216 se trouvent deux potentiomètres de même valeur, la borne — Pol₁ devant polariser la grille de la première BF du récepteur ; la borne — Pol₂, la grille de la lampe de sortie. Les curseurs permettent d'obtenir de 0 à — 15 et de — 15 à — 30 volts (données approximatives qui varient selon le débit total du poste).

Ces potentiomètres peuvent être remplacés par des résistances variables avec condensateurs-shunt de 1 MFD.

Le — HT doit être relié au — 4 lorsque le poste fonctionne sur accumulateurs, ou au point milieu du secondaire du transformateur de chauffage et à la terre, quand on chauffe avec le secteur.

Calcul des résistances. — Bien que les plans de câblage donnent généralement la valeur des organes à utiliser dans le montage des redresseurs de courant, nous engageons vivement les amateurs à déterminer eux-mêmes, à l'aide des indications qui suivent, la valeur exacte des résistances de chute destinées à fournir les tensions intermédiaires.

Ils éviteront ainsi bien des déboires et obtiendront de leurs appareils le maximum de rendement. En la circonstance, les approximations se paient souvent fort cher.

La vieille loi d'Ohm nous donne le renseignement capital : elle nous dit que la valeur de chaque résistance R s'obtient en divisant

le voltage à absorber E par l'intensité I en ampère que doit débiter la prise envisagée ; soit $R = E : I$.

Premier exemple. — Un redresseur donne une tension maxima de 120 volts. Quelle résistance faut-il utiliser pour alimenter une bigrille nous 40 volts ?

La chute de voltage est de $120 - 40 = 80$ volts.

La notice qui accompagne la bigrille nous fait savoir, d'autre part, que le courant anodique de celle-ci est de 2,5 milliampères (0,0025).

La résistance à utiliser aura donc une valeur de

$$80 : 0,0025 = 32.000 \text{ ohms.}$$

Deuxième exemple. — Ce même redresseur doit alimenter un poste classique à 4 lampes (HF + D + 2BF), les trois premières sous 80 volts, la BF de puissance sous 120. Calculer la résistance à employer pour obtenir la prise de 80 volts.

Cette résistance doit absorber $120 - 80 = 40$ volts.

Le courant de plaque de la HF est de 2,5 millis ; celui de la détectrice 3,5 millis et celui de la première BF, 4 millis. Total : 10 mA.

Valeur de la résistance $40 : 0,010 = 4.000$ ohms.

Troisième exemple. — Admettons maintenant que nous possédons un redresseur destiné à l'alimentation d'un récepteur puissant. Prenons celui de la fig. 213 dont nous n'avons reproduit que les organes de sortie.

La tension, prise aux bornes extrêmes, est de 200 volts.

Il s'agit d'alimenter un changeur de fréquence comprenant une bigrille, deux moyenne fréquence à écran, une détectrice et une trigrille de puissance. Rappelons que dans ce montage potentiométrique il existe un courant de fuite permanent dont nous n'avons pas à tenir compte lorsque nous utilisons des résistances séparées.

Ce courant de fuite sera d'autant plus important que la résistance totale du potentiomètre sera plus faible. Celle-ci peut être choisie arbitrairement entre 15.000 et 80.000 ohms. Dans ce dernier cas, le courant de fuite est presque nul, mais nous perdons le bénéfice de l'effet de compensation, lorsque le redresseur fonctionne à vide. Une bonne valeur, pour le cas présent, paraît être 40.000 ohms.

Le courant de fuite sera de $200 : 40.000 = 0,005$ ou 5 milliampères. Nous aurons à tenir compte de ce dernier dans tous les calculs qui vont suivre, car toutes les portions du potentiomètre sont parcourues par lui.

Les notices des lampes nous indiquent, d'autre part, que la bigrille consomme 3 millis, les grilles-écrans 0,5 millis chacune, les plaques MF 3 millis chacune et la détectrice 5 millis. Nous ne nous occupons pas de la trigrille qui est alimentée par la borne extrême (200 volts).

Calculons d'abord la valeur de la résistance a (entre + 200 et 160).

Celle-ci est parcourue par tous les courants, y compris le courant de fuite.

$$\text{Débit total } 3 + (0,5 \times 2) + (3 \times 2) + 5 + 5 = 20 \text{ mA.}$$

La chute à obtenir est de $200 - 160 = 40$ volts.

$$\text{Donc } a = 40 : 0,020 = 2.000 \text{ ohms.}$$

La section *b* est parcourue par les courants de la bigrille (3 mA), des grilles-écrans (0,5 mA), de la détectrice (5), auxquels s'ajoute le courant de fuite (5) ; soit au total 14 mA.

La nouvelle chute de tension à obtenir est de 160 — 80 = 80 volts. *b* (entre + 160 et + 80 = 80 : 0,014 = 5.714 ohms.

La section *c* est parcourue par le courant de la bigrille et le courant de fuite, soit 3 + 5 = 8 mA.

Le voltage à absorber est de 80 — 40 = 40 volts. *c* (entre + 80 et + 40 = 40 : 0,008 = 5.000 ohms.

Si la résistance potentiométrique est à colliers mobiles (fig. 214), on pourra donc placer le premier collier intermédiaire (160 volts) au 1/20^e de la longueur totale (2.000 ohms étant la vingtième partie de 40.000). La distance du second collier (80 volts) sera égale au 1/7^e et la distance du troisième (40 volts), au 1/8^e de la longueur totale de l'enroulement.

Les tensions ne seront pas rigoureusement de 160, 80 et 40 volts ; mais nous n'avons pas besoin d'une précision absolue, les bigrilles fonctionnant parfaitement de 35 à 45 volts et les écrans, de 75 à 85.

Si l'on avait supprimé l'enroulement *d* (entre + 40 et — HT), et par conséquent le courant de fuite, les résistances deviendraient les suivantes :

$$a = 40 : 0,015 = 2.666 \text{ ohms.}$$

$$b = 80 : 0,009 = 8.888 \text{ ohms.}$$

$$c = 40 : 0,003 = 13.333 \text{ ohms.}$$

Mais le montage en potentiomètre est plus recommandable, pour les raisons que nous avons précédemment énumérées.

Tension de polarisation. — La valeur de la résistance ou du potentiomètre destiné à fournir la tension de polarisation se calcule de la même façon, en tenant compte que le courant total de toutes les lampes parcourt cet enroulement.

Si l'on veut obtenir, par exemple, une tension négative de 15 volts sur un redresseur débitant 30 millis, il faudra une résistance de 15 : 0,030 = 500 ohms. Un potentiomètre de 600 ohms peut parfaitement convenir, puisque le curseur permet de régler la tension au point voulu.

Chauffage des filaments.

Si les redresseurs de tension plaque existent déjà depuis un certain nombre d'années, les systèmes de basse tension font encore figure de nouveau-nés, car on n'avait aucune formule vraiment pratique d'alimentation directe des filaments avant l'apparition des redresseurs secs à oxyde de cuivre.

Les organes de redressement et de filtrage sont analogues à ceux des appareils de tension anodique au cuivre-oxyde, mais leurs caractéristiques sont différentes.

La figure 217-I schématise un dispositif d'alimentation d'un fonctionnement sûr et d'un rendement parfait.

Celui-ci comprend un transformateur *Tr* du type 110/130 volts donnant 8 volts au secondaire ; un redresseur cuivre-oxyde *O* monté « en pont » et pouvant débiter 600 milliam-pères ; un condensateur électrochimique *C* de 10 000 MFD isolé à 6 volts ; une self double *S* de 2 henrys 1,8 ohm ; un second condensateur *C*₁, de même capacité que le premier, mais isolé à 4 volts, et facultativement un voltmètre *V*.

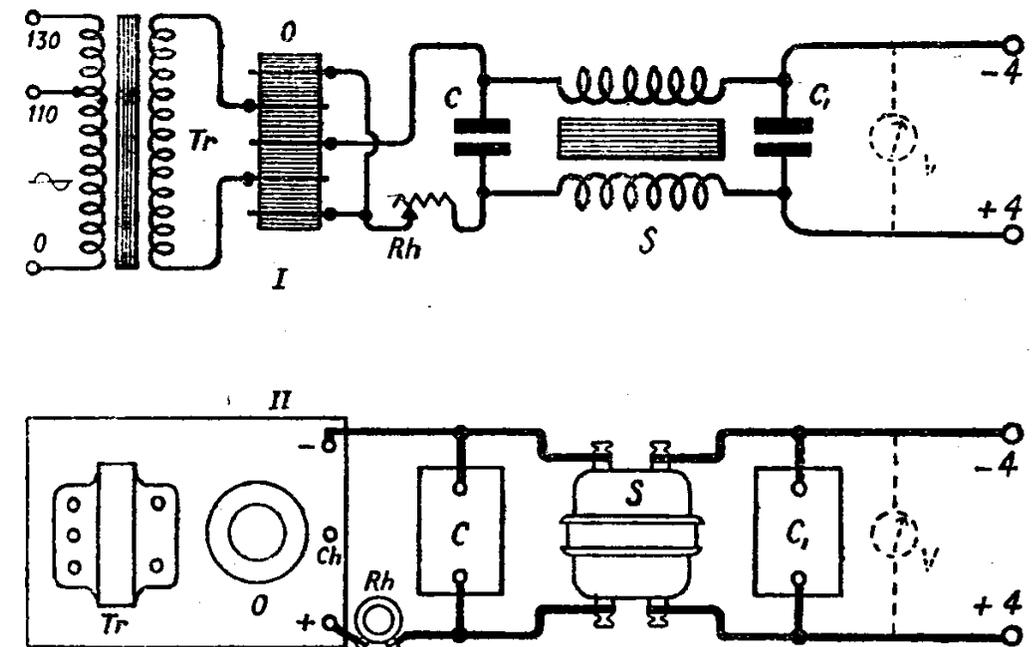


Fig. 217

Redresseur oxymétal pour basse tension

I. Représentation schématique des organes de redressement et de filtrage.
II. Figuration réelle de ces mêmes organes montés en tableau d'alimentation.

Un rhéostat *Rh* de 10 ohms permet de régler la tension redressée. Il est indispensable de placer cet organe à la sortie du bloc cuivre-oxyde, car, en cas de surcharge, il évite le gonflement des condensateurs et leur usure prématurée.

Le groupe redresseur peut servir à charger les accumulateurs ; une borne intermédiaire *Ch* est prévue à cet effet. Naturellement, dans ce cas, le filtre devient inutile.

La fig. 217-II donne la représentation réelle des pièces utilisées. Le transformateur et le bloc oxymétal sont montés sur le même bâti. L'ensemble du dispositif revient à environ 300 francs.

Alimentation totale.

Pour terminer cet important chapitre, il nous reste à décrire un tableau redresseur et filtre généralement désigné sous le nom de boîte d'alimentation. Nos lecteurs retrouveront dans la fig. 218 les schémas 211 et 217. Le dispositif de haute tension est légèrement modifié, afin de permettre l'alimentation d'un changeur de fréquence avec lampes MF à grille-écran.

Le transformateur de chauffage débite au secondaire 1,5 ampère sous 9 volts. Le redresseur oxymétal est approprié à ce débit ; il est monté en « pont de Wheastone » et redresse les deux alternances. Au sujet de la polarité, rappelons que le côté cuivre donne le positif, et le côté oxyde, le négatif.

La self double S est de 0,5 à 2 henrys. Les condensateurs électrochimiques C_1 et C_2 de 5 à 10 000 MFD sont respectivement isolés à 6 et 4 volts. Le rhéostat a une résistance de 10 ohms. Le voltmètre est facultatif, mais recommandé.

La tension plaque est fournie par un transformateur, une valve redresseuse biplaque et un filtre self-condensateurs.

Le transformateur peut être commun pour le chauffage et la haute tension ; dans ce cas, le secondaire est sectionné en trois parties. Nous l'avons représenté distinct. Un rhéostat de 300 ohms permet de régler la tension au point optimum.

Les enroulements du secondaire donnent respectivement 300 + 300 avec débit de 60 mA et 2 + 2 avec 1 ampère.

Les condensateurs C_3 et C_4 ont tous deux une capacité de 6 MFD et sont isolés à 750 volts. La self S_2 est de 50 à 60 henrys.

Le diviseur de tension est du type double potentiométrique. On peut utiliser indifféremment le système à colliers mobiles ou un potentiomètre à 3 curseurs.

Nous prions nos lecteurs de se reporter aux pages précédentes pour le calcul des sections intermédiaires. En adoptant, cette fois, un enroulement d'une valeur totale de 20 000 ohms, qui donne un courant de fuite de 8 mA, ils trouveront approximativement pour *a*, *b* et *c* : 5 000, 4 000 et 11 000 ohms. A noter ici que la tension extrême de 160 volts est appliquée à la fois aux plaques des lampes à écran et à celle de la BF.

La valve redresseuse est une biplaque de modèle courant. Les condensateurs C_5 et C_6 ont une capacité de 1 MFD, avec isolement à 500 volts.

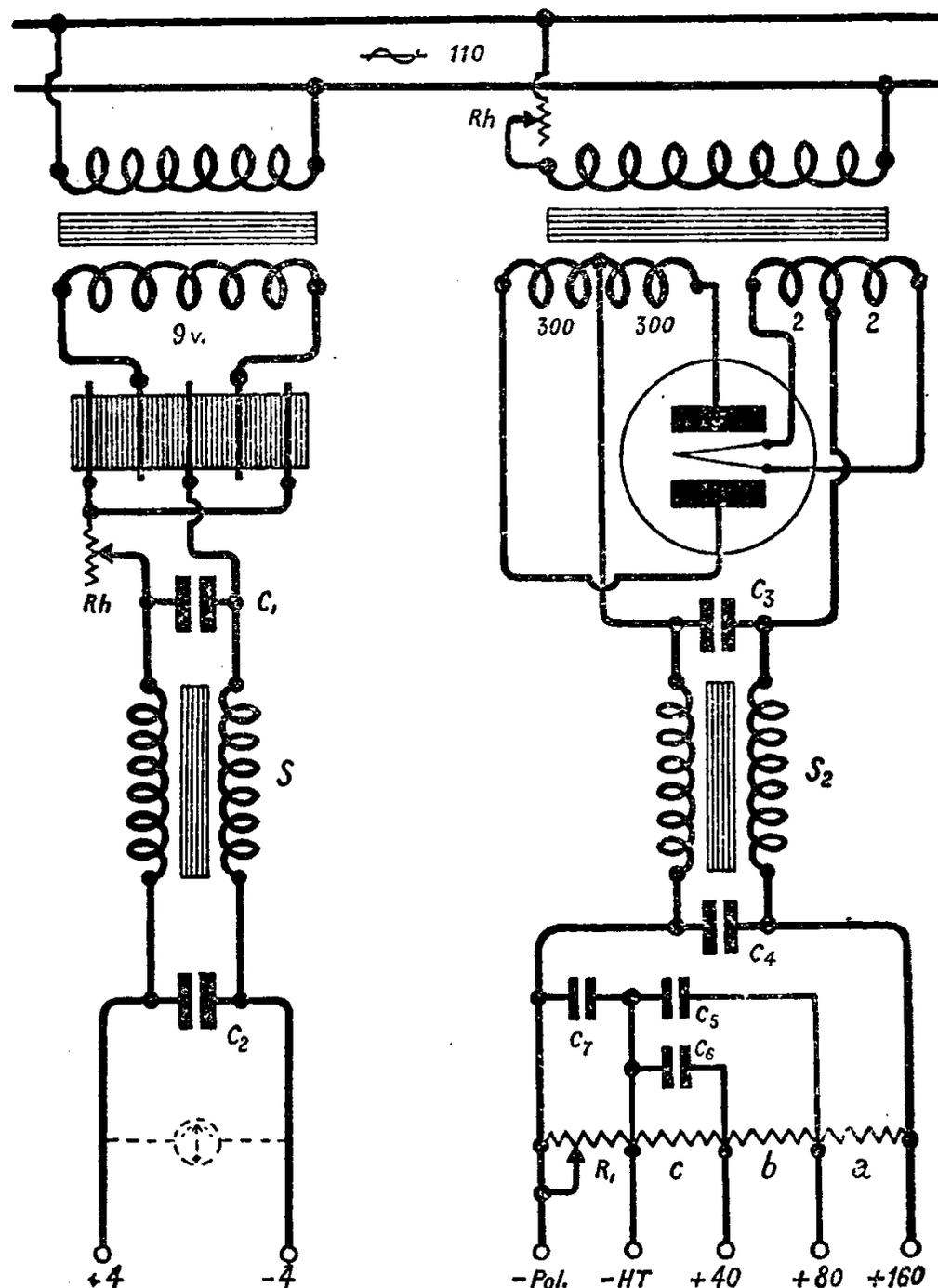


Fig. 218

Tableau d'alimentation totale
fournissant les différentes tensions utiles au récepteur.

La tension de polarisation s'obtient à l'aide d'un autre potentiomètre de 600 à 1 000 ohms, shunté par C_7 d'une

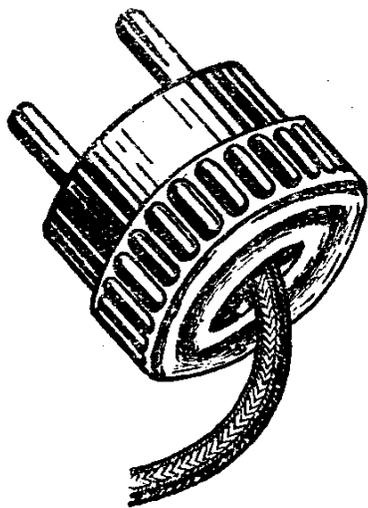
valeur de 2 MFD. Nous n'avons indiqué qu'une seule prise, car la plupart des changeurs de fréquence ne possèdent qu'une seule BF de puissance.

On peut sans inconvénient relier le — 4 ou le + 4 au — HT, mais dans ce dernier cas la polarisation doit être augmentée de 4 volts.

La mise au point est très facile. Lorsque les lampes du récepteur sont allumées, on déplace lentement les prises jusqu'à ce que le résultat soit satisfaisant. On peut ensuite souder ces dernières d'une façon définitive.

Lors du montage en coffret, on placera sur le panneau avant, de 30 × 15 cm par exemple, le voltmètre, les deux rhéostats, les prises + 160, + 80, + 40, — Pol, + 4, — 4 et les deux bornes du secteur. Le potentiomètre R_1 pourrait également y figurer ; mais rien n'empêche de le placer à l'intérieur du coffret, puisqu'il doit être réglé une fois pour toutes, selon les caractéristiques de la BF utilisée.

Cette boîte est d'une construction très simple et nous avons la certitude qu'elle donnera toute satisfaction aux amateurs qui en entreprendront la réalisation.



QUATRIÈME PARTIE

Montages fondamentaux

En terminant l'étude des trois grandes fonctions de la triode, nous avons dit qu'il nous resterait à examiner les principaux montages d'application, dès que nous aurions acquis certaines notions sur les organes du récepteur et sur les procédés d'alimentation.

Nous sommes en mesure d'aborder ce dernier chapitre, mi-théorique mi-pratique, dans lequel nous examinerons les divers moyens d'utiliser, non seulement la lampe à trois électrodes, mais les lampes de T.S.F. en général, soit comme amplificatrices, soit comme détectrices, soit comme oscillatrices.

Cette étude sera précédée de quelques considérations pratiques sur le circuit d'entrée, qui a été présenté, dans le premier chapitre de l'ouvrage, comme un filtre permettant de capter telle ou telle émission désirée.

CIRCUIT D'ENTRÉE. — Il existe plusieurs moyens, avons-nous dit, de coupler le circuit d'antenne avec le récepteur proprement dit (accord en direct, en Bourne, en Tesla,) chacun d'eux présentant un degré plus ou moins accentué de sélectivité.

Ces divers couplages étaient obtenus autrefois à l'aide de fonds de panier ou de nids d'abeille montés sur un support spécial dont une partie était fixe et l'autre mobile, commandée par un manche de manœuvre. Mais il fallait tout un jeu de selfs ; de plus, la manipulation fréquente de celles-ci était une cause de détérioration rapide ; enfin ces bobinages, placés extérieurement, rendaient l'appareil disgracieux.

L'apparition des nids d'abeille à prise médiane (trois broches) constituait un premier progrès et permettait un accord en Bourne serré ; mais la plupart des inconvénients signalés subsistaient.



Fig. 238
Nid
d'abeille

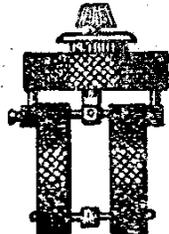
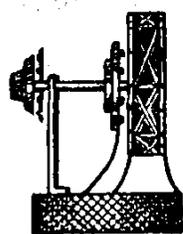


Fig. 239
Anciens blocs d'accord
supprimant les selfs interchangeables.

Quelques années plus tard, un certain nombre de réalisations commerciales, généralement très pratiques, permirent de passer automatiquement des petites ondes aux grandes ondes à l'aide d'un simple commutateur et de recevoir à volonté en direct, en Bourne ou en Tesla. Ces « blocs d'accord » se fixent d'une manière définitive sur la platine de l'appareil. La fig. 239 représente les dispositifs les plus couramment employés.

Chaque fabricant a d'ailleurs prévu plusieurs types de bobinages. Certains possèdent trois bornes que l'on doit relier respectivement à l'antenne, à la terre et à la grille (accord Bourne) ; d'autres en ont quatre : antenne, terre, grille, filament (accord Tesla) ; quelques-uns en comportent cinq, la dernière étant utilisée pour obtenir l'effet de réaction.

Toutefois ces blocs ne proscrivent pas d'une manière absolue l'emploi des selfs PO et GO séparés dont le rendement n'est nullement inférieur. Mais il est de bon ton actuellement de disposer à demeure ces dernières dans le coffret et de les mettre facultativement en service à l'aide d'un inverseur monté sur le panneau de l'appareil.

La fig. 240 représente les selfs PO, GO, l'inverseur et les connexions à effectuer. Les bobinages sont placés à angle droit, afin d'éviter toute induction mutuelle. Si les selfs sont à prise médiane, le même dispositif est à adopter, les prises restant à demeure connectées à la terre.

Nous savons que ces blocs d'accord, généralement assez volumineux, ont fait place depuis quelque temps à des bobinages cylindriques plus réduits, appelés « présélecteurs ».

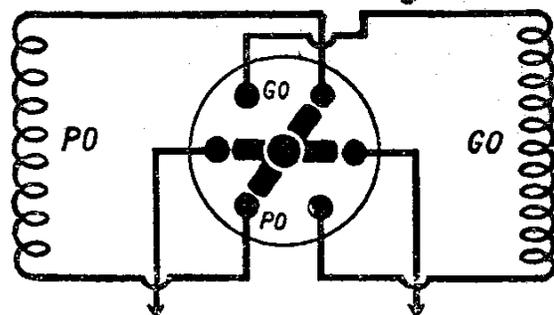


Fig. 240
Inverseur bipolaire
pour selfs d'accord P. O. et G. O.

I. — MÉTHODES D'AMPLIFICATION

Le but de l'amplification est de transformer les variations du courant d'anode d'une lampe en variations de tension que l'on reporte sur la grille de la lampe suivante.

Les procédés diffèrent entre eux par le mode de liaison utilisé entre les lampes amplificatrices. C'est ainsi qu'on distingue, par exemple, les amplificateurs à transformateurs et les amplificateurs à résistances.

A un autre point de vue, on peut les classer selon la fréquence des courants qui parcourent les circuits : amplificateurs haute fréquence, moyenne fréquence (pour les superhétérodynes) et basse fréquence.

Nous examinerons successivement ces diverses méthodes d'amplification en indiquant les propriétés spéciales de chacune d'elles.

Amplification à transformateur. L'amplification à transformateur était la plus couramment employée dans les premiers appareils de réception, car elle permettait d'obtenir une puissance qui émerveillait les anciens possesseurs de postes à galène.

La fig. 241 représente le dispositif classique utilisé en HF, et la fig. 242, sa variante en BF.

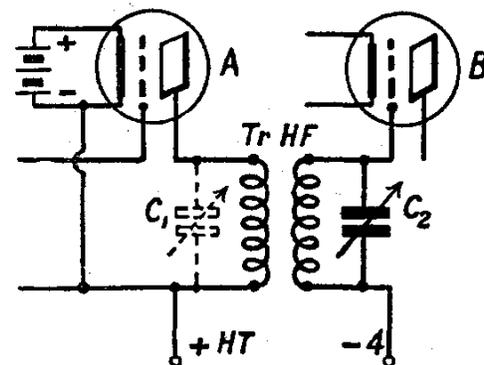


Fig. 241
Montage amplificateur HF
à transformateur sans fer.

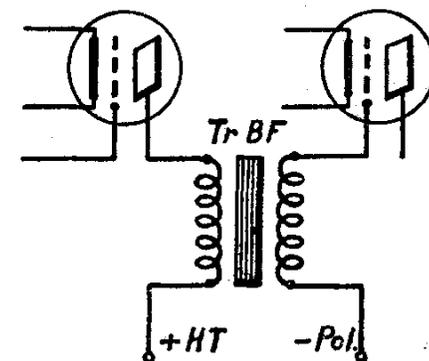


Fig. 242
Montage amplificateur BF
à transformateur à fer.

Le courant de plaque modulé de la lampe A parcourt le primaire de transformateur et induit dans le secondaire une force électromotrice alternative qui est appliquée à la grille de B, cette électrode recevant, d'autre part, sa tension de polarisation du — 4.

L'enroulement secondaire contenant plus de spires que le primaire, la grille de la seconde lampe reçoit une tension accrue, laquelle va encore être augmentée du fait du pouvoir amplificateur de la lampe.

Comme il est désirable de disposer d'étages amplificateurs sélectifs, en haute fréquence, on accorde généralement la secondaire du transformateur (condensateur C_2).

En moyenne fréquence (étage suivant le changement de fréquence), on accorde à la fois le primaire et le secondaire. Ce dispositif de liaison permet d'obtenir un effet de filtre de bande ne transmettant que la plage de 8 à 10 kc. sur laquelle il est accordé.

En basse fréquence, on utilise un noyau de fer de caractère aperiodique (fig. 242) : aucun accord n'est donc à prévoir ; cet organe amplifie tous les courants de fréquence musicale. La grille des lampes BF devant être plus ou moins fortement polarisée, l'entrée du secondaire est reliée à une pile de polarisation convenable, dont le + est connecté au pôle négatif du circuit de chauffage.

Amplification à résistance et à impédance. — Puisqu'on dispose d'un courant variable dans le circuit d'anode, il vient naturellement à l'esprit d'intercaler dans ce circuit une résistance assez élevée aux bornes de laquelle se manifesterait une tension alternative qu'il suffirait de reporter à la grille suivante.

Tel est le principe de l'amplificateur à résistance, simple et économique, qui est rentré en faveur dans les appareils modernes, après une éclipse de plusieurs années.

On reprochait, en effet, à ce mode d'amplification son peu de puissance ; car la résistance n'amplifie pas comme le transformateur, mais provoque, au contraire, une chute de tension dans le circuit de plaque. Cet inconvénient a perdu toute sa gravité depuis que l'alimentation par le secteur permet d'obtenir des tensions élevées ; on peut donc ainsi bénéficier de la grande fidélité de reproduction de l'amplification à résistance.

Le dispositif adopté est indiqué par la fig. 243. La résistance R_1 est insérée dans le circuit anodique de la lampe A ; sa valeur est approximativement égale au triple de la

résistance interne de la lampe (soit 70.000 ohms pour une lampe de 20 à 30.000).

Afin de protéger la grille de B contre la haute tension on intercale entre les deux lampes un condensateur C, qui constitue un obstacle infranchissable pour le courant continu, mais laisse passer facilement les tensions alternatives à appliquer à la grille.

Dans un amplificateur ainsi constitué, la grille de la lampe B, interceptant une partie des électrons de la cathode, deviendrait de plus en plus négative et provoquerait un « blocage » presque immédiat. Il est donc nécessaire d'offrir un chemin de sortie aux électrons recueillis : c'est le rôle de la résistance de fuite R_2 qui relie la grille au filament, et dont la valeur varie de 100.000 ohms à 5 mégohms. Cette résistance fixe le potentiel de grille à une valeur moyenne.

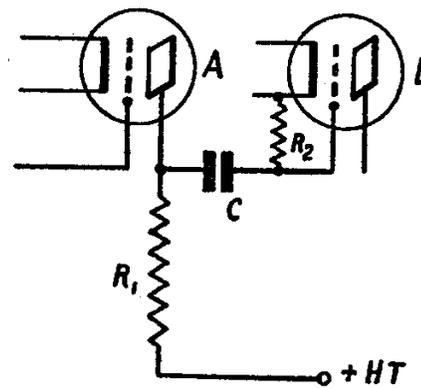


Fig. 243

Montage amplificateur à résistance.

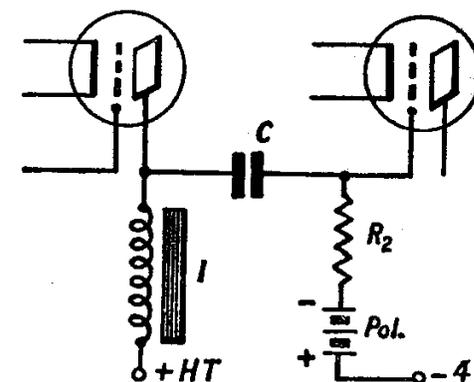


Fig. 244

Montage amplificateur à impédance

En remplaçant la résistance R_1 par une bobine, on obtient un amplificateur à impédance (fig. 244).

S'il s'agit d'un amplificateur basse fréquence, cette self I comporte un noyau magnétique, comme l'indique le schéma ; elle doit, en outre, posséder un grand nombre de spires (10 à 15.000). Nos essais personnels nous ont permis de constater que le secondaire d'un transformateur BF rapport 1-3 ou 1-5 (dont on néglige le primaire) utilisé comme impédance, donne un rendement supérieur à la plupart des impédances du commerce.

Dans le cas de l'amplification haute fréquence, elle peut être constituée par un important enroulement de fil fin (bobine semi-aperiodique) ou par une self adaptée à l'onde

à recevoir et accordée par un condensateur variable (accord à résonance).

Cet enroulement a, sur la résistance ohmique, l'avantage de ne créer qu'une faible chute de tension dans le circuit anodique et de mieux utiliser la force électromotrice de la batterie de plaque.

Eventuellement, la résistance R_2 peut être reliée, non directement au — 4, mais à une pile de polarisation qui donne à la grille la tension négative correspondant à son fonctionnement optimum (cas de l'emploi d'une BF).

En résumé, seule l'amplification à résonance, par self ou par transformateur, est à retenir pour la haute fréquence, car elle assure la sélectivité désirable, tandis qu'en basse fréquence l'amplification apériodique (par transformateur, self ou impédance) est exclusivement utilisée.

Nous pourrions ajouter à ces divers modes l'amplification par auto-transformateurs, décrite dans nos précédentes éditions ; mais celle-ci est presque abandonnée ; elle n'est d'ailleurs qu'une variante HF ou BF des précédentes.

L'Amplification haute fréquence

On voit que l'amplification haute fréquence s'applique à tous les courants alternatifs dont la fréquence est trop élevée pour qu'ils puissent agir utilement sur l'écouteur téléphonique ou le haut-parleur. Ceux-ci sont ramenés ultérieurement à la fréquence musicale par le détecteur.

Ce mode d'amplification, avons-nous dit, tend à devenir de plus en plus sélectif, étant donnée la nécessité dans laquelle on se trouve de séparer complètement les innombrables émissions qui agissent sur l'antenne.

On est ainsi amené à utiliser, dans les étages de liaison HF des circuits accordés par des condensateurs variables.

L'amplification haute fréquence peut s'effectuer normalement par triode au-dessus de 200 mètres ; mais au-dessous de cette longueur d'onde, la capacité interne grille-plaque sert de passage de fuite aux oscillations et rend cette lampe impropre à l'amplification des ondes courtes. On doit alors appliquer des procédés spéciaux (neutrodyne) ou utiliser des tubes munis d'une grille-écran supplémentaire.

Amplification HF par transformateur. — Dans ce genre d'amplification, nous n'envisagerons pas le cas d'un transformateur non accordé (semi-apériodique), car cet organe est insuffisamment sélectif et n'est plus utilisé.

La fig. 245 montre un étage amplificateur équipé avec un transformateur HF à secondaire accordé.

Ainsi que nous l'avons dit précédemment, la polarisation négative de la grille s'obtient en faisant le retour de grille au — 4 (circuit *abcdh*).

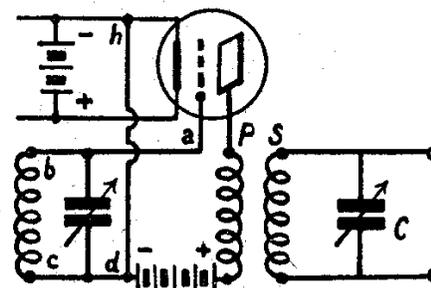


Fig. 245
Amplificateur HF à résonance
avec lampe à chauffage direct.

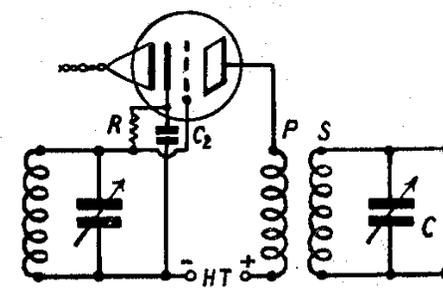


Fig. 246
Amplificateur HF à résonance
avec lampe à chauffage indirect.

Si on utilise une lampe à chauffage indirect, on arrive au même résultat en rendant la cathode moins négative (ce qui revient à rendre la grille plus négative par rapport à cette cathode). Il suffit d'interposer dans son circuit une résistance R de quelques centaines d'ohms, shuntée par un condensateur C_2 de 0.1 MDF (fig. 246).

Amplification HF par self. — Le transformateur peut être remplacé par une self. Ici encore le montage à résonance (self accordée) s'impose si l'on veut obtenir une sélectivité acceptable (fig. 247).

Nous retrouvons dans ce dispositif la partie HF de l'ancien C. 119 qui eut tant de vogue vers 1926.

Une self B , appropriée à la longueur d'onde à recevoir, est intercalée dans le circuit de plaque et accordée par le condensateur C .

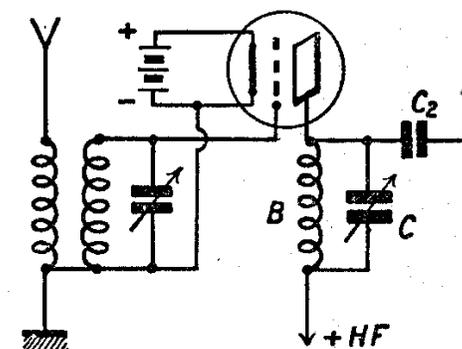


Fig. 247
Amplificateur HF à résonance
utilisant une self.

Autrefois, on employait des nids d'abeille de 50, 75,

100, 150 et 200 spires. De nos jours, on prévoit une self pour G.O. et une autre pour P.O. Ces deux bobinages sont commandés par un inverseur.

On peut encore augmenter la sélectivité de ce montage en remplaçant la self par un auto-transformateur (self à prise médiane) ; cela s'explique par le fait qu'on diminue le couplage entre le primaire et le secondaire.

Accrochage indésirable. — On sait que les amplificateurs HF à résonance utilisant des triodes présentent un grave inconvénient : l'accord simultané des circuits de grille et de plaque provoque le déclenchement d'oscillations dans la lampe : on dit que celle-ci *accroche*. Toute audition est alors suspendue.

Ce phénomène est dû à l'existence d'une capacité interne entre la grille et la plaque que nous représentons par le condensateur C en pointillé (fig. 249). Cette capacité joue, en quelque sorte, le rôle des bobines S et S' dans une lampe montée en oscillatrice (fig. 105).

Il est à remarquer que l'accrochage se produit d'autant plus facilement que les circuits sont mieux établis, c'est-à-dire peu amortis.

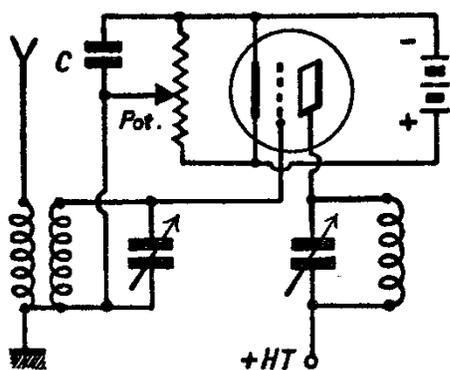


Fig. 248

Stabilisation d'un circuit à l'aide d'un potentiomètre.

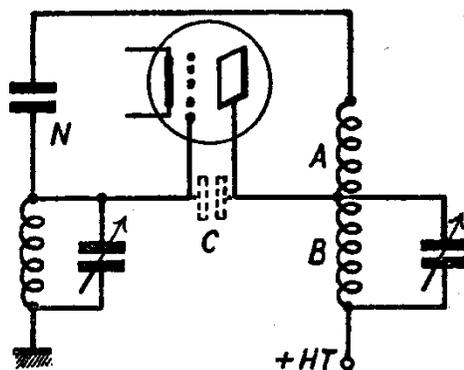


Fig. 249

Montage neutrodyne supprimant les accrochages.

Pour l'éviter, on a préconisé l'emploi d'un potentiomètre *Pot.* (fig. 248) placé en parallèle sur le circuit de chauffage et qui, permettant de rendre la grille moins négative et de déclencher, au besoin, un courant de grille, augmente l'amortissement et assure la stabilité de l'ensemble. La capacité C de 5 ou 6/1000 permet l'écoulement des cou-

rants HF). Mais ce dispositif diminue la pureté et la sélectivité du récepteur.

Neutrodyne. — La méthode du neutrodyne permet d'obtenir le même résultat d'une façon beaucoup plus rationnelle sans nuire à la qualité de l'audition.

La fig. 249 représente le schéma de principe.

La bobine de plaque est dédoublée : la partie B joue son rôle habituel ; mais la partie A est connectée au circuit de grille par l'intermédiaire d'un petit condensateur N dit de neutralisation.

Les flux de A et de B étant inversés, si la capacité de N est approximativement égale à celle de C, les différences de potentiel qui tendent à traverser C sont neutralisées par N et l'état électrique des deux électrodes ne subit aucune perturbation. Un déclenchement d'oscillations n'est donc pas à craindre.

Dans la seconde partie de l'ouvrage, nous donnerons la réalisation pratique du montage neutrodyne.

Amplification par lampes à écran. — La lampe à grille-écran ne présente pas les dangers d'accrochage dont nous venons de parler et évite le neutrodyne.

De plus cette lampe, principalement du type à chauffage indirect, est une excellente amplificatrice haute fréquence, grâce à sa pente élevée et à son grand coefficient d'amplification.

La fig. 250 donne son emploi dans l'amplification à résonance, la plus couramment utilisée.

Nous voyons que le montage est analogue à celui de la triode, en tenant compte toutefois qu'une tension anodique d'au moins 120 volts est nécessaire pour obtenir un bon fonctionnement.

Seul l'écran demande un dispositif particulier. S'il s'agit d'une alimentation par batterie, la tension d'écran (60 à 80 volts) est obtenue par une prise intermédiaire faite directement sur la batterie, ou à l'aide d'une résistance variable.

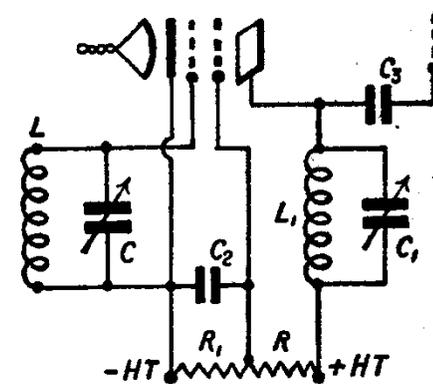


Fig. 250

Lampe à écran amplificatrice à résonance.

Dans le cas d'emploi du secteur alternatif, elle est fournie par une prise potentiométrique RR_1 , qui peut être fixe ou variable, établie entre le — et le + HT, ainsi que l'indique le schéma. Cette résistance est shuntée par un condensateur C_2 de 1 ou 2 MFD.

L'utilisation des tubes à chauffage indirect permet ici des tensions anodiques de 200 à 250 volts et des tensions d'écran de 80 à 120 volts.

Dans certains montages, cette prise commande également le volume de son et l'accrochage.

Ajoutons que la self L_1 peut être remplacée par un transformateur à secondaire accordé. Le schéma de montage est le même ; seul le condensateur C_3 disparaît. Il en est de même pour l'utilisation de cette lampe en amplificatrice à filtre de bande dans les changeurs de fréquence.

Amplification par pentode. — Les trigrilles HF s'utilisent en amplificatrices de la même manière que les lampes à écran, puisque leur troisième grille est réunie à la cathode dans la lampe elle-même.

La grande résistance interne des pentodes HF permet d'obtenir une amplification considérable. La possibilité de les utiliser en amplificatrices à pente variable leur confère les mêmes avantages qu'aux tétraodes dont nous allons parler.

Lampes à pente variable. — L'étude des propriétés de la triode nous a appris que la « pente » d'une lampe définit les propriétés amplificatrices de cette lampe. Plus la pente est élevée, plus grande est l'amplification.

Il vient donc naturellement à l'esprit d'équiper les deux étages amplificateurs moyenne fréquence des supers avec des lampes à écran à forte pente.

Mais un grave inconvénient surgit : si le récepteur ainsi équipé, se comporte normalement lors de la réception des stations faibles ou éloignées, il y aura saturation de la détectrice et, par conséquent, déformation de l'audition, lorsqu'on recevra des stations proches ou puissantes.

Il serait donc nécessaire, afin de conserver aux sons toute la pureté désirable, de placer, au moins au second étage MF, une lampe à forte pente pour les signaux faibles et de remplacer celle-ci par une lampe à faible pente pour les signaux puissants. Cette manipulation quotidienne n'aurait rien d'agréable.

L'étude des caractéristiques des lampes a permis de trouver une solution ingénieuse et beaucoup plus pratique. On sait que lors-

qu'on augmente la polarisation d'une lampe, on diminue le courant de plaque, jusqu'à l'annuler au besoin (la lampe possède alors à ce moment une très faible pente) ; au contraire, lorsqu'on réduit ou supprime la tension négative de la grille, on augmente ce même courant dans de grandes proportions (la lampe acquiert une forte pente).

Telle est l'origine de la lampe à pente variable qui n'est autre qu'une lampe à écran à chauffage indirect dans laquelle une variation lente et étendue de la polarisation de grille (de — 1 à — 40 volts) permet de faire varier progressivement la pente de 1,2 à 0,005 mA/V (milliampère-volt).

Les lampes à pente variable existant actuellement se rapprochent des caractéristiques suivantes : chauffage 1 ampère sous 4 volts ; tension plaque maxima 200 volts ; tension écran 60 volts ; pente 0,005 à 1,2 mA/V.

La fig. 251 donne le schéma de montage d'une lampe à pente variable placée au deuxième étage moyenne fréquence, avec haute tension de 200 volts.

La polarisation de la grille principale est obtenue en faisant le retour de la cathode sur le curseur d'un potentiomètre P d'environ 10.000 ohms. Afin que la tension négative n'atteigne jamais 0, ce qui donnerait des courants de plaque considérables, une résistance supplémentaire R_3 de 250 ohms est intercalée entre la cathode et le curseur et assure en tout temps une polarisation minima de — 2 volts. Cette résistance sera prévue pour 10 à 15 mA.

Ce potentiomètre est monté en série entre le — HT et le + HT avec deux résistances fixes R_1 de 15.000 ohms et R_2 de 20.000 ohms dans lesquelles nous reconnaissons le dispositif potentiométrique adopté pour fournir la tension d'écran.

Ces résistances sont prévues pour un débit de 10 mA.

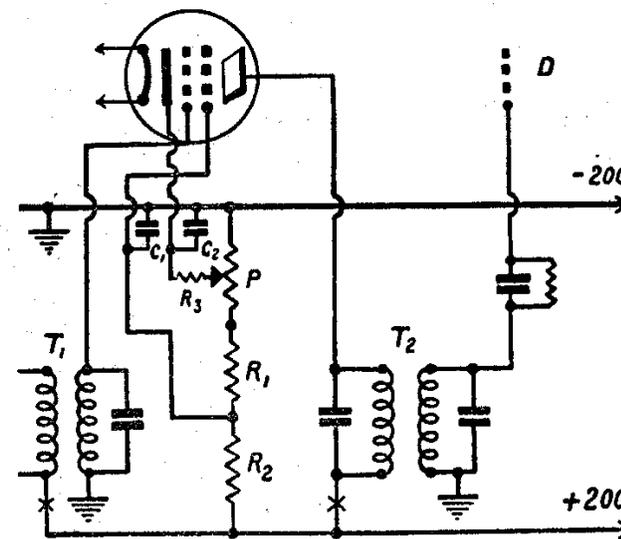


Fig. 251

Lampe à pente variable
montée au second étage MF d'un super.

Précisons dès maintenant que si ces résistances devaient alimenter simultanément deux lampes à pente variable, leur valeur devrait être divisée par 2. Mais il y aurait lieu d'interposer une résistance R_3 de 250 ohms dans le circuit de chaque cathode.

Les condensateurs fixes C_1 et C_2 valent respectivement 1 MFD et 10/1000.

Les organes T_1 et T_2 représentent les transformateurs moyenne

fréquence, le second commandant la détectrice D, dans le circuit de grille de laquelle on placera un condensateur de 0,1 shunté par une résistance de 500.000 ohms.

Si l'on veut réduire la tension maxima de 200 volts appliquée aux plaques des MF, ce qui est prudent, on intercale aux points X des résistances de 1000 ohms (10 millis) shuntées par 1 MFD.

Avantages. — En résumé, l'emploi de cette lampe présente les avantages suivants :

- 1° Réglage très efficace de l'intensité sonore ;
- 2° Réception avec une égale pureté des stations faibles ou puissantes ;
- 3° Augmentation de la sélectivité dans des proportions considérables ;
- 4° Suppression des battements entre émissions voisines et diminution très sensible des perturbations parasites.

L'Amplification basse fréquence

Si la lampe triode donne des résultats assez médiocres dans l'amplification haute fréquence, elle se prête fort bien à l'amplification basse fréquence.

Nous savons que cette dernière est ainsi qualifiée parce qu'elle intéresse les courants ondulés de fréquence téléphonique issus du système détecteur. Son rôle est de leur donner une puissance suffisante pour agir sur la membrane du haut-parleur.

Un bon amplificateur BF doit amplifier normalement toutes les fréquences comprises entre 50 et 5.000 périodes.

On utilise à cet effet, soit l'amplification à résistance, soit l'amplification à impédance, soit l'amplification à transformateur.

Amplification BF à résistance. — Nous ne reviendrons pas longuement sur les deux premières méthodes qui ont été décrites dans les pages précédentes (fig. 243 et 244). Précisons toutefois que, dans l'amplificateur à résistance, la capacité C doit être assez élevée pour assurer la bonne reproduction des notes basses. Quant à la résistance R_1 du circuit anodique, elle sera approximativement égale, avons-nous dit, au triple de la résistance interne de la lampe utilisée ; la résistance de fuite R_2 pouvant être quatre à six fois plus forte que R_1 .

Les lampes peuvent être à chauffage direct ou à chauff-

fage indirect, et les polarisations de grille effectuées, le cas échéant, selon les méthodes indiquées.

Amplification BF à transformateur. La méthode d'amplification par transformateur donne une puissance d'audition plus grande que les précédentes, car, à l'amplification de la lampe (de coefficient k) s'ajoute l'amplification propre du transformateur, variable selon le rapport de transformation N . Cette amplification est généralement égale à kNF , le facteur F variant suivant les caractéristiques du circuit.

La fig. 252 représente, d'après Terman, les courbes d'amplification des trois modes dont nous venons de parler.

On remarque que l'amplification BF à résistance est moins puissante que les autres mais plus régulière, et à peu près constante pour les fréquences de 10 à 5.000 périodes par seconde. Le transformateur donne une amplification plus grande, mais dont l'uniformité ne s'accuse qu'à partir de 150 périodes-seconde pour prendre fin vers 1.000

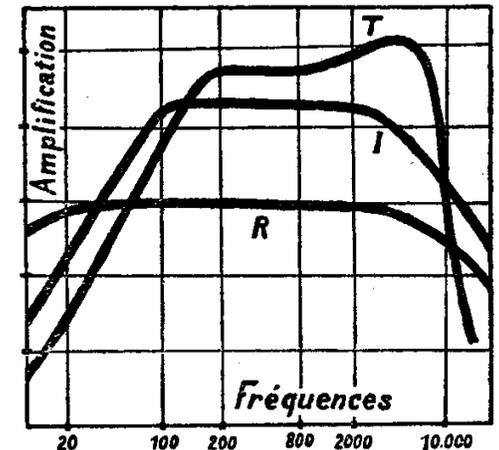


Fig. 252

- R. Amplification à résistance
- I. Amplification à impédance.
- T. Amplification à transformateur

Si l'on ne craint pas de diminuer quelque peu la puissance de l'audition en shuntant le secondaire du transformateur par une résistance de 100.000 ohms environ, on régularise la courbe vers les hautes fréquences.

Un bon transformateur doit présenter les caractères suivants :

- Circuit magnétique avec tôles de haute perméabilité ;
- Rapport de transformation de 2,5 ou 3 ;
- Induction mutuelle aussi élevée que possible ;
- Nombre élevé de spires avec bon isolement.

D'autre part, les lampes utilisées comme « premières basse fréquence » auront un coefficient k assez faible et une résistance interne de 8.000 à 13.000 ohms. La polarisation devra naturellement être respectée.

Amplification de puissance classe A. — Nous avons dit que, dans ce mode d'amplification, la totalité des variations de tension de grille est reproduite fidèlement par les variations du courant d'anode (courbe fig. 94).

La fig. 253 représente un étage amplificateur de ce type. Le courant de plaque de la détectrice D parcourt le primaire P du transformateur. Les courants induits dans le secondaire S sont appliqués à la grille de la BF qui reçoit, d'autre part, une polarisation convenable de la pile Pol., dont le positif est relié au — 4.

En *ab* se branche un second circuit BF (étage de sortie) ou le haut-parleur.

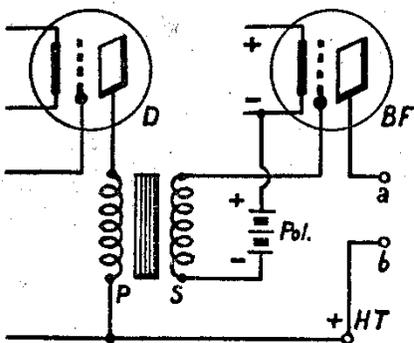


Fig. 253

Montage classique d'un amplificateur BF.

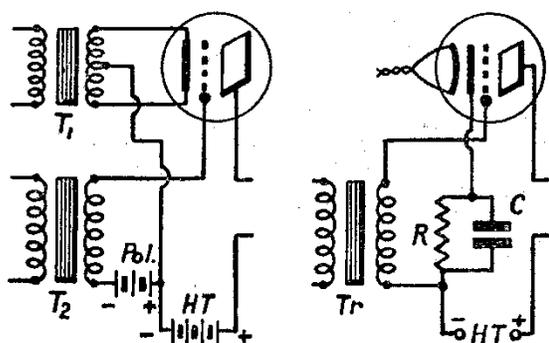


Fig. 254

Autres méthodes de polarisation d'une triode basse fréquence.

Ajoutons que la polarisation peut être obtenue par d'autres procédés que schématise la fig. 254.

En premier lieu, se présente le cas de chauffage des lampes en alternatif brut. Le pôle positif de la pile de polarisation est relié à la prise médiane du transformateur d'alimentation T_1 .

On sait, d'autre part, qu'on peut également polariser négativement la grille en rendant la cathode moins négative par rapport à celle-ci. La figure de droite indique le dispositif à employer, aussi bien avec une lampe à chauffage direct qu'avec une lampe à chauffage indirect. La résistance R , shuntée par un condensateur C de 2 à 4 MFD, crée une chute de tension dans la cathode et permet d'obtenir le résultat désiré.

Amplificateur de puissance classe B. — Lorsqu'on désire de fortes amplifications, les tensions d'attaque sont trop im-

portantes pour utiliser les amplificateurs précédents. On se sert alors des amplificateurs dits « classe B » dans lesquels les alternances les moins négatives des oscillations de grille contribuent seules à la formation des variations de courant d'anode, les autres alternances étant bloquées par une polarisation convenable.

En nous reportant à la courbe de la fig. 94, nous nous rendons compte que si la lampe était polarisée à -5 volts, au lieu de l'être à -2 , seules les alternances du côté *d*, qui pourraient se situer entre -5 et -1 , par exemple, étant données les grandes amplitudes envisagées, feraient apparaître un courant de plaque, tandis que celles du côté *c*, situées entre -5 et -9 , n'auraient aucun effet. La position de repos de la grille (-5) correspondrait à un courant de plaque nul.

L'amplification de classe B se prête fort bien au montage de deux lampes de puissance en push-pull, chaque lampe se chargeant des alternances d'un même sens.

Amplificateur basse fréquence push-pull. — Nous donnons à la fig. 255 le schéma d'un amplificateur comprenant une lampe de tension et deux lampes de puissance push-pull.

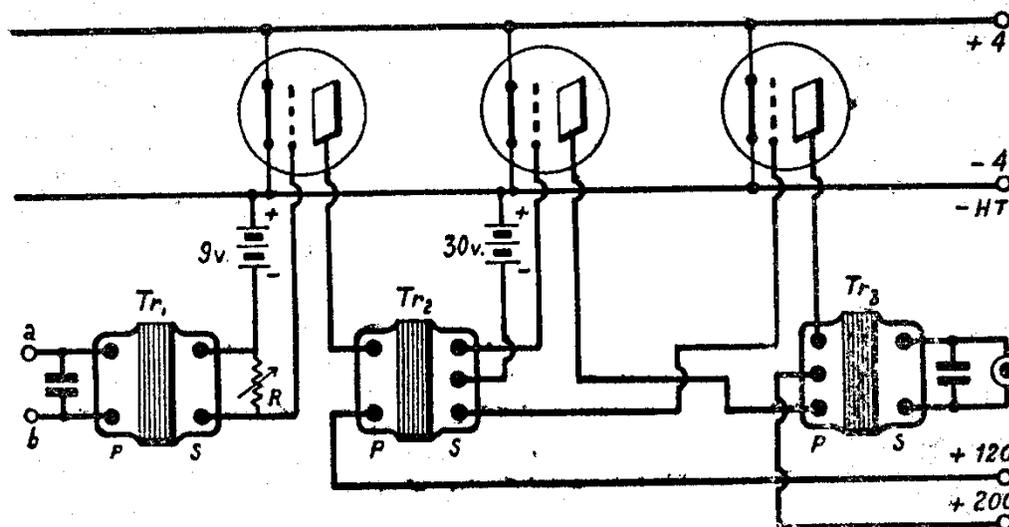


Fig. 255

Amplificateur push-pull.

Tr_1 , Tr_2 et Tr_3 , jeu de transformateurs spéciaux push-pull.

Le premier transformateur et le primaire de Tr_2 n'offrent rien de remarquable ; mais le secondaire de Tr_2 est connecté aux grilles des deux lampes finales qui doivent être de

mêmes caractéristiques, et la partie médiane à une pile de polarisation de 20 à 30 volts, selon la valeur de la tension anodique.

La plaque de ces lampes est reliée aux extrémités du primaire de Tr_3 , dont la prise médiane communique à la haute tension. Le haut-parleur est intercalé dans le circuit secondaire, avec condensateur-shunt de 2/1000.

Il est nécessaire de polariser également la première BF en reliant le sec. S de Tr_1 à une pile de 3 à 9 volts. Les deux piles peuvent d'ailleurs se confondre en une seule avec prises intermédiaires.

Si la polarisation doit être fournie par le secteur, on utilisera un dispositif semblable à celui que nous avons décrit dans le chapitre de l'alimentation.

Dans le cas où l'on désirerait limiter à volonté l'intensité du son, on shunte le secondaire du premier transformateur par une résistance variable R de 100 à 500 000 ohms que l'on désigne couramment sous le nom de « volume-contrôle ».

Les avantages de ce mode d'amplification, qui peut être de la classe A ou de la classe B, sont nombreux :

L'énergie étant reportée sur deux lampes, tout danger de saturation est écarté ;

L'emploi de transformateurs à prise médiane à pour effet de supprimer les harmoniques des sons et de reproduire ces derniers avec une grande pureté ;

L'opposition des courants de ces bobinages spéciaux détruit tout bourdonnement du secteur ;

Enfin, l'emploi de deux lampes ainsi montées « en balance » permet d'utiliser des amplitudes d'attaque doubles et d'obtenir une puissance considérablement accrue.

Puissance modulée. — La caractéristique de l'étage de sortie est la puissance modulée. Celle-ci est approximativement égale au cinquième de la puissance anodique (obtenue en multipliant le débit par la tension en volts de la source anodique).

Ainsi, une lampe qui consomme 20 millis sous 200 volts a une puissance dissipée de $0,020 \times 200 = 4$ watts, et une puissance modulée de $4 : 5 = 0,8$ watt.

La puissance modulée des appareils d'amateurs varie entre 0,5 et 3 watts ; celle des appareils de plein air peut atteindre 20 à 30 watts.

Cette puissance modulée est proportionnelle au carré de l'ampli-

tude d'attaque. C'est pourquoi on constate souvent l'insuffisance d'une lampe de puissance montée à la sortie d'une détectrice. Il convient de la faire précéder d'une lampe amplificatrice de tension, ou, selon l'expression courante, d'une première BF.

DISPOSITIFS DE SORTIE. — Il nous reste à dire quelques mots des dispositifs utilisés pour coupler le haut-parleur à l'étage final.

On utilise généralement le montage de la fig. 256 (enroulement du H.P. intercalé dans le circuit de plaque. Mais cette manière de procéder présente un inconvénient assez sérieux : le courant de haute tension parcourt cet enroulement, et, si l'on n'a pas soin d'observer la polarité du haut-parleur en branchant ce dernier au récepteur, il ne tarde pas à se désaimanter et l'audition s'affaiblit de plus en plus pour devenir presque nulle.

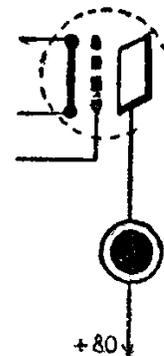


Fig. 256

Haut-parleur en série dans le circuit de plaque

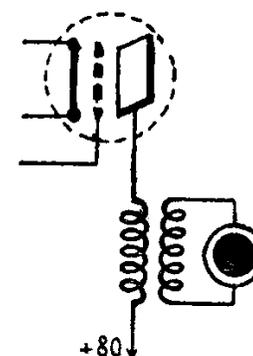


Fig. 257

Emploi d'un transformateur de sortie

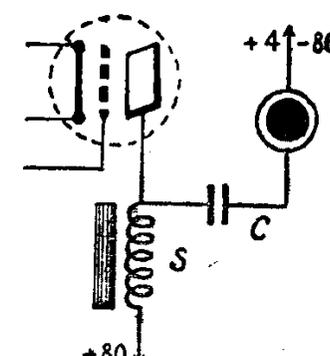


Fig. 258

Dispositif spécial avec self et condensateur

Pour éviter ce désagrément, on emploie fréquemment un transformateur de sortie de rapport 1/1. Le primaire de cet organe est seul traversé par le courant de haute tension et le haut-parleur est branché aux bornes du secondaire (fig. 257).

Toutefois nous ajouterons que cette précaution devient inutile lorsqu'on emploie un haut-parleur non polarisé. Il convient donc de se renseigner au moment de l'achat.

Enfin, une méthode qui semble vouloir se généraliser consiste à disposer dans le circuit de plaque de la dernière lampe, une self à fer S de 20 à 30 henrys, et un condensateur de fuite C de 3 ou 4 microfarads qui dérive les courants de basse fréquence vers le haut-parleur, l'autre pôle étant relié au point commun (fig. 258). De cette façon, le courant continu de plaque ne traverse pas l'électro-aimant et, d'autre part, on a la possibilité d'adapter au mieux les constantes du circuit de sortie à l'impédance du haut-parleur.

Ces dispositifs s'appliquent naturellement aux diffuseurs électromagnétiques. Le montage des dynamiques a été indiqué dans la partie « Organes de réception ».

II. — LES PROCÉDÉS DE DÉTECTION

La détection a pour rôle de transformer les courants de haute fréquence en courants de fréquences acoustiques, capables d'agir sur la membrane du haut-parleur.

L'un des premiers détecteurs a été le cohéreur de Branly, petit tube en verre contenant deux pistons métalliques entre lesquels se trouvait de la limaille de fer.

Au repos, cette limaille n'était pas conductrice ; mais elle le devenait instantanément sous l'influence d'une onde radioélectrique. Le grave défaut de ce système est qu'il restait conducteur après le passage de l'onde : il fallait décoherer en frappant un petit coup sur le tube pour rompre la liaison électrique.

Vint ensuite le détecteur magnétique de Marconi, qui apportait une légère amélioration dans la réception, mais présentait le même inconvénient après le passage du premier train d'ondes.

Avec les détecteurs actuels, ce défaut n'existe plus : chaque onde a son action propre et les appareils jouent le rôle de véritables redresseurs de courant alternatif.

Si nous représentons par une ligne sinusoïdale A une onde entretenue non modulée par le microphone, nous obtiendrons, après détection, une succession d'alternances de même sens B, ayant les propriétés du courant continu.

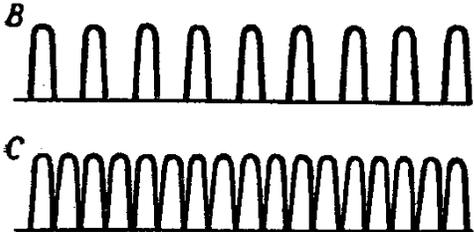


Fig. 259.

- A. Onde entretenue non modulée.
- B. Détection d'une seule alternance.
- C. Détection des deux alternances.

La fig. 13 nous donne, d'autre part, le schéma d'une onde entretenue modulée, avant et après détection.

Si l'on veut utiliser les deux alternances, on adopte la *double détection*, telle que la schématise la fig. 259-C.

Il est nécessaire, dans ce cas, d'employer une self d'accord à prise médiane et deux systèmes détecteurs. La tension moyenne détectée est un

peu plus grande que dans le premier cas, mais non doublée. De nos jours, cette méthode est assez fréquemment mise en œuvre dans le cas de la détection par diode ou par oxymétal.

Détecteurs à galène. — Nous ne citerons que pour mémoire le détecteur électrolytique, peu pratique et de faible rendement, pour aborder de suite les redresseurs à cristaux et plus particulièrement les détecteurs à galène.

La galène ou sulfure de plomb présente des points sensibles pour lesquels la fonction détectrice est très caractérisée. Ces points sont répartis d'une façon inégale dans la masse du cristal. En général, les galènes à grain fin sont celles qui en renferment le plus grand nombre.

Le contact est assuré par un chercheur métallique à pointe fine qui appuie faiblement sur la galène.

Nous avons dit que ce cristal jouit d'une conductibilité unilatérale ; cela ne veut pas dire qu'aucun courant ne passe en sens inverse. C'est précisément l'importance de ce courant inverse qui fait qu'un point donné est plus ou moins sensible.

La fig. 260 montre un récepteur utilisant un détecteur à galène. La réception se fait en Tesla, primaire et secondaire accordés, dispositif qui permet d'atténuer le manque de sélectivité d'un tel montage.

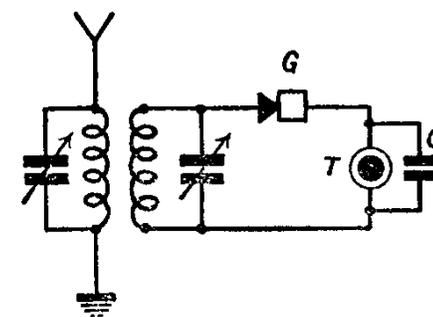


Fig. 260
Détecteur à galène.

G est le détecteur à galène ; T le casque, d'une résistance d'environ 500 ohms, et C un condensateur fixe de 2/1000 permettant le passage des courants de haute fréquence auquel s'opposerait l'impédance élevée de l'enroulement du téléphone.

Un tel détecteur est loin d'être idéal ; la courbe caractéristique que l'on pourrait établir montre que la galène n'est pas un détecteur linéaire. Ce dispositif a connu cependant une vogue indiscutable, surtout depuis que la fixité du chercheur a été assurée par divers procédés de blocage.

On lui a substitué, depuis 1933, le détecteur par cuivre-

oxyde dont le rendement est bien supérieur, car, tandis que l'énergie du courant redressé n'est que de 10 à 15 % pour un détecteur à galène, elle atteint 80 et 90 % avec un détecteur au cuivre-oxyde. De plus, la détection est parfaitement linéaire. Cet organe est basé sur les mêmes principes que les redresseurs oxymétal précédemment décrits.

Détection par cuivre-oxyde. — L'emploi d'un tel dispositif était envisagé de longue date, mais les éléments classiques présentaient une capacité élevée qui laissait passer une quantité non négligeable de la HF. Grâce à des travaux remontant à 1932, cette capacité nuisible a pu être réduite par l'utilisation d'éléments de petite surface redresseuse.

Les détecteurs de ce genre portent le nom de « Westectors » et se présentent sous forme de bâtonnets semblables à une résistance classique. Ils donnent à peu près le même rendement qu'une diode, mais à la condition d'être précédés d'au moins deux étages HF ou MF. Ils procurent ainsi l'économie d'une lampe.

Il existe deux types de Westector : le type utilisant une seule alternance et le type utilisant les deux alternances de la tension à détecter. Ces deux cas de détection sont schématisés aux fig. 261 et 262.

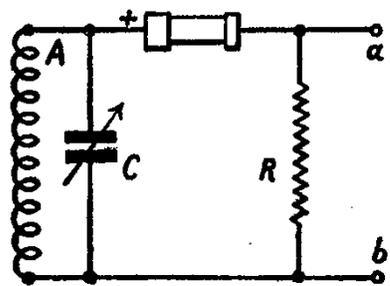


Fig. 261

Montage d'un Westector redressant une alternance.

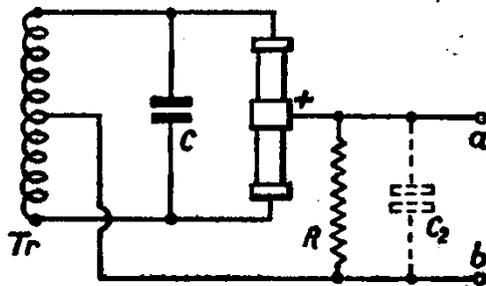


Fig. 262

Montage d'un Westector du type à deux alternances.

La première représente un Westector placé après le circuit d'un étage haute fréquence AC, la lampe utilisée ayant une faible impédance. La résistance R a une valeur de 100.000 ohms pouvant être comprise pratiquement entre 100.000 et 250.000. Les tensions détectées (BF) apparaissent aux bornes de ab.

La fig. 262 indique le montage d'un Westector utilisant les deux alternances. Tr est le secondaire d'un transformateur HF ou MF avec prise médiane. Le détecteur est également à prise. La résistance R a la même valeur que précédemment. Pour détourner la HF de la BF, on peut brancher utilement en C₂ un condensateur de 0,1 MFD.

Ces appareils sont suivis d'une première amplificatrice BF et d'une lampe de puissance.

Détection par diode. — Nous ne reviendrons pas longuement sur ce procédé qui a été décrit lors de l'étude des fonctions de la triode (fig. 96).

Le redressement obtenu par la diode est parfait, car il ne présente aucun courant inverse ; la détection s'effectue donc dans de meilleures conditions.

Mais nous savons que cette valve ne fournit aucune puissance et doit être suivie d'une lampe amplificatrice pour remplir le double rôle de la triode ordinaire ; son emploi n'est donc pas très économique.

Il existe également, avons-nous dit, des doubles diodes qui redressent les deux alternances.

Détection par binode. — Grâce à la binode, l'inconvénient signalé plus haut est supprimé. Cette lampe contient, en effet, en une seule lampe, la diode redresseuse et la lampe amplificatrice, mais les cathodes sont réunies en une seule.

La binode comporte une petite anode auxiliaire (plaque) P₁, disposée en forme d'anneau autour de la cathode : c'est l'électrode de redressement (fig. 263).

L'amplification est assurée par une lampe à écran GEP₂, qui assure

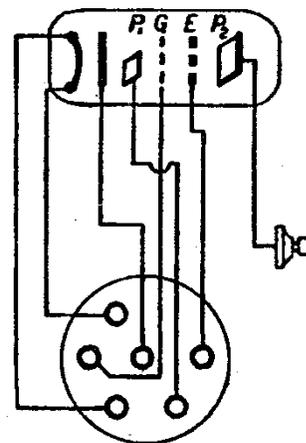


Fig. 263

Lampe binode
Correspondance des broches.

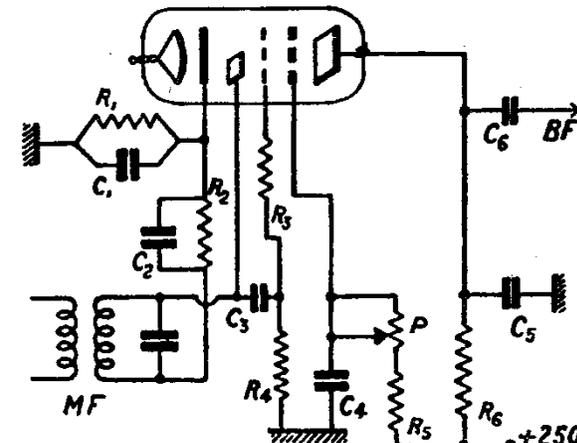


Fig. 264

Montage d'une binode en détectrice dans un changeur de fréquence.

un gain considérable, mais rend obligatoire le couplage par résistance.

Le schéma 264 indique le montage de la binode en détectrice-amplificatrice.

Le signal HF ou MF issu du transformateur est redressé par la diode. La résistance et le condensateur de détection R₂C₂ valent 1 mégohm et 0,2/1000.

Les tensions détectées attaquent la grille amplificatrice par l'intermédiaire du condensateur de couplage C₃ de 5/1000. Celle-ci est polarisée par le dispositif R₁C₁ de 2.000 ohms et 1 MFD. La résistance R₃ de 1 mégohm empêche la tension HF d'atteindre une valeur trop

élevée sur cette grille de commande. Même valeur de 1 mégohm à R_4 .

La tension de la grille-écran est prise sur un potentiomètre P de 30.000 ohms monté en série avec une résistance fixe R_5 de 70.000 ohms (on pourrait prendre un potentiomètre unique de 100.000 ohms). Le condensateur de fuite C_4 vaut 1 MFD.

La résistance de couplage R_6 vaut également 100.000 ohms ; le condensateur $C_5 = 1/1000$. Ce circuit transmet les courants BF à la grille de la lampe finale par le condensateur de liaison C_6 de 6/1000.

Les valeurs des résistances R_1 et R_6 sont données pour une tension d'écran de 50 volts environ. Pour une tension de 100 volts, la HT restant toujours à 250 volts, ces mêmes résistances doivent avoir respectivement 800 et 20.000 ohms.

Cette méthode de détection est plus efficace qu'une détection de puissance. La sensibilité est également supérieure, résultat qui favorise d'autre part la sélectivité.

Détection par double diode-triode. — Ainsi que son nom l'indique, la double diode-triode comprend les éléments d'une double diode et d'une triode, avec cathode commune. Elle permet la double détection, c'est-à-dire le redressement des deux alternances.

La fig. 265 représente le montage de cette lampe, en détectrice. Il va de soi que quelques modifications de détail peuvent intervenir, selon la marque du tube utilisé.

Le transformateur HF ou MF qui lui transmet les oscillations est à prise médiane ; chacune de ses extrémités correspond à une des petites plaques de la diode P et P'. La prise est reliée à la cathode par une résistance potentiométrique constituée par une résistance fixe R de 500 000 ohms, et un potentiomètre P de 50 000 ohms, le tout shunté par un condensateur C de 0.1/1000.

La cathode commune au — HT par une résistance R_2 de 1000 ohms qui assure la polarisation de la grille et permet le fonctionnement de la triode en amplificatrice BF.

Les tensions basse fréquence transmises par le condensateur C_1 de 10/1000 apparaissent aux bornes de la résistance de grille R_3 , de 250 000 ohms, reliée au curseur de P.

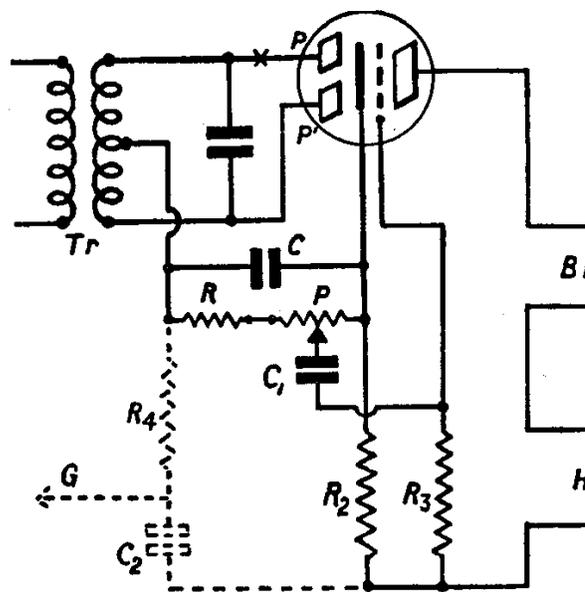


Fig. 265

Détection par double diode-triode.

La plaque de l'élément triode est reliée, soit au primaire d'un transformateur BF, soit à une résistance d'environ 30 000 ohms, avec condensateur de liaison de 6/1000.

La manœuvre du potentiomètre P permet la commande manuelle du volume de son. Pour obtenir une commande automatique, il suffit de compléter ce montage par le dispositif indiqué en pointillé : résistance R_4 de 1 mégohm et condensateur C_2 de 100/1000 de MFD. Le point G est relié aux grilles de commande des lampes MH ou MF à pente variable assurant la régulation.

Au cas où l'on ne posséderait pas de transformateur à prise médiane, on relie la seconde anode P' au point X et l'extrémité libre du secondaire est connectée directement à C.

La détectrice à réaction. — Il eût été plus logique, sans doute, d'étudier la légendaire détectrice à réaction avant la binode et la double diode triode, bien plus récentes que celle-ci. Mais ces lampes sont apparentées à la diode, et nous avons voulu donner toutes les possibilités de cette lignée, avant de parler de ce montage vraiment universel qui constitue la base des réalisations radioélectriques.

Le schéma généralement utilisé est donné à la fig. 266.

La réception se fait en Bourne, c'est-à-dire par selfs L et L_1 ayant un point commun et dont la seconde seule est accordée par C_1 de 0.5/1000.

Un couplage assez lâche de ces bobines permet d'augmenter la sélectivité du récepteur.

Nous voyons sur le circuit de grille le condensateur shunté C_2 de 0.1 à 0.15/1000 avec résistance R de 2 à 4 mégohms.

Un rhéostat Rh de 30 ohms donne la possibilité d'agir sur la sensibilité du montage, car la tension de chauffage permet de se rapprocher plus ou moins du point d'accrochage. Il sert également à l'extinction des lampes.

Une batterie de 40 à 60 volts est suffisante pour le fonctionnement de la détectrice ; mais comme on peut être amené à lui adjoindre plus tard une amplificatrice BF, il

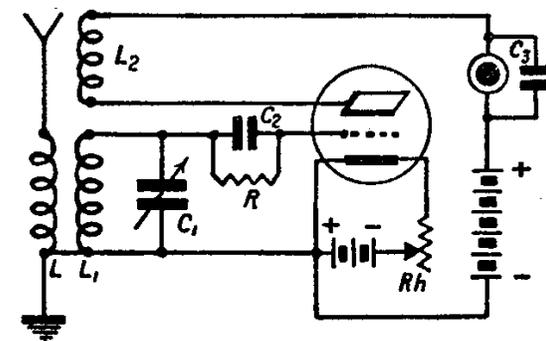


Fig. 266

Détectrice à réaction.

est de bonne prudence de prévoir, dès le début, une tension de 120 ou 150 volts.

On peut indifféremment relier entre eux les pôles négatifs des deux sources (fig. 93) ou le pôle positif de chauffage et le pôle négatif de la haute tension.

Le condensateur-shunt C_3 a une valeur de $2/1000$.

Nous avons dit que le sens de L_2 est à observer pour obtenir l'effet de réaction. L'accrochage se traduit par un claquement dans le casque. Il est indispensable que cet accrochage soit doux : on parvient à ce résultat en donnant une valeur convenable à L_2 et en agissant sur le courant de chauffage et le courant d'anode, toutes données qu'il convient d'établir expérimentalement.

Nous nous rappelons que le propre de la détectrice à réaction est de détecter non seulement les courants de haute fréquence captés par l'antenne, mais aussi ceux qui ont déjà été amplifiés par elle, grâce à l'effet de rétroaction du circuit de plaque sur le circuit de grille.

L'effet amplificateur se trouve ainsi multiplié un grand nombre de fois, ce qui donne à ce montage une bonne puissance et une grande sensibilité.

Cette amplification a pour limite le point d'oscillation de la lampe.

Montages dérivés. — Il existe un certain nombre de montages dérivés de la détectrice à réaction classique. Nous les décrirons en détail dans la seconde partie de l'ouvrage, au chapitre des ondes courtes. Citons ici pour mémoire :

Le *Schnell* présentant les particularités suivantes : accord en Bourne; réaction couplée de manière fixe; condensateur variable shuntant la batterie de plaque et le casque ;

Le *Reinartz* caractérisé par des circuits fortement couplés et une alimentation plaque en parallèle (batterie en dehors des circuits de plaque et de réaction) ;

La *Superréaction*, montage extrêmement puissant dans lequel on utilise la réaction des circuits grille-plaque au delà de la limite d'accrochage.

DÉTECTION PAR LAMPE A ÉCRAN. — La lampe à écran est employée couramment pour l'amplification en haute et moyenne fréquence. Son usage comme détectrice est beaucoup moins répandu par suite de la difficulté de trouver un transformateur à basse fréquence convenable.

Nous savons que cette lampe a une grande résistance intérieure, ce qui oblige à placer dans le circuit anodique un enroulement de forte impédance : seul un transformateur volumineux et excessivement coûteux serait convenable.

On peut obvier dans une certaine mesure à cet inconvénient en ajoutant audit circuit une self de choc. Mais les meilleurs résultats sont obtenus à l'aide d'une résistance non selfique : la puissance est peut-être un peu diminuée ; mais la pureté est sans égale.

Ce mode de détection s'emploie surtout dans les montages secteur.

Deux cas peuvent se présenter : celui d'une détectrice à réaction suivie d'une ou deux BF, et celui d'une détectrice faisant partie d'un changeur de fréquence.

Dans le premier cas, on dispose d'un faible potentiel d'attaque de grille : la détection par caractéristique de grille (par condensateur shunté) est celle qui donne les meilleurs résultats. Dans le second cas, la détection par courbure de plaque est plus recommandable :

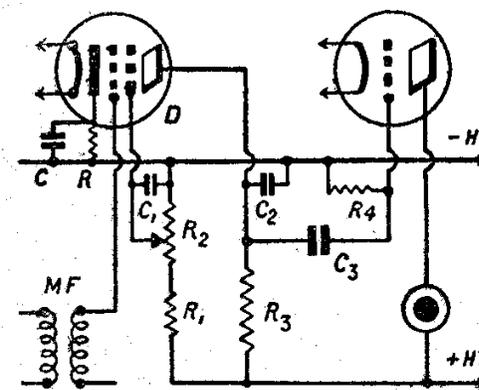


Fig. 267

Détection par lampe à écran

ble : c'est cette dernière que nous représentons à la fig. 267.

La grille principale reçoit les courants du transfo MF. Elle se trouve polarisée par la mise en série entre la cathode et le — HT d'une résistance R de 20 000 ohms shuntée par C de 0.5 ou 1 MFD.

Nous reconnaissons en R_1 et R_2 de 10 et 50 000 ohms le dispositif potentiométrique commandant la tension de l'écran, avec shunt C_1 de $10/1000$.

R_3 est la résistance de plaque qui aura 100 000 ohms pour une tension anodique de 120 volts et 150 000 à 200 000 ohms pour 200 volts. Le condensateur de fuite C_2 vaut 2 à $4/1000$ de MFD.

Le condensateur de liaison C_3 a une valeur de $4/1000$, et la résistance de grille R_4 est de 500 000 ohms. Les autres organes sont montés comme dans les appareils classiques.

Il y a lieu de choisir comme détectrice à écran une lampe à résistance interne relativement faible.

III. — MONTAGES OSCILLATEURS

La lampe oscillatrice est utilisée tant à l'émission qu'à la réception des ondes radiotélégraphiques et radiotéléphoniques. Nous envisagerons donc ces deux cas séparément, en décrivant les principaux montages.

a) A l'Émission

Nous savons que pour assurer une communication téléphonique avec fil, on monte un microphone en série avec une pile ; cet organe module le courant de la pile et la membrane du récepteur téléphonique reproduit les vibrations transmises par le courant.

Dans le cas de la radiotéléphonie, les organes essentiels sont encore le microphone (au départ) et le récepteur (à l'arrivée) ; mais l'agent de transmission est constitué par un courant de haute fréquence, qui doit être inaudible lorsque le microphone est au repos.

On peut donc monter très simplement un petit poste émetteur en intercalant un microphone dans le circuit d'antenne d'une lampe oscillatrice.

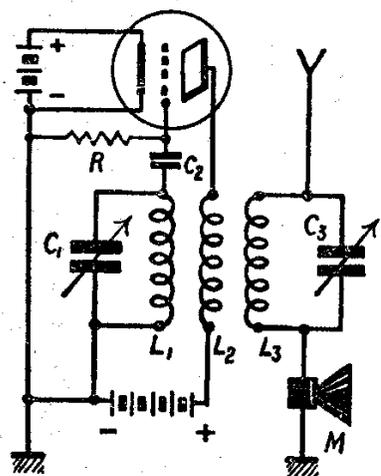


Fig 268

Emetteur radiophonique de faible puissance.

Au poste récepteur, les courants de haute fréquence mo-

La fig. 268 nous montre une lampe oscillatrice classique, dont les circuits de grille et de plaque sont couplés à l'aide des selfs L_1 et L_2 . Le circuit oscillateur d'antenne L_3C_3 est lui-même couplé à la bobine L_2 .

Les courants induits sont modulés par le microphone M dont les variations de résistance entraînent des variations d'intensité de ces courants.

Ces derniers sont émis par l'antenne sous formes d'ondes électromagnétiques.

dulés, captés par l'aérien, sont redressés par le détecteur, et la modulation qui subsiste fait vibrer la membrane du téléphone.

Toutefois, un tel émetteur ne peut servir pour l'établissement de communications à grande distance, car le microphone, inséré dans le circuit d'antenne, ne peut être traversé par des courants de grande intensité.

Il faut alors monter cet organe dans un autre circuit, ce qui permet d'amplifier la modulation obtenue et de transmettre à l'antenne des courants beaucoup plus puissants ;

Nous voyons dans la fig. 269 un microphone placé dans le circuit de grille, en série avec le circuit oscillant. Les tensions alternatives BF qu'il provoque modifie le potentiel de grille et font ainsi varier l'amplitude des courants HF.

Lorsqu'il s'agit d'émetteurs plus importants, le courant modulé du microphone est soumis à une amplification basse fréquence et appliqué au circuit de grille ou de plaque de la lampe oscillatrice, à l'aide d'un organe de liaison.

Dans les grands émetteurs radiotéléphoniques, le courant de haute fréquence est produit par un hétérodyne dit « maître-oscillateur ». Il est amplifié et appliqué à une lampe modulatrice sur laquelle viennent agir simultanément les courants microphoniques amplifiés.

Le courant modulé obtenu est dirigé de nouveau vers un amplificateur et enfin sur l'antenne.

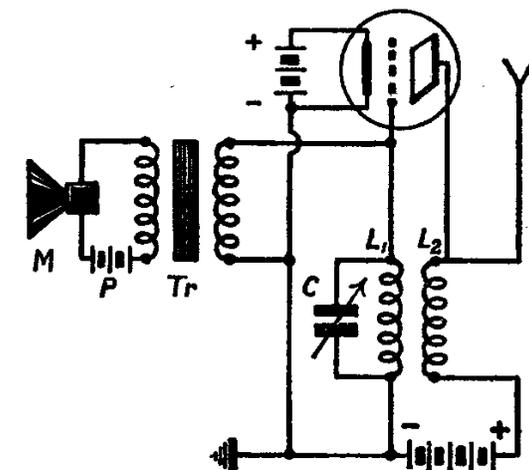


Fig. 269

Emetteur téléphonique à modulation sur la grille.

Montages divers. — Tous les autres montages oscillateurs sont fondés sur le même principe : report au circuit de grille d'une partie de l'énergie du circuit de plaque.

Rappelons pour mémoire le montage *Hartley*, précédemment

décrit, dans lequel l'unique bobine utilisée est insérée entre la grille et l'anode.

Un autre montage, d'origine américaine, est également très employé : c'est le *Colpitts*, qui dérive de l'Hartley en ce sens que le condensateur d'accord est divisé en deux et non la bobine. La tension reportée de l'anode sur la grille est prise sur une de ces capacités au lieu de l'être sur une partie de la self.

Dans le *Meissner*, qui nous vient de Berlin, les oscillations sont entretenues dans un circuit spécial par le double couplage de la bobine de celui-ci avec une bobine insérée dans le circuit de grille et une autre insérée dans le circuit de plaque.

Le montage push-pull *Mesny* mérite quelque développement. Lorsqu'on veut augmenter la puissance d'un émetteur, on est porté à utiliser deux ou trois lampes en parallèle (grilles réunies et plaques réunies entre elles). Mais des oscillations parasites s'opposent à un rendement satisfaisant.

Avec le montage symétrique de deux triodes en push-pull, cet inconvénient n'existe pas et chaque lampe donne sa puissance maxima.

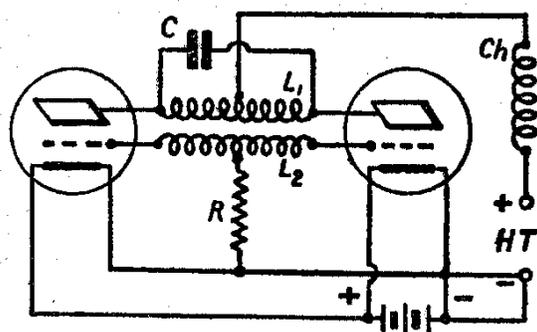


Fig. 270

Oscillateur push-pull Mesny.

est placée à l'intérieur de L_1 .

R est une résistance qui assure la polarisation des grilles.

Aux environs de 40 mètres, en particulier, cet appareil donne d'excellents résultats. L_1 doit alors posséder 13 spires bobinées sur 11 cm. de diamètre et L_2 , 11 spires, sur 8.5 cm. Fil de cuivre de 3 mm.

Ce montage et les oscillateurs push-pull en général permettent de réaliser des connexions courtes. Ils réduisent ainsi les capacités parasites, qui sont, au contraire, accrues dans les montages en parallèle.

Cet avantage leur confère une supériorité incontestable dans l'émission des ondes très courtes.

Commande par quartz

L'un des graves inconvénients que peuvent présenter les montages oscillateurs dont nous venons de parler est le manque de stabilité dans la fréquence, celle-ci subissant

des variations selon la valeur des sources et le type de lampes employées.

Les cristaux de quartz, qui possèdent la propriété de vibrer dans certaines conditions, confèrent à ces émetteurs une stabilité remarquable.

On trouve ces cristaux sous forme de prismes terminés par deux pyramides (fig. 271-I). Vus de plans, ils ont la forme d'un hexagone (II).

Pour être employés comme oscillateurs, ils doivent être taillés en lames minces. Leur constitution moléculaire exige que cette taille soit faite dans des sens bien déterminés : a) ou bien parallèlement à l'une des faces de l'hexagone, MN par exemple ; b) ou bien perpendiculairement à l'une de ses diagonales, OCN, par exemple.

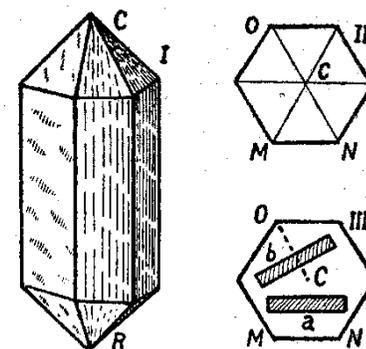


Fig. 271

Cristal de quartz vu en profil et en plan

Ces tailles, et la seconde en particulier, dite taille de Curie, confèrent à la lame de quartz les propriétés de se charger électriquement sous l'influence d'une compression, et de se mettre à vibrer lorsqu'on applique sur ses faces une différence de potentiel alternative.

L'Américain Cady a établi, en 1922, qu'on peut employer un cristal de quartz ainsi taillé pour la régulation des oscillations d'une lampe triode. Et, fait capital, la fréquence du circuit oscillant, dans lequel est placé le cristal, ne dépend plus ni de la self ni de la capacité de ce dernier, mais uniquement de l'épaisseur du quartz.

La lampe oscille sur la fréquence propre du quartz, même en l'absence de tout condensateur.

Le montage primitif, donné par la fig. 272, représente une lame de quartz X montée entre deux armatures métalliques planes reposant sur le cristal, sans pression.

Le tout est placé dans le circuit de grille d'une triode, tandis qu'un circuit oscillant CB est inséré dans le circuit de plaque.

Le courant continu de la grille s'écoule par la bobine de choc Ch et la résistance R qui assurent en même temps la polarisation de cette électrode.

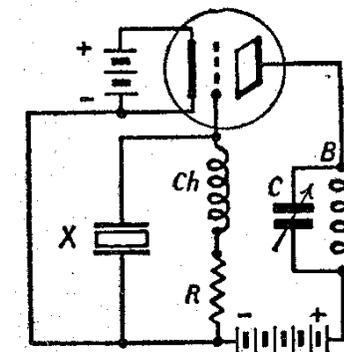


Fig. 272

Oscillateur à commande par quartz.

Ainsi qu'un circuit électrique, le cristal possède une self (quelques millièmes de henry), une résistance (2 500 à 5 000 ohms) et une capacité (quel-

ques cent millièmes de microfarad) qui déterminent son onde propre. On conçoit donc que ce dispositif puisse être utilisé sur une grande échelle de longueurs d'ondes. En pratique, on est limité par la difficulté d'obtenir une lame très mince et assez résistante. La plage utilisée varie entre 40 et 10 000 mètres.

La syntonie est très poussée, car la courbe de résonance du quartz est aiguë, et les oscillations sont d'une grande stabilité.

Toutefois, une commande directe par quartz ne peut être utilisée que pour des puissances réduites (5, 10 ou 15 watts). Dans les stations de grande puissance, on emploie une « lampe-pilote » donnant environ un watt et commandant une cascade d'amplificatrices.

Ce procédé est particulièrement intéressant pour les ondes courtes, car les stations étant « ramassées » dans une bande relativement étroite, la syntonie et la stabilité des émissions apparaissent comme des nécessités de premier ordre.

b) A la Réception

En parlant de la détection par lampe, nous avons montré l'importance de l'effet de *réaction* du circuit-plaque sur le circuit-grille et nous avons ajouté qu'en augmentant le couplage des deux circuits, la lampe *accroche* et donne naissance à des oscillations locales entretenues : on dit qu'elle fonctionne en « hétérodyne ».

Hétérodyne. — Ce montage est donc un petit générateur à lampe de courants de haute fréquence. Il doit son nom à ce qu'il est indépendant du poste de réception (traduction grecque : force étrangère).

Son rôle est de permettre de faire interférer les oscillations locales qu'il produit avec celles de la station reçue. Il en résulte des « battements » de fréquence plus basse qui demeurent modulés, comme l'étaient les ondes transmises par l'émetteur.

La fig. 273 représente le schéma théorique de l'hétérodyne qui n'est autre, ainsi qu'on peut en juger que celui d'une détectrice à réaction à couplage serré.

En face, nous avons schématisé en I les oscillations de

l'antenne, en II, celles de l'hétérodyne, accordée sur une fréquence très voisine, mais différente de celle de la station écoutée. (Un exemple concret est donné un peu plus loin, au chapitre des « changeurs de fréquence »).

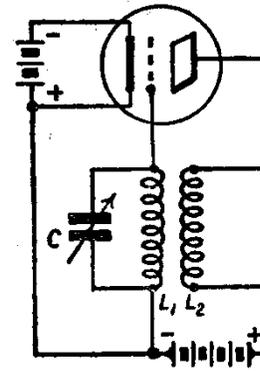


Fig. 273
Schéma
d'une hétérodyne

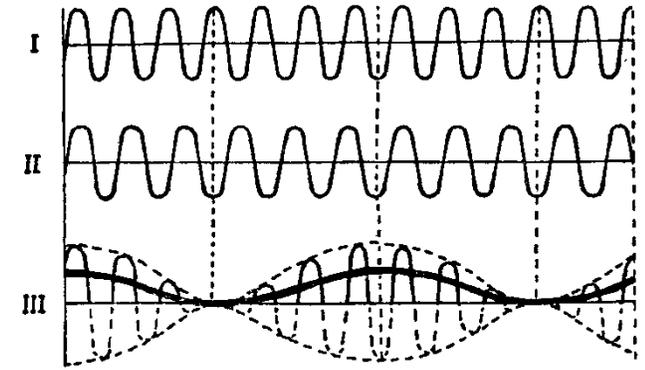


Fig. 274
I. Oscillations de l'antenne. — II. Oscillations
de l'hétérodyne. — III. Résultante basse
fréquence.

Le graphique montre que ces deux émissions interfèrent l'une sur l'autre, tantôt s'ajoutant, tantôt se retranchant, renforçant ou neutralisant périodiquement l'onde incidente et créant ainsi des battements de fréquence beaucoup plus basse, qui font vibrer à leur cadence la membrane du téléphone.

Nous voyons par là que ce montage produit des renforcements successifs de l'émission principale et augmente la sensibilité du récepteur.

Dans certains appareils, dits « autodynes », dont la détectrice à réaction est le type, c'est la lampe de réception elle-même qui est chargée d'entretenir les oscillations locales.

Radiotélégraphie. — A l'origine, l'hétérodyne n'était employée qu'en télégraphie pour permettre de recevoir au son les signaux transmis par ondes entretenues. Elle remplaça avantageusement le tikker qui absorbait une bonne partie de l'énergie reçue par l'antenne.

Ces ondes ont une trop haute fréquence, en effet, pour actionner la plaque du téléphone, et, comme elles ne sont pas modulées, celui-ci ne fait entendre aucun son.

L'emploi du détecteur ordinaire est donc insuffisant, et il est nécessaire de donner une fréquence musicale au courant détecté : c'est le rôle de l'hétérodyne.

Radiotéléphonie. — L'importance de l'hétérodyne n'est pas moindre en radiotéléphonie, car, non seulement ce montage donne une grande sensibilité aux récepteurs, mais il constitue un véritable changement de fréquence, capable de transformer les ondes courtes en ondes longues et de leur conférer les avantages de ces dernières, en particulier une grande facilité d'amplification.

Indépendamment de cette possibilité, l'hétérodyne donne aux appareils de réception une grande sélectivité, ainsi que nous allons le voir. Aussi, ce montage s'est-il vulgarisé d'une façon considérable : il constitue la base même de la plupart des réalisations modernes.

Changeurs de fréquence

Ces types de récepteurs possèdent de réels avantages sur les appareils à amplification directe. Ils ont d'ailleurs supplanté peu à peu ces derniers qui ne constituent plus, de nos jours, que de rares exceptions.

Nous passerons ces avantages en revue, après avoir indiqué le principe du changement de fréquence.

Principe. — Primitivement conçu pour transformer les ondes courtes en ondes longues, dans le but d'atténuer l'influence des couplages parasites qui s'opposaient à l'amplification normale des premières, le superhétérodyne a conservé sa vogue après l'apparition des lampes multigrilles qui permettent plus facilement l'amplification des P.O. Il donne, en effet, la possibilité d'amplifier avant détection une *fréquence fixe* (moyenne fréquence), ce qui permet d'obtenir des récepteurs sensibles, sélectifs, simples et puissants.

Supposons que nous voulons recevoir une émission sur 200 mètres de longueur d'onde. Le nombre des oscillations par seconde transmises par le poste émetteur est de

$$\text{de } 300\ 000\ 000 : 200 = 1\ 500\ 000.$$

Ces oscillations sont appliquées à la grille de la première lampe, comme dans les montages courants.

Faisons agir sur ce même circuit une hétérodyne réglée sur la fréquence de 1 600 000 périodes. L'interférence entre ces deux ondes produit un « battement » dont la fréquence est de $1.600.000 - 1.500.000 = 100.000$ périodes par seconde.

Or cette fréquence correspond à une longueur d'onde de 3 000 mètres et il se trouve que l'onde initiale de 200 mètres a été transformée en une onde de 3 000 mètres possédant tous les avantages des grandes ondes.

Ces oscillations, dites de moyenne fréquence, sont amplifiées, détectées, puis enfin amplifiées en basse fréquence.

Il résulte donc de ce qui précède que le superhétérodyne compte les organes suivants que nous schématisons à la fig. 275 en indiquant parallèlement les modifications subies par l'onde initiale :

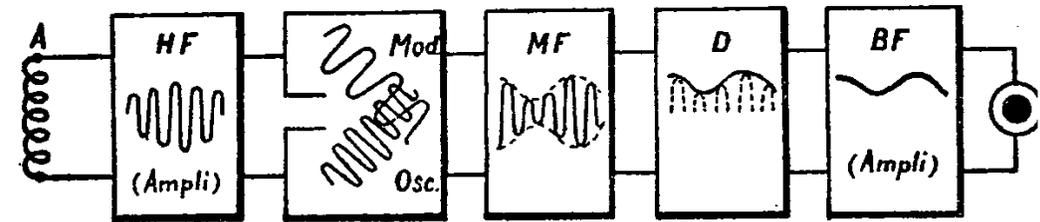


Fig. 275

Schéma général d'un changeur de fréquence et représentation graphique des courants.

- Un collecteur d'ondes et un système d'accord A ;
- Eventuellement un amplificateur HF ;
- Un changeur de fréquence (oscillateur-modulateur) ;
- Un amplificateur moyenne fréquence MF ;
- Un dispositif détecteur D ;
- Un amplificateur BF qui peut être ordinaire ou push-pull, de classe A ou B, et un haut-parleur.

Nous étudierons ces étages en détail dans la partie réservée aux constructions d'appareils.

Voyons maintenant les avantages de ces montages spéciaux.

Sensibilité. — Nous avons montré précédemment que l'interférence des ondes locales et de l'onde incidente ren-

force périodiquement cette dernière et confère aux récepteurs une grande sensibilité, qualité qui n'est pas à dédaigner au moment où les sans-filistes deviennent de plus en plus nombreux et se trouvent pour la plupart dans l'impossibilité d'ériger une antenne extérieure.

Simplicité. — L'amplificateur moyenne fréquence étant accordé une fois pour toutes, le réglage du superhétérodyne se réduit à la manœuvre des condensateurs d'accord et d'hétérodyne. Dans les postes modernes, cette simplification est encore accentuée par la réalisation de la commande unique.

Sélectivité. — Reprenons l'exemple précédent d'une onde de 200 m. transformée en une onde de 3 000 mètres, et voyons ce qui se passe avec une autre émission sur 205 mètres. Dans un poste ordinaire, il y aurait certainement brouillage : il en est tout autrement avec ce montage spécial.

Le nombre des oscillations transmises par ce poste est de $300.000.000 : 205 = 1.467.000$ environ. Le courant de l'hétérodyne ayant 1.600.000 périodes, il en résultera une nouvelle interférence dont la résultante aura :

$$1.600.000 - 1.467.000 = 133.000 \text{ périodes.}$$

Or, cette dernière correspond à $300.000.000 : 133.000 = 2\ 255$ mètres de longueur d'onde.

Les ondes de 200 et 205 mètres se trouvent donc respectivement transformées en ondes de 3.000 et 2255 mètres, ce qui montre bien clairement que tout danger de brouillage est écarté.

Superhétérodyne classique

Les premiers superhétérodynes réalisaient le changement de fréquence par détection. L'étage principal comprenait une lampe détectrice et une lampe hétérodyne. Un cadre constituait généralement le circuit d'entrée, dans lequel on plaçait en série un bobinage spécial destiné à être couplé avec la self d'hétérodyne.

Nous avons décrit ce montage et ses variantes dans nos

précédentes éditions. Nous croyons inutile d'y revenir, car il est tombé peu à peu en désuétude pour laisser place aux changeurs de fréquence par modulation.

Radiomodulateurs

Cette nouvelle méthode de changement de fréquence, mise à l'étude en 1921, n'a donné des résultats vraiment pratiques que vers 1926, après l'apparition de la lampe bigrille. Son rendement est nettement supérieur.

Primitivement cette conversion de fréquence s'effectuait par deux lampes, une modulatrice et une oscillatrice, la seconde ayant pour rôle de provoquer une modulation plaque dans la première. D'autre part, une source anodique spéciale était nécessaire pour l'amplification moyenne fréquence.

Une variante, l'*ultradyn*e due au technicien américain Lacault, bientôt suivie par l'*ultramodulateur* parvinrent heureusement à simplifier le problème.

On reprochait toutefois à ces montages d'exiger deux lampes : aussi ont-ils été délaissés par la suite.

Radiomodulateur bigrille. — L'apparition de la lampe bigrille a permis, en effet, de réaliser l'économie d'une lampe et d'obtenir un montage plus sensible.

Nous donnons ci-après le schéma d'un radiomodulateur à lampe bigrille qui est resté très longtemps le changeur de fréquence classique.

Dans ce type de changeurs de fréquence, il y a modulation de l'oscillation locale par l'oscillation incidente et amplification par la lampe modulatrice : d'où plus d'efficacité que dans le système précédent.

Le cadre est accordé par le condensateur C, à démultiplier, d'une capacité de 1/1000. Les oscillations de ce circuit d'entrée sont directement appliquées à la grille extérieure de la changeuse de fréquence. L'autre extrémité du cadre est reliée au — 4; dans certains ouvrages on recommande de faire ce retour de grille sur curseur de potentiomètre, mais cette complication n'est pas indispensable.

La grille intérieure est commandée par le circuit oscil-

lant B_1C_1 . La capacité C_1 , également à démultiplicateur, a une valeur de 0,5/1000.

B_1 est couplée d'une manière fixe et serrée avec la self de plaque B_2 , formant l'ensemble oscillateur *Osc*.

On peut réaliser soi-même ces deux bobinages à l'aide de gabions ou de fonds de panier pour les ondes courtes (B_1 , 40 tours ; B_2 , 70 tours) et de nids d'abeille pour les grandes ondes (175 et 225 spires). Mais nous recommandons vivement aux amateurs de se procurer dans le commerce des selfs « oscillatrices » en boîtier muni de quatre broches, qui donnent d'excellents résultats. Un commutateur permet de passer de PO à GO et réciproquement.

La plaque de la bigrille reçoit une tension de 40 à 45 volts, soit qu'une prise intermédiaire permette d'obtenir di-

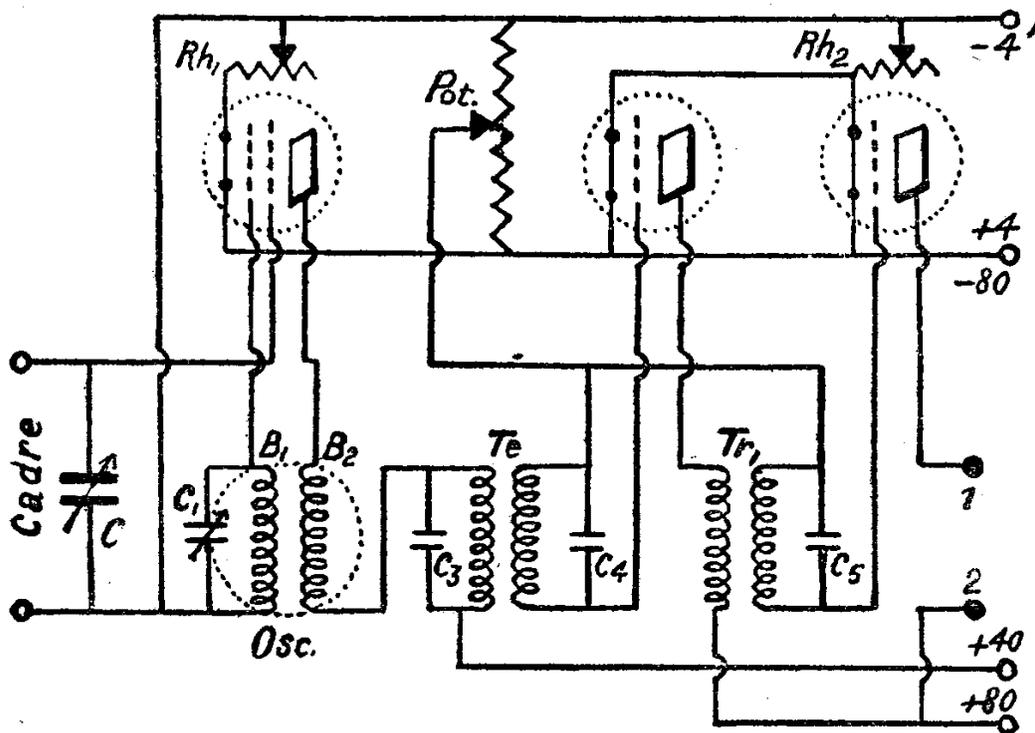


Fig. 276
Radiomodulateur bigrille.

rectement ce voltage sur la batterie de plaque, soit qu'une résistance R de 18.000 ohms abaisse au point voulu la tension initiale de 80 volts (schéma 398).

Les oscillations produites par le circuit B_1C_1 de grille intérieure augmentent ou diminuent, c'est-à-dire modulent les alternances produites par le circuit d'entrée et la grille extérieure. Il en résulte un courant moyen de plaque qui

est transmis à l'amplificateur moyenne fréquence par le Tesla d'entrée T_e .

Un rhéostat de 30 ohms donne au chauffage sa valeur optimale.

Oscillatrice Hartley. — Nous avons fait ressortir précédemment les avantages de l'oscillatrice Hartley qui se résument en ceci : possibilité de « descendre » jusqu'à 20 mètres dans la réception des petites ondes et augmentation de la stabilité de l'appareil.

La fig. 277 représente une excellente réalisation commerciale de ce montage oscillateur.

Les deux tronçons de selfs sont séparés par un condensateur de 0,5 MFD qui crée un couplage à la fois électromagnétique et électrostatique entre les enroulements de grille et de plaque. Un commutateur permet de passer des grandes ondes aux petites ondes, voire aux ondes courtes.

Ajoutons qu'on peut utilement remplacer le condensateur C_2 par un condensateur double de deux fois 0,75/1000. La constitution des transformateurs d'entrée et de moyenne fréquence sera étudiée lors des réalisations d'appareils.

Le changement de fréquence par bigrille a dû lui-même céder la place à des montages plus modernes, car il présentait des inconvénients assez sérieux imputables à la proximité de deux grilles (souffle, blocage, etc.).

On y a remédié en séparant de nouveau les fonctions de modulation et d'oscillation, qui sont dès lors remplies, soit par deux lampes distinctes, soit par une lampe multi-grille.

Nous allons examiner les montages les plus intéressants.

a) *Par deux lampes séparées.* — Nous représentons au schéma 278 le dispositif qui a été le plus couramment employé avant l'apparition des lampes à électrodes multiples. La première lampe M , qui est une lampe à écran, détecte l'onde incidente qui lui est transmise par le circuit de grille. La seconde O produit l'oscillation locale par le couplage de ses circuits de grille et de plaque *Osc*. Cette oscillation est transmise à la première lampe par la plaque, qui est reliée à la grille-écran à l'aide d'une résistance de 2.000 ohms.

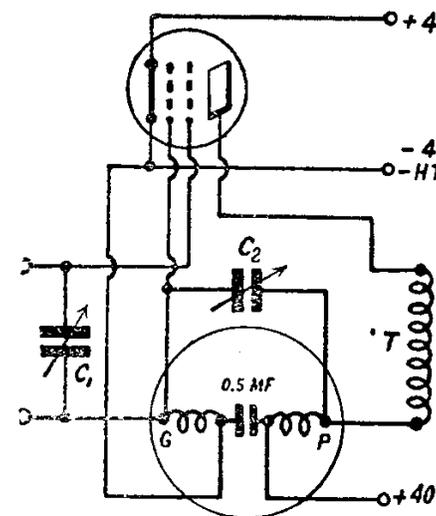


Fig. 277

Une bonne réalisation commerciale de l'oscillatrice Hartley.

Les deux ondes se trouvent ainsi superposées par les grilles de M ; il en résulte une onde de moyenne fréquence qui est recueillie par la plaque et transmise au transfo MF dont nous avons vu le rôle (le tesla étant supprimé). Le reste du récepteur n'est pas modifié.

Nous remarquons que le système d'accord est constitué par un pré-sélecteur à deux circuits accordés. Celui-ci et l'oscillateur se trouvent couramment dans le commerce et sont réunis dans le même blindage.

Les éléments du condensateur C_1, C_2, C_3 valent $0,5/1000$. Ils sont munis de trimmers. Un padding est disposé sur l'oscillateur en C_4 .

La plaque de l'oscillatrice est réunie à la grille-écran de M par une

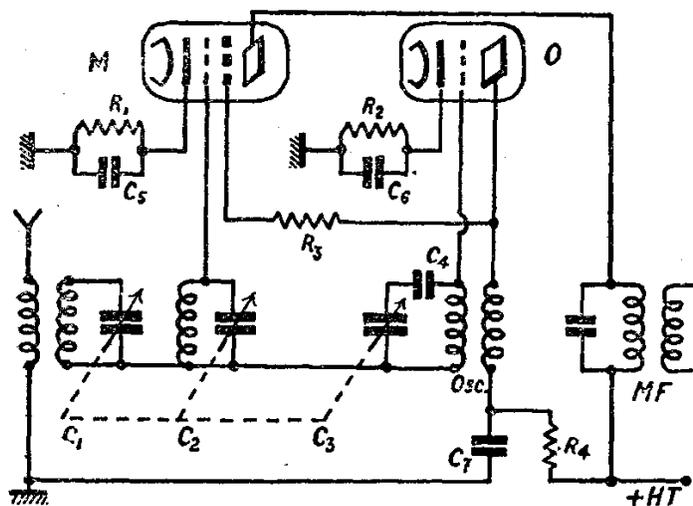


Fig. 278

Changement de fréquence par deux lampes.

résistance R_3 de 2.000 ohms, dont le but est d'éviter les blocages. Ce circuit se rend à la haute tension par la résistance R_4 de 30.000 ohms qui la ramène au voltage désirable. Le condensateur-shunt C_7 vaut 0,2 MFD.

Les résistances de polarisation R_1 et R_2 valent respectivement 1.000 et 3.000 ohms. Elles sont shuntées par les condensateurs C_5 et C_6 de 0,2 MFD.

La modulatrice doit être une lampe à écran à forte pente ou une trigrille HF. L'oscillatrice sera une lampe BF à faible résistance interne.

Variante. — Dans le montage qui précède, la lampe oscillatrice est couplée à la modulatrice par l'écran. Mais ce couplage peut être effectué par l'intermédiaire d'une autre électrode : cathode ou autre grille.

Le couplage cathodique, en particulier, est fréquemment utilisé. Il comporte une bobine intercalée dans le circuit de cathode et couplée au secondaire de l'oscillatrice. Les trois enroulements sont d'ailleurs dans le même carter et l'amateur n'a qu'à réaliser les connexions indiquées sur le boîtier.

Dans ce cas, l'écran de la modulatrice reprend sa fonction et sa tension normales.

b) Par pentode auto-oscillatrice. — Le changement de fréquence par deux lampes, s'il est recommandable au point de vue technique, ne peut être présenté comme le plus économique, puisqu'il exige un tube supplémentaire.

Aussi, les amateurs de postes à nombre d'étages réduit pourront-ils lui préférer le changement de fréquence par pentode oscillatrice-modulatrice (nouvelle trigrille HF). Ils y trouveront, en outre, un gain de sensibilité et de puissance, car cette lampe donne des résultats comparables à ceux que donneraient une HF, une oscillatrice et une modulatrice séparées. Mais son montage exige des précautions très minutieuses.

Le schéma 279 indique le dispositif qui donne les meilleurs résultats dans l'état actuel des recherches.

Le courant d'antenne est soumis à un pré-sélecteur dont D constitue le dernier élément. R_1 est une résistance de 3.000 ohms insérée dans le circuit de grille principale, indépendamment de l'ensemble R (300 ohms) C_5 (20/1000) destiné à faciliter l'accrochage de la pentode.

R_2 est la résistance de polarisation de 1.000 ohms. R_3 (2.000 ohms) est également placée dans le circuit de cathode. Cet or-

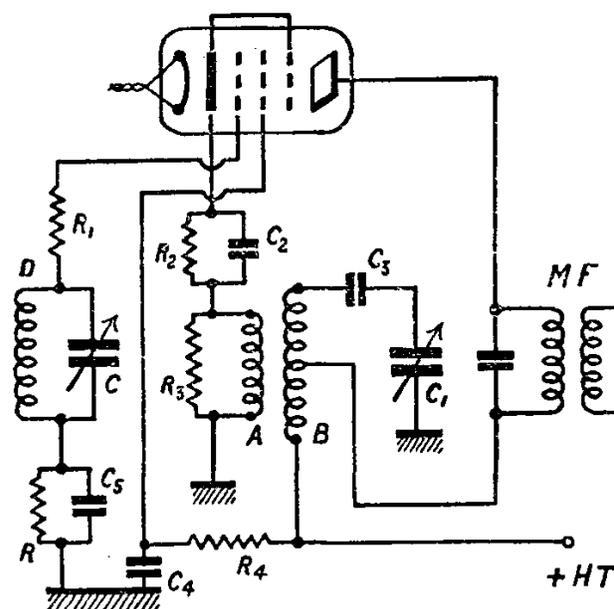


Fig. 279

Pentode montée en oscillatrice-modulatrice.

gane, ainsi que R_1 permet de descendre sans blocage jusqu'à 220 mètres.

R_4 , dont la valeur est de 30.000 ohms, donne à l'écran sa tension convenable.

La cathode et la plaque sont couplées par les selfs A et B. Le circuit de plaque est accordé ; une partie seulement de ce dernier est montée en série avec la plaque.

C et C_1 sont les condensateurs variables de $0,5/1000$ faisant partie du bloc unique ; C_2 et C_4 valent 0,1 MFD ; C_3 est un padding classique.

S'il y a blocage, la résistance R_1 pourra être portée jusqu'à 5.000 ohms et R_3 réduite à 1.000, voire même 500 ohms.

c) Par hexaode modulatrice. — L'hexaode, avons-nous dit, peut être décomposée en deux lampes : une tétraode à écran et une triode

Elle présente donc un dispositif immédiatement applicable au changement de fréquence.

Le schéma 280 présente une hexaode montée en oscillatrice-modulatrice. Le circuit d'accord A attaque la grille 1.

La tétraode, constituée par la plaque, la grille-écran 4, la grille de commande 3 et la cathode, joue le rôle d'oscillatrice par le couplage des deux circuits de grille ; l'un est relié à la masse, l'autre à la haute tension (200 volts en général).

La plaque, ainsi que la grille, sont portées à environ 120 volts par le dispositif potentiométrique R_3 et R_4 de 20.000 et 10.000 ohms. Cette grille-écran 2 empêche le retour des oscillations locales sur le circuit d'entrée.

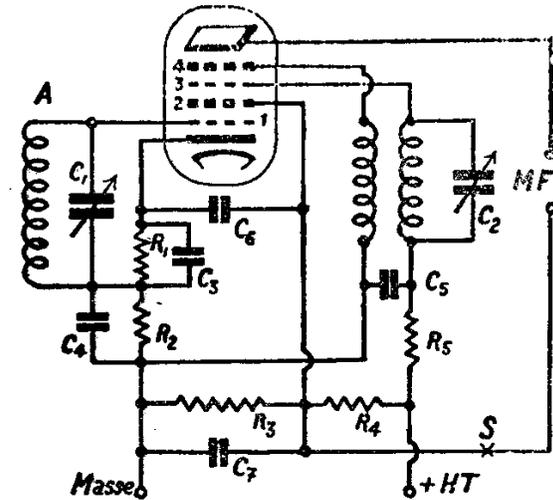


Fig. 280

Hexaode changeuse de fréquence.

Le circuit de grille 3 est découplé par la résistance R_5 de 5.000 ohms.

La résistance R_1 , de 400 ohms, polarise la grille 1, tandis que l'ensemble R_1R_2 , de 600 ohms au total, polarise la grille 4. Il va sans dire que ces valeurs peuvent changer selon la lampe utilisée, les présentes étant données pour la Rens 1224.

Les condensateurs variables C_1 et C_2 peuvent être montés en commande unique, ainsi d'ailleurs que d'autres capacités variables (HF par

exemple). C_3 et C_4 valent 0,1 MFD ; C_5 , C_6 , C_7 , 0,2 MFD. Ainsi qu'on peut s'en rendre compte, les oscillations incidentes de la tétraode supposée sont appliquées sur la grille 1 et la moyenne fréquence recueillie dans le circuit de plaque. On améliore quelquefois l'audition en plaçant une bobine de choc de 2.400 tours en S.

d) Par heptaode oscillatrice-modulatrice. — L'heptaode peut être considérée, elle aussi, comme formée de deux lampes superposées : une triode oscillatrice et une pentode modulatrice.

Nos lecteurs trouveront dans le montage JKS 6 (fig. 434) une heptaode américaine 6A7 montée en changeuse de fréquence, avec amplification HF préalable. La mise en œuvre de cette lampe est plus simple que celle de l'hexaode et la séparation des circuits plus complète.

A remarquer que la grille de commande est au 4^e rang et que les grilles 3 et 5 sont reliées à demeure dans l'ampoule.

e) Par octode. — Si l'heptaode donnait en son temps la solution idéale du changement de fréquence par une seule lampe en réalisant d'une façon complète la séparation

des circuits ondes incidentes et ondes locales, elle devait être détrônée par l'octode qui apportait dans le dispositif oscillateur modulateur un nouveau perfectionnement. Ce tube a été décrit au chapitre des lampes.

Nous donnons à la fig. 281 le schéma de montage en changeuse de fréquence du type bien connu AK2, amélioration de l'AK1.

Les oscillations de l'antenne apparaissent aux bornes de SC et commandent la quatrième grille.

Les oscillations locales sont entretenues par le couplage S_1S_2 correspondant aux grilles 1 et 2.

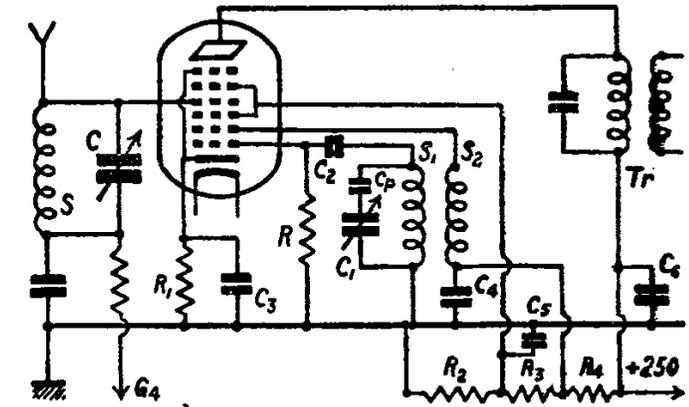


Fig. 281

Octode oscillatrice-modulatrice.

La résistance R , de 50.000 ohms assure la polarisation de la première de ces électrodes. C_2 vaut 0.1 MFD.

Les condensateurs variables C et C_1 , de 0.5/1000, sont à commande unique. La résistance de cathode R_1 , de 250 ohms, est shuntée par le condensateur C_3 , de 0.1 MFD.

Pour obtenir le maximum de rendement, on utilise trois tensions différentes : 250 volts pour l'anode, 90 volts pour la deuxième grille et 70 volts pour la troisième et la cinquième grilles. Il suffit, pour les obtenir, de monter entre la masse et le + HT les résistances R_2 , R_3 , R_4 de 12 000, 2 000 et 15 000 ohms, avec les condensateurs de fuite C_4 , C_5 , C_6 de 0.1 MFD.

Le primaire du transformateur moyenne fréquence Tr est inséré dans le circuit d'anode.

La suppression totale des capacités internes permet à cette lampe de descendre jusqu'à 7 mètres dans l'échelle des ondes très courtes. D'autre part, le « souffle » est pratiquement inexistant, grâce à l'accroissement de la résistance interne et à la valeur élevée de l'amplification de conversion.

Nous donnerons dans la seconde partie de l'ouvrage les montages les plus intéressants qui utilisent l'octode.

Perfectionnements divers

Commande de volume

Des améliorations se présentent périodiquement dans la construction des récepteurs. Nous allons passer en revue les plus intéressantes d'entre elles.

Les émissions reçues étant très variables au point de vue de la puissance, il est utile de pouvoir disposer d'un organe permettant de régler à volonté le volume du son.

Cette commande manuelle s'obtient par le déplacement du curseur d'un potentiomètre de 200 000 à 500 000 ohms monté en parallèle sur le secondaire du premier transformateur BF.

On pourrait également monter de la même manière une résistance variable de 500 000 ohms.

Plus l'enroulement traversé par les courants est important, plus faibles sont les amplitudes des potentiels appliqués à la grille suivante.

La fig. 282 représente une commande de volume par potentiomètre. D'autre part, la fig. 378 montre une résistance variable montée sur le secondaire du transformateur *Tr*.

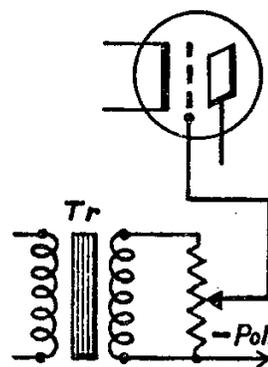


Fig. 282

Commande de volume.

Dispositifs anti-fading

Lorsque l'affaiblissement de certaines émissions est due au fading, phénomène dont nous avons expliqué les causes antérieurement, la commande manuelle n'est plus à envisager, car elle devrait être à peu près continue.

Aussi a-t-on doté les appareils modernes de dispositifs capables d'agir automatiquement sur le fading.

Emploi d'une lampe régulatrice. — La majorité de ces régulateurs utilisent l'intéressante propriété que possède la lampe à pente variable de fournir une amplification plus ou moins prononcée selon que sa polarisation est plus ou moins grande.

Cette polarisation est généralement commandée par une lampe régulatrice spéciale qui est elle-même contrôlée par la lampe détectrice. Nous donnons à la figure 283 le schéma d'un régulateur anti-fading très recommandé. Ce dispositif a été mis au point par l'excellent ingénieur M. L. Chrétien ; il est d'ailleurs sa propriété et couvert par des brevets. Celui-ci nous a aimablement autorisé à le publier.

Le récepteur comporte une HF à pente variable, une détectrice *D* qui utilise la courbure de caractéristique de plaque et une régulatrice *R*.

La résistance R_1 détermine la polarisation de la lampe HF. Elle devrait être normalement de 200 ohms ; mais on adopte une résistance de 5 à 25.000 ohms selon le cas, qui aurait pour effet de supprimer pratiquement le courant anodique, sans la présence des résistances potentiométriques R_3 et R_4 de 20.000 et 100.000 ohms branchées entre le — et le + HT.

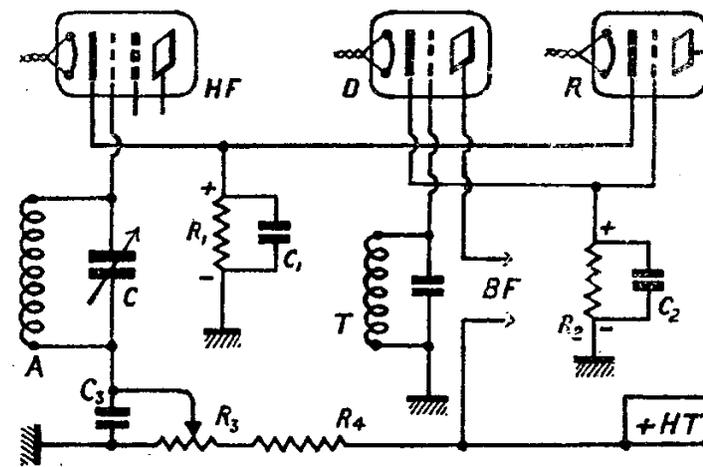


Fig. 283

Régulateur automatique anti-fading.

Ces résistances contrebalancent l'excès de polarisation de la grille et la lampe HF fonctionne avec le maximum de sensibilité. Nous nous rendons compte que R_4 est fixe et R_3 ajustable.

Dans le retour cathodique de la lampe détectrice *D* est insérée une résistance R_2 , de 25.000 ohms. La tension aux bornes de celle-ci commande la grille de la régulatrice *R*.

Si un puissant signal est recueilli par la détectrice, on constate une augmentation du courant anodique et une augmentation de tension aux bornes de R_2 . Le courant anodique de la régulatrice augmente ; ce courant se refermant sur la résistance R_1 , la tension aux bornes de celle-ci augmente. Conséquence : la polarisation de la HF augmente à son tour et la sensibilité diminue. Le puissant signal se trouve donc atténué.

Si la résistance R_3 est bien réglée, une variation insignifiante de tension de la détectrice déclenche une puissante réaction de correction, et inversement lorsque le fading ne permet une détection que de signaux très affaiblis.

La lampe régulatrice peut être une détectrice ordinaire ou une amplificatrice BF intermédiaire.

Dans le schéma ci-dessus, nous n'avons fait figurer que les connexions intéressant spécialement la régulation ; les autres organes sont utilisés selon les schémas courants. Le dispositif AC est le circuit d'accord d'antenne ; T est le secondaire du transformateur de

liaison HF (cas d'amplification directe) ou MF (cas du changeur de fréquence). L'indication BF marque l'entrée du circuit basse fréquence.

Pour être véritablement efficace, le régulateur anti-fading doit agir au moins sur deux étages d'amplification haute ou moyenne fréquence.

Régulation par binode. — Avec la lampe binode utilisée comme détectrice dans sa partie diode (filament-petite anode), il est possible de réaliser le contrôle de volume automatique sans lampe régulatrice. Il en est de même avec toutes les diodes combinées.

En se reportant à la figure 265, représentant une double diode-triode utilisée comme détectrice, nos lecteurs trouveront en pointillé les organes de régulation automatique : résistance R_4 de 1 mégohm et condensateur C_2 de 100/1000 de MFD.

Le point C est relié aux grilles de commande des lampes HF ou MF à pente variable dont la polarisation plus ou moins accentuée assure automatiquement la régulation.

Réglage silencieux

Lors de la recherche d'une émission, chaque fois qu'entre deux stations aucun signal ne parviendra à la détectrice, le dispositif anti-fading jouera son rôle, qui est de donner au récepteur le maximum de sensibilité. Or, cela signifie, dans un super : souffle, parasites, bruit de fond.

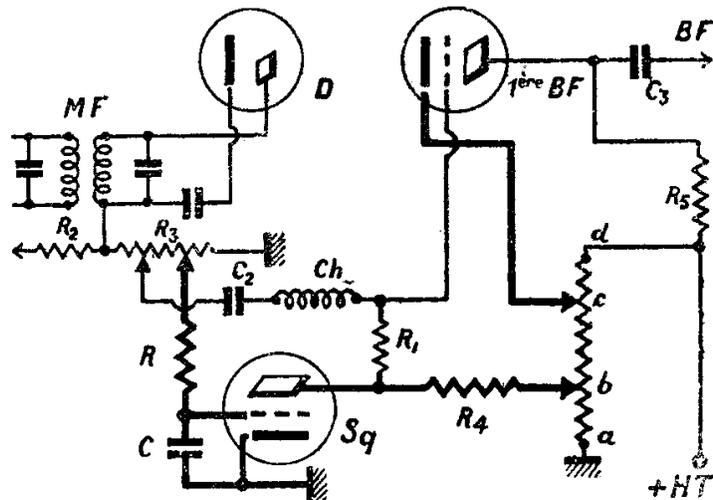


Fig. 284

Dispositif pour réglage silencieux.

Ce phénomène est très désagréable, surtout lorsqu'il s'ajoute aux sifflements stridents des accrochages.

Ici encore, on a fait appel à la technique américaine pour obvier à cet inconvénient. Un dispositif nommé *sqelch*, constitué par une

lampe supplémentaire, dite « lampe de silence », a pour rôle de polariser fortement la BF en l'absence de tout signal et de bloquer le fonctionnement du récepteur. On obtient ainsi un réglage silencieux.

La fig. 284 représente une détectrice diode, la lampe *sqelch* Sq et la première BF.

La résistance R_3 est munie de deux prises mobiles. Celle de droite permet d'appliquer à la grille Sq un potentiel continu proportionnel à la force du signal d'entrée. Un ensemble résistance-capacité RC assure le découplage du circuit.

Le courant de plaque de Sq variera donc en raison inverse de la force du signal. Si l'émission est forte, la différence de potentiel augmente sur R_3 et applique une tension négative sur la grille de Sq, donnant ainsi un courant de plaque presque nul. Il n'y a donc aucune chute de tension dans R_4 . La polarisation de la BF restant normale, selon la disposition préalable des prises b et c, l'audition reste ce qu'elle était.

Entre deux émissions, le courant de plaque de Sq augmente, provoque une chute de tension dans R_4 , surpolarise la lampe BF, ce qui a pour effet de bloquer l'amplification.

On choisira pour lampe Sq et première BF des triodes à forte pente.

Voici, à titre d'indication, les valeurs à employer ; mais celles-ci varient selon le montage. $R = 1.000$ ohms ; $R_1 = 20.000$; $R_2 = 2.000$; $R_3 = 10.000$; $R_4 = 600$; $R_5 = 100.000$. Le diviseur de tension *abcd* vaut 30.000 ohms au total.

D'autre part, $C_2 = 0,1/100$; $C = 0,5$ MFD ; C_3 , condensateur BF classique. Ch est une self de choc.

Lorsqu'on utilise une binode, celle-ci est chargée des trois fonctions : détection, régulation et *sqelch*. On connecte à la plaque la grille-écran qui n'a aucun rôle spécial à remplir.

Contrôle d'accord lumineux

Un perfectionnement très intéressant introduit dans les récepteurs modernes réside dans l'adaptation d'un contrôle visuel d'accord. Ce dispositif présente un double avantage : il permet un accord beaucoup plus précis que ne le permet l'oreille et rend l'audition plus agréable en évitant les tâtonnements.

Il existe plusieurs procédés pour réaliser cet indicateur visuel : l'emploi d'un petit milliampèremètre, dont la déviation permet à une ampoule d'éclairer un écran ; l'utilisation d'une lampe à incandescence, qui est allumée par le fait de la saturation du transformateur de chauffage, au moment de l'accord précis ; l'intervention du spot lumineux d'un tube à rayons cathodiques dont nous parlerons longuement dans le chapitre de la télévision, etc.

Mais la plupart des schémas de contrôle d'accord lumineux reposent sur l'utilisation d'un tube au néon. Cet appareil est basé sur la propriété que possède le gaz néon, à pression convenable, de pro-

duire l'illumination du tube lorsque la tension entre l'anode et la cathode atteint une certaine valeur (160 à 170 volts en général). Plus la tension est élevée, plus la zone d'illumination du tube est grande.

La figure 285 donne le schéma de principe du montage. A droite, nous distinguons le tube au néon qui contient trois fils métalliques : le plus long est la cathode C ; le fil médian est l'anode A ; le troisième E sert à stabiliser le fonctionnement du tube.

Les phénomènes envisagés sont étroitement liés à ceux que nous avons décrits dans l'antifading. Si l'intensité du signal reçu est maximum, l'antifading entre en jeu et polarise les lampes à pente variable (triodes ou multigrilles) commandées par lui. Il en résulte une diminution du courant de plaque dans ces lampes, une chute de tension dans le circuit d'alimentation, et en particulier dans

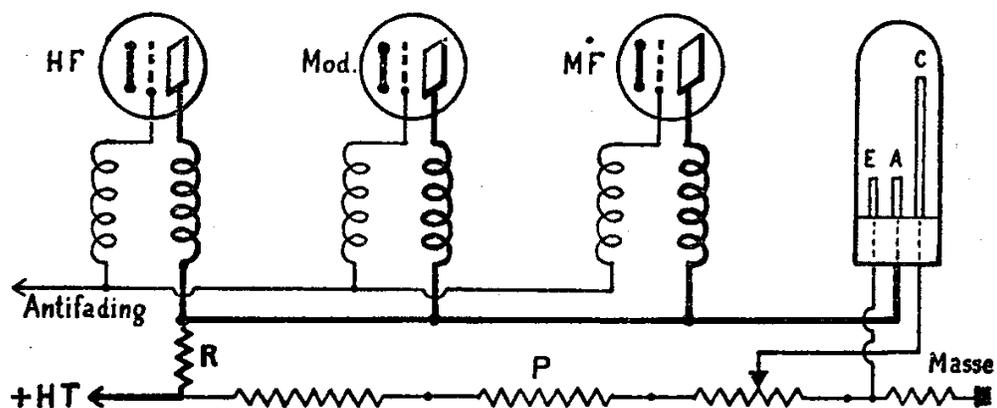


Fig 285

Schéma de principe d'un contrôle d'accord lumineux.

une résistance R, de 4 à 6 000 ohms placée en série dans la HT. La tension disponible aux plaques se trouve augmentée et cet accroissement de voltage illumine le tube et indique l'accord exact.

Si l'on dispose d'une source anodique donnant 200 ou 250 volts, on ramène la tension d'amorçage du tube à 160 volts (compte tenu de la résistance R) à l'aide d'une résistance potentiométrique de 400 000 ohms P placée entre la masse et le + HT.

Il est bon d'ajouter que les résultats ne sont intéressants qu'autant que l'antifading est efficace et parfaitement réglé.

Il existe également des tubes au néon à quatre électrodes qui sont un perfectionnement de celui que nous venons de décrire.

COMMENT CHOISIR UN APPAREIL

Les descriptions de montages intéressent principalement ceux de nos lecteurs qui se proposent de construire leur appareil. Mais il est un grand nombre d'auditeurs qui se contentent d'acheter leur poste, de l'installer et de l'utiliser dans les meilleures conditions.

C'est pour ces derniers que nous écrivons ce chapitre, afin de leur permettre de choisir en toute connaissance de cause le récepteur qui répond à leurs désirs.

En premier lieu, nous mettrons en relief les qualités que doivent posséder les appareils modernes.

Qualités d'un bon récepteur. — Pour que la réception des radio-concerts soit faite dans de bonnes conditions, il faut que le récepteur soit sélectif, sensible, musical et puissant.

La *sélectivité* permet d'entendre uniquement l'émission désirée sans qu'elle soit troublée par les émissions voisines.

La *sensibilité* donne la possibilité de recevoir convenablement les stations lointaines ou de faible puissance.

La *musicalité* est la qualité du récepteur qui reproduit les sons avec leurs timbres naturels et donne à l'audition un cachet véritablement artistique.

La *puissance* réside dans la faculté de pouvoir obtenir une grande intensité sonore. Ajoutons que ce volume de son ne doit pas être exagéré, sous peine de nuire à la pureté et d'incommoder le voisinage.

A ces qualités primordiales peuvent s'adjoindre divers perfectionnements qui agrémentent l'utilisation de l'appareil : commande unique, réglage d'intensité sonore, dispositif anti-fading, contrôle visuel, tonalité variable, etc.

Prix d'achat. — Lorsqu'on veut acquérir un appareil, la première chose à faire est de consulter son budget.

Il existe des récepteurs à tous prix ; mais il faut savoir proportionner ses exigences à ses possibilités financières.

On peut trouver des types « Baby » à 4 ou 500 francs et des postes de dimensions normales à 800 ou 1.000 francs. Entre 1.200 et 1.500 francs se placent les appareils perfec-

tionnés. Aux environs de 2.000 francs apparaissent les récepteurs de luxe, et au-dessus de 3.000, les combinés radio-phono. Si l'on ne dispose que d'une somme réduite, mieux vaut choisir un poste sérieux et durable, quoique modeste d'apparence, plutôt qu'un modèle prétentieux sans garantie.

En tout cas, il faut se méfier des « occasions », à moins qu'on ait toute garantie sur la valeur morale du revendeur. Compte tenu de cette remarque, on peut trouver de bons postes, ayant deux ou trois ans de date, pour des prix variant de 200 à 600 francs.

Modes d'alimentation. — La question du prix résolue, il faut savoir de quelle sorte de courant électrique on dispose. Le secteur peut être du 110 ou 220 volts, *continu* ou *alternatif*. Dans ce dernier cas, la fréquence est de 50 ou de 25 périodes. Disons que la plupart des agglomérations sont alimentées par du 110 volts alternatif, 50 périodes.

Il est indispensable de préciser la nature exacte du courant lors de l'achat de l'appareil.

Si l'on doit se déplacer périodiquement (vacances, villégiatures, etc.) et séjourner dans des centres qui possèdent des secteurs de caractéristiques différentes, on aura avantage à acquérir un poste « tous courants ».

Enfin, si le voltage du circuit de distribution est très irrégulier, si l'on se trouve dans une zone peuplée de parasites, ou si l'on ne dispose d'aucune canalisation électrique, on adoptera l'alimentation par piles ou accumulateurs ; trois éléments de piles au sel ammoniac ou un accumulateur de 4 volts assureront le chauffage des filaments ; une batterie de piles sèches ou un accu de 120 volts fourniront la haute tension.

Les postes-batteries sont peut-être moins pratiques que les postes-secteur, mais ils donnent généralement une audition plus pure, car ils sont à l'abri des bruits parasites véhiculés par les canalisations électriques.

Présentation extérieure. — « L'habit ne fait pas le moine », dit-on fréquemment. Aussi, il serait absurde de juger un poste d'après son ébénisterie. Celle-ci a néanmoins une certaine importance.

Les appareils « miniature » et les « cigar-box » (boîtes à cigares) américains sont d'un prix peu élevé et de dimensions réduites ; mais ils ne sont pas à conseiller (sinon pour le voyage), car les organes sont simplifiés, serrés les uns contre les autres et soumis à la chaleur des lampes. De plus, l'ébénisterie, qui doit former caisse de résonance du haut-parleur, ne peut remplir que très imparfaitement son rôle.

Il est donc préférable d'adopter un appareil de dimensions normales, qui est moins sujet aux pannes et donne des résultats musicaux bien supérieurs.

Nombre de lampes. — Lorsqu'on ne disposait que des lampes classiques à trois électrodes on pouvait affirmer que la sensibilité du poste était proportionnelle au nombre de lampes. Et nous avons pu dire, dans nos précédentes éditions que, pour entendre une station parisienne, un amateur de la capitale pouvait se contenter de 1 ou 2 lampes, un Lorrain, devait en ajouter une troisième, un Lyonnais une quatrième, un Marseillais une cinquième, etc.

Il n'en est plus de même avec les lampes modernes dont les fonctions sont très diverses et le pouvoir amplificateur infiniment variable.

Néanmoins il subsiste un semblant de parallélisme entre le nombre des lampes et la sensibilité de l'appareil : on peut donc dire *à priori* que plus ce nombre est important plus on pourra recevoir de stations et plus facilement on pourra capter les émissions faibles ou éloignées.

Au moment de l'achat, il faut donc savoir exactement ce que l'on veut entendre. Si, par exemple, on se trouve près d'un poste émetteur et que l'on désire capter seulement cette émission, un récepteur de quelques centaines de francs à une ou deux lampes suffira amplement.

Dans le cas contraire, on a le choix entre les appareils à 3, 4, 5, 6, 7, 8 lampes et plus. Notons cependant que certaines lampes, auxquelles on demande un rôle spécial, ne comptent pas dans l'amplification (valve de redressement, antifading, réglage silencieux, accord visuel, etc.).

Un appareil muni de 4 ou 5 lampes modernes (plus la valve) est de nature à donner pleine satisfaction dans la plu-

part des cas. Voici, par exemple, une excellente formule : présélecteur, octode, pentode MF, détection antifading par diode ou duo-diode et deux BF.

Systèmes de réception. — Il existe deux catégories bien distinctes d'appareils de réception : les superhétérodynes ou changeurs de fréquence qui transforment l'onde reçue, ainsi qu'on l'a vu dans un chapitre précédent, et les appareils à amplification directe qui utilisent l'onde sans modification. Les premiers sont essentiellement sensibles et sélectifs, et les seconds très musicaux.

Postes « toutes ondes ». — On sait que les émissions sont classées par longueurs d'ondes. La plupart des récepteurs commerciaux sont établis pour recevoir la gamme des petites ondes, de 200 à 1.000 mètres, et celle des grandes ondes, de 1.000 à 2.000 mètres.

Il existe cependant des stations d'émission (poste colonial, Vatican) qui utilisent des longueurs d'onde plus réduites (15 à 100 mètres). Les récepteurs « toutes ondes » permettent de recevoir ces émissions en même temps que le broadcasting courant ; mais les bobinages additionnels qu'ils comportent en élèvent le prix. Cette question doit également être envisagée au moment de l'achat.

Cas particuliers. — La plupart du temps, l'amateur des campagnes n'est pas astreint aux mêmes exigences que le citadin. Il peut ériger une bonne antenne extérieure et obtenir ainsi un accroissement de puissance qui lui permet de réduire le nombre des lampes du poste. Il n'est gêné par aucun émetteur local, et peut se contenter d'un appareil à sélectivité moyenne. Un récepteur simplifié, donnant une bonne pureté d'audition, peut donc lui suffire, s'il veut limiter la dépense.

Dans les villes, au contraire, le sans-filiste a rarement la possibilité de construire une antenne extérieure. D'autre part, s'il habite un centre pourvu d'un poste émetteur, il doit pouvoir éliminer à volonté cette station locale, afin d'entendre les autres émissions. Ici, un récepteur très sélectif, avec présélecteur ou étage HF, par exemple, est donc nécessaire.

Essai du poste

Il est toujours prudent de s'adresser à une bonne marque ayant un représentant sérieux dans la localité qu'on habite. Cet agent donne généralement une garantie de bon fonctionnement durant un certain délai ; en outre, sa présence facilite, le cas échéant, les réparations sérieuses et les remplacements de pièces.

On examine, au magasin, les différents modèles exposés pour juger des qualités extérieures de ceux-ci : présentation ébénisterie, disposition des organes, boutons de commande, forme du cadran, repérage des émissions, etc. Ce premier examen permet d'éliminer les modèles qui paraissent défectueux ou peu pratiques.

Ensuite, il faut exiger un essai à *domicile*, afin de se rendre compte sur place des qualités particulières de l'appareil choisi. La plupart des revendeurs se prêtent facilement à cette formalité.

Il est bon de placer le poste à l'endroit exact où il doit être installé, car le rendement est souvent très différent d'une pièce à l'autre.

L'essai devra être assez long, étant donné que les conditions de réception varient avec le jour et l'heure. Ainsi, une audition pourra être excellente un dimanche, quand les moteurs et appareils électriques du voisinage sont à l'arrêt, et devenir mauvaise les jours ouvrables.

L'écoute d'une station lointaine ou faible renseignera utilement sur l'importance des bruits parasites (crépitements, crachements) dus à une forte amplification.

L'appareil pourra être considéré comme sélectif si, le soir, après 20 heures, il donne chaque station distinctement et ne fait pas entendre deux émissions à la fois.

Pour juger de sa sensibilité, on essaiera de recevoir avec une antenne très réduite ou sur simple prise de terre.

L'oreille renseigne rapidement sur sa musicalité et sur les qualités de reproduction acoustique. Les « bruits de fond » doivent être inexistantes ou peu sensibles.

Quant à la puissance sonore, elle doit pouvoir être réglée par un organe spécial très progressif, afin d'être mise facilement en harmonie avec les dimensions de la pièce.

Installation et réglage

Il n'est besoin d'aucune connaissance spéciale pour placer un récepteur dans un appartement et le mettre en état de fonctionner. Généralement on choisit comme emplacement un angle de la pièce, à quelque distance des auditeurs.

L'antenne et éventuellement la prise de terre ayant été bien établies, il suffit de relier l'appareil à une prise de courant que l'on aura fait disposer à sa proximité.

Pour chercher une station, mettre le contacteur sur P.O. ou G.O., selon le cas, amener l'aiguille du cadran sur la division correspondant à cette émission et tourner le bouton de « renforcement » jusqu'à ce que l'audition atteigne une intensité convenable.

La grande joie des débutants est de tourner constamment les boutons et de faire défiler les stations sans s'attarder sur aucune d'elles. Ce sport, peu attrayant pour les invités, n'a heureusement qu'une durée limitée.

Un autre écueil à éviter est l'exagération de la puissance, qui entraîne un cortège de vibrations parasites : une sage limite dans l'intensité sonore donne des résultats musicaux beaucoup plus esthétiques.

Les délicieux orchestres que nous offre la nature ne nous donnent-ils pas cet exemple de modération ?



CINQUIÈME PARTIE

La Télévision

Ce mot « télévision » réveille chez tout sans-filiste ce frisson d'enthousiasme qui s'est emparé de lui voilà cinq, dix ou quinze ans — selon la précocité de son inclination — lors de son premier contact avec les ondes magiques de l'éther.

Depuis longtemps la vision à distance hante les humains. Mains inventeurs ont proposé, au cours de ce siècle, des procédés plus ou moins ingénieux, mais techniquement irréalisables. Les humoristes, à leur tour, se sont emparés de l'idée pour faire de la télévision future une sorte de science fantasmagorique, capable de matérialiser la pensée et de percer les murailles.

De récentes découvertes ont démontré que cette nouvelle application des ondes radioélectriques ne procède ni de l'utopie, ni de l'irréel. Est-ce à dire que la période des recherches est terminée ? Certes, non ; mais on peut affirmer que la télévision est enfin sortie du laboratoire pour aborder le domaine expérimental et s'acheminer vers le stade industriel.

Afin d'en exposer clairement le mécanisme, nous allons rappeler en quelques mots le procédé de transmission des images, sur lequel repose la vision à distance.

ANALYSE DES IMAGES FIXES

Si nous regardons à la loupe une illustration de notre journal, nous voyons que chaque photographie apparaît sous forme d'une trame plus ou moins serrée, composée de points noirs et de points blancs d'une valeur variable.

Chaque document représente, pour ainsi dire, un minuscule damier aux innombrables cases.

Cette division des images ou des scènes en « points » et en « lignes » constitue la base même de la télévision. Le problème consiste à transmettre à distance chacun de ces points avec son intensité réelle et de reconstituer l'ensemble à la réception.

Examinons une image simplifiée, par exemple le T que représente la fig. 292. Cette lettre est formée d'une agglomération de points noirs se détachant sur fond blanc.

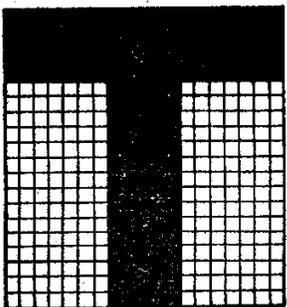


Fig. 292
Image à transmettre

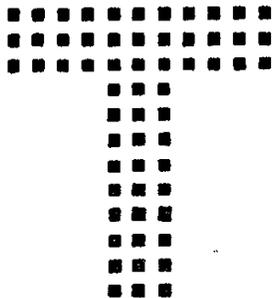


Fig. 293
Epreuve grossière

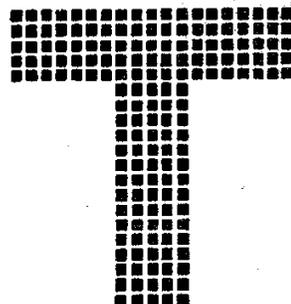


Fig. 294
Trame plus serrée

Quel est le nombre de ces points ? Il peut être infiniment variable, selon la qualité de reproduction que l'on désire obtenir. Plus ils sont nombreux, et par conséquent rapprochés, plus l'épreuve reproduit fidèlement l'originale.

On s'en rend parfaitement compte en photogravure : les épreuves à trame serrée, tirées sur papier glacé, sont beaucoup plus modelées que les photos à larges trames des papiers ordinaires.

Ainsi, la reproduction de la fig. 293, qui comporte onze points à la ligne et un nombre total de 12 lignes, est certainement moins précise que celle de la fig. 294 qui compte dix-neuf points par ligne et dans laquelle le nombre des lignes d'exploration est porté à vingt. Nous reviendrons ultérieurement sur cette question.

ANALYSE DES SUJETS ANIMÉS

Depuis de longues années, les techniciens ont proposé un grand nombre de systèmes analyseurs permettant la transmission à distance des sujets et des scènes mobiles.

Mais la télévision ne reçut une base vraiment solide qu'après l'invention de la cellule photoélectrique. Voici, en quelques mots, la technique de cet organe.

Cellule photoélectrique. — La cellule la plus couramment employée est composée d'une ampoule C dans laquelle on a fait le vide et introduit un gaz rare (argon, hélium, etc.). Celle-ci possède une anode A et une cathode K,

L'anode métallique est placée au centre de l'ampoule.

La cathode, ou pôle négatif, est constituée par une mince couche de métal alcalin (potassium, sélénium) disposée sur une portion intérieure de l'ampoule. La partie opposée possède une « fenêtre » transparente par laquelle peut entrer le faisceau lumineux.

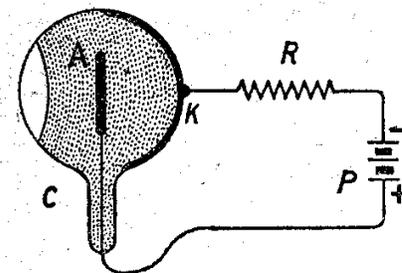


Fig. 295.

Cellule photoélectrique
et schéma d'utilisation.

La fig. 295 donne le schéma d'utilisation de cet organe. La cathode est reliée au négatif de la pile P par la résistance d'utilisation R, et l'anode, au pôle positif, comme les plaques des lampes de T.S.F.

Dans l'obscurité, la résistance interne de la cellule est très grande. Mais, si un rayon lumineux éclaire la cathode, un flux d'électrons bombarde l'anode ; cette résistance diminue et un courant s'établit dans le circuit extérieur : ce courant est d'autant plus fort que la cathode est plus éclairée.

La cellule photoélectrique permet donc de transformer les variations d'intensité lumineuse en variations d'intensité électrique, les secondes étant la copie fidèle des premières. Elle constitue par cela même un véritable « œil électrique ».

ANALYSE GLOBALE. — Munis de ce merveilleux organe, les chercheurs eurent l'idée de placer l'image à reproduire devant un tableau dans lequel sont disposées, comme les cases des mots croisés, une multitude de cellules photoélectriques, et, d'autre part, de relier par autant de fils lesdites cellules à un tableau récepteur constitué par un même nombre d'ampoules électriques minuscules, placées côte à côte.

Chaque point de l'image à transmettre possède donc sa cellule à l'émission, et son ampoule à la réception. Le courant de chaque cellule étant proportionnel à l'éclairement du point correspondant, les ampoules de réception sont plus ou moins illuminées, selon les intensités de l'image et celle-ci se trouve reproduite dans toutes ses tonalités. Nous donnons un aperçu de cette mosaïque lumineuse à la fig. 296, mais avec cette différence que nous ne pouvons représenter ici que les blancs et les noirs purs, à l'exclusion de toute teinte intermédiaire.

Ce procédé, qui porte le nom de « télévision globale », tendait, en somme, à copier la vision oculaire, puisque notre œil, grâce aux innombrables cellules de la rétine, aperçoit en même temps tous les points de l'image examinée.

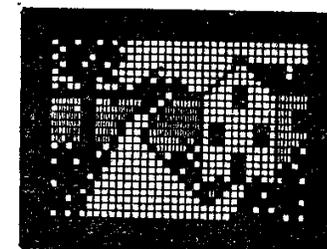


Fig. 296

Aspect d'un tableau.

Mais un tel système amènerait des complications insurmontables, car pour obtenir une finesse de trame suffisante, il faudrait disposer de 50 000 cellules photoélectriques, de 50 000 câbles de liaison et de 50 000 ampoules réceptrices, pour transmettre des scènes courantes. Il n'a pu être retenu.

ANALYSE PAR ÉLÉMENTS. — On a donc résolu d'adopter la méthode d'exploration point par point.

Disque de Nipkow. — L'invention de Paul Nipkow, en 1884, apporta une intéressante contribution à la solution de ce problème. L'auteur eut l'idée d'observer l'image à travers un trou qui se déplaçait devant celle-ci.

Il utilisa, à cet effet, un disque circulaire D, pouvant tourner autour de son axe, et percé d'un certain nombre de trous disposés en spirale (Pour la lisibilité de la gravure, nous avons réduit le nombre de ceux-ci).

Voici comment on opère. Soit I l'image ou la scène à explorer. L'écartement vertical du premier (a) et du dernier trous (z) est calculé de telle sorte qu'il représente un peu moins de la hauteur de l'image (fig. 297).

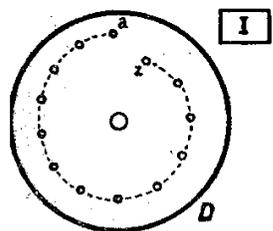


Fig. 297
Disque de Nipkow

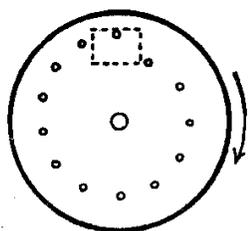


Fig. 298
Utilisation



Fig. 299
Lignes d'exploration.

En plaçant l'image par rapport au disque, comme l'indique la fig. 298, et en faisant tourner celui-ci, le premier trou (a) explore tous les points de la partie supérieure de l'image, selon une ligne à peu près horizontale. Dès que ce trou atteint l'extrémité droite de l'image, le trou suivant aborde la partie gauche, et, comme il est un peu déporté par rapport au premier, il explore une seconde ligne placée à quelques fractions de millimètre au-dessous de la première.

Lorsque le dernier trou (z) a « balayé » l'image, celle-ci se trouve complètement explorée par un certain nombre de lignes jointives et la perforation « a » se retrouve en présence d'une autre image, ou d'une attitude différente du sujet.

En résumé, ce procédé est le même que celui qui nous permet de lire une page quelconque d'un livre. L'œil suit la première ligne, de lettre en lettre, en notant la signification de chacune d'elles ; puis il revient en arrière pour lire de la même façon la ligne suivante, et ainsi de suite jusqu'à la fin de la page. Ces mouvements

successifs sont schématisés par la fig. 299, dans laquelle nous avons exagéré volontairement l'écartement des lignes.

Ici encore, le sujet se présente comme une mosaïque d'autant plus serrée que le nombre de lignes est plus grand, c'est-à-dire que l'exploration est plus parfaite.

Mécanisme de l'analyse. — Connaissant maintenant les éléments essentiels de l'exploration des images et des sujets, le problème de l'émission et de la traduction électrique nous apparaîtra bien simplifié.

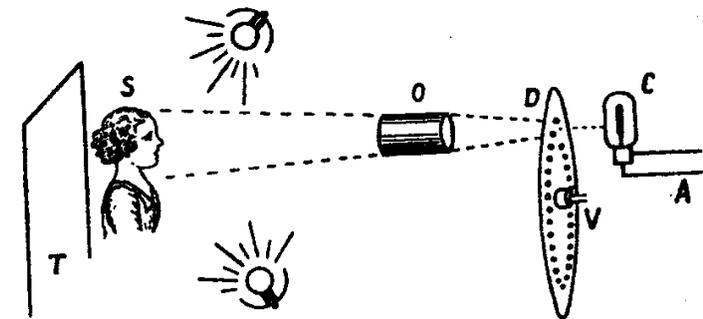


Fig. 300

Analyse d'un sujet par vision directe.

Prenons le cas d'une transmission par vision directe. Le sujet S est placé en face d'un écran blanc T qui reçoit un éclairage violent. Un objectif O en reproduit une image sur le disque D qui tourne autour de son axe V. Par suite de la disposition des trous, chaque élément de cette image est successivement projeté sur la cellule C, qui transmet à l'amplificateur A une multitude de courants électriques d'intensité variable, c'est-à-dire puissants pour les points blancs et plus ou moins faibles pour les points sombres.

Dans le cas de transmission d'images cinématographiques, les trous du disque sont concentriques, autrement dit à la même distance du centre, et le film se déplace d'une façon continue et régulière devant l'objectif. La vitesse de rotation du disque est choisie, de telle façon que le film n'avance que de la largeur d'une ligne pendant le temps nécessaire à la succession de deux trous.

Ajoutons que le procédé d'analyse par disque de Nipkow, moyen essentiellement mécanique, ne peut être utilisé que pour les analyses à 30 ou 60 lignes. Au delà, la luminosité, et par suite le rendement, sont nettement insuffisants. Aussi, a-t-on mis au point une variante du tube cathodique (dont nous parlons plus loin) appliquée à l'émission. Ce système, totalement dépourvu d'inertie, permet des analyses allant jusqu'à 500 lignes.

TRANSMISSION A DISTANCE

Les images et les scènes télévisées se transmettent selon les mêmes méthodes que les concerts radiophoniques. Une onde porteuse, constituée par un courant alternatif à haute fréquence est fournie par le poste émetteur. Cette onde est modulée par les variations d'intensité électrique issues de la cellule photoélectrique, comme elle l'est, en radio, par les variations du courant microphonique provenant de l'auditorium.

Mais ici s'arrête la similitude, car les conditions de transmission ne sont pas les mêmes, ainsi qu'on va le voir.

Longueur d'onde. — Les récepteurs de T.S.F. sont généralement construits avec une sélectivité de 4,5 kilocycles ou 4500 périodes pour chacune des bandes latérales de modulation, ce qui signifie que le courant microphonique varie au plus 4500 fois par seconde dans ses limites extrêmes. Cette fréquence maxima couvre $4500 \times 2 = 9000$ périodes, soit 9 kilocycles.

Il n'en est plus de même en télévision.

Pour la clarté de cette explication, examinons ce qui se passe dans la transmission des images animées (télécinéma).

On sait que, dans le cinématographe, ce ne sont pas des « images animées » proprement dites qui passent devant l'objectif, mais une succession d'images « fixes » légèrement différentes les unes des autres.

L'illusion de la continuité est obtenue grâce à une imperfection de l'œil. Cet organe présente, en effet, une inertie que l'on nomme « persistance rétinienne », ce qui signifie que l'impression laissée par une image sur la rétine ne disparaît pas immédiatement ; elle persiste pendant un dixième de seconde environ après le départ de l'image. Si donc dix images, représentant les différentes parties d'un mouvement, se succèdent devant l'œil en moins d'une seconde, la rétine les relie entre elles et donne l'impression d'un mouvement continu.

Dans le cinéma muet, on porte le nombre des images à seize par seconde, afin d'obtenir une projection dépourvue de scintillement. La reproduction sonore des films parlants exige un défilé de 25 images pendant le même temps.

En télévision, il faut également transmettre 25 images par seconde pour obtenir la continuité du mouvement ; mais, alors que, dans le cinéma, chaque image est projetée en entier, ici la transmission se fait point par point. Comme une image à haute définition représente environ 40.000 points, c'est donc, en résumé, 1.000.000 de points qui devront défilé devant l'objectif en l'espace d'une seconde, ce qui correspond à une modulation de 1.000.000 de périodes-seconde, soit 1.000 kilocycles.

Il résulte de ces constatations : 1° qu'il est impossible de recevoir

la télévision avec les appareils ordinaires de radiophonie beaucoup trop sélectifs ; 2° que les émissions de télévision ne peuvent se faire que sur ondes courtes et très courtes.

En grandes ondes, en effet, un tel émetteur à haute définition (180 lignes) tiendrait la place de 90 stations de radiophonie. En petites ondes, de 100 à 500 mètres, on pourrait loger seulement trois stations de télévision. Entre 10 et 100 mètres, il y aurait de la place pour une trentaine de stations.

C'est au-dessous de 10 mètres seulement que l'émetteur de télévision ne présente plus de gêne excessive pour les autres postes. En fait, le service des P.T.T. a choisi l'onde de 8 mètres pour ses premières retransmissions, après quelques essais à basse définition (60 lignes) sur 180 mètres.

Champ. — Cette question de longueur d'onde résolue, une autre difficulté apparaît, découlant de la première. On sait que les ondes très courtes se comportent un peu comme la lumière et qu'on ne peut envisager de liaison certaine qu'entre deux points visibles l'un pour l'autre, c'est-à-dire éloignés de 50 à 100 kilomètres, selon l'élévation de l'antenne au-dessus du sol. Les obstacles interposés absorbent peu à peu les oscillations transmises par l'aérien.

Il faudrait donc envisager un grand nombre d'émetteurs régionaux permettant de desservir toutes les parties de la France.

Mais l'avenir nous tranquilliserà sans doute sur ce point, car ce principe de visibilité optique n'est pas d'une rigoureuse exactitude et un certain nombre de cas ont montré que la transmission à longue distance n'est pas impossible.

Synchronisation. — Il est bien évident que la plus grande régularité doit présider à l'analyse et à la transmission des images ou des scènes, car le moindre « décalage » donnerait un brouillage à la réception.

Si l'on utilise film et disque, on obtient un synchronisme convenable en utilisant le même moteur ou des moteurs synchrones pour leur entraînement simultané.

D'autre part, le mécanisme de réception doit être en parfaite concordance de temps avec l'émetteur, car les mêmes brouillages seraient à craindre. Un retard ou une avance de quelques millièmes de seconde, représentant la transmission de quelques points, suffit pour troubler la réception.

Afin d'assurer cette parfaite synchronisation, on incorpore dans la modulation même, à l'émission, un signal dénommé « top » qui produit une variation brusque dans le circuit de la cellule et marque la fin de la ligne. Un autre signal de synchronisation est émis à la fin de chaque image.

Grâce à ces « tops » réguliers, si une ligne ou une image commence trop tôt à la réception, la tension de synchronisation corrige la déviation et remet les signaux à l'heure exacte. Ainsi se trouve assuré le rythme de la reconstitution.

LA RÉCEPTION

Le problème de la réception d'une image ou d'une scène télévisée consiste à reconstituer dans leur ordre, et avec leur valeur lumineuse exacte, tous les points explorés au poste d'émission.

Comme pour la radiophonie, il faut d'abord amplifier les courants alternatifs recueillis par l'antenne (avec changement de fréquence éventuel), les détecter afin d'en extraire la modulation, amplifier de nouveau en basse fréquence et reconstituer l'image par la transformation du courant ondulé issu du récepteur en un flux lumineux traduisant fidèlement toutes les variations d'intensité électrique.

En résumé, le poste de réception comprend un récepteur et un organe produisant un faisceau lumineux modulé.

LE RÉCEPTEUR. — Le poste lui-même diffère sensiblement des récepteurs de radiophonie. Ainsi que nous l'avons dit, sa sélectivité n'est plus de 8 ou 9 kilocycles, mais de 100 à 1000, selon la finesse de l'exploration.

Il faut également un montage approprié à la réception des ondes très courtes. Il est courant d'utiliser une modulatrice octode changeuse de fréquence, une détectrice diode permettant d'obtenir une démodulation linéaire, et éventuellement plusieurs lampes jouant le rôle de basse fréquence avec liaison par résistance-capacité.

Le circuit plaque de la dernière lampe donne un courant variable qui, au lieu d'être transformé en ondes sonores par un haut-parleur, comme dans les appareils de radio, est traduit en un faisceau lumineux par un dispositif spécial.

Les détails de construction du poste récepteur seront donnés dans la partie pratique (tome II de l'ouvrage).

Reconstitution de l'image. — De même qu'il existe plusieurs méthodes d'analyse du sujet à l'émission, de même plusieurs procédés sont à notre disposition pour traduire le courant électrique en « courant-lumière ».

Afin de ne pas délayer cette présentation, nous ne citerons que pour mémoire la *lampe au néon* dont la lueur variable, examinée à travers un disque spirale, donne une reproduction assez fidèle de l'image émise ; la *cellule de Kerr*, sorte de condensateur à deux électrodes qui laisse passer plus ou moins de lumière selon la tension qui est appliquée à ces dernières ; le *système Baird*, comprenant une roue garnie de miroirs diversement inclinés qui projettent le faisceau lumineux modulé sur un écran.

Ces méthodes sont relativement simples et d'un prix de revient peu élevé ; mais elles présentent l'inconvénient fondamental d'utiliser des organes matériels, doués d'inertie et incapables de rem-

plir leur rôle au-dessus d'une certaine fréquence (30 à 60 lignes par image, par exemple).

L'Oscillographe cathodique

Pour permettre la télévision à haute définition (180 à 240 lignes), il fallait mettre au point des systèmes non mécaniques, pouvant être asservis aux plus hautes fréquences des ondes radioélectriques. Les recherches ont abouti à la construction d'un tube spécial appelé « oscillographe cathodique ».

Description. — Cet appareil est une ampoule de verre de 30 à 50 cm. de longueur, formée d'une partie cylindrique assez étroite qui se prolonge en s'évasant pour se terminer par un écran fluorescent E sur lequel se formeront les images (fig. 301).

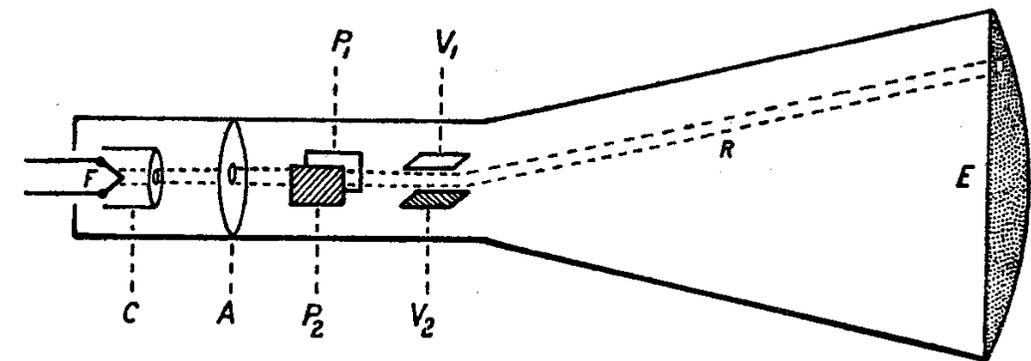


Fig. 301

Tube récepteur à rayons cathodiques.

Le tube contient un assez grand nombre d'éléments dont nous définirons le rôle : un filament F chauffant une cathode qui émet des électrons ; un cylindre C placé autour et en avant de la cathode ; une ou plusieurs anodes A portées à des potentiels très élevés et percées d'un trou au centre, enfin deux jeux de plaques P_1P_2 et V_1V_2 .

Fonctionnement. — Les électrons de la cathode sont violemment attirés par la plaque A. La plupart de ceux-ci sont arrêtés par cette électrode et constituent le courant anodique, comme dans une lampe de T.S.F. Mais un certain nombre passent par l'ouverture et atteignent le fond du tube E.

La ruée électronique vers la plaque est assez diffuse et tend à l'éparpillement, comme les plombs d'un fusil de chasse ; la tache produite sur l'écran fluorescent est assez large et de contours indéfinis. Afin d'obtenir un faisceau lumineux concentré et une tache réduite, mais plus intense, on entoure le filament d'un cylindre,

dit de Wehnelt, polarisé négativement : les électrons étant eux-mêmes négatifs sont repoussés vers le centre et prennent la forme d'un mince filet. Des anodes secondaires, disposées avant l'anode principale A, jouent le rôle de lentilles et complètent l'action du cylindre. On parvient ainsi à obtenir sur l'écran E une tache lumineuse relativement vive, appelée « spot ».

Si le tube ne comportait que ces éléments, les électrons parcourraient leur trajectoire en ligne droite et le spot occuperait un point fixe au centre de l'écran. Pour reconstituer l'image d'émission, il faut trouver le moyen de promener cette tache sur l'écran, afin de décrire les lignes successives d'analyse : c'est le rôle des jeux de plaques P_1P_2 et V_1V_2 , que l'on appelle plaques de déviation.

Ces couples sont placés perpendiculairement ; des différences de potentiel leur sont appliquées. Si, par exemple, V_1 devient positive et V_2 négative, le faisceau lumineux est attiré vers la première, en vertu de l'affinité de deux électricités de noms contraires, et le spot se déplace vers le haut, comme l'indique la gravure. Si la différence de potentiel est alternative, les plaques sont tour à tour positives et le spot trace une ligne verticale sur E.

Le couple P_1P_2 agit de même, mais dans le sens horizontal. L'ensemble des quatre plaques de déviation permet donc de déplacer le spot sur toute la surface de l'écran. En appliquant à chacune d'elles les pulsations convenables, le faisceau électronique sera conduit par une double loi et viendra frapper l'écran suivant des lignes successives, avec un retour entre chaque ligne et un retour en fin d'image, pour revenir à la première ligne.

Le tube étant allumé, on applique le courant modulé du récepteur au cylindre de Wehnelt : le faisceau lumineux s'élargit plus ou moins ; le nombre des électrons qui touchent l'écran varie à chaque instant suivant la densité de ce faisceau, c'est-à-dire selon la modulation, et ces milliers de points juxtaposés, par suite de la persistance rétinienne, nous donnent l'illusion d'images complètes et de scènes animées.

Alimentation. — L'alimentation d'un oscillographe cathodique est assurée par le secteur, selon le procédé courant, à l'aide d'un transformateur et d'une self de filtrage. Un enroulement du secondaire fournit le chauffage du filament. Pour simplifier le schéma, nous n'avons représenté que le diviseur potentiométrique de sortie (— + HT) de la haute tension.

Ainsi qu'on peut s'en rendre compte sur la fig. 302, le cylindre de Wehnelt W, qui joue le rôle de grille de commande (et qui est représenté sous cette forme) est polarisé négativement (0 à — 200 volts) par le potentiomètre R_1 , par rapport à la cathode C. Ce cylindre reçoit en même temps la modulation du poste récepteur par la prise m et agit directement sur la luminosité du spot.

La première anode A_1 , qui joue le rôle d'organe de concentration, est portée à une tension positive moins importante (4 à 500 volts par exemple) que celle de l'anode principale A_2 , qui peut atteindre plusieurs milliers de volts.

Balayage. — Pour déplacer régulièrement le spot, il faut qu'une tension continue croissante soit appliquée à un groupe de plaques de déviation, puis supprimé brusquement en fin de ligne, et ceci un grand nombre de fois par seconde.

On utilise, à cet effet, un montage dit « générateur de balayage » (L) basé sur la charge progressive et la décharge brusque d'un

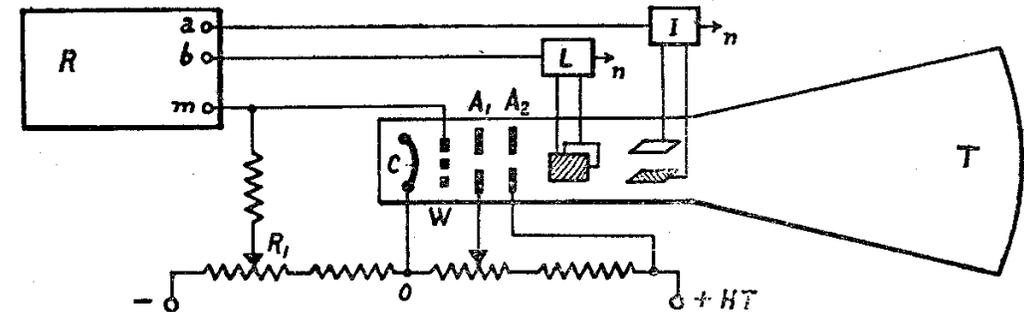


Fig. 302

Alimentation de l'oscillographe cathodique.

condensateur à travers une lampe thyatron, triode à atmosphère gazeuse qui s'illumine pour une tension plaque et une polarisation de grille données. Lorsque le condensateur est chargé à une certaine valeur, la lampe s'éclaire et il se produit une décharge instantanée ; puis le phénomène recommence.

Un dispositif semblable (I) assure le retour du spot à la fin de chaque image. Les tensions anodiques convenables sont fournies par les circuits n .

D'autre part, les « tops » de synchronisation parviennent à ces oscillateurs par les bornes a et b du récepteur et assurent le rythme régulier de la reconstitution.

*
**

Nous ferons une étude détaillée de tous ces organes dans la partie pratique de l'ouvrage.

Nous avons exposé, dans cette première partie de l'ouvrage, les principes généraux sur lesquels reposent les montages radioélectriques. Il nous reste maintenant à aborder la partie pratique : tel est le but du tome II de cette publication.

Ce serait une erreur de croire que ce second volume est uniquement réservé aux amateurs-constructeurs. Certes, ces derniers trouveront un champ merveilleux d'investigation parmi les 250 schémas, plans de câblage et gravures qui se succèdent dans une progression méthodique, et ils connaîtront la joie de pouvoir construire économiquement tous les appareils de 1 à 10 lampes, depuis le récepteur primitif à galène jusqu'au poste secteur le plus perfectionné, sans oublier le poste « Auto », qui permet d'écouter les radioconcerts au cours des randonnées particulières ou familiales, et le récepteur de Télévision dont l'attrait décuple celui de la radio. Mais là n'est pas sa seule raison d'être.

Les possesseurs d'appareils seront heureux d'y découvrir le schéma de leur poste et de pouvoir en tirer le maximum de rendement. Ceux dont la réception est troublée pourront enfin goûter une audition pure, grâce à l'installation d'une antenne antiparasite.

Les professeurs, conférenciers, entrepreneurs de spectacles y trouveront à leur adresse un ensemble d'amplificateurs permettant de donner une puissance remarquable à la parole et à la musique.

Un chapitre spécial sur l'émission met à la portée des amateurs la possibilité d'entrer en communication directe, par la voie des ondes, avec leurs parents et amis.

Enfin, une étude très détaillée sur le dépannage donne à tous les sans-filistes le moyen de contrôler le fonctionnement d'un récepteur, de localiser les pannes et d'éviter ainsi que les douces joies de la radio soient assombries par le souci périodique des réparations.

Ce second volume intitulé « Les meilleurs postes », est en vente dans toutes les librairies et aux Editions H. Denis à Verdun (Meuse). Prix 12 fr. (franco 13 fr.). — Etranger fco 15 fr. — Chèques postaux : Nancy 214.17.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
Introduction	3
I. — Généralités	7
Comparaison des ondes liquides, sonores, caloriques, lumineuses, chimiques. — Emission des ondes électriques. — Rôle du microphone. — L'auditorium. — Champ d'une émission. — Longueur d'onde. — Fréquence. — Transmission et réception. — Appareils d'accord. — Détection. — Réception acoustique.	
La lampe audion : filament, plaque, grille. — Rôle des électrons. — Les trois circuits. — Principales fonctions	
COMPLÉMENTS TECHNIQUES	50
<i>Le courant électrique.</i> — Ses caractéristiques : tension, intensité, résistance; loi d'Ohm. — Ses effets : lumineux, magnétiques, chimiques, calorifiques; loi de Joule. — Sa production : piles, accumulateurs.	
<i>Magnétisme.</i>	61
Les aimants naturels. — Electromagnétisme. — Induction électromagnétique. — Loi de Lenz. — Self-induction. — Applications.	
<i>Courant alternatif</i>	66
Caractéristiques. — Production : alternateurs. — Transformation. — Propriétés : charge et décharge d'un condensateur; circuits oscillants; sélectivité; courants de haute fréquence.	
<i>T.S.F.</i>	80
Emission, propagation et réception des ondes. — Etude des lampes; les courbes caractéristiques. — Fonctions amplificatrice, détectrice et oscillatrice.	
II. — Organes de réception	109
Antenne extérieure. — Antenne intérieure. — Cadre. — Bobines d'induction. — Selfs diverses. — Condensateurs fixes et condensateurs variables. — Dispositifs d'accord. — Commande unique. — Transformateurs. — Appareils de mesure. — Lampes micros, bigrilles, trigrilles, hexaodes, heptaodes, octodes, américaines, transcontinentales. — Rhéostats. — Résistances. — Potentiomètres. — Cristaux détecteurs. — Ecouteurs. — Haut-parleurs. — Isolants.	

	Pages
III. — Sources d'électricité	159
<i>Piles et Accumulateurs.</i> — Principe. — Utilisation. — Entretien — Charge des accumulateurs. — Indices de fin de charge. — Charge sur continu et sur alternatif. — Le redressement : redresseurs à lampes monoplaques et biplaques ; soupapes ; redresseurs à oxydes.	
<i>Secteur.</i>	173
Alimentation par courant continu : tension de plaque ; chauffage — Alimentation par courant alternatif : haute et basse tension — Calcul des résistances. — Alimentation totale : tableau redresseur fournissant toutes les tensions.	
IV. — Montage fondamentaux	191
I. — <i>Méthodes d'amplification</i> : par transformateurs, par résistances. — Amplification en haute fréquence ; accrochages ; neutrodynage. — Amplification en basse fréquence.	
II. — <i>Procédés de détection</i> : détecteurs à galène ; redresseurs au cuivre-oxyde (Westectors) ; diodes, binodes ; doubles diodes-triodes. — La détectrice à réaction.	
III. — <i>Montages oscillateurs.</i> — a) A l'émission : émetteurs divers ; commande par quartz ; — b) A la réception : hétérodyne ; changeurs de fréquence (par bigrille, par pentode, par hexaode, par octode).	
PERFECTIONNEMENTS DIVERS	232
Dispositifs anti-fading. — Réglage silencieux. — Contrôle d'accord lumineux.	
COMMENT CHOISIR UN APPAREIL	237
Qualités d'un bon récepteur. — Modes d'alimentation. — Nombre de lampes. — Types d'appareils. — Essais préliminaires. Installation et réglage.	
V. — La Télévision	243
Les éléments d'une image. — Procédés d'exploration d'un sujet. — Le disque de Nipkow. — La synchronisation. — Transmission à distance. — La cellule photoélectrique. — Nécessité de l'utilisation des ondes courtes.	
Dispositifs de réception. — Le récepteur proprement dit. — Reconstitution visuelle : procédés mécaniques ; l'oscillographe cathodique (ses organes, son alimentation, son fonctionnement) ; le balayage ; la synchronisation.	