H. DENIS

Membre de la Société Française d'Etudes de T. S. F.

la TÉLÉVISION pratique

Edition Générale

L'œil humain. — L'« œil » électrique
La transmission des Images
Exposé attrayant de la Télévision
Construction des Appareils

VERDUN
Editions Henri DENIS, 7, rue Saint-Maur

Voir en première page.

LA TÉLÉVISION PRATIQUE

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

LA TÉLÉVISION PRATIQUE

ADRESSER LES COMMANDES :

Éditions H. DENIS, 7, rue Saint-Maur — VERDUN (Meuse)
Prix : 15 frs — Fco : 16 fr. 50 — Chèq. post. NANCY 214.17
Recommandé : 17 fr. 50 — Etranger, Fco 18 fr. 50 ; recommandé : 21 fr.

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 Delachaux et Niestlé S. A.
Neuchâtel

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

DU MÊME AUTEUR :

LA T.S.F. A LA PORTÉE DE TOUS

Tome I. — *Le Mystère des Ondes.*

Exposé complet de la Radio. — Organes d'un poste de réception. — Alimentation : accus, secteur. — Choix d'un appareil commercial.

Tome II. — *Les Meilleurs postes.*

Construction d'appareils. — Montages classiques et modernes. — Poste auto. — L'art de dépanner un récepteur. — L'antenne antiparasite.

Demander la notice.

INTRODUCTION

Le 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 les temps les plus reculés, la vision à distance hante les humains. Nombre d'inventeurs ont proposé jadis 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.

Mais les savants et chercheurs modernes, dont l'énergie créatrice a produit tant de merveilles au cours de ces cinquante dernières années, ont pu démontrer que la télévision ne procède ni de l'utopie ni du charlatanisme.

Et il eût paru véritablement illogique qu'au siècle du plein épanouissement de l'esprit humain dans le domaine scientifique, il ne fût apporté aucune contribution à cette sœur cadette de la radiophonie.

Est-ce à dire que la période des recherches est close ? Certes non. Si la transmission des images fixes et des photographies, qui marque une première étape dans la solution du problème envisagé, a atteint un degré de perfection incontestable, la télévision proprement dite vient à peine de sortir du laboratoire pour aborder le domaine expérimental.

A vrai dire, la vision à distance existe depuis longtemps. Les jumelles et les lunettes ne nous permettent-elles pas d'explorer les lointains horizons, et les gigantesques télescopes des observatoires, de pénétrer les secrets des astres les plus éloignés ?

Mais la curiosité humaine est insatiable. Et les savants s'obstinent à vouloir mettre sous nos yeux des personnes, des paysages, des scènes situés dans les régions les plus éloignées du globe.

Cela est chose infiniment ardue, car les ondes lumineuses manquent totalement de souplesse. On sait, en effet, qu'elles ne peuvent se propager qu'en ligne droite, et les milliers d'obstacles qui hérissent la surface de la terre — indépendamment de la rotondité même de celle-ci — forment autant d'écrans qui rendent ces sujets « invisibles » pour nous.

D'autre part, ces ondes diminuent d'intensité à mesure qu'elles s'éloignent de la source émettrice, et elles deviennent complètement inefficaces à une certaine distance. Or, on n'a pu trouver jusqu'alors le moyen de les amplifier. De prime abord, le problème paraît donc insoluble.

Et il le fut, en effet, jusqu'au moment où une invention, relativement récente, permit de l'envisager sous un autre angle.

En radio, pour transmettre au loin les ondes sonores, on s'est vu dans l'obligation de les transformer en ondes électriques qui, elles, sont instantanément transmissibles, par fil ou sans fil, à tous les points du globe et se jouent des écrans les plus opaques.

Pourquoi n'agirait-on pas de même avec les rayons lumineux ? Il suffirait, à l'arrivée, de rendre aux courants électriques aériens les caractéristiques d' « ondes lumineuses ».

C'est dans cette voie que se sont engagés les techniciens, après la mise au point d'un petit organe nommé « cellule photo-électrique » (dont nous parlerons au chapitre II) qui leur a permis d'obtenir des résultats rapides et substantiels.

En écrivant ce premier ouvrage, nous n'avons donc pas l'ambition de donner une solution définitive de ce problème passionnant, mais d'exposer d'une façon claire et méthodique les principes sur lesquels repose la vision à distance, afin de permettre à nos amis lecteurs de bénéficier sans délai des prochaines découvertes de la science.

H. D.

PREMIÈRE PARTIE

UN TÉLÉVISEUR DE VIEILLE DATE

L'Œil Humain

On se représente volontiers les appareils récepteurs de « télévision » comme de minuscules cinémas parlants que d'habiles monteurs ont réussi à loger tout entiers dans des ébénisteries analogues à celles des postes de T.S.F. déjà existants.

Cette conception de la vision à distance est erronée à tous points de vue, car celle-ci met en jeu des phénomènes beaucoup plus complexes que la projection des films sonores.

Toutefois cette complexité ne doit pas décourager les amateurs familiarisés avec les appareils de radio, car, d'une part, les récepteurs « sons » ne diffèrent en aucune façon des postes de T.S.F. classiques, et, d'autre part, la partie « vision » utilise des organes presque identiques et repose sur une technique fort peu différente.

L'essentiel est de procéder méthodiquement, par étapes successives, et de ne faire un nouveau bond qu'après s'être bien assimilé les notions antérieures.

Le but de cet ouvrage est de seconder nos lecteurs dans cette voie.

Nous conserverons, dans l'étude des phénomènes mis en jeu, ce caractère de simplicité qui a tant contribué au succès de nos éditions de T.S.F., en concrétisant, chaque fois que cela nous sera possible, les notions exposées.

La première analogie qui nous vient à l'esprit, en commençant ce chapitre, est celle des transmetteurs d'images, en général, et de l'œil humain, en particulier, organe de vision par excellence, qui contient en miniature un véritable dispositif téléviseur.

Nous allons donc faire une description sommaire de ce petit globe délicat et, si nos lecteurs veulent bien nous suivre dans cette étude, ils se trouveront en possession d'un premier bagage, qui leur permettra d'aborder avec profit les procédés de transmission des images fixes et la télévision proprement dite.

L'œil est une véritable petite chambre noire comportant tous les organes de la chambre photographique.

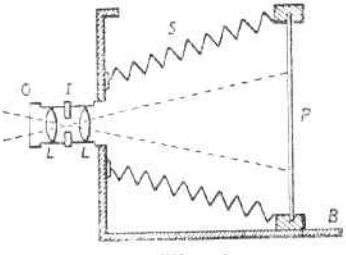


Fig. 1

Chambre noire de photographe.

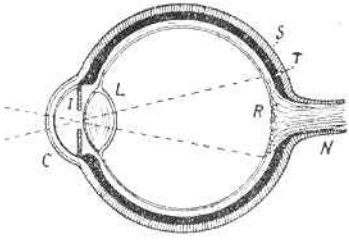


Fig. 2

Coupe de l'œil humain.

Examinons le schéma de cette dernière, représenté à la fig. 1 et rendons-nous compte de son fonctionnement.

Nous distinguons un objectif O, composé de plusieurs lentilles L, et d'un diaphragme I, permettant de réduire à volonté l'intensité lumineuse des rayons admis dans la chambre noire S. L'image du sujet photographié (personne, paysage, monument, etc.), se forme sur la plaque P.

Cette plaque est généralement une feuille de verre recouverte d'une pellicule de gélatine à laquelle on a incorporé du bromure d'argent.

Chaque rayon provenant du sujet extérieur frappe une de ces parcelles et décompose plus ou moins la substance chimique, selon son intensité lumineuse.

La pose est infiniment variable et dépend de multiples facteurs : elle peut aller du 1/1000 de seconde à une minute et au delà.

Après l'opération, la plaque est « développée » dans une chambre obscure. Un bain révélateur fait apparaître une image constituée par de petites parcelles d'argent métallique, provenant de la réduction des grains de bromure sous l'influence de la lumière.

Ces parcelles sont infiniment ténues et le « grain » de la plaque est imperceptible à l'œil nu : la photographie donne l'impression d'une image parfaitement modelée et sans solutions de continuité.

Description de l'oeil

Portons maintenant notre attention sur la coupe de l'œil humain, représentée à la fig. 2. Nous allons retrouver, comme dans l'appareil photographique, une chambre noire avec pellicule impressionnable et un dispositif optique permettant la formation et la mise au point de l'image.

L'œil a la forme approximative d'une grosse bille. Il est revêtu extérieurement d'une membrane fibreuse et résistante, la *sclérotique* S, qui devient transparente en avant pour former la cornée C, par où entrent les rayons lumineux.

Une seconde membrane T, appelée *choroïde*, épouse les contours de la première. Elle est riche en pigments noirs et transforme l'intérieur de l'œil en chambre obscure.

La choroïde est tapissée intérieurement, sur la partie arrière, par une dernière membrane, la rétine R, qui n'est autre que l'épanouissement du nerf optique N, organe de liaison avec le cerveau. En avant, elle forme une sorte de diaphragme, l'iris I, qui se dilate ou se contracte pour laisser pénétrer plus ou moins de rayons lumineux, selon les besoins de la perception visuelle. Cette partie est bien visible sur tous les sujets : c'est elle qui donne à l'œil sa couleur caractéristique. L'ouverture centrale se nomme pupille.

Derrière l'iris, nous voyons une lentille biconvexe, le *cristallin* L, véritable objectif qui fait converger les rayons lumineux vers la rétine, où se forme une image réduite des

objets extérieurs. Le cristallin peut modifier instantanément ses courbures, afin de permetttre la convergence des rayons vers la rétine, quelle que soit la distance de l'objet fixé par l'œil. On dit qu'il permet l'accommodation, mise au point qui ne peut être obtenue, dans la chambre photographique à soufflet, qu'en reculant ou en avançant la plaque sensible sur la planchette B.

La rétine. — L'importance de la rétine nous incite à lui réserver un développement supplémentaire, car non seulement cette membrane joue un rôle capital dans les phénomènes de vision, mais l'examen de sa structure sera pour nous une préparation directe à l'étude des émetteurs et récepteurs d'images.

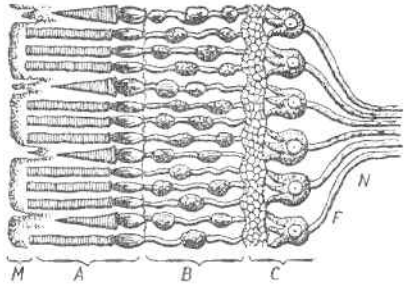


Fig. 3

Structure de la rétine humaine.

M, membrane externe. — A, cellules visuelles. — B, cellules pigmentaires. — C, cellules nerveuses. — F, fibres nerveuses. — N, nerf optique.

La rétine est constituée par une multitude de cellules protégées par une membrane M. Les cellules de la partie avant (celle qui est tournée vers la lumière) sont en forme de cônes ou de bâtonnets (A). En arrière, les prolongements de ces embryons s'articulent avec une seconde couche de cellules (B) qui leur fournissent un pigment rouge, le « pourpre rétinien », dont nous dirons le rôle ultérieurement.

Enfin ces cellules pigmentées sont elles-mêmes en étroites relations avec les éléments d'une troisième couche (C), cellules nerveuses typiques, dont les prolongements s'en vont comme fibres (F) du nerf optique (N) vers les couches

profondes du cerveau, où se trouvent les centres visuels. Le nerf optique est ainsi constitué par un faisceau d'environ 500.000 fibres nerveuses contenues dans une gaine protectrice.

La fig. 3 représente ces différents éléments, mais considérablement grossis, puisque l'épaisseur réelle de la rétine, de M à F, est de 2 à 3 dixièmes de millimètre.

Maladies de l'œil. — En terminant cette partie descriptive, nous ajouterons que les différentes parties de l'œil peuvent être le siège de maladies susceptibles de menacer plus au moins la vue.

Indépendamment des troubles qui peuvent atteindre la cornée ou l'iris, sous l'influence de corps étrangers, de chocs, ou simplement d'un mauvais état de santé, des affections souvent fort graves entraînent un mauvais fonctionnement du cristallin ou de la rétine.

Le premier, avons-nous dit, joue le même rôle qu'un objectif d'appareil photographique : c'est de lui que dépend la netteté de l'image formée sur la rétine. Il doit rester transparent. Si, pour une raison quelconque, il devient opaque, l'effet produit est le même que celui d'une buée déposée sur une lentille : le malade a un brouillard devant les yeux et la vision devient de plus en plus mauvaise. C'est la cataracte.

Quant à la rétine, elle peut se décoller et présente alors l'aspect d'une plaque photographique dont la pellicule de gélatine aurait quitté le support de verre. On conçoit que les objets apparaissent de plus en plus déformés et qu'un traitement médical ou une opération chirurgicale devienne tôt ou tard nécessaire.

L'œil des animaux. — Chez tous les vertébrés, l'œil a une structure analogue à celle que nous venons de décrire. Mais chez certains autres animaux, il est privé de cristallin et formé, dans la plupart des cas, par l'agglomération d'un grand nombre d'yeux élémentaires.

Chez les insectes, et surtout chez les crustacés, le nerf optique est divisé en une multitude de filets qui se terminent chacun par un œil minuscule. L'organe de la vue est donc multiple, chaque facette — de forme hexagonale — constituant un œil particulier.

Mécanisme de la vision

Rendons-nous compte maintenant de la formation des images sur la rétine et de la création des impressions de « lumière » et de « couleur ».

Les rayons lumineux traversent la cornée C (fig. 2 et 4), et sont triés par l'iris I, dont la pupille est plus ou moins grande, selon la luminosité du milieu dans lequel on se trouve. Puis ils sont convergés par le cristallin L vers la rétine R, où se forme l'image réduite des objets fixés par l'œil.

Il résulte donc de ce mécanisme que chaque rayon parti d'un point extérieur quelconque, vient atteindre un endroit précis ou plus exactement une cellule déterminée de la réline.

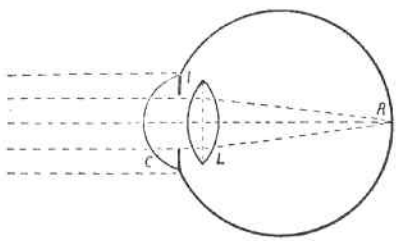


Fig. 4

Marche des rayons lumineux.

Ainsi — nous demandons à nos lecteurs de bien retenir ce point capital — l'image du sujet examiné, si continue et uniforme fût-elle, est subdivisée sur la rétine en autant d'éléments que celle-ci compte de cellules réceptrices.

Le rayon lumineux détruit le pourpre rétinien, au niveau des cônes et des bâtonnets et, grâce à cette réaction chimique, l'énergie reçue est transmissible aux cellules nerveuses et aux centres cérébraux.

On ne possède malheureusement aucunes données précises sur le travail extraordinaire de transformation que permet ce pigment sans lequel nous ne pourrions enregistrer ni lumière ni couleur. On a pu établir toutefois que les impressions lumineuses détruisent le pourpre des cônes et les impressions colorées, celui des bâtonnets.

La vision est donc liée aux mouvements du pigment rétinien.

A partir de la troisième couche de cellules, il n'y a plus qu'un influx nerveux, comparable à un courant électrique, qui agit finalement sur les cellules cérébrales des centres de vision.

Rôle du cerveau. — Jusqu'alors il n'y a que transmission de vibrations de longueurs d'ondes déterminées. Seul le cerveau nous donnera les sensations de lumière et de couleur.

Comment s'effectue cette création d'impressions sensorielles ? Ici encore aucune réponse précise ne peut être donnée. Il est probable que ce travail n'est pas bien différent de celui qui conditionne la construction de la pensée, car celle-ci ne naît pas plus directement dans le cerveau que la lumière n'y surgit spontanément.

On peut donc présumer, d'une façon générale, que les cellules réceptrices de nos divers organes transforment les vibrations reçues en excitants nerveux, sous l'influence desquels le cerveau assure les perceptions sensorielles, les fonctions extérieures, la commande des mouvements et la construction de la pensée, en un mot, crée la vie extériorisée des sens et de l'esprit.

Pour exécuter ce formidable travail d'élaboration, la totalité de l'écorce cervicale dispose de 14 milliards de cellules nerveuses ; les 500.000 cellules visuelles de chaque nerf optique n'en constituent donc qu'une infime partie. L'imagination peut à peine concevoir cet immense réseau de fibres et de cellules dont la complexité même explique pourquoi un cerveau n'est jamais identique à un autre, bien que l'un et l'autre soient bâtis sur le même plan et avec les mêmes matériaux.

Vision binoculaire. — Le fonctionnement des deux yeux est naturellement analogue ; mais il serait erroné de croire qu'un seul de ces organes pourrait donner les mêmes impressions que la vision conjuguée des globes oculaires.

Les images d'un même objet ne sont pas identiques, en effet, sur chaque rétine : on peut s'en rendre compte en examinant alternativement avec chaque œil un objet suffisamment rapproché. Le cerveau fait la superposition et cette vision binoculaire nous donne l'impression de formes, de position et de distance.

Cette sensation est retrouvée artificiellement dans la stéréoscopie : deux photographies du sujet sont prises par un appareil à deux objectifs ayant l'écartement normal des yeux. Les épreuves sont placées côte à côte dans

le stéréoscope et disposées de telle sorte que chaque œil ne voit que son image ; la vision confondue donne la sensation du relief.

Persistance rétinienne. — Dans les phénomènes de vision, il est un point qui doit tout particulièrement retenir notre attention : la persistance rétinienne, car c'est grâce à celle-ci que le cinéma et la télévision sont devenus possibles.

L'expérience montre que l'image d'un objet sur la rétine ne disparaît pas en même temps que cet objet ; l'impression persiste environ 1/10 de seconde après le départ de celui-ci, ou de la source excitatrice en général.

On sait que la projection cinématographique est due à la succession rapide de nombreuses images *fixes* sur l'écran. La première de ces images est encore gravée sur la rétine quand la seconde vient s'y projeter, et ainsi de suite : les différentes vues s'enchevêtrent les unes dans les autres et donnent l'impression d'une image unique animée.

C'est encore la « paresse » rétinienne qui donne l'illusion de voir un cercle de feu, lorsqu'on fait décrire à une braise ardente un rapide mouvement circulaire. Nous reviendrons ultérieurement sur ce phénomène capital.

Où interviennent les longueurs d'onde

Nous pourrions limiter ce premier chapitre aux descriptions qui précèdent. Mais nous savons qu'un grand nombre de nos lecteurs sont curieux — ce qui n'est pas un défaut, en la circonstance — et qu'ils ne manqueront pas de se demander quelles relations il existe entre les rayons lumineux et les vibrations correspondantes de l'éther.

C'est pour les satisfaire que nous ajoutons ce hors-texte.

Si l'on se reporte au tableau général des ondes connues, figurant au premier chapitre de notre ouvrage de T.S.F., on trouve une première série de vibrations transmises par l'air ; ce sont les ondes sonores, qui se décomposent ainsi : sons ultra-graves (3 à 16 vibrations par seconde), sons perceptibles par l'oreille (16 à 20.000) et sons suraigus (20.000 à 30.000).

Viennent ensuite des vibrations de plus en plus rapides, dont le milieu vibratile n'est plus l'air, mais l'éther, fluide impondérable qui pénètre tous les espaces et tous les corps. Nous trouvons, au bas de l'échelle, les ondes radioélectriques, dont le nombre de

vibrations par seconde s'étend de 30.000 (ondes longues de 10.000 mètres) à 300.000.000 (ondes ultra-courtes de 1 mètre de longueur).

Lorsque la fréquence des vibrations transmises par l'éther atteint 1 trillon (1.000.000.000.000) par seconde, elles ne se manifestent plus sous forme d'ondes radioélectriques, mais décèlent leur présence par une augmentation de température : ce sont les rayons calorifiques, désignés sous le nom d'infra-rouges, ces rayons sont invisibles pour nous et il a fallu imaginer, pour en mesurer les effets, un instrument spécial, le thermomètre, qui « détecte » à sa manière les ondes calorifiques, comme la galène et la valve détectent les ondes radioélectriques. Cette gamme s'étend de 1 à 375 trillions.

Si la vitesse d'ébranlement de l'éther augmente encore, notre rétine commence à s'intéresser à cette valse endiablée des ondes et, lorsque la fréquence de 450 trillions est atteinte, ses cellules sont impressionnées et le nerf optique transmet une excitation que notre cerveau traduit sous le nom de « rouge ».

Quelques dizaines de trillions de plus dans le rythme des ondes reçues, et nous avons la sensation de l' « orangé ». A 550 trillions, les bâtonnets de la rétine provoquent la vision colorée correspondant au jaune, etc.

Voici d'ailleurs, sous forme de tableau, la liste des couleurs du spectre solaire, avec indication de la fréquence par seconde (chiffres arrondis) et de la longueur des ondes correspondantes, en millimètre :

Rouge : 450 trillions ($0^{mm},00070$)
Orangé : 500 trillions ($0^{mm},00060$)
Jaune : 550 trillions ($0^{mm},00054$)
Vert : 600 trillions ($0^{mm},00050$)
Bleu : 650 trillions ($0^{mm},00046$)
Indigo : 700 trillions ($0^{mm},00043$)
Violet : 750 trillions ($0^{mm},00040$)

Comment obtient-on la longueur de chacune de ces ondes ? Rien n'est plus simple. Les ondes lumineuses, comme les ondes radioélectriques, parcourent 300.000.000 de mètres par seconde. Nous voyons, sur le tableau précédent, que le vert, par exemple, correspond à 600 trillions de vibrations pendant ce même temps. Chaque vibration (ou chaque onde) mesurera donc :
300.000.000 : 600.000. 000.000 = 0 mètre 000.000.50 ou $0^{mm},00050$

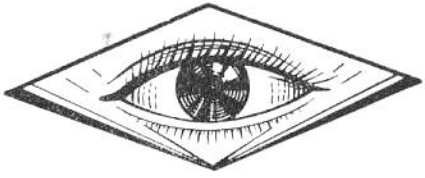
La danse éthérée ne s'arrête pas en si beau chemin : les rayons ultra-violets produisent, en effet, 1 à 20 quatrillions de vibrations de l'éther, entre deux oscillations consécutives du pendule de notre horloge. Mais, à ce moment, l'œil n'enregistre plus rien et ces rayons restent ignorés par nous.

Les rayons X, qui viennent ensuite (250 quatrillions à 60 quintillions) et dont les effets sont cependant si puissants, restent également obscurs pour la rétine humaine. Et il en sera de même pour les autres gammes d'oscillations plus rapides : rayons V du radium (100 quintillions), rayons cosmiques provenant, croit-on, de la voie lactée, etc.

Ainsi donc, le nerf optique n'est excitable que par les vibrations de l'éther comprises entre 450 et 750 trillions par seconde ; quant aux autres vibrations elles ne sont pas recueillies par lui. Pour nous, elles n'existent pas, puisqu'elles ne donnent naissance à aucune impression sensorielle.

Il nous faudrait donc des milliers d'autres organes spécialisés — véritables antennes réceptrices — pour capter toutes les vibrations qui nous environnent et dont le tableau précédent ne donne qu'une infime partie. Or, nous ne disposons pour tout bagage que cinq sens, capables d'enregistrer les cinq catégories d'ondes les plus indispensables à la vie.

Cette constatation nous oblige à reconnaître, ainsi que nous le disions autre part, 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.



DEUXIÈME PARTIE

Pour la vision à distance

Un " œil " auxiliaire

LA CELLULE PHOTO-ÉLECTRIQUE

C'est peut-être parce que l'homme dispose d'un nombre de sens très limité qu'il a toujours exigé de ceux qu'il possède un maximum de rendement. En ce qui concerne la vue, son idéal a été constamment de voir toujours « mieux » et plus « loin ».

Malheureusement l'œil n'est pas exempt d'imperfections ; de plus, sa portée est relativement faible : il ne perçoit pas les objets petits et éloignés. Pour suppléer à cette insuffisance d'acuité visuelle, on a imaginé des systèmes oculaires de plus ou moins grande puissance : jumelles, lunettes, télescopes, etc.

Nous savons, d'autre part, que les rayons lumineux ont la prétention de ne se propager qu'en ligne droite ; de sorte que les milliers d'obstacles qui hérissent la surface de la terre, et la rotondité même de celle-ci, nous imposent des horizons très limités. On doit donc s'élever très haut dans les airs pour jouir d'un champ de vision suffisamment étendu.

Mais chacun de nous ne possède les moyens ni d'acheter un télescope géant, ni de se faire construire une tour-observatoire. Les rayons lumineux sont véritablement bien peu domesticables !

Ah ! que ne peuvent-ils avoir la souplesse et la « malléabilité » des ondes électromagnétiques qui, elles, se jouent des murs, des obstacles... et de la distance, puisqu'elles gagnent en un instant les points les plus éloignés du globe !

Si l'on pouvait seulement transformer la lumière en courant électrique et lui prêter ainsi tous les avantages de ce dernier !

Eh bien ! ce désir est maintenant réalisé et un petit organe, nommé cellule photo-électrique (du grec « photo » qui signifie « lumière »), a la propriété de produire un courant électrique dont l'intensité est parfaitement calquée sur celle des rayons lumineux à transmettre.

Il faut reconnaître que l'électricité est vraiment bonne fille. Après être venue au secours des ondes sonores qui se trouvent essoufflées à quelques centaines de mètres du point d'émission, et leur avoir permis de franchir les plus longues distances pour aboutir à nos postes de radio, la voilà qui se prête à une nouvelle transmutation : elle met ses merveilleuses facultés de transmission au service des trop rigides rayons lumineux.

Gloire à l'incomparable fée Electricité !

L'Effet photo-électrique. — La cellule photo-électrique, dont l'utilisation est si courante de nos jours, constitue certainement l'une des plus curieuses créations de la physique moderne : exposée à la lumière, elle donne naissance à un courant électrique dont l'intensité reste proportionnelle à celle des rayons lumineux agissants.

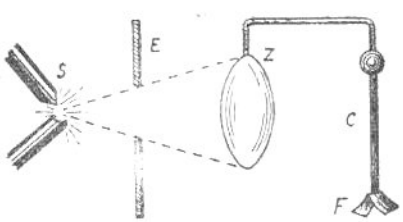


Fig. 5.
Expérience de Hallwachs.

Les premières expériences sur l'effet photo-électrique sont dues à Hertz et remontent à 1887. Elles furent continuées l'année suivante par l'un de ses collaborateurs Hallwachs.

Ce physicien chargea négativement un disque de zinc Z et fit communiquer ce dernier à un appareil électrique

nommé électroscope C dont l'écartement des feuilles inférieures F, généralement en or, révèle la charge du disque.

Ensuite, il éclaira violemment celui-ci à l'aide d'une source électrique S, dont les rayons étaient canalisés par l'écran E : les feuilles F se rapprochèrent, indiquant que le disque avait perdu sa charge.

La même expérience, renouvelée avec une charge positive ne donna aucun résultat.

Par la suite, d'autres physiciens, Elster et Geitel, ont étudié l'action de la lumière solaire sur d'autres métaux (étain, sodium, potassium) et ont constaté que les deux derniers étaient plus sensibles aux rayons lumineux que l'étain.

Ils furent enfin amenés à employer des amalgames de ces métaux et à les utiliser dans le vide. Les dispositifs imaginés ont permis de construire la cellule photo-électrique proprement dite.

Avant d'étudier cette dernière, essayons d'expliquer cette action des rayons lumineux sur certains métaux.

Nature de l'effet photo-électrique. — Ceux de nos lecteurs qui possèdent quelques connaissances en radio savent que les atomes sont constitués par un noyau central de charges positives (protons) autour duquel gravitent des corpuscules d'électricité négatives nommés « électrons ».

Lorsque le disque de zinc a été chargé négativement, on a augmenté le nombre de ses électrons. Les rayons lumineux, en frappant le métal, libèrent ceux-ci et provoquent une émission extérieure immédiate ; le disque perd donc sa charge et redevient neutre.

Si le disque avait été chargé positivement, aucun phénomène ne se serait produit, car les électrons négatifs ayant disparu du fait de cette charge, aucune émission ne peut avoir lieu sous l'influence de la lumière.

Pour que celle-ci puisse avoir une action continue, il faudrait renouveler constamment la charge négative du zinc. Mais l'étude de la lampe de T.S.F. nous permet d'en-

visager un procédé beaucoup plus efficace pour obtenir une émission intensive et une recharge permanente.

Remplaçons le zinc par une cathode recouverte d'oxydes métalliques riches en électrons ; alimentons cette cathode à l'aide du pôle négatif d'une pile et, pour accélérer l'émission, plaçons en face d'elle une anode portée à une tension positive convenable par l'autre pôle de la pile, comme la plaque des lampes classiques : nous avons ainsi constitué une cellule photo-électrique moderne.

La cellule photo-électrique

La désignation de cellule « photo-émettrice » convient mieux au dispositif que nous venons de décrire, car il existe d'autres cellules photo-électriques, les cellules photo-résistantes par exemple, dont nous parlerons ultérieurement et qui reposent sur des principes différents.

Constitution. — La cellule photo-émettrice comporte donc essentiellement un pôle négatif (cathode) et un pôle positif (anode) ; ces électrodes sont enfermées dans une ampoule en verre spécial ou en quartz, dans laquelle on a fait le vide.

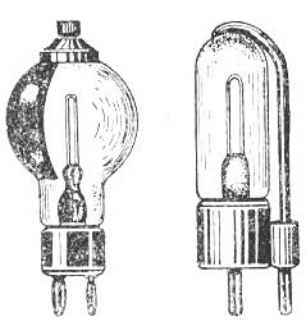


Fig. 6.

Aspect des cellules couramment utilisées.

La forme de l'ampoule dépend de l'emploi auquel la cellule est destinée : elle se rapproche généralement des types représentés à la fig. 6.

La fig. 7 donne la présentation pratique de cet organe. La cathode K est constituée par une mince couche d'un ou plusieurs métaux alcalino-terreux (potassium, caesium, lithium, sodium) ou de leurs oxydes, déposée contre la paroi même de l'ampoule, préalablement recouverte d'un dépôt d'argent.

L'anode A a la forme d'une grille, d'un filament ou d'un anneau permettant le passage des rayons lumineux vers la cathode.

Sur la surface de l'ampoule opposée à la couche métallique, on a ménagé une partie transparente, appelée « fenêtre », par laquelle entreront les rayons de lumière générateurs de courants.

Sensibilisation. — Ainsi constitué, cet organe est relativement peu sensible. Pour rendre son action plus efficace, on emploie deux procédés différents : ou bien on soumet la cellule, pendant un certain temps, à une tension élevée en présence d'hydrogène à basse pression, ce qui a pour effet de modifier la couche de potassium et d'augmenter dans de grandes proportions les qualités émettrices de cet alcalin ; ou bien préférablement on laisse à demeure dans l'ampoule, préalablement vidée, quelques parcelles d'un gaz neutre (hélium, argon, néon) qui permettent le phénomène d'ionisation, dont nous parlerons tout à l'heure, et augmentent considérablement la sensibilité de la cellule.

Fonctionnement. — Le circuit d'utilisation est représenté à la figure 7. La cathode, ainsi que nous l'avons dit, est reliée au pôle négatif d'une pile par la résistance R, et l'anode au pôle positif.

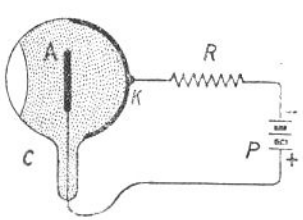


Fig 7.

Cellule photo-émettrice et circuit d'utilisation.

Les rayons lumineux pénètrent par la fenêtre et vont frapper la couche photo-sensible K (cathode) : une émission électronique se produit. Comme dans la lampe, de T.S.F., les électrons sont attirés par l'anode A, qui est portée à une tension positive. Une liaison électrique est donc établie entre ces deux électrodes par le milieu conducteur qui joue le rôle de fil invisible et permet le passage du courant de la pile P.

Par contre, dans l'obscurité, elle possède une résistance intérieure presque infinie.

Plus les rayons lumineux sont intenses, plus les électrons sont nombreux et plus le courant électrique est puissant. Donc, à tout instant, la cellule produit un courant proportionnel à la quantité de lumière reçue. Or, c'est précisément le but que nous poursuivions.

Et, chose infiniment curieuse, cet organe constitue un « œil » plus parfait que l'œil humain, car il est aussi sensible aux rayons infra-rouges et ultra-violets qu'à ceux du spectre solaire proprement dit.

Ionisation. — Nous avons dit précédemment que le phénomène d'ionisation produisait une sorte d'auto-amplification et augmentait l'efficacité de la cellule photo-émettrice. En voici l'explication élémentaire.

Les électrons émis par la cathode K rencontrent et heurtent violemment les parcelles de gaz à basse pression dont est garnie l'ampoule.

Ces chocs provoquent la dissociation des molécules d'air qui subsistent à l'intérieur ; celles-ci perdent leurs électrons libres qui prennent part à la ruée générale vers l'anode. Et il se trouve que quelques électrons provenant de la couche photo-sensible provoquent un véritable flux électronique vers l'électrode positive.

Le phénomène, connu sous le nom d'ionisation permet d'obtenir des courants de 30 à 50 fois plus intenses que ceux des cellules à vide de mêmes caractéristiques.

Il est bien certain que plus la tension de l'anode est élevée, plus important est le courant obtenu, car les chocs d'électrons sont plus violents et leur course plus rapide : le phénomène d'ionisation se trouve donc intensifié.

Mais il ne faut pas exagérer cette tension, car, à un certain point, une effluve se produit entre les deux électrodes, la cellule s'illumine et se trouve, pour ainsi dire, en court-circuit. Il est donc nécessaire de s'en tenir à un voltage inférieur à la tension d'illumination.

Ajoutons, à titre documentaire, que les enseignes lumineuses sont une intéressante application industrielle de ces effluves luminescentes.

Il nous reste à préciser maintenant l'emploi des cellules dans la transmission à distance.

Utilisation de la cellule.

La cellule photo-émettrice ne possède aucune inertie : l'émission électronique se produit à l'instant même de l'arrivée du rayon lumineux et cesse au moment précis de la disparition de celui-ci. La vitesse de traduction peut donc être très rapide. Elle est toutefois subordonnée, dans les transmissions d'images, aux nécessités des commandes mécaniques, et, dans les transmissions radioélectriques, à la fréquence maxima de la bande de modulation.

Transmission d'images. — La figure 8 montre l'utilisation de la cellule photo-émettrice dans un dispositif de transmission d'images ou de photographies. Ces documents peuvent être transparents ou opaques. Nous envisageons le premier cas dans la description ci-après.

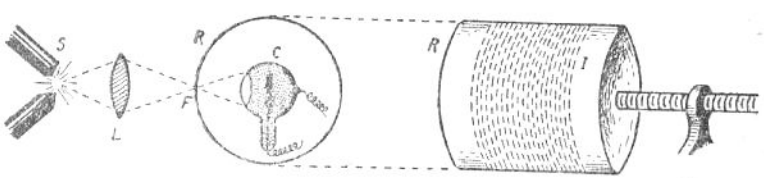


Fig. 8.

Dispositif de retransmission d'images ou de photographies utilisant une cellule photo-électrique.

Le modèle I à transmettre (papier calque ou pellicule photographique) est placé sur un cylindre R en verre également transparent, que la figure de gauche représente de profil, et celle de droite, de face.

Grâce au système de vis que nous apercevons, ce cylindre est animé non seulement d'un mouvement de rotation, mais d'un mouvement de translation, chaque tour de vis le faisant progresser d'une fraction de millimètre.

D'autre part, une source lumineuse puissante S envoie ses rayons sur la lentille L, qui les concentre en un point F du cylindre recouvert de l'image transparente. Les rayons ainsi « modulés » parviennent à une cellule photo-émettrice

placée à l'intérieur du cylindre mobile. On comprend, d'après nos explications antérieures, qu'un endroit très transparent, correspondant à un blanc, produit un courant intense de la cellule, tandis qu'un point opaque (noir) ne donne lieu à aucune émission ; les tonalités intermédiaires produisant des courants plus ou moins puissants.

Comme tous les points de l'image passent successivement en F, selon une ligne hélicoïdale (spirale) que nous avons représentée en I (aux lieu et place de l'image elle-même), il se trouve que toute l'image est « explorée » et que chacun de ses points donne lieu à un courant électrique plus ou moins intense, qu'il suffit de transmettre à distance, par fil ou sans fil, selon les procédés classiques.

Pour reconstituer l'image, à la réception, on utilise ces courants selon le rythme du dispositif d'exploration.

On se rend compte que plus le pas de vis de l'axe du cylindre est petit, plus le nombre des lignes d'exploration est grand et plus le grain de la reproduction est fin.

Afin qu'aucun rayon étranger ne vienne impressionner la cellule, on place la source lumineuse S dans un boîtier hermétique (non représenté sur la gravure). Un blindage protecteur, avec petite fenêtre, protège également la cellule elle-même.

S'il s'agit de transmettre une image opaque, celle-ci est également fixée sur le cylindre ; mais la cellule est placée à l'extérieur et orientée de telle façon qu'elle reçoive la lumière *réfléchie* par le point exploré.

Transmission des sujets animés. — Les sujets animés, comme les images, sont explorés point par point. Chaque point donne naissance à un courant électrique proportionnel à sa luminosité, et les courants ainsi obtenus servent, à l'arrivée, à la reconstitution lumineuse des sujets télévisés.

Nous n'entreprendrons pas cette étude pour l'instant, car il nous faut connaître auparavant certaines notions concernant les procédés d'analyse et la fréquence des courants transmis.

Procédés d'amplification

On conçoit facilement que les courants issus de la cellule photo-émettrice, même sous l'influence d'éclairages puissants, sont extrêmement faibles (quelques millionièmes d'ampère).

Ils ne peuvent donc être utilisés tels quels et doivent subir une amplification. Mais les sans-filistes ne verront dans cette nécessité qu'un inconvénient sans gravité, car ils connaissent la constitution et le fonctionnement des amplificateurs classiques.

Toutefois, une petite difficulté se présente dans cette opération : le dispositif de la fig. 8 donne un courant con-

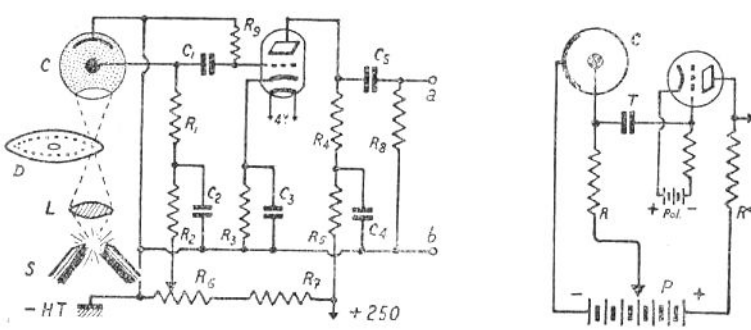


Fig. 9

Amplificateur pour cellules photo-émettrices

A gauche : préamplificateur classique. — $C_1 = 5/1000$. — C_2, C_3, $C_4 = 1$ Mfd. — $R_1 = 0{,}5$ à 2. — $R_2 = 80.000$ ohms. — $R_3 = 4\,000$ ohms. — $R_4 = 300.000$ ohms. — $R_5 = 25.000$ ohms. — R_6 résistance variable de 50.000 ohms. — $R_7 = 50.000$ ohms. — R_8 et $R_9 = 1$ mgh.

A droite : préamplificateur simplifié à source commune.

tinu ; or, on sait qu'un tel courant ne peut être amplifié. Dans la télévision, il est généralement modulé à une certaine fréquence par les appareils d'analyse ; mais dans la phototélégraphie, il est nécessaire de le transformer en une sorte de courant alternatif, ce que l'on obtient à l'aide d'un disque rupteur perforé D, placé entre la source et la cellule et qui interrompt périodiquement le faisceau lumineux. La fréquence du courant ainsi haché est égale au produit du nombre de trous du disque par le nombre de tours qu'il exécute par seconde.

La partie gauche de la figure 9 donne le schéma d'un amplificateur moderne à un seul étage, qui sera suivi, dans la plupart des cas, d'un amplificateur de puissance. Les valeurs sont données pour une cellule à gaz type 3530 et une lampe E 499. L'alimentation est faite par l'alternatif. La liaison se fait par résistances.

Le faisceau lumineux, émanant de la source S, est concentré par la lentille L sur le point où se succéderont toutes les perforations du disque D, et, après modulation, poursuit sa course vers la cellule C, dont l'anode communique à la grille amplificatrice, par le condensateur C_1, et la cathode, à la masse, qui s'identifie avec le — HT (négatif de la haute tension).

Le montage doit être fait soigneusement, afin d'éviter tout couplage parasite et tout accrochage. On remarquera que des circuits de découplage sont utilisés, afin d'éviter les réactions entre étages.

L'ampli de puissance est branché aux bornes *a b*.

D'autre part, la partie droite de la figure 9 donne un exemple de montage beaucoup plus simple : la source de tension de la cellule et celle d'alimentation anodique de la lampe sont communes.

Applications diverses.

Les applications de la cellule photo-émettrice sont extrêmement variées. C'est grâce à elle que des progrès décisifs ont pu être réalisés dans les grandes inventions modernes : cinéma sonore, télévision, téléphotographie.

Cet organe se substitue à l'œil humain pour l'appréciation d'une quantité de lumière (photométrie) ou la détermination des couleurs.

Enfin, sa réaction à l'apparition ou à la disparition d'un rayon lumineux, lui permet de signaler une situation ou un événement. C'est ainsi qu'une telle cellule est utilisée dans les compteurs et dans les dispositifs de protection contre le vol.

Pour fournir le maximum de rendement, une cellule doit posséder naturellement des caractéristiques appropriées à l'usage qu'on veut en faire. Ces caractéristiques dépendent

des éléments suivants : dimensions, surface de la fenêtre, constitution de la cathode, nature du remplissage (vide ou gaz).

On rapporte généralement la valeur du courant photo-électrique à l'unité de flux lumineux, appelée *lumen*. Cette valeur indique la sensibilité de la cellule.

Ainsi, nous pouvons préciser, à titre documentaire, que la cellule à gaz 3530 précitée possède une cathode en alliage de caesium, une tension de fonctionnement de 100 volts, une tension d'illumination de 150 volts et une sensibilité moyenne de 75 microampères/lumen. Il est recommandé de ne pas la soumettre à un flux lumineux supérieur à 1/10 de lumen.

Ce flux se calcule en multipliant la surface de la fenêtre (en centimètres carrés) par l'intensité lumineuse de la source (en bougies) et en divisant le produit par le carré de la distance (en centimètres) de la source à la cellule.

Dans tous les cas, il est recommandé de faire usage d'un système de lentilles faisant condensateur pour concentrer toute la lumière sur la cathode.

Autres genres de cellules

Les cellules photo-émettrices sont les plus couramment employées pour la télévision, la phototélégraphie et le cinéma sonore ; aussi, ne ferons-nous pas une étude détaillée des autres catégories de cellules photo-électriques. Parmi ces dernières se placent les cellules photo-résistantes et les cellules photo-voltaïques.

Nous nous bornerons à dire quelques mots de la constitution et du fonctionnement de celles-ci.

Cellules photo-résistantes. — Les cellules photo-résistantes sont basées sur la propriété que possède un métalloïde apparenté au soufre, le sélénium, de modifier sa résistance électrique sous l'influence de la lumière.

On suppose que les rayons lumineux provoquent une dislocation des atomes de ce corps, ce qui a pour effet de rendre les « ions » plus conductibles.

Mais pour que le sélénium acquière une grande sensibilité à la lumière, il est indispensable de lui faire subir une préparation qui lui donne une structure cristalline.

On le porte à une température voisine de son point de fusion, qui est de 217° et on l'y maintient de 30 à 40 minutes. Après refroidissement, il est prêt à être utilisé comme matière photo-résistante.

La figure 10 montre une cellule au sélénium S avec son circuit d'utilisation. Le galvanomètre G permet de constater l'accroissement du courant sous l'influence de la lumière et conséquemment la diminution de résistance de la cellule.

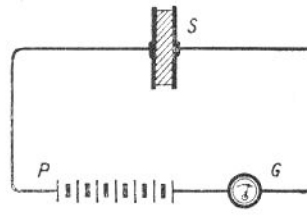


Fig. 10

Cellule photo-résistante et circuit d'utilisation.

On a remarqué qu'on augmente les variations de courant et la sensibilité de la cellule, d'une part, en exposant une large surface du sélénium aux rayons lumineux, et, d'autre part, en réduisant le trajet du courant intérieur, ce qui explique la forme spéciale de la cellule S.

Les cellules les plus sensibles sont donc grandes et minces. La nécessité d'obtenir un grand développement a incité les constructeurs à établir des modèles bobinés, dans lesquels le sélénium est étendu sur un enroulement conducteur. Notons que la construction de ces cellules est à la portée de l'amateur.

Certains modèles dits « à condensateur » sont formés par un ensemble de plaques métalliques séparées par des feuilles de mica recouvertes de sélénium. Les plaques sont reliées alternativement aux deux pôles et le tout offre l'aspect d'un condensateur quadrangulaire de forte capacité.

Ce genre de cellules a une inertie beaucoup plus grande que les cellules photo-émettrices : un milliampèremètre placé dans le circuit permet de constater que le courant n'atteint pas sa valeur maximum dès la projection du rayon lumineux ; inversement, lorsque la source disparaît, l'aiguille ne revient pas immédiatement à sa position initiale.

On comprend que, dans ces conditions, les éléments au sélénium ne peuvent traduire des oscillations rapides de haute fréquence et même de fréquence moyenne ; ils ne peuvent donc être employés en télévision ou même dans la transmission rapide des images. Néanmoins leur grande sensibilité les désigne pour les applications de télémécanique ou de photométrie.

Il convient de noter aussi que la conductibilité de ces cellules augmente avec la température ; leur sensibilité varie également selon l'état hygrométrique de l'air ambiant : elle diminue sensiblement si l'humidité augmente. Il est probable qu'une mince pellicule aqueuse réduit leur résistance.

Il y a donc intérêt à les placer dans un boîtier protecteur ou à les recouvrir d'une feuille transparente de cellophane.

Cellules photo-voltaïques. — Les cellules photo-voltaïques ou photo-chimiques se comportent, sous l'action de la lumière, comme de véritables piles électriques. Elles peuvent donc engendrer un courant électrique dont l'intensité reste proportionnelle à celle du flux lumineux.

Le phénomène photo-voltaïque fut découvert en 1839 par le physicien Becquerel qui, ayant plongé deux plaques de platine P dans un électrolyte, constata la production d'un courant électrique dans le circuit extérieur, sous l'influence de la lumière et, en particulier, des rayons violets.

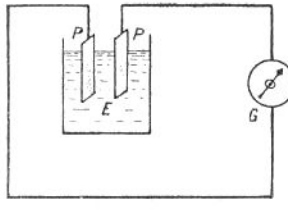


Fig. 11.

Cellule photo-voltaïque de construction élémentaire.

En recouvrant, sur une face, ces lames métalliques de chlorure ou de bromure d'argent, Becquerel parvint à augmenter la sensibilité de la cellule.

L'expérience peut être renouvelée facilement par tout amateur en plongeant deux lames de cuivre bien brillantes dans de l'eau salée, l'une restant nue, l'autre soustraite à l'action de la lumière. Après quelques heures de repos, on constate, à l'aide d'un millivoltmètre, une dérivation de l'aiguille proportionnelle à l'éclairement.

L'électrolyte peut être du sulfure de potassium ou du sulfate de cuivre.

Ces organes sont très instables au point de vue chimique. De plus, ils ne permettent pas de traduire des oscillations de fréquence élevée ; c'est pourquoi leur emploi n'a pas encore donné de bons résultats dans le cinéma sonore.

Cellules à couche d'arrêt. — Les cellules à couche d'arrêt sont fort employées dans un grand nombre d'applications, particulièrement en photométrie et en télémécanique, mais elles ne permettent pas davantage la traduction des fréquences élevées.

Elles sont cependant plus pratiques que les précédentes, car elles sont moins instables et produisent un courant électrique sans l'aide d'aucune batterie auxiliaire et sans emploi d'électrolyte liquide.

Ces cellules sont constituées par une couche de métal très mince formant cathode, séparée par une surface semi-conductrice (oxyde cuivreux) également très mince, d'une plaque métallique formant anode.

On voit qu'elles ont quelque ressemblance avec les éléments oxymétal utilisés comme redresseurs de courants.

Leur sensibilité est dix fois supérieure à celle des cellules photo-émettrices ; toutefois leur inertie est assez grande. Mais solides et de faible volume, elles sont cependant très intéressantes.

Une formule nouvelle

Le « Multiplicateur d'électrons »

Etant données, d'une part, l'extrême faiblesse du courant photo-électrique initial et d'autre part, la difficulté d'amplifier intensément ce courant, en très haute fréquence (on sait que les triodes amplifient d'autant plus mal que le nombre des vibrations est plus élevé), on a cherché à augmenter d'une façon très sensible la puissance du courant originel.

Les recherches des techniciens ont abouti à la découverte du « multiplicateur d'électrons ».

Cet appareil, conçu par l'ingénieur russe Zworykin, comporte une cathode photo-sensible C, des émetteurs d'électrons secondaires E portés à des tensions négatives convenables par un diviseur potentiométrique, et une anode collectrice A.

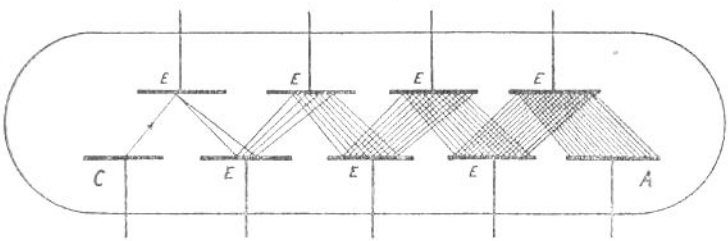


Fig. 12

Le Multiplicateur d'électrons.

Tout électron émis par la cathode se réfléchit sur la seconde électrode et en libère un ou plusieurs autres. Ces particules sont à leur tour, dirigées sur la troisième plaque et provoquent une nouvelle émission.

Ce phénomène se reproduit huit fois et donne lieu à une multiplication très intense sur l'anode finale. C'est ainsi qu'un seul électron originel produit un faisceau électronique de 200.000 à 1 million d'éléments.

Les « guidages » sucessifs sont effectués par une série de bobines magnétiques placées hors du tube.

Notons, en terminant, cette remarque importante : comme ce sont les électrons primaires qui ont déclenché cette nuée, il se trouve que le courant de sortie est une reproduction fidèle de la modulation primitive.

TROISIÈME PARTIE

Transmission des Images et des photographies

En possession des données qui précèdent sur l'œil humain et l'effet photo-électrique, nous pouvons aborder le premier stade de la vision à distance : la phototélégraphie.

Nous allons dire en quoi consiste ce problème et examiner ensuite les différentes solutions qui peuvent lui être données.

Une image, généralement sur papier, est fixée sur un organe du poste émetteur. Il faut parvenir à la reproduire aussi nettement que possible sur un autre papier qui se trouve au poste récepteur.

Cette transmission donne lieu aux opérations suivantes :

a) Au poste émetteur, décomposition de l'image originale en un grand nombre de points qui seront transmis successivement ;

b) Transformation de l'intensité lumineuse de chaque point en un courant électrique d'intensité proportionnelle ;

c) Transmission à distance de ce courant électrique variable, soit par fil, soit par ondes radioélectriques ;

d) Au poste récepteur, reconstitution des points de l'image initiale, à l'aide des variations du courant transmis.

En résumé, il faut donc faire une « analyse » de l'image, traduire les points lumineux en courant, transmettre ce dernier au loin, et, à l'arrivée, reconstituer les points lumineux à l'aide du courant variable.

Avant de parler des procédés d'exploration de l'image, il convient de dire quelques mots de sa décomposition en surfaces extrêmement petites que l'on est convenu d'appeler « points », et ensuite en lignes plus ou moins rapprochées.

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.

C'est une décomposition semblable qu'il faut effectuer lors de la transmission au loin.

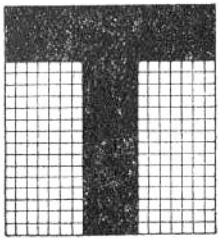


Fig. 15.
Image à transmettre

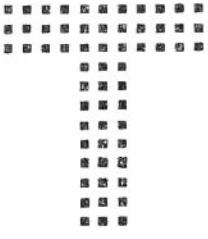


Fig. 16
Epreuve grossière

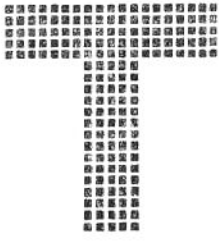


Fig. 17
Trame plus serrée

Examinons une image simplifiée, par exemple le T que représente la fig. 15. Cette lettre est formée d'une agglomération de points noirs se détachant sur fond blanc.

Quel est le nombre de ces points? Il peut être infiniment variable, selon la qualité de reproduction que l'on désire obtenir.

On s'en rend parfaitement compte en photogravure : les épreuves à trame serrée, tirées sur papier glacé, son beaucoup plus modelées que les photos à larges trames des papiers ordinaires.

Ainsi, la reproduction de la fig. 16, qui comporte onze points et douze lignes, est certainement moins précise que la fig. 17, qui compte dix-neuf points et vingt lignes.

Retenons donc que plus les points sont nombreux, plus on obtient une reproduction fidèle du sujet.

AU POSTE EMETTEUR

Technique ancienne

I. — Traducteurs à contacts mécaniques

pour images et dessins au trait

Avant de parler des procédés modernes d'exploration, nous dirons quelques mots d'un système ancien, qui n'est plus employé pour la transmission des images, mais qu'on retrouve encore dans certaines stations européennes, pour la transmission quotidienne des cartes météorologiques.

Le dessin à transmettre est reproduit à l'aide d'une encre isolante sur une feuille de cuivre ou d'aluminium. Cette feuille est enroulée autour du cylindre métallique C qui est animé de deux mouvements par le moteur M, grâce à un dispositif à frottement qu'on distingue nettement sur le croquis (fig. 18).

La roue R entraîne le volant V et imprime au cylindre un mouvement de rotation. D'autre part, l'axe A est muni d'un filetage qui se « visse », pour ainsi dire dans le support S et anime l'ensemble d'un mouvement de translation de gauche à droite, ou réciproquement.

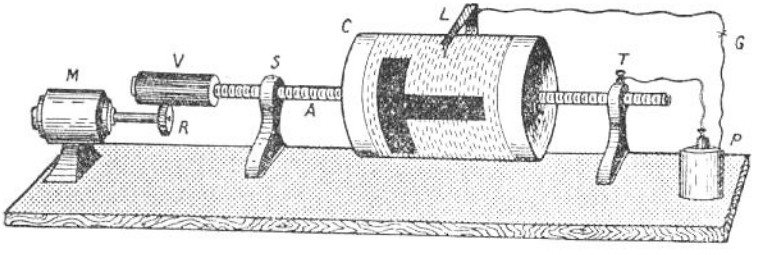


Fig. 18

Schéma de principe d'un traducteur à contact mécanique.

Un lecteur métallique L appuie sur le cylindre. Cet organe est immobile ; mais par suite des deux mouvements du cylindre, tous les points de celui-ci défilent sous sa

pointe qui, si elle était encrée, tracerait la ligne hélicoïdale que nous avons représentée en pointillé.

Une pile P, dans le circuit de laquelle on peut placer un galvanomètre en G, fournit un courant qui va, par le support T, au corps du cylindre et retourne à la pile par le lecteur L.

Supposons que nous avons fixé sur le cylindre une feuille métallique sur laquelle un T a été dessiné à l'aide d'une encre isolante.

Le courant passe normalement quand la pointe est en contact avec la feuille métallique ; mais il est interrompu chaque fois que le style passe sur l'encre isolante.

En résumé, le courant suit les variations de luminosité du dessin, et ses interruptions successives permettent de reconstituer le T au poste récepteur. Nous verrons ultérieurement par quel procédé.

Cette reconstitution sera d'autant plus fidèle que le nombre de lignes d'explorations sera plus grand, ainsi que nous l'avons vu en parlant des figures 16 et 17. On se rend compte que ce nombre dépend du pas de filetage de A : plus ce pas est petit, plus les spires de la ligne hélicoïdale de C sont serrées.

La méthode que nous venons de décrire paraît assez pratique ; mais elle présente un grave inconvénient : elle ne permet que la transmission d'une image nettement noire sur fond nettement blanc (ou réciproquement), c'est-à-dire de dessins au trait (schémas, cartes, graphiques, etc.)

En effet, le courant ne présente, si l'on peut dire que deux valeurs : la valeur zéro, quand il est interrompu, et la valeur 100 (maxima), quand il est rétabli. Il lui est donc impossible de transmettre les demi-teintes, les ombres plus ou moins accusées, et, par conséquent, les photographies. Cette impossibilité enlève à ce procédé une grande partie de son intérêt.

Variantes. — Une amélioration de rendement est obtenue en remplaçant l'encre isolante par une substance photo-chimique dont la conductibilité est d'autant plus grande que la couche est moins épaisse. Il devient alors possible d'envisager la tranmission des dessins ombrés. Mais un meilleur résultat est obtenu par le procédé suivant.

Un perfectionnement. — Si l'on examine un cliché photographique à grands contrastes, on voit que la couche de gélatine correspondant aux parties opaques est plus épaisse que celle qui correspond aux parties claires.

C'est à l'aide de ce « relief » que M. Belin parvint à transmettre des dessins et des photographies avec toute une gamme de teintes parfaitement reproduites.

Le document est dessiné en relief autour du cylindre C, à l'aide d'un procédé chimique : les plus grandes épaisseurs correspondant aux parties les plus sombres et les « creux » aux parties les plus claires.

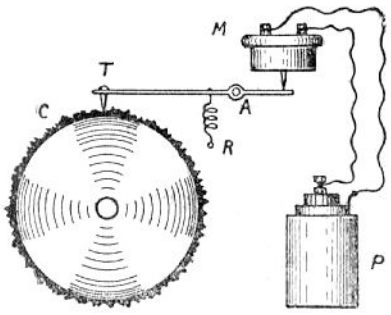


Fig. 19
Contacteur mécanique à microphone.

Un style, pouvant tourner autour du point A, appuie, d'une part, sa pointe T sur le cylindre, par le jeu du ressort R, et, d'autre part, son extrémité opposée sur la membrane d'un microphone M.

Quand le cylindre est animé des deux mouvements de rotation et de translation dont nous avons parlé antérieurement la pointe T transmet à la membrane du microphone des vibrations d'autant plus importantes que le relief est plus accentué.

Sous l'action de ces dernières, la résistance électrique de M varie à tout moment et fait varier la valeur du courant fourni par la pile P. Il en résulte que l'intensité de ce courant est bien proportionnelle à la luminosité des différentes parties du document exploré.

Bien que cette méthode constitue un progrès sérieux sur la précédente, elle a été presque totalement abandonnée, car l'invention de la cellule photo-électrique a permis de s'affranchir des procédés à contacts mécaniques, lents et imparfaits, et d'obtenir une fidélité beaucoup plus grande de reproduction.

Nous allons aborder, dans le chapitre suivant, l'étude des traducteurs utilisant cet organe.

Technique nouvelle

II. — Traducteurs photo-électriques

pour gravures et photographies

L'étude détaillée que nous avons faite, au chapitre II, de la cellule photo-électrique, nous permet de décrire sans préambule les dispositifs modernes de transmissions photographiques (phototélégraphie).

Les méthodes sont assez nombreuses ; mais nous n'avons nullement l'intention de noyer nos lecteurs dans un fatras de procédés plus ou moins complexes.

Nous nous en tiendrons au dispositif le plus connu et le plus communément employé par les journaux : le Belinographe émetteur, exploité par les Etablissements Edouard Belin, que nous avons pu visiter en détail, grâce à l'extrême complaisance de M. Masson, l'aimable Ingénieur en chef des laboratoires de Rueil-Malmaison.

On sait que la cellule photo-électrique est un organe capable de traduire en valeurs électriques variables les intensités lumineuses variables qui la frappent.

Il suffit donc de faire défiler devant une telle cellule chacun des points composant la photographie à transmettre pour pouvoir disposer de courants électriques dont les valeurs sont proportionnelles à la luminosité des « points » correspondants.

Pour cela, comme précédemment, le document est placé sur un cylindre animé des mouvements de rotation et de translation décrits pour le dispositif de la fig. 18.

Nous avons dit que le pas de l'hélice tracée à la surface du cylindre détermine la finesse de l'exploration. Plus ce pas est petit, plus grande est la netteté. En fait, on se limite généralement à 5 ou 6 lignes par millimètre, ce qui correspond à une trame de plus de 3.600 points par centimètre carré.

Dans le « Belino » portatif type valise, le diamètre du cylindre est de 66 mlm., sa longueur 130 mlm., les dimensions utiles de l'image 13×18 cm., le pas de l'hélice 3/16 de mlm., et le nombre de lignes 5.33 par mlm.

Dispositif optique d'émission

Voyons maintenant le détail du dispositif optique utilisé. Celui-ci est schématisé à la figure 20.

Une source lumineuse puissante A envoie ses rayons sur un jeu de lentilles L, qui les concentrent en un point très brillant, de faibles dimensions, sur un endroit précis du cylindre portant la photographie.

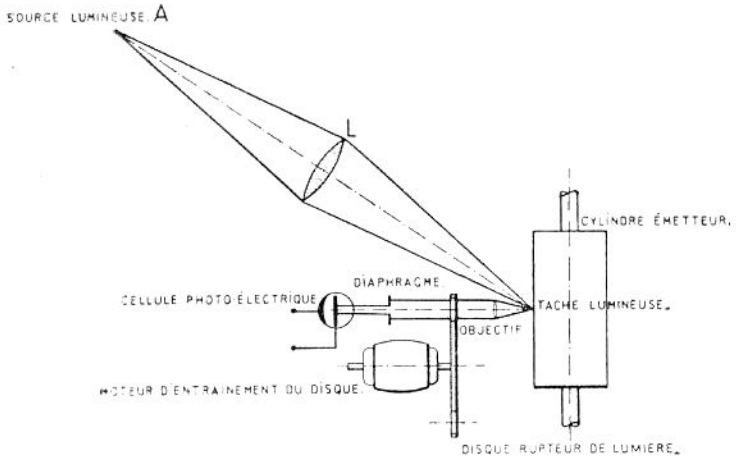


Fig. 20

Schéma du dispositif optique de l'émetteur.

La lumière réfléchie par la partie du document ainsi éclairée est reprise par un micro-objectif et renvoyée sur la cellule photo-électrique, à travers un disque rupteur et un diaphragme. Nous savons que le disque perforé, mû par un moteur, rompt périodiquement le faisceau lumineux, afin de moduler le courant de la cellule, pour le rendre plus facilement amplifiable.

Le diaphragme permet de doser l'intensité lumineuse et donne une définition précise du point exploré.

On obtient ainsi sur la cellule une image agrandie d'une partie du document à transmettre.

Par suite de l'emploi du micro-objectif et du diaphragme, dont l'ouverture est de 1.6 mlm. environ, le point exploré mesure approximativement 2/10 de millimètre de diamètre.

Il suffira donc d'imprimer au cylindre ses mouvements de rotation et de translation pour avoir successivement sur la cellule toute la série de points définissant l'image.

Amplification. — Le courant fourni par la cellule est de l'ordre du millionième d'ampère (microampère). Une amplification considérable s'impose donc.

C'est pour faciliter cette amplification qu'on interpose un disque perforé entre le cylindre et la cellule. Cet organe rompt le faisceau lumineux environ 1.300 fois par seconde.

De cette façon, on obtient à la sortie de la cellule, en dehors de toute modulation fournie par le document, un courant haché qui possède toutes les propriétés du courant alternatif de fréquence correspondante.

C'est sur ce courant-support que vient se greffer la modulation qui a une certaine ressemblance avec celle qui est fournie par le microphone, en radio.

Un amplificateur de modulation radiophonique peut parfaitement être utilisé. Cette opération ne présente, en effet, aucune difficulté, puisqu'il n'y a qu'une seule fréquence à amplifier.

Le courant modulé issu de la cellule est appliqué à la grille de la première lampe et peut être intensifié à volonté, à l'aide d'étages à transformateur.

Il est ensuite dirigé, soit sur une ligne télégraphique, s'il s'agit d'une transmission par fil, soit vers la partie haute fréquence d'un poste émetteur, si l'on transmet par radio.

Réalisation commerciale. — L'appareil le plus pratique est le bélinographe amateur portatif, conçu spécialement en vue de l'information photographique rapide. Il peut être emporté par le reporter qui, aussitôt la prise et le développement de ses clichés, en assure la transmission de l'endroit où il se trouve.

Il se compose de deux valises mesurant 50 × 35 × 18 cm. et ne pesant chacune que 20 kilos environ, grâce à l'emploi de métaux ultra-légers.

Pour transmettre, il suffit de relier les deux valises entre elles, à l'aide d'un cordon spécial, et de connecter la ligne

téléphonique de transmission. Il n'est besoin d'aucune source extérieure d'alimentation.

Transmission. — La transmission se fait de préférence par fil, ce qui permet au courant de conserver des valeurs constantes, tandis qu'en radio (sur ondes courtes à grande distance), l'intensité de celui-ci est soumise à des variations continuelles, par suite du fading, ce qui modifie les valeurs relatives des courants initiaux et provoque des irrégularités à la réception.

Le graphique de la figure 21 schématise le courant modulé transmis.

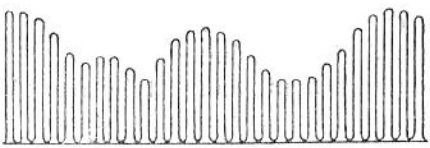


Fig. 21
Courant modulé transmis à distance.

Les pointes sont formées par le disque rupteur qui partage le courant en tranches égales à une fréquence invariable ; la différence de hauteur de celles-ci représente les variations d'intensité dues à la plus ou moins grande luminosité des points explorés.

Si le disque était supprimé, le présent graphique se réduirait à une ligne irrégulière reliant entre elles les extrémités supérieures de ces pointes.

D'ailleurs, à la réception, ce courant fractionné doit être démodulé, c'est-à-dire débarrassé de ces ruptures. Il prend alors l'aspect de la ligne courbe irrégulière à laquelle nous venons de faire allusion : on obtient ainsi, par cette « détection », un courant semblable à celui qui sort de la cellule photo-électrique.

Voyons maintenant par quels procédés on peut transformer, au poste récepteur, les variations du courant électrique reçu, en variations proportionnelles d'intensité lumineuse correspondant aux différents points de l'image ou de la photographie.

Nous dirons ensuite comment est reconstitué le document.

AU POSTE RECEPTEUR

Technique ancienne

I. — Traducteurs électro-mécaniques.

On se rend compte facilement que le rôle du poste récepteur est inverse de celui du poste d'émission.

L'émetteur a traduit en courant électrique variable les intensités lumineuses des différents points de l'image explorée. Le récepteur doit donc transformer les variations de ce courant en « points » lumineux qui seront placés dans le même ordre qu'à l'émission.

Ici encore, de grands progrès ont été réalisés sur les dispositifs anciens à contacts, que nous ne décrirons pas longuement, étant donné le peu d'intérêt qu'ils présentent actuellement. Ces traducteurs mécaniques ont quelque analogie avec les enregistreurs télégraphiques. Nous schématisons le dispositif à la fig. 22.

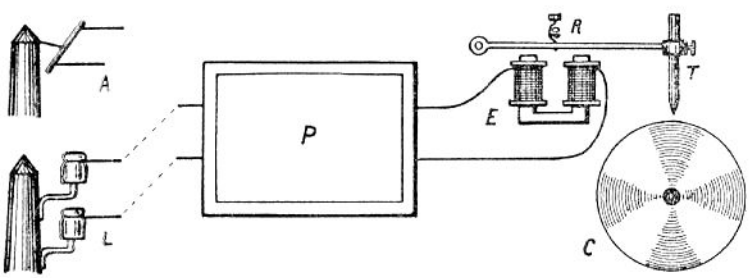


Fig. 22

Réception d'images par traducteur électro-mécanique.

Un cylindre C, sur lequel on a placé une feuille de papier, tourne à la même vitesse que le cylindre d'émission, tant circulairement que latéralement.

Un style inscripteur fixe T, enduit d'encre grasse, entre en contact avec le papier lorsqu'il est attiré par l'électroaimant E.

Voici comment s'effectue la réception : le courant modulé parvient au récepteur, soit par la ligne télégraphique (L),

soit par radio (A). Il est amplifié et redressé par le poste P, qui transmet ainsi à l'électro-aimant un courant semblable à celui que produit le traducteur de la figure 18.

En l'absence de toute impulsion, le style est maintenu par le ressort R à une certaine distance du cylindre. A chaque passage du courant, l'électro-aimant attire la palette et la pointe trace sur le papier une ligne dont la longueur est proportionnelle à la durée de l'impulsion.

Il convient de répéter ici ce qui a été dit lors de la transmission : les variations de courant sont portées à leurs limites extrêmes ; autrement dit, le courant passe en entier ou est complètement interrompu. Il ne peut donc être question de recevoir des demi-teintes ni des photographies. Ce procédé est exclusivement réservé à la réception des dessins au trait, cartes ou graphiques divers.

Il peut être toutefois perfectionné par l'emploi de papiers électro-chimiques ayant la propriété de se teinter sous l'influence du courant électrique.

La feuille est placée comme précédemment. Le courant arrive, d'une part, par le corps du cylindre, d'autre part, par le style, qui sont donc obligatoirement métalliques. L'électro-aimant est naturellement supprimé.

Lorsque le courant passe, il se produit une décomposition de l'électrolyte et une coloration du papier d'autant plus forte que le courant est plus intense. On parvient ainsi, avec ce procédé, à obtenir des demi-teintes convenables, ce qui permet la réception des photographies et de tous documents exigeant un certain fondu.

Cette méthode de réception est encore utilisée dans le bélinographe type amateur.

Si la transmission a lieu par fil, le courant est amplifié et redressé, c'est-à-dire débarrassé des interruptions périodiques provoquées par le disque rupteur.

Dans le cas de réception par radio, il est amplifié en haute fréquence, puis détecté selon les procédés habituels, amplifié en basse fréquence et dirigé vers le traducteur mécanique que nous avons décrit.

Nous allons, maintenant, examiner les modes de réception plus perfectionnés, répondant aux procédés photo-électriques précédemment étudiés.

II. — Récepteurs perfectionnés.

Les dispositifs modernes de téléphotographie reposent sur le même principe que les précédents : traduction du courant électrique modulé fourni par l'émetteur en une intensité lumineuse variable ; mais ils sont affranchis de tout organe mécanique.

Ici encore, c'est le bélinographe type professionnel que nous décrirons, car ce récepteur est le plus pratique et le plus répandu. La figure 23 schématise les organes utilisés et la marche des rayons lumineux.

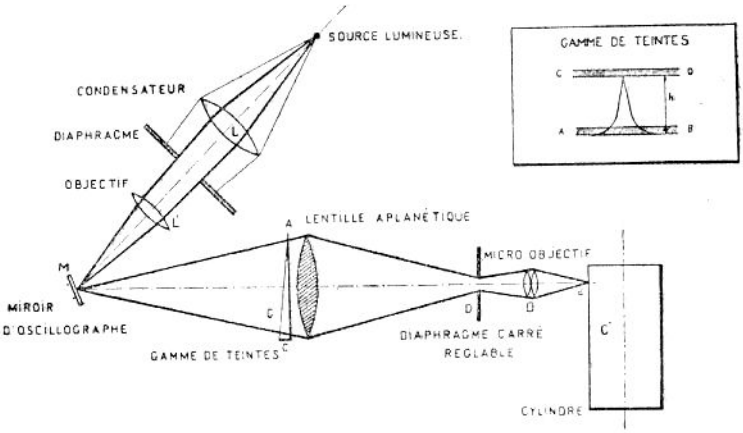


Fig. 23

Schéma du récepteur bélinographe type professionnel.

Une source lumineuse envoie ses rayons, à travers un condensateur L et un diaphragme, vers un objectif L', qui les concentre sur un miroir M, pouvant osciller autour de son axe.

Ce miroir renvoie la tache lumineuse vers un écran perforé en triangle, désigné sous le nom de « gamme de teintes » que représente en détail la partie droite supérieure de la figure. Une lentille concentre ce « spot lumineux » vers un diaphragme D, et un micro-objectif O le traduit par un point extrêmement réduit sur le cylindre C', recouvert de papier photographique.

Le miroir M n'est autre qu'un galvanomètre, appareil très sensible qui oscille plus ou moins sous l'influence du courant modulé transmis par le poste émetteur.

Si le courant est puissant et correspond à un point très lumineux du document original, le miroir se rapproche de l'horizontale et dirige le faisceau vers la partie haute de la gamme de teintes qui, très étroite à cet endroit (voir schéma en haut et à droite) laisse passer très peu de lumière. L'objectif O forme donc sur le papier du cylindre un point très sombre : après développement, cette partie apparaîtra en blanc, puisque l'émulsion photographique n'aura pas été décomposée par la lumière.

Si, au contraire, le courant transmis est faible, le miroir se rapproche de la verticale : le faisceau réfléchi se dirige vers la partie basse de la gamme de teintes qui laisse passer la totalité du rayon lumineux. Le point correspondant apparaîtra donc en noir, puisque le bromure d'argent du papier photographique aura été réduit par la lumière. Les amateurs photographes saisiront facilement le mécanisme de cette opération.

Donc, selon l'intensité du courant, le faisceau est projeté entre A et C de la gamme de teintes ; mais quelque soit sa place, l'objectif O le ramène en un point fixe du cylindre, sous forme de tache plus ou moins brillante de surface très réduite.

Comme ce cylindre est animé des mouvements de rotation et de translation précédemment décrits, tous les points du papier sensible défilent devant la tache lumineuse et comme ils sont diversement impressionnés, on trouve reconstituée, après développement, une épreuve identique à la photographie placée sur le cylindre du poste d'émission.

Notons qu'il suffit d'inverser la position de la gamme de teintes (pointe en bas) pour passer de la réception en positif (épreuve normale) à la réception en négatif (genre cliché photographique).

Le temps de transmission d'une image ou d'une photographie de 13 × 18 centimètres est d'environ onze minutes. Il correspond à une vitesse de rotation du cylindre de 1 tour par seconde, ce qui représente un total de 660 tours pour l'épreuve entière.

Les applications de cette transmission photo-télégraphique sont nombreuses et fort intéressantes. Il devient ainsi possible de transmettre, en quelques minutes, d'un point à l'autre du continent, les empreintes digitales d'un inculpé et de contrôler très rapidement son identité.

La figure 24 reproduit quatre empreintes différentes reçues à l'aide de ce procédé.



Fig. 24.

Empreintes digitales transmises par bélinographe.

Mais la plus importante de ces applications réside naturellement dans l'information photographique des grands quotidiens.

A l'heure actuelle, il existe 50 installations fixes de bélinographe en service dans toute l'Europe. Ces appareils peuvent être émetteurs-récepteurs ou uniquement récepteurs.

Les émetteurs portatifs à valises, dont nous avons parlé, sont également très répandus. Le premier poste de ce genre est sorti en 1933 et a transmis plusieurs fois par jour les épreuves du Tour de France.

Depuis lors, les grands journaux français et anglais emploient sur une grande échelle ce mode de reportage.

L'Administration des P.T.T. l'utilise également pour la transmission photographique des télégrammes, qui peuvent dès lors être accompagnés de dessins ou de schémas.

SYNCHRONISATION

Les méthodes d'émission et de réception qui précèdent paraissent relativement simples ; mais leur réussite est subordonnée à une condition capitale : l'identité absolue

des mouvements des cylindres explorateur et récepteur. Et cette nécessité d'une parfaite « synchronisation » vient sérieusement compliquer les choses.

Se représente-t-on la difficulté de faire fonctionner ensemble, au millième de seconde près, deux cylindres éloignés de cinq cents kilomètres, par exemple?

Ce problème du synchronisme reparaîtra avec beaucoup plus d'acuité dans la télévision où un simple écart d'un millionième de seconde peut brouiller toute la réception.

Devant l'impossibilité d'obtenir à distance un mouvement identique des deux cylindres, on a dû ajouter aux appareils émetteurs et récepteurs proprement dits un dispositif spécial assurant le synchronisme de ces organes.

En général, l'opération consiste à envoyer du poste émetteur, à la fin de chaque tour, un signal particulier nommé « top » qui contrôle la marche du récepteur.

Synchronisation par bloquage. — Voici un procédé élémentaire qui permettra de comprendre le fonctionnement de ces dispositifs. Nous voyons en C le cylindre enregistreur du poste de réception. Sur l'axe de celui-ci se trouve une butée B, en face de laquelle est placée une palette P, mobile autour de l'axe O, et maintenue dans la position indiquée par le ressort R.

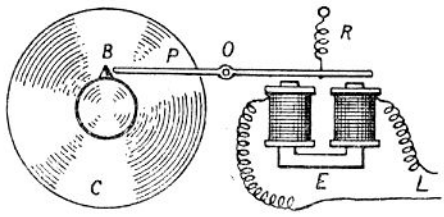


Fig. 25.
Synchronisation par bloquage.

La butée B vient donc, à la fin de chaque tour, heurter la palette. Mais à ce même moment, le « top » de synchronisation transmis par le poste émetteur agit sur l'électro-aimant qui attire la branche opposée de cette palette et libère le cylindre.

Si ce dernier est en avance sur le cylindre d'émission, la palette reste en contact avec la butée et provoque un court arrêt de cet organe récepteur, jusqu'à l'arrivée du top marquant la fin du tour. En pratique, on donne une vitesse très légèrement supérieure au cylindre de réception : celui-

ci est donc bloqué un bref instant à la fin de chaque tour, tandis que le cylindre émetteur tourne sans arrêt.

Ce dispositif, dit de « bloquage », paraît très pratique ; mais cet arrêt périodique donne une vitesse irrégulière au cylindre de réception : il s'en suit une déformation — très légère, il est vrai — mais suffisante pour le rendre inapte à la transmission exacte des images.

Synchronisme par embrayage. — Le procédé de synchronisation utilisé dans le bélinographe amateur est, à tous points de vue, bien supérieur. Le cylindre C est entraîné par un système d'embrayage à cône MF qui rappelle celui des anciennes automobiles.

Voyons tout d'abord les organes et leurs positions respectives. Le cône femelle F tourne fou sur l'axe du cy-

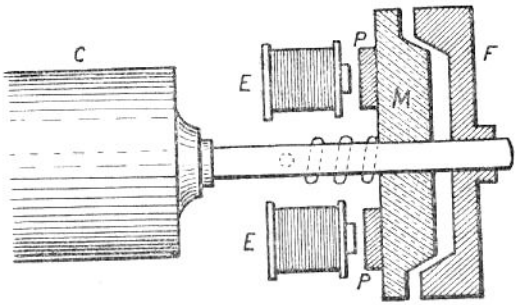


Fig. 26

Dispositif de synchronisation par embrayage électro-magnétique.

lindre, c'est-à-dire est complètement indépendant de celui-ci. Il est animé d'un mouvement de rotation constant par un mécanisme d'horlogerie réglé sur la vitesse normale que doit avoir le cylindre.

La partie mâle M, au contraire, tourne avec l'axe, mais peut coulisser sur celui-ci d'avant en arrière et réciproquement ; ce cône porte des armatures en fer doux PP qui font face à l'électro-aimant.

En EE sont représentés les deux enroulements de ce dernier, qui est maintenu fixe sur un bâti indépendant du cylindre et des cônes.

Le mouvement d'horlogerie qui entraîne F est réglé de

telle sorte que le cylindre ait une vitesse légèrement supérieure à celle du cylindre d'émission.

Lorsqu'aucun courant ne traverse l'électro-aimant, le ressort pousse le cône M contre F ; l'embrayage est effectué et le mouvement d'horlogerie entraîne C.

Par contre, lorsque le courant de synchronisation arrive dans l'électro, celui-ci attire les palettes P ; le cône mâle se détache de F, et comme l'électro-aimant est fixe, le cylindre est lui-même immobilisé.

Immédiatement après le top, le ressort agit, l'embrayage s'effectue, et le cylindre commence un nouveau tour au moment précis où le cylindre d'émission le commence lui-même : il y a donc identité absolue de mouvement dans les deux organes.

Cette méthode ne présente pas l'inconvénient de la précédente, car il n'existe pas de période de « démarrage » : le cylindre C atteint immédiatement, en effet, sa vitesse maxima, dès que les parties M et F sont en contact, puisque F est animé en tout temps d'un mouvement parfaitement régulier. Il n'y a donc pas à craindre une déformation de l'image.

Autres dispositifs. — Il existe bien d'autres procédés de régulation : moteurs synchrones commandés par les alternances mêmes du secteur ou par cristal oscillateur de quartz ; pendules à système de bloquage ; diapasons entretenus par un électro-aimant, etc.

Le premier n'est pratiquement utilisable que dans le rayon d'un même secteur, car les réseaux français sont loin d'être unifiés et de travailler « en phase ».

Le Bélinographe professionnel utilise le dernier de ces moyens de régulation. On se sert d'un moteur à courant continu sur l'arbre duquel est calé un alternateur dont la vitesse est contrôlée par un diapason.

Le synchronisme des cylindres émetteur et récepteur se ramène donc au synchronisme de deux diapasons. La vérification de celui-ci est faite au début de chaque séance par le procédé classique et bien connu du stroboscopisme.

Ce mode de régulation est basé sur le même principe que la sonnerie électrique.

Les diapasons sont placés dans des caisses dont la température est maintenue constante.

Transmission des signaux. — Il nous reste à dire quelques mots sur la transmission des « tops ».

Lorsqu'il s'agit d'une transmission par fil — cas le plus fréquent, — ces signaux de synchronisation peuvent être envoyés au récepteur par une ligne spéciale ; mais on conçoit que ce procédé est peu économique, puisqu'il exige un doublement des circuits.

Préférablement donc on envoie les tops sur la même ligne que les courants phototélégraphiques.

Ils sont incorporés à la modulation sous forme de signaux longs de puissance maxima.

De sorte que le courant modulé, auquel sont adjoints les tops, présente la forme indiquée à la fig. 27.

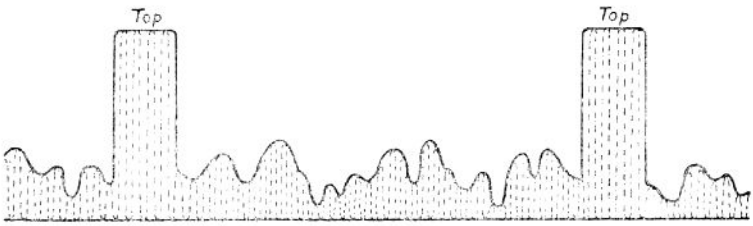


Fig. 27.

Courant modulé et tops de synchronisation.

On produit ces signaux, dans les traducteurs à contact, en mettant le style en court-circuit avec le cylindre, à la fin de chaque tour, ou bien, dans les dispositifs modernes, en projetant périodiquement une forte lumière sur la cellule photo-électrique.

S'il s'agit d'une transmission par radio, la même méthode est employée ; on n'utilise qu'une seule longueur d'onde et les tops de synchronisation sont superposés à la modulation de l'onde porteuse.

Autres dispositifs récepteurs.

Nous ne nous étendrons pas longuement sur les autres dispositifs utilisés pour la traduction du courant phototélégraphique en variations de lumière, notre but, après avoir décrit la technique élémen-

taire de la transmission des images, étant d'aborder le plus tôt possible le chapitre de la télévision.

Cellule de Kerr. — Nous ne pouvons néanmoins passer sous silence la cellule de Kerr, basée sur la « polarisation » des rayons lumineux.

Cet organe module l'intensité de ces derniers en fonction de la tension variable du courant phototélégraphique.

Lampe au Néon. — Jusqu'ici, nous avons utilisé, à la réception, une source lumineuse d'intensité constante dont les rayons sont modulés par le courant phototélégraphique.

Avec la lampe au néon, c'est l'intensité même de la source lumineuse qui est modulée par ce même courant.

Cet organe est constitué par deux électrodes rapprochées l'une de l'autre et placées dans une ampoule contenant du néon à faible pression.

Lorsque la différence de tension entre ces électrodes atteint une certaine valeur (90 volts pour certains types), la cathode s'illumine, et cette lumière croît ensuite proportionnellement à la tension appliquée.

Nous avons expliqué précédemment ce phénomène et parlé de l' « ionisation » dont les effets trouvent une application intéressante dans les réclames lumineuses.

La fig. 28 donne le schéma d'utilisation d'une lampe au néon N dans la réception des photographies.

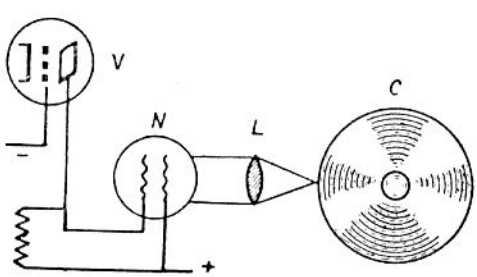


Fig. 28.

Utilisation d'une lampe au néon dans la réception. téléphotographique.

Cet organe est placé dans le circuit plaque de la dernière lampe V de l'amplificateur.

La tension aux bornes des électrodes est réglée de telle manière qu'aucune luminescence ne paraisse sur la cathode en l'absence de tout courant phototélégraphique ; mais que la moindre impulsion de celui-ci ait pour effet de provoquer une illumination plus ou moins accentuée.

Les rayons d'intensité variable émis par la lampe au néon sont concentrés, en un point précis, sur le cylindre C, par l'objectif L.

Comme dans les dispositifs précédents, l'intensité de ce point suit les variations du courant transmis par le poste émetteur et l'image originale se trouve fidèlement reconstituée sur le cylindre de réception.

Il va de soi que la lampe au néon et le cylindre enregistreur doivent être enfermés dans un carter étanche, les mettant à l'abri de tout rayon lumineux parasite. Une fenêtre, réservée sur chaque carter, en face de l'objectif, permet le seul passage du faisceau utile.

Nous avons donné quelque développement à ce procédé de réception par lampe au néon, car nous devons le retrouver également en télévision pour la traduction courant-lumière.

En terminant ce chapitre nous représentons ci-dessous la reproduction d'une image « Brebis du Mont Hymette (Grèce) », transmise par Belinographe.



QUATRIÈME PARTIE

La Télévision

La possibilité de transmettre les images est déjà par elle-même une chose fort intéressante; mais elle ne satisfait pas totalement l'esprit humain, qui a toujours désiré « voir » et « entendre » ce qui se passe au loin, à l'instant même où les événements se produisent.

Le problème est résolu pour ce qui concerne les sons, et la T.S.F. est parvenue à supprimer les distances. La télévision, sœur cadette de la radio, a progressé moins vite; sans doute parce qu'elle est de constitution plus délicate, et que son développement est soumis à des conditions plus sévères.

Les méthodes de réalisation semblent cependant suivre des voies parallèles. Dans un autre ouvrage, nous avons montré que le son, transmis par l'air, ne se propage que dans une zone très limitée, réduite bien souvent à quelques centaines de mètres. Pour le propager à longue distance, on a réalisé ce miracle de transformer les vibrations sonores en ondes radioélectriques qui, elles, franchissent en un clin d'œil des centaines de milliers de kilomètres. Cette transmission a été rendue possible par l'invention d'un petit appareil désigné sous le nom de microphone.

Or, la lumière, elle aussi, a une portée restreinte, et telle scène théâtrale que nous désirons tant voir apparaître sur un écran de notre poste, n'est plus distincte, même violemment éclairée, au delà d'une centaine de mètres. De plus,

circonstance aggravante, le moindre obstacle barre la route aux rayons lumineux, qui ne veulent connaître que la ligne droite.

Ici encore, pour tourner la difficulté, on a transformé les rayons lumineux en ondes radioélectriques qui, non seulement franchissent les plus grandes distances, mais se jouent de tous les obstacles : l'invention de la cellule photo-électrique, dont nous avons parlé dans un chapitre précédent, a rendu cette transformation possible, et c'est de là que datent seulement les bases véritables de la télévision.

Toutefois, comme dans la transmission des images, on se trouve encore dans l'impossibilité de transmettre simultanément toutes les parties d'une scène : on doit donc décomposer le sujet en un grand nombre de « points », traduire chacun de ceux-ci en un courant électrique et acheminer ensuite ce dernier, par fil ou sans fil, vers le poste récepteur, où a lieu la reconstitution lumineuse.



Fig. 32.

Un ensemble de points convenablement groupés donne l'impression d'une ligne ou d'une image.

Revenons un instant sur cette « décomposition » nécessaire.

A titre expérimental, plaçons sur une feuille de papier blanc un certain nombre de grains de poivre foncés (voire même de café) disposés exactement les uns à la suite des autres, et prenons un peu de recul : nous avons l'impression visuelle d'une ligne.

En plaçant plusieurs lignes côte à côte, nous obtenons un rectangle ou un carré de teinte uniformément foncée.

Supposons maintenant que nous pouvons réunir une provision de grains de toutes teintes, échelonnées du blanc au noir, et que nous disposons ces grains dans un ordre convenable reproduisant les différentes parties d'un dessin que nous avons sous les yeux : avec le recul nécessaire, l'ensemble des grains nous donnera une copie plus ou moins parfaite du modèle.

Nous disons « plus ou moins parfaite », car il est bien certain que plus les grains seront petits et serrés les uns contre les autres, plus la reproduction sera fidèle, au contraire, plus ils seront gros et espacés, plus l'épreuve sera grossière.

On retrouve cette différence de finesse dans les illustrations des journaux et brochures. Un papier glacé, qui permet l'utilisation d'une trame très fine, donne une épreuve plus fidèle qu'un papier de qualité médiocre dont le grain exige une trame beaucoup plus large.



Fig. 33

Un nombre de points réduit donne une épreuve grossière et sans modelé.



Fig. 34.

Une trame plus serrée fournit une image fidèle beaucoup mieux détaillée.

Les fig. 33 et 34 nous permettent de constater cette différence : les points gros et espacés de la première donnent une image grossière, sans détails; tandis que la trame serrée de la seconde fournit une épreuve parfaitement modelée.

Les épreuves photographiques elles-mêmes, qui semblent d'une parfaite continuité, sont constituées par la jux-

taposition de parcelles minuscules de bromure d'argent que peut révéler l'examen microscopique.

Il résulte donc de ce qui précède qu'une image ou une scène peuvent être décomposées en un certain nombre de points ayant chacun une intensité lumineuse propre. Le rôle de la télévision est de transmettre à distance ces éléments ponctuels, en respectant leur valeur.

Analyse globale. — Nous nous souvenons que la cellule photo-électrique permet cette transmission au loin, en transformant les rayons lumineux qui la frappent en courants électriques, dont la puissance est proportionnelle à leur degré d'éclairement.

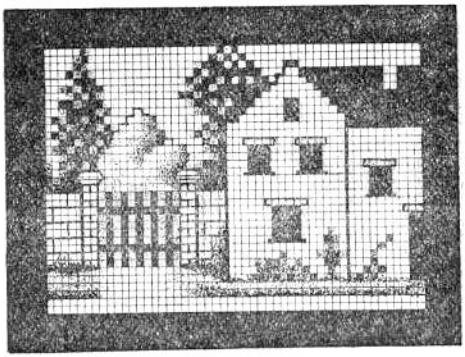


Fig. 35.

Aspect d'un tableau récepteur.

L'idée la plus simple qui vient à l'esprit pour transmettre une scène, est de projeter celle-ci, à l'aide d'un objectif, sur un tableau constitué par une multitude de cellules photo-électriques et, d'autre part, de relier par autant de fils lesdites cellules à un tableau récepteur comprenant un même nombre d'ampoules électriques minuscules, placées côte à côte.

Chaque point du sujet à transmettre possède donc sa cellule à l'émission, et son ampoule à la réception. Le courant de chaque circuit étant proportionnel à l'éclairement du point correspondant, les ampoules du récepteur sont plus ou moins illuminées, selon les intensités de

l'image et celle-ci se trouve reproduite dans toutes ses tonalités.

Ici encore, la reproduction est d'autant plus fidèle que le nombre des « points », c'est-à-dire des cellules exploratrices et réceptrices, est plus élevé.

Nous donnons à la figure 35 un aperçu de cette mosaïque lumineuse.

Ce procédé, qui porte le nom de « télévision globale », tendrait, en somme, à copier la vision oculaire : nous avons vu, en effet, dans le premier chapitre de cet ouvrage, que l'œil aperçoit en même temps tous les points de l'image examinée, grâce aux innombrables cellules rétiniennes qui tapissent le fond du globe.

Mais un tel système engendre des complications insurmontables, car, pour obtenir une finesse de trame suffisante, il faudrait disposer d'au moins 40.000 cellules photo-électriques, de 40.000 câbles de liaison et de 40.000 ampoules réceptrices pour recevoir des scènes courantes.

Un tel procédé n'étant pas susceptible de perfectionnement, il a fallu faire appel à une autre méthode.

Analyse par éléments. — On résolut alors d'adopter la méthode d'exploration point par point, ce qui permet d'utiliser une seule cellule et un seul fil (ou une seule longueur d'onde en radio).

L'opération revient alors à faire défiler chaque point du sujet devant le traducteur photo-électrique, puis à transmettre à distance le courant variable obtenu, et à reconstituer la scène à l'arrivée, comme nous l'avons vu pour la transmission des images fixes, mais à une allure beaucoup plus rapide et par un procédé tout différent.

Il faut obtenir naturellement un synchronisme parfait de l'analyse et de la synthèse, ce qui est d'autant plus difficile à réaliser que le délai de transmission de chaque élément du sujet télévisé est excessivement court.

Nous allons examiner en détail, dans le chapitre suivant, les dispositifs les plus employés pour « l'exploration » point par point de la scène à transmettre.

EMISSION

I. — Procédés mécaniques d'exploration

En France, le mode d'analyse le plus ancien et le plus courant, pour la transmission des sujets fixes et animés, est celui qui met en œuvre le disque de Nipkow. Cet organe fut exclusivement employé jusqu'en 1936; il l'est encore actuellement dans certaines conditions.

Disque de Nipkow. — L'invention de Paul Nipkow, dont le brevet remonte à 1884, apporte une intéressante contribution au problème de la vision à distance. L'auteur eut l'idée d'observer l'image ou la scène à travers un trou qui se déplaçait devant celle-ci.

Il utilisa, à cet effet, un disque plein D, pouvant tourner autour de son axe et percé d'un certain nombre de trous disposés en spirale (fig. 37). Pour la bonne visibilité de la gravure, nous avons réduit le nombre de ceux-ci.

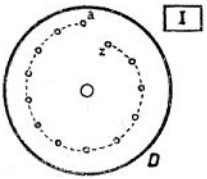


Fig. 37
Disque de Nipkow

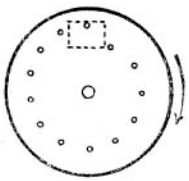


Fig. 38
Utilisation

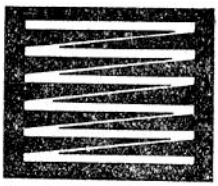


Fig. 39
Lignes d'exploration

Voici comment on opère. Soit I le sujet à explorer. L'écartement vertical du premier trou (a) et du dernier trou (z) est calculé de telle sorte qu'il représente un peu moins de la hauteur de l'image.

En plaçant celle-ci, par rapport au disque, comme l'indique la fig. 38, et en faisant tourner l'appareil, 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 du document, 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 quelque fraction 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 dont l'écartement est déterminé par le « pas » de la spirale, et le premier trou 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. 39, dans laquelle nous avons exagéré volontairement la hauteur et l'écartement des lignes.

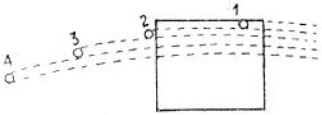


Fig. 40.

Mécanisme de l'analyse.

D'autre part, la figure 40 représente en pointillé les trajets effectués par les différents trous du disque et permet de se rendre compte de la façon dont l'image est analysée.

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.

Connaissant maintenant les éléments essentiels de l'exploration des sujets, nous pourrons saisir très facilement le problème de l'émission proprement dite.

Nous envisagerons deux procédés d'enregistrement et d'analyse de la scène, tout en notant que ces deux méthodes, apparemment différentes, reposent, en définitive, sur le même principe : la vision directe, qui consiste à transmettre un sujet pris sur le vif, et le télécinéma, qui utilise l'intermédiaire du film cinématographique.

Instinctivement, nous porterions notre choix sur le premier, qui nous paraît plus rationnel ; mais les opérateurs doivent souvent faire appel au second, pour des raisons que nous énumérerons ultérieurement.

a) **Vision directe**

Prenons, en premier lieu, le cas d'une transmission par vision directe.

Le sujet S est placé en face d'un écran généralement 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 (fig. 41).

Par suite de la disposition des trous en spirale, 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.

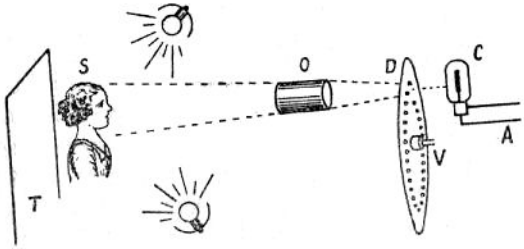


Fig. 41

Analyse d'un sujet par vision directe.

Ces courants sont amplifiés et transmis à l'émetteur où ils « modulent » le courant alternatif à haute fréquence (onde porteuse) qui doit les véhiculer dans l'espace.

Un tel dispositif paraît simple et pratique ; mais il porte en lui une tare qui en réduit considérablement l'intérêt : nous voulons parler du manque de luminosité.

Se représente-t-on, en effet, la quantité infime de lumière que chaque point de l'image peut envoyer à la cellule photo-électrique, à travers les trous de ce disque qui tourne à grande vitesse? Chaque élément dispose environ d'un deux cent-millième de seconde pour impressionner la couche sensible du petit organe qui a pour rôle de « traduire » la lumière en courant.

Pour atténuer ce grave inconvénient, on inonde les studios de torrents de lumière — et de chaleur — qui plongent les malheureux artistes dans de véritables étuves, d'où ils sortent complètement exténués. Des courants d'air frais et humide parviennent à atténuer ce climat tropical, sans en rendre toutefois le séjour bien captivant.

L'intervention du cinéma permet d'améliorer ce procédé, car l'image pelliculaire des artistes a moins à souffrir d'un éclairement violent que les personnages eux-mêmes.

b) Télécinéma

Cette variante de la méthode précédente consiste à prendre une vue cinématographique de la scène à transmettre et à faire subir au film ainsi obtenu les opérations d'analyse que nous venons de décrire.

Il est à noter toutefois que le disque de Nipkow, utilisé dans ce procédé de transmission, n'est pas perforé de la même manière que le précédent : les trous sont concentriques, c'est-à-dire également éloignés du centre, et non plus disposés en spirale.

C'est le film lui-même qui, par son déplacement régulier et continu, vient présenter ses éléments successifs devant les trous du disque. Naturellement la vitesse de rotation de ce dernier est choisie de telle façon que la pellicule avance de la largeur d'une ligne pendant le temps nécessaire à la succession de deux trous.

Mais, dira-t-on, cette transmission par télécinéma n'est pas de la télévision ; elle n'offre plus le même intérêt du fait qu'elle nous présente des scènes qui sont du domaine du passé : il a fallu, en effet, impressionner la pellicule, la développer, la fixer, la faire sécher, etc., toutes opérations qui doivent exiger plusieurs heures, sinon une grande journée.

Et ce que chacun désire, c'est la vision d'une scène au moment où elle se déroule.

Cet argument aurait été fondé il y a quelques années ; mais il n'a plus sa raison d'être de nos jours : les opérations

précitées se succèdent avec une telle rapidité qu'on « voit » la scène télévisée avec un décalage insignifiant.

La figure 42 représente le dispositif moderne généralement utilisé.

Nous voyons en A l'appareil cinématographique, qui est du modèle classique. La prise de vue s'effectue par l'objectif O. La pellicule impressionnée est développée automatiquement dans la cuve V, puis fixée dans le récipient F et séchée en S.

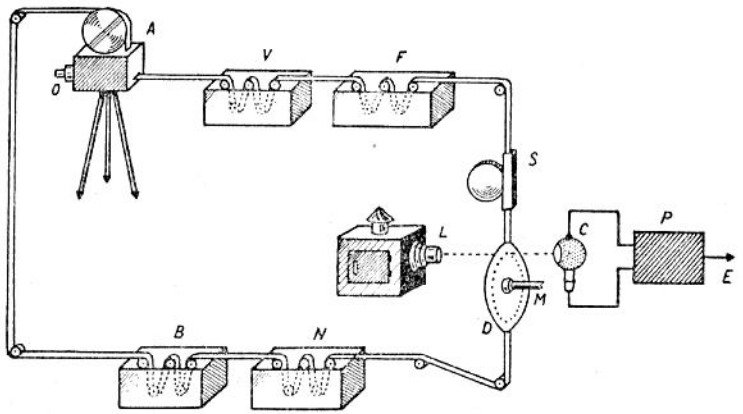


Fig. 42

Emission par télécinéma des scènes radiovisées.

Elle se présente ensuite devant le disque de Nipkow D, commandé par son axe M, à l'aide d'un moteur.

Ainsi que nous l'avons dit précédemment, cette pellicule n'est pas entraînée par saccades, comme dans les projections cinématographiques; elle est animée d'un mouvement régulier continu.

Une source d'éclairage L projette sur le film un faisceau lumineux très puissant.

Chaque perforation du disque explore une « ligne » de l'image et la projection des différents « points » qui la constituent parvient à la cellule photo-électrique C.

On se rend compte que le faisceau est plus ou moins lumineux, selon le degré de transparence ou d'opacité des points correspondants du film.

C'est donc bien un rayon « modulé » qui parvient en C.

Le courant d'intensité variable qui en résulte est amplifié en P et dirigé vers l'émetteur.

On pourrait en rester là, ce qui serait déjà très bien. Mais un perfectionnement récent permet d'obtenir un nettoyage rapide du film en N, de le recouvrir en B d'une nouvelle couche d'émulsion et de le diriger de nouveau vers l'appareil de prise de vue.

Ce procédé à circuit fermé représente, d'autre part, une économie très sensible sur la méthode courante, dans laquelle le film impressionné est conservé.

Les différentes opérations que nous venons d'indiquer ne représentent que quelques minutes, et même, dans certains cas exceptionnels, ce délai a pu être réduit à quinze secondes. On ne peut qu'admirer l'ingéniosité des spécialistes en photographie, dont les découvertes ont permis d'obtenir de telles performances.

Nous verrons ultérieurement que la contre-partie de cette méthode donne la possibilité de « recevoir » sur grand écran la scène télévisée et d'intéresser ainsi collectivement un grand nombre de spectateurs.

On peut donc dire, en fait, que la transmission par télécinéma est instantanée, ce décalage d'une fraction de minute ne pouvant en rien diminuer l'intérêt que présente un tel procédé.

Mais malheureusement, l'analyse reste toujours tributaire des moyens mécaniques, puisque le disque de Nipkow est maintenu comme organe principal d'exploration.

De nombreuses variantes ont été apportées à ce système pour en améliorer le rendement : on a disposé des lentilles dans les perforations du disque ; on a construit des tambours munis de miroirs ou de prismes à leur périphérie ; mais les véritables perfectionnements des appareils émetteurs de télévision doivent tendre à la suppression des organes mécaniques et à leur remplacement par des tubes électroniques totalement dépouvus d'inertie et basés sur les mêmes principes que l'oscillographe cathodique » du poste récepteur, dont nous donnerons une description en temps utile.

L'Iconoscope de Zworykin semble répondre à cet idéal.

On trouvera, au chapitre suivant, la constitution et le fonctionnement de cet appareil.

II. — Procédés radioélectriques.

Avant de décrire les dispositifs radioélectriques utilisés pour l'exploration des scènes à transmettre, il est nécessaire que nous fassions plus ample connaissance avec un corpuscule dont les mouvements semblent être l'origine de tous les phénomènes scientifiques et vitaux : nous voulons parler de l'électron.

Nous avons décrit d'une façon détaillée le rôle de cette parcelle infime de la matière dans *La T.S.F. à la portée de tous*, au moment de l'étude des lampes. Pour ceux de nos lecteurs qui ne possèdent pas l'ouvrage, nous résumons brièvement cet exposé.

Si nous pouvions, avec un microscope géant, grossir un milliard de fois le filament d'une ampoule électrique, ou mieux d'une lampe de T.S.F., 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 rouleau de fonte, mais à un tissu spongieux, une agglomération de cavernes construites sur un terrain volcanique, au sein desquelles se meuvent d'innombrables particules animées de mouvements tourbillonnants extrêmement rapides.

Les électrons. — Et nous constaterions avec stupéfaction que l'atome, considéré jusqu'à ces dernières années comme le plus petit élément des corps, est en réalité un véritable système solaire, dont le noyau central est formé de corpuscules nommés « ions » ou « protons », portant une charge d'électricité positive, autour desquels tournent des satellites appelés « électrons », chargés d'électricité négative.

Nous atteignons ici le domaine de l'infiniment petit, avec cette découverte stupéfiante qu'il est la reproduction, en miniature de l'infiniment grand (fig. 44 et 45).

Tous ces électrons s'agitent, se heurtent des milliers de fois par seconde, se mouvant avec une extrême facilité au travers de l'édifice moléculaire, qui est une immensité par

rapport à leur petitesse. Et cette révolution intérieure n'est pas spéciale au filament d'une lampe : elle se produit dans tous les corps, puisque l'atome est l'élément constitutif de toute matière.

Nous vivons ainsi au milieu d'un bombardement formidable, continu, dans un état d'équilibre très instable. Que ce phénomène cesse : c'est l'arrêt complet de la vie, la disparition de la matière, la nuit glacée et infinie.

Qu'il s'accélère, au contraire, pour une raison inconnue : c'est l'embrasement général, rappelant les premiers âges de la terre, notre vie n'étant qu'un phénomène passager dans l'histoire de notre planète.

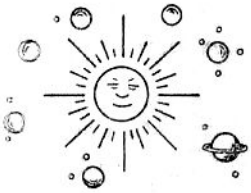


Fig. 44.

L'infiniment grand.
Le système solaire
(Réduit des milliards de fois.)

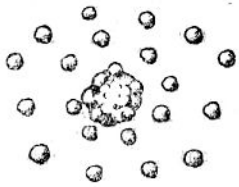


Fig 45.

L'infiniment petit.
Le système atomique
(Grossi des milliards de fois).

Impuissants devant ces forces occultes qui dépassent même notre imagination, il ne nous reste qu'un parti à prendre : celui d'utiliser ces éléments en vue du progrès scientifique et de l'amélioration de notre bien-être.

Et c'est ainsi que les physiciens n'ont pas craint de se transformer en artilleurs pour asservir, codifier ces bombardements électroniques dès qu'ils ont été identifiés, et ouvrir la voie aux plus belles découvertes de la science moderne.

Après cette incursion dans le domaine philosophique, revenons à notre examen microscopique du filament de la lampe.

Si nous chauffons progressivement ce fil conducteur, la vitesse des électrons satellites augmente autour du noyau, les chocs sont plus violents, un vent de folie semble souffler dans ces dancings minuscules : les exécutants vont, viennent, s'entrecroisent dans des valses éperdues et des qua-

drilles échevelés ; des particules sont projetées au dehors et forment comme une mince atmosphère gazeuse autour du fil incandescent.

Ces électrons nomades resteront à proximité de celui-ci tout le temps qu'une force extérieure ne les attirera pas en dehors de leur centre de gravitation.

Mais, si nous plaçons à quelque distance de là une petite plaque métallique portée à une tension *positive*, les électrons négatifs sont aspirés par cette plaque et se précipitent sur elle par milliards, à une vitesse vertigineuse, obéissant à la loi d'attraction des électricités de signes contraires. Et nous retrouvons ici la technique du courant anodique des lampes de T.S.F.

Mais faisons mieux, en vue de la télévision.

Le canon à électrons. — Perçons un trou dans cette plaque et donnons-lui un voltage positif plus important, par exemple 4 ou 500 volts ; puis renouvelons l'expérience (*fig.* 46).

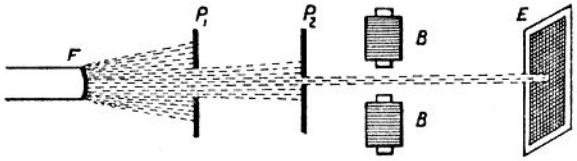


Fig. 46.

Le bombardement électronique.

Les électrons issus du filament F sont attirés vers la plaque P_1 avec une vitesse accrue : un certain nombre d'entre eux restent fixés sur le métal ; mais d'autres, entraînés dans leur course vertigineuse, passent par le trou et poursuivent leur chemin au-delà de cette cloison. C'est à peu près comme si l'on tirait un coup de fusil à plombs, contre une plaque percée : une certaine quantité de plombs poursuivraient leur trajectoire à travers le trou.

En plaçant à une certaine distance de la première une autre plaque P_2, soumise à une tension électrique encore plus forte (par exemple 800 ou 1.000 volts) et également percée

d'un trou, les électrons, qui ont franchi la première barrière, sont violemment attirés par la seconde. Ici encore, une partie d'entre eux passent par l'ouverture et un mince faisceau parvient à l'écran E, dont nous parlerons ultérieurement.

Par ce dispositif, on parvient à canaliser un véritable jet d'électrons, et comme chaque cloison est soumise à une forte tension, la vitesse de ces corpuscules est accélérée à chaque traversée.

On doit reconnaître que ce canon est fort bien conçu : l'obus ne reçoit pas seulement un choc initial en quittant le filament ; il subit des attractions nouvelles pendant son parcours.

D'autre part, si l'on place en B, non seulement dans le sens vertical (*fig.* 46), mais aussi dans le sens horizontal, des électro-aimants ou des plaques soumises à des tensions électriques suffisamment fortes, ont peut faire dévier, en hauteur et en largeur, le faisceau électronique qui se déplace ainsi sur l'écran E et le « balaie » ligne par ligne, comme une mitrailleuse balaie un champ de tir, mais avec cette différence toutefois que ce jet lumineux peut se mouvoir à la fois dans le sens horizontal et dans le sens vertical.

Nous venons de décrire, dans les lignes qui précèdent, le principe du fonctionnement de deux organes essentiels de télévision : l'iconoscope (pour l'émission), l'oscillographe cathodique (pour la réception).

Il nous reste à décrire, dans ce chapitre, le premier de ces appareils, qui tend de plus en plus à supplanter les organes d'analyse mécaniques, en général, et le disque de Nipkow, en particulier.

L'Iconoscope

L'Iconoscope est un véritable « œil électrique » doté d'une « rétine » aux innombrables cellules, pouvant être assimilées aux cônes et aux bâtonnets que nous avons remarqués dans l'œil humain.

Cet ingénieux appareil, dont la première réalisation remonte à une douzaines d'années, fut perfectionné par l'ingénieur russe Zworykin.

Il se compose d'un tube de verre dont une extrémité est de forme sphérique (*fig.* 47). En F, se trouve le filament ou cathode, chauffée par une batterie ordinaire.

En avant, est placée une première anode, portée à une tension de quelques centaines de volts ; puis vient le « canon à électrons » C, petit cylindre métallique muni de trois diaphragmes, dont les perforations sont soigneusement alignées. Cet organe constitue une seconde anode sur laquelle on applique une tension d'environ 1.000 volts. (Nous ne représentons pas l'alimentation de ces anodes, afin de laisser au dessin la clarté nécessaire).

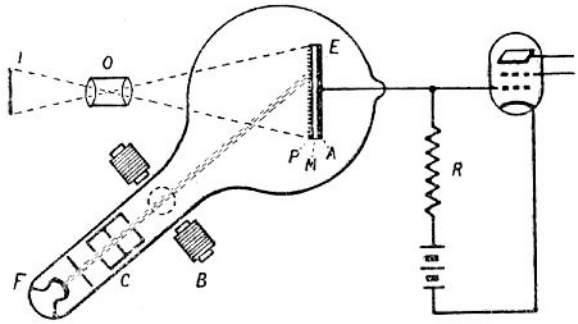


Fig. 47

Représentation schématique des organes de l'Iconoscope.

Nous retrouvons ensuite en B les bobines de déviation, qui sont au nombre de quatre, disposées en croix ; la paire horizontale est figurée par le petit cercle en pointillé placé entre les enroulements verticaux.

L'écran E, qui mesure généralement 10 × 13 cm., est représenté de profil, afin de montrer nettement les parties qui le composent ; cet organe est l'une des pièces essentielles de l'Iconoscope.

Nous distinguons une partie centrale blanche M ; celle-ci représente une feuille isolante en mica, dont l'épaisseur a été exagérée. La partie foncée de droite A est un revêtement métallique (argent) de la feuille de mica. Enfin, les granulations simulées P de l'avant schématisent de petites particules d'argent déposées par voie chimique et sensibilisées au caesium.

Cette mosaïque est donc constituée par de véritables

cellules photo-électriques minuscules imitant les cellules rétiniennes de l'œil humain.

Chaque parcelle d'argent constitue, avec la métallisation de l'arrière, dont elle est séparée par la feuille de mica, un condensateur de petite capacité. Il y a donc, dans cet écran, autant de condensateurs que de grains d'argent; mais il faut retenir de ce montage spécial que ces condensateurs ont un pôle commun : la métallisation arrière de l'écran.

La scène à reproduire I est projetée en permanence par l'objectif O sur la mosaïque P. Sous l'influence de la lumière, les particules d'argent commencent à émettre des électrons, qui restent sous tension, en attendant un signal pour jaillir; de sorte que le condensateur constitué par chacune d'elles reçoit une charge proportionnelle à son éclairage particulier. Or, on sait que cet éclairage est conditionné par la luminosité plus ou moins grande du point correspondant de l'image I projetée.

Il nous reste à étudier maintenant le fonctionnement du tube. Le filament F étant rendu incandescent dégage des milliards d'électrons qui se précipitent à toute allure vers les armatures positives. Ce flux est canalisé par les diaphragmes du canon C et parvient à l'écran sous forme d'un pinceau lumineux très mince (environ 0.3 millimètre).

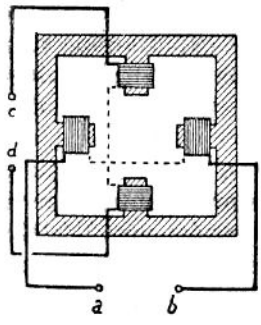


Fig. 48.

Bobines de déviation de l'iconoscope.

Sous l'influence du guidage horizontal et vertical des bobines B (fig. 47 et 48), qui reçoivent un courant en « dents de scie » dont nous parlerons dans le chapitre de la réception, le pinceau électronique balaie la surface de la mosaïque en zig-zags serrés, suivant le nombre de lignes prévu.

A chaque contact du pinceau cathodique avec un petit élément d'argent, ce dernier est déchargé; les électrons sont libérés, puis recueillis par l'anode A, qui les transmet au circuit d'utilisation R, sous forme de « courant modulé ».

Ce courant de décharge, proportionnel à la luminosité du point correspondant de la scène, est transmis à la grille d'une lampe amplificatrice et ensuite à l'émetteur, pour la modulation du courant de haute fréquence, qui sera capté par les antennes réceptrices.

Avantages de l'iconoscope. — Ce tube électronique résout d'une façon heureuse la question d'éclairement dont nous avons parlé précédemment : son avantage capital réside en ce qu'il possède ce que l'on pourrait appeler une « mémoire électrique ».

L'iconoscope permet, en effet, une durée d'éclairement beaucoup plus grande qu'avec le disque de Nipkow; or, cette durée est l'un des facteurs essentiels de la puissance du courant de sortie.

Prenons un exemple. Pour une exploration à 180 lignes, le nombre des points à explorer est d'environ 40.000 par image; or, nous verrons plus tard que la transmission des scènes animées exige une cadence minima de 25 images par seconde. Avec le disque perforé, la durée d'éclairement de chaque point serait donc de l'ordre du millionième de seconde.

Avec l'iconoscope, l'image est projetée en permanence sur toute la surface de l'écran; chaque élément se charge donc pendant toute la durée qui sépare deux explorations successives, soit 1/25 de seconde, dans le cas envisagé, puisqu'il ne se décharge qu'au moment du passage de chaque pinceau explorateur..

L'iconoscope est donc des dizaines de milliers de fois plus sensible que les dispositifs analyseurs précédents. Il permet, par conséquent, l'émission de scènes jouées sous l'éclairage naturel ou de manifestations se déroulant en plein air.

Pour la même raison, il donne la possibilité d'obtenir les explorations de 400 et de 500 lignes, qui sont utilisées dans la technique actuelle et fournissent des reproductions d'un modelé remarquable.

Ainsi donc, extrême sensibilité à l'exploration et grande finesse à la réception, telles sont les qualités principales que présentent les dispositifs d'analyse par Iconoscope.

La Synchronisation

La question de la synchronisation apparaît beaucoup plus délicate que dans la transmission des photographies, car il ne s'agit plus ici de millièmes, mais bien de millionièmes de seconde.

On sait que les dispositifs employés ont pour rôle d'assurer une identité absolue de mouvements dans les mécanismes d'exploration et de réception. Le moindre « décalage » produit un brouillage et vient jeter bas l'édifice péniblement construit.

Ces organes doivent donc assurer l'asservissement complet du récepteur à l'émetteur.

Nous ne nous étendrons pas outre mesure sur les méthodes utilisées à l'émission, car il s'agit d'appareils que les amateurs ont rarement à manipuler. Nous donnerons, par contre, un ample développement aux procédés employés à la réception, afin que nos lecteurs possèdent toutes les données nécessaires pour comprendre le fonctionnement des postes qu'ils auront en mains.

Le présent exposé se bornera donc à la description d'un ensemble pratique, utilisé tout récemment encore par les PTT, permettant de transmettre au récepteur les signaux de commande de lignes et d'images.

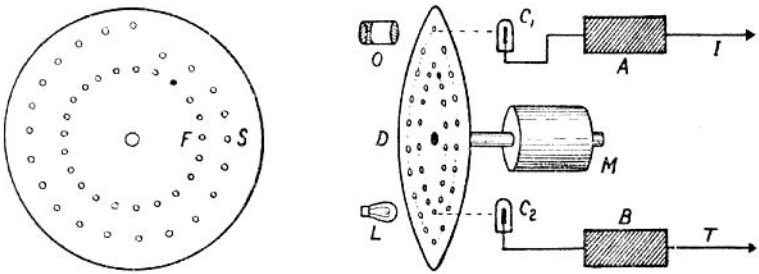


Fig. 50.

Ensemble émetteur utilisant un disque à double série de perforations pour l'analyse et les tops de synchronisation.

Nous retrouvons à la figure 50 le disque de Nipkow, dont nous connaissons le fonctionnement, mais muni d'une

seconde série de perforations concentriques F, c'est-à-dire également éloignées du centre. Le nombre de ces trous est égal à celui de la spirale S, qui représente le nombre de lignes à explorer ; l'avant-dernier restant toutefois obstrué (nous dirons pourquoi ultérieurement).

La partie droite schématise l'ensemble émetteur utilisant ce disque analyseur D, entraîné par M.

L'image de la scène est projetée sur le disque par l'objectif O, dans les conditions indiquées précédemment : la cellule de modulation C_1 est impressionnée par les rayons lumineux plus ou moins vifs qui traversent les perforations et engendrent des courants électriques d'intensité variable, qui sont amplifiés par A et transmis à l'émetteur par le câble de liaison I. Ceci est connu ; nous ne nous y attardons pas.

La seconde série de perforations F du disque a pour but de fournir un signal bref et puissant, dit « top » de synchronisation, au moment où chaque trou de la spirale S quitte l'image.

Donc, à la fin de chaque ligne explorée, un trou de la circonférence F passe devant une cellule photo-électrique spéciale C_2, dite cellule de tops et provoque un courant électrique, qui est amplifié en B et transmis à un mélangeur qui le combine à la modulation du câble I.

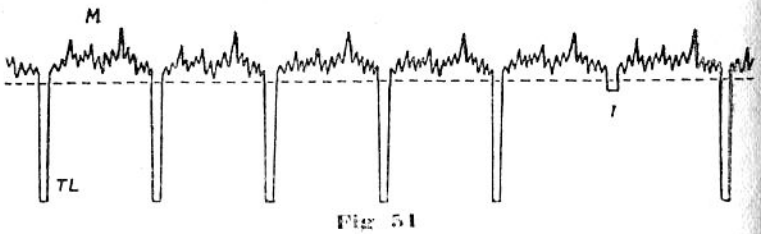


Fig. 51

Courant modulé et tops de synchronisation.

La succession de ces signaux constitue les tops de ligne et l'absence de l'un d'eux, celui qui correspond à l'avant-dernière ligne de l'image, constitue le signal de synchronisation d'image.

La fig. 51 représente le courant obtenu à la sortie de

l'amplificateur final, avant sa superposition au courant de haute fréquence émis par l'oscillateur de la station d'émission.

Les longues pointes inférieures TL schématisent les tops de ligne engendrés par les rayons de la lampe L frappant la cellule C_2 à travers les perforations concentriques F.

Entre chacune de ces pointes se trouve la modulation de ligne figurée en aspérités irrégulières et provoquée par la projection de O sur la cellule C_1 à travers les perforations en spirale.

Le signal manquant I correspond au top de synchronisation d'image, ou plutôt prépare le déclenchement de ce signal qui, en réalité, est commandé par le dernier top de ligne.

Nous verrons, dans le chapitre de la réception, comment sont utilisés les courants spéciaux correspondant à ces signaux de synchronisation et à la modulation proprement dite.

Précisons toutefois dès maintenant que les amplificateurs A et B ont pour but de donner une puissance suffisate aux courants, extrêmement faibles, qui sortent des cellules.

Ceux-ci, ainsi que nous l'avons dit, sont incorporés l'un à l'autre dans un mélangeur, puis amplifiés de nouveau à une valeur telle qu'ils puissent moduler d'une façon convenable le courant alternatif de haute fréquence, ou onde porteuse, lancé dans l'espace par la station émettrice de télévision.

Grâce à ces tops réguliers, si une ligne ou une image commence trop tôt, la tension de synchronisation corrige le décalage et remet la modulation à « l'heure exacte ». Ainsi se trouve assuré le rythme normal de la reconstitution.

Dans les procédés de transmission qui n'utilisent pas le disque de Nipkow, les tops sont provoqués par des moyens différents, sur lesquels nous pourrons revenir, le cas échéant ; mais la technique reste la même : envoi d'un signal à la fin de chaque ligne, envoi d'un autre signal à la fin de chaque image, assurant le contrôle permanent de la réception.

Le Poste émetteur de Télévision

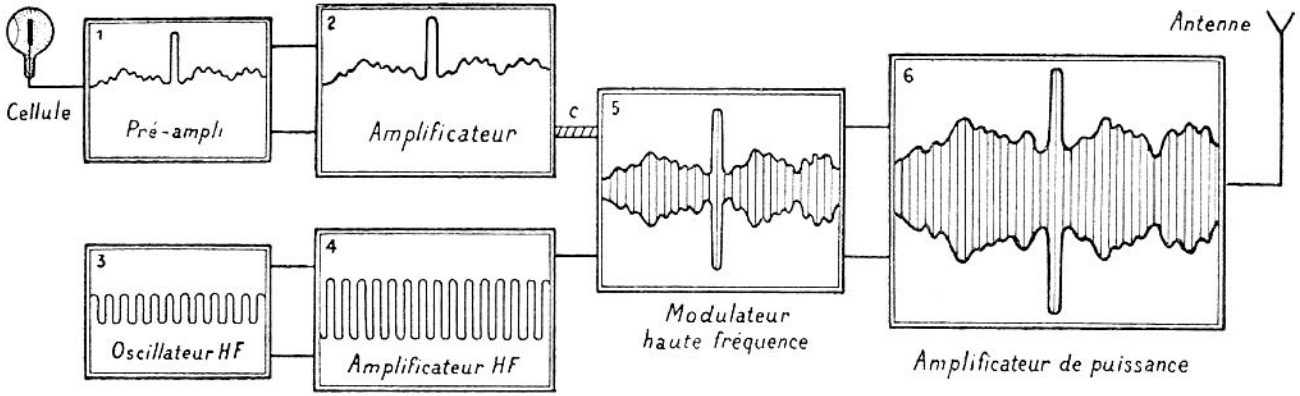


Fig. 52.

Modifications successives des courants au poste émetteur

La cellule photo-électrique donne naissance à un courant électrique modulé dans lequel sont incorporés les tops. Ce courant est amplifié en 1 et en 2, afin de pouvoir lui-même moduler l'onde porteuse. Celle-ci est fournie par un maître oscillateur, sous forme de courant alternatif à haute fréquence (3), qui est amplifié par des étages HF (4).

L'étage modulateur (5) superpose la modulation photo-électrique, amenée du studio par le câble C, et ce courant HF, pour donner naissance à un courant alternatif modulé, qui subit une importante amplification en 6, avant d'être diffusé dans l'espace, par l'antenne d'émission, sous forme d'ondes électromagnétiques.

Mécanisme de l'Emission

Pour préciser les idées, nous ne croyons pas superflu, en terminant ce chapitre, de reproduire dans un schéma général les transformations successives subies par le courant électrique originel, depuis sa sortie de la cellule photo-électrique jusqu'au moment de sa diffusion par l'antenne émettrice.

Nous figurons tout d'abord la cellule, qui donne naissance, nous le savons, à un courant électrique d'intensité variable auquel se trouvent incorporés les tops de synchronisation de lignes et d'images.

Le courant modulé ainsi obtenu subit une première amplification (1) à la sortie même de la cellule ; puis il est dirigé vers un amplificateur spécial (2) qui lui donne la puissance nécessaire à la bonne modulation de l'onde porteuse.

Il est indispensable, en effet, de donner un « support » à ce courant de basse fréquence qui ne possède aucune des qualités nécessaires pour être diffusé dans l'espace.

C'est alors qu'entre en action le poste émetteur proprement dit.

Celui-ci produit un courant alternatif à très haute fréquence qui est schématisé par la ligne sinusoïdale 3. Cette onde porteuse est obtenue à l'aide d'une lampe oscillatrice, contrôlée par un maître oscillateur au quartz, qui en stabilise la fréquence.

Elle est ensuite amplifiée en 4, puis « modulée » symétriquement (5) par superposition de la modulation photo-électrique (2), apportée par câble spécial (C) du studio.

Le courant alternatif à haute fréquence ainsi modulé, est amplifié au maximum en 6, puis dirigé vers l'antenne émettrice, qui a pour rôle de créer dans la masse éthérée des ondes électromagnétiques capables d'influencer à distance les antennes de réception.

TRANSMISSION

Les images et les scènes télévisées se transmettent selon les mêmes méthodes que les concerts radiophoniques.

Ainsi que nous venons de le voir, l'onde-support lancée dans l'espace est modulée par les variations d'intensité électrique fournies par la cellule photo-électrique, comme elle l'est, en radio, par les variations du courant microphonique de l'auditorium.

Mais ici s'arrête la similitude, car les conditions de transmission sont loin d'être identiques.

Fréquences de modulation — On sait qu'en radiophonie, chaque poste est caractérisé par une onde porteuse dont la fréquence, avant toute modulation, est rigoureusement déterminée.

Si le poste fonctionne sur 500 mètres de longueur d'onde par exemple, sa fréquence sera la suivante (étant donné que les ondes électromagnétiques, comme les ondes lumineuses, parcourent 300.000.000 de mètres par seconde) : 300.000.000 : 500 = 600.000 périodes ou 600 kilocycles.

A cette fréquence fondamentale s'ajoute la modulation musicale qui s'étend, de chaque côté de la première, en bandes latérales de 4.5 kilocycles. Chaque poste émetteur dispose donc d'une bande de 9 kilocycles autour de sa longueur d'onde nominale.

S'il dépasse cette limite, il risque de provoquer des brouillages avec les postes voisins.

De leur côté, les constructeurs d'appareils radiophoniques du monde entier se sont évertués à construire des récepteurs fondés sur ce principe, c'est-à-dire ayant une *sélectivité* de 9 kilocycles. La musicalité en souffre quelque peu, car certaines fréquences suraiguës ne peuvent trouver place dans cet « espace » trop étroit et sont malheureusement escamotées. Mais la vie en société exige que l'on respecte la place du voisin.

Le problème reste le même en télévision, mais sur des données bien différentes.

Nous avons vu que pour transmettre une image, il fallait la décomposer en un nombre de points aussi élevé que possible, afin d'obtenir la finesse désirable à la réception.

Si nous voulons maintenant que cette image soit animée, il va falloir que nous en passions un certain nombre d'aspects par seconde, comme au cinéma.

On sait, en effet, que dans le cinéma, ce ne sont pas des « images animées » proprement dites que l'on projette sur l'écran de la salle, mais une succession d'images « fixes » légèrement différentes les unes des autres.

L'œil ne peut distinguer chacune d'elles, par suite d'une imperfection dont nous avons parlé : la persistance rétinienne, propriété que possède la rétine de conserver pendant un dixième de seconde environ l'impression laissée par le sujet observé.

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 au cerveau 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 au minimum 25 images par seconde pour obtenir une reproduction de qualité. Mais alors que, dans le cinéma, chacune d'elles est projetée en entier, ici la trasmission se fait point par point.

Or, comme une analyse à moyenne définition (180 lignes par exemple) représente environ 40.000 points par image, c'est donc, en résumé 1.000.000 de points qui devront défiler devant l'objectif en l'espace d'une seconde, et par conséquent 1.000.000 de variations électriques qui seront fournies par la cellule pour moduler l'onde porteuse de l'émetteur.

La fréquence de modulation devrait donc être théoriquement de 1.000.000 de périodes, ou de 1.000 kilocycles. Mais en pratique, on n'utilise, en télévision, que la demi-période du signal de modulation, étant donné qu'on tra-

duit uniquement des contrastes. La fréquence se trouve donc fixée à 500 kilocycles.

Nous voilà bien loin des 9 kilocycles qui caractérisent les transmissions de T.S.F. !

Et nous ne sommes qu'à un début. On verra d'ailleurs à la fin de ce chapitre que les normes provisoires de télévision, pour la période 1938-1941, fixent l'analyse à environ 450 lignes.

Mais pour faciliter cet exposé, tenons-nous en, pour l'instant, à 180 lignes.

La plage occupée dans l'espace par ces oscillations s'étale donc 50 fois plus (en chiffre rond) qu'une émission musicale, et l'émission de télévision accapare, dans l'éther, la place de 50 stations de radiophonie.

Grave problème, et qui ne fait qu'amorcer cependant la série des difficultés à vaincre !

En effet, nous n'avons envisagé jusqu'alors que les fréquences de modulation. Or, la fréquence de l'onde porteuse doit être dix à quinze fois plus élevée que celles-ci pour pouvoir être modulée convenablement par les courants provenant du studio. C'est d'ailleurs ce qui se passe également en radio.

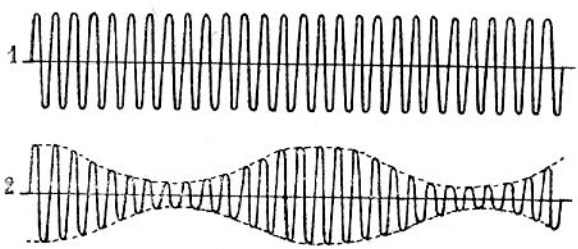


Fig. 55.

Les hôtes de l'éther.

1. — Onde porteuse en l'absence de toute modulation.
2. — Même onde modulée par le courant photoélectrique.

Examinons la fig. 55, afin de préciser les idées. La gravure 1 représente les oscillations alternatives de l'onde porteuse en l'absence de toute modulation. La gravure 2 nous montre cette même onde ondulée par le courant photoélectrique.

Il ressort clairement du schéma que chaque période de la modulation, représentée par la ligne pointillée,

contient un certain nombre de périodes de l'onde-support. En nous basant sur une fréquence dix fois plus élevée, la fréquence de modulation, dans le cas précité, étant de 500 kilocycles, ou de 500.000 périodes, celle de l'onde porteuse sera donc au moins de 5.000.000.

Examinons maintenant la question au point de vue des longueurs d'onde qu'il est possible d'attribuer à l'émetteur.

Longueurs d'onde. — On sait que les ondes électromagnétiques parcourent 300.000.000 de mètres pas seconde. Comme l'émetteur doit lancer dans l'espace 5.000.000 d'ondes pendant ce même temps, chacune d'elles pourra avoir au plus 300.000.000 : 5.000.000 = 60 mètres pour l'analyse envisagée (180 lignes).

Il faut donc exclure de prime-abord les grandes, moyennes et petites ondes pour cette transmission.

Mais cette longueur de 60 mètres ne peut être retenue davantage, car une station possédant ces caractéristiques encombrerait l'éther d'une façon intolérable.

Afin de nous baser sur des chiffres précis, calculons le nombre de stations de télévision qu'il serait possible de « loger » dans la plage comprise entre 10 et 100 mètres.

Une longueur d'onde de 10 mètres correspond à une fréquence de 300.000.000 : 10 = 30.000.000 périodes ou 30.000 kilocycles. Celle de 100 mètres correspond à 3.000 kilocycles. Nous disposons donc de

$$30.000 - 3.000 = 27.000 \text{ kilocycles}$$

entre ces deux pointes extrêmes.

Or, nous avons montré que, dans le cas envisagé, la fréquence de l'onde porteuse s'étale sur 5.000 kilocycles.

Il y aurait donc place pour 27.000 : 5.000 = 5 stations de télévision seulement (en chiffre rond) dans cette plage de 10 à 100 mètres... et il faudrait supprimer tout le broadcasting des ondes courtes de radiophonie, ce que l'on ne peut naturellement envisager.

Au-dessous de 10 mètres, les conditions deviennent plus acceptables : ainsi les mêmes calculs nous montreraient qu'entre 1 et 10 mètres de longueur d'onde, il y aurait place pour 50 stations émettrices.

Nous voyons donc que les possibilités sont de plus en plus grandes, à mesure que l'on se rapproche des ondes très courtes.

En fait, le service des P.T.T. a choisi l'onde de 6^m52, après quelques essais à basse définition.

Champ. — Cette question de longueur d'onde étant résolue, une autre difficulté apparaît, découlant des premières : celle du rayonnement des ondes très courtes.

Ces vibrations, en effet, se comportent un peu comme les ondes lumineuses et ne permettent d'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.

En principe, elles ne porteraient donc pas plus loin qu'un phare, les obstacles interposés constituant autant d'écrans qui limitent leur parcours.

Si ces données étaient rigoureusement exactes, il faudrait envisager la construction de centaines d'émetteurs pour desservir toute la France.

Mais certaines constatations permettent d'affirmer que les ondes très courtes ont été reçues beaucoup plus loin et qu'il n'y a pas analogie absolue entre celles-ci et les ondes lumineuses.

Il semblerait donc, à priori, qu'avec des émetteurs puissants, on pourrait obtenir des « champs » beaucoup plus étendus. Mais là encore réapparaît le caractère acariâtre des ondes ultra-courtes : plus elles diminuent de longueur, plus elles sont rebelles à l'amplification.

Ainsi donc la télévision se heurte présentement à des exigences contradictoires. D'une part, l'œil réclame un nombre de lignes de plus en plus grand, afin d'obtenir des épreuves parfaitement modelées, ce qui entraîne l'utilisation d'ondes de plus en plus courtes.

D'autre part, la transmission de ces ondes à longue distance exige une énorme amplification, à laquelle elles sont essentiellement réfractaires.

Les progrès à réaliser sont donc contenus dans cette formule : obtenir une amplification de plus en plus puissante avec des fréquences de plus en plus élevées.

Faisons confiance à nos techniciens qui travaillent opiniâtrement à résoudre ce problème.

RÉCEPTION

La réception d'une scène, en télévision, consiste à reconstituer celle-ci point par point, comme nous l'avons indiqué pour l'enregistrement des images fixes. Toutefois ici, plus de cylindre ni de papier photographique laissant une trace matérielle ; mais un simple rayon lumineux, fugitif et rapide, qu'il s'agit d'utiliser dans les meilleures conditions.

La reconstitution de la scène doit donc être telle que l'œil ait la vision de tous ses points en un temps inférieur à la persistance rétinienne. En fait, nous avons dit que le sujet était analysé en un vingt-cinquième de seconde (nous délaissons momentanément les explorations plus rapides) ; c'est donc en ce temps très court que doit avoir lieu la réception.

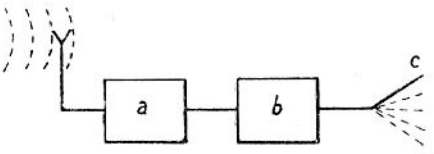


Fig. 57

Schéma général de réception.
a) Captation et amplification
b) Traduction courant-lumière
c) Reconstitution des images.

Celle-ci comportera les opérations suivantes (fig 57) :

a) — Captation des ondes, amplification HF, (changem. de fréquence éventuel), détection, amplification BF ;

b) — Traduction du courant modulé en faisceau lumineux présentant des variations d'intensité proportionnelles ;

c) — Reconstitution de l'image par regroupement des points dans un ordre semblable à celui de l'émission, avec système de synchronisation.

On voit que la similitude des réceptions de télévision et de T.S.F. se limite à la première partie : dans les deux cas, les ondes reçues sont amplifiées en haute fréquence, détectées et amplifiées en BF. Mais, tandis qu'en radio, le courant de sortie est transformé en ondes sonores par un haut-parleur, en télévision, il devient un flux lumineux dont nous allons voir l'utilisation.

a) LE RÉCEPTEUR

La nécessité de recourir aux très hautes fréquences pour la transmission des scènes exige la construction de récepteurs spéciaux, appropriés aux ondes très courtes et capables de laisser passer toute la modulation.

Il résulte donc de cette double obligation que les montages de radiophonie les plus perfectionnés sont inaptes à cette réception. Et ceci pour une double raison.

En premier lieu, leurs caractéristiques s'opposent à la captation et à l'amplification des ondes très courtes, puisque les plus perfectionnés ne peuvent « descendre » au-dessous de 15 mètres de longueur d'onde.

En second lieu, ils sont beaucoup trop sélectifs pour permettre le passage de la large bande de modulation qui leur est fournie. Cette seconde raison est même de nature à créer une sorte d'antagonisme entre ces deux types de récepteurs.

Au cours de ces dernières années, les constructeurs d'appareils de T.S.F. se sont évertués à augmenter la sélectivité de leurs montages. Les postes à résonance, d'une sélectivité de 15 à 20 kilocycles, ont été abandonnés parce qu'ils ne permettent plus de « séparer » les stations, devenues trop nombreuses.

Et les changeurs de fréquence, réglés sur 9 kilocycles, ont acquis peu à peu une suprématie indiscutée sur le marché mondial.

Or, c'est la préoccupation inverse qui doit hanter les constructeurs d'appareils de télévision. La bande passante étant très large, la courbe de résonance de chaque étage (fig. 72 de « *La T.S.F. à la portée de tous* », tome I), doit être très aplatie.

Il en résulte une diminution de rendement du récepteur, qui doit posséder, par suite, un nombre d'étages plus grand ; mais c'est un mal nécessaire.

On trouvera plus loin les moyens utilisés pour livrer passage à cette bande de modulation.

Nous limitons à ces idées générales la présentation des récepteurs, et réservons pour la partie pratique les détails de construction et de mise au point.

b) TRADUCTEURS COURANT-LUMIÈRE

Comme nous l'avons fait pour l'émission, nous envisagerons successivement les procédés mécaniques et les méthodes modernes, pour la traduction du courant d'intensité variable en luminosité proportionnelle, bien que les premiers tendent à être abandonnés.

I. — Procédés mécaniques.

Les procédés mécaniques jouissent cependant de l'avantage d'être simples et économiques, mais leur matérialité même constitue leur plus grave inconvénient.

Pour des analyses de 30 et même 60 lignes, ils pouvaient encore rendre de très utiles services ; mais à mesure que s'accroît la finesse d'exploration, ils deviennent inefficaces comme possédant trop d'inertie et donnant une luminosité insuffisante.

Disque spirale et lampe au néon. — Dans cet ordre d'idées, il paraît logique d'utiliser à la réception des dispositifs semblables à ceux de l'exploration, mais opérant en sens inverse. C'est ainsi que le disque spirale de Nipkow peut servir de nouveau dans les systèmes à basse définition.

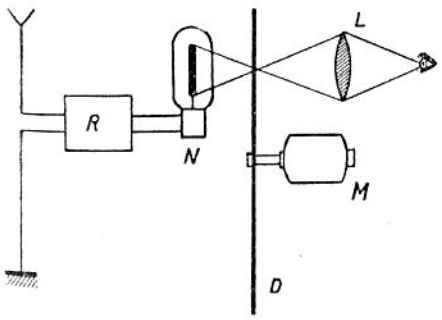


Fig. 58
Récepteur de télévision
à lampe au néon et disque spirale.

Cet organe est utilisé, conjointement avec une lampe au néon, qui jouit de la propriété, avons-nous dit, de donner une luminescence proportionnelle à la tension qui est appliquée à ses électrodes.

La fig. 58 donne le schéma de principe du dispositif employé.

Les ondes captées par l'antenne sont amplifiées et détectées par le récepteur R, qui transmet à

la lampe au néon N un courant d'intensité variable correspondant aux divers points de la scène transmise.

Un disque spirale D, entraîné par le moteur M, tourne rapidement devant cette lampe. Les luminosités transmises par les perforations successives sont dirigées vers l'œil par la lentille L : chaque trou du disque reproduit une ligne de la scène avec les intensités correspondant à chaque point.

Toutes les lignes de l'image défilant ainsi très rapidement devant l'œil, la rétine en conserve un souvenir global et donne l'impression d'une scène complète.

Si 25 scènes sont ainsi transmises par seconde, nous avons non seulement l'illusion de voir une image entière, mais également l'animation de celle-ci.

Cellule de Kerr. — Le système précédent a le grave défaut de ne donner qu'une luminosité médiocre, car la luminescence de la lampe n'est pas bien vive.

La cellule de Kerr permet, au contraire, l'emploi d'une source lumineuse constante, qui peut être une forte lampe à incandescence ou même l'arc voltaïque. Le rendement est naturellement meilleur.

Pour expliquer l'effet Kerr, il faudrait s'étendre sur la polarisation de la lumière, ce qui nous entraînerait trop loin. Retenons seulement que cette cellule joue le rôle d'un modulateur livrant passage à plus ou moins de lumière selon la tension appliquée entre ses électrodes.

Roue à miroirs. — Voici encore un autre dispositif, la roue à miroirs, qui faisait partie du système Baird.

Le tambour de cette roue est garni d'autant de miroirs qu'il y a de lignes à explorer dans l'image.

Mais tous ces réflecteurs sont montés sous un angle différent par rapport à l'axe de la roue, de sorte que chacun d'eux peut retracer, sur un écran, une ligne de la scène explorée.

Il suffit de projeter sur ces miroirs tournants un faisceau lumineux modulé par une cellule de Kerr pour obtenir la reconstitution du sujet.

Nous allons aborder maintenant les méthodes modernes.

II. — Procédés modernes.

Pour permettre la télévision à haute définition, 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 désigné sous le nom d' « oscillographe cathodique ».

L'Oscillographe cathodique.

Cet organe a une étroite parenté avec l'Iconoscope, dont nous avons expliqué la constitution et le fonctionnement. Dans celui-ci, en effet, un flux électronique, issu d'une cathode, balaie l'écran-mosaïque sur lequel on a projeté l'image à transmettre ; dans le tube cathodique, ce même faisceau, d'origine identique, balaie un écran fluorescent en reconstituant les éléments de l'image initiale.

Nous allons étudier en détail cet oscillographe qui constitue la pièce maîtresse des récepteurs modernes de télévision.

Principe. — Avant d'en entreprendre la description, il est bon de rappeler le fonctionnement d'un tube à vide dont la lampe de T.S.F. est le prototype.

On sait qu'une cathode (ou filament) portée dans le vide à une certaine température émet des électrons, qui s'agitent autour d'elle et peuvent même la quitter s'ils se trouvent attirés par une plaque métallique (ou anode) à laquelle on applique une tension positive suffisamment élevée.

Dans une lampe de radio, les électrons sont émis d'une manière diffuse par le filament et se rendent à la plaque en un faisceau qui tend à s'étaler en éventail.

Le courant ainsi établi par ces corpuscules porte le nom de courant anodique.

Si une telle plaque est percée d'un petit trou, avons-nous dit en parlant de l'iconoscope, la plupart des électrons sont

arrêtés par celle-ci ; mais un certain nombre d'entre eux passent par l'ouverture et continuent leur marche au-delà de cette plaque, ainsi que l'indique la figure 59-I.

Plaçons maintenant en avant de la cathode *c* un cylindre *L* jouant le rôle de grille et porté à un assez fort potentiel négatif. Les électrons sont toujours attirés par l'anode positive *a* ; mais comme ils sont constitués par des charges né-

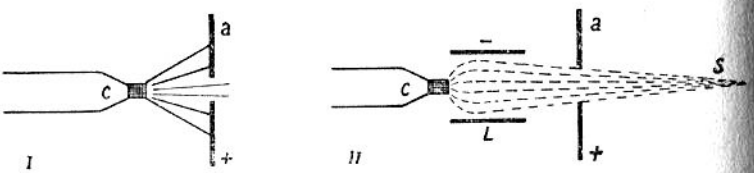


Fig. 59

Trajectoires électroniques

I. — Sans grille. II. — Avec grille.

gatives, ils s'éloignent du cylindre, car deux électricités de même nom se repoussent. Ils se groupent donc en un mince filet, suivant l'axe du cylindre, et traversent la perforation de l'anode, pour se concentrer au point S qui devient extrêmement brillant (fig. 59-II).

Tel est le principe sur lequel est basé le fonctionnement de l'oscillographe cathodique.

Description. — Ce tube est en verre spécial très résistant et affecte, d'une façon générale, la forme d'une massue ; la partie de plus grand diamètre constitue l'écran *E*, c'est-à-dire l'endroit où l'on observe les images. La partie de plus petit diamètre est le culot de montage, qui contient tous les organes de commande du faisceau lumineux.

La figure 60 représente schématiquement cet ensemble. On distingue, de gauche à droite, le filament chauffant *F*, qui a pour rôle de porter la cathode émettrice d'électrons (non représentée) à une température suffisante, selon le principe des lampes de T.S.F. à chauffage indirect.

Puis vient le cylindre *C*, appelé cylindre de Wehnelt, qui entoure la cathode et se prolonge en avant. Cet organe reçoit une tension négative d'environ 200 volts.

En *A* se trouvent plusieurs plaques perforées ou anodes (nous n'en avons représenté qu'une seule) dont le potentiel positif est de plus en plus élevé : la première ayant, par exemple, une tension de 400 volts, et la seconde, de 1.000 à 2 000 volts, selon les modèles de tubes. Il peut y en avoir une troisième.

Puis viennent ensuite deux séries de plaques P_1P_2 et V_1V_2, disposées perpendiculairement, qui ont pour rôle de déplacer de gauche à droite et de haut en bas le faisceau cathodique.

Nous voyons enfin en E l'écran fluorescent qui peut s'illuminer sous l'influence du rayon lumineux. La nature de la matière active déposée sur le verre détermine la couleur de la lumière émise.

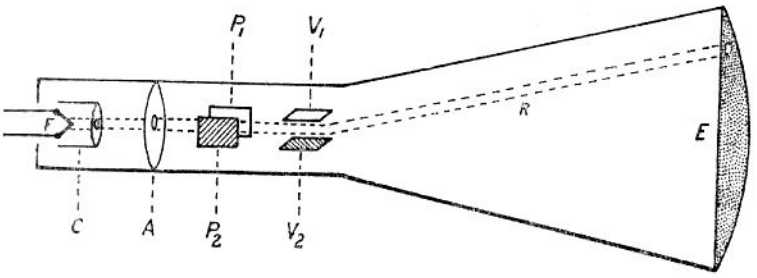


Fig. 60
Tube récepteur à rayons cathodiques.

Il existe des tubes de différents diamètres, les plus grands donnant une image de 18 × 24 centimètres. Ces derniers opposent des difficultés de fabrication considérables, car ils doivent supporter des pressions de l'ordre de la tonne.

Fonctionnement. — Il nous reste à ajouter quelques mots sur le fonctionnement de ce tube.

La cathode émet le faisceau lumineux qui est violemment attiré par la charge positive des anodes. Ce flux électronique tendrait à s'éparpiller ; mais la forte tension négative du cylindre de Wehnelt C exerce une répulsion sur les électrons qui se concentrent en un mince filet et passent par la perforation des anodes accélératrices *A* pour atteindre

E à une vitesse de plusieurs dizaines de milliers de kilomètres par seconde.

Le jeu combiné du cylindre et des anodes permet d'obtenir sur l'écran une tache lumineuse relativement vive, appelée « spot » qui est d'une précision de pointe de crayon.

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 ledit 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, pour cette raison, plaques de déviation.

Nous préciserons leurs effets dans le chapitre suivant qui traite de la « reconstitution de l'image ». Disons toutefois, dès maintenant, que le premier jeu déplace le faisceau dans le sens horizontal, tandis que le second commande les mouvements verticaux. Leur action combinée permet donc de faire suivre au spot les lignes successives qui ont été explorées par les organes d'analyse du poste d'émission.

Pour être en possession de toutes les données, il nous reste à parler de l'alimentation de l'oscillographe.

Alimentation. — Le dispositif d'alimentation du tube doit fournir les tensions suivantes : tension de chauffage, tension de polarisation de la grille (cylindre W) et tensions anodiques.

Il ne se distingue donc pas considérablement de la partie alimentation d'un poste de radio, si ce n'est en la valeur plus élevée des tensions d'anodes.

Notons ce détail toutefois que, dans les tubes cathodiques, le point le plus positif est à la masse, tandis que dans les appareils de T.S.F., la « masse » correspond au — HT.

Il va sans dire que les problèmes d'isolement et de filtrage nécessitent les mêmes précautions et doivent être résolus avec tout le soin désirable.

La fig. 61 montre la méthode utilisée pour l'alimentation de l'oscillographe. Les différentes tensions sont prises sur le diviseur potentiométrique $P_1R_1P_2R_2$, la partie gauche

représentant le — HT et la partie droite, le + HT, en même temps que la masse.

Ainsi qu'on peut s'en rendre compte, le cylindre de Wehnelt W, qui joue le rôle de grille de commande (et qui est représenté sous cette forme), est polarisé négativement, par rapport à la cathode F, à l'aide des sections potentiométriques P_1R_1 qui peuvent fournir une tension de — 10 à — 200 volts.

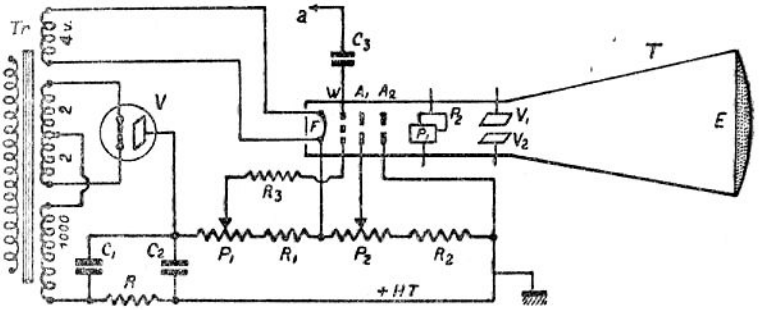


Fig. 61

Alimentation de l'oscillographe cathodique.

La première anode A_1 est portée à un potentiel d'environ 400 volts par P_2, tandis que la seconde anode A_2 reçoit la haute tension maxima.

Le réglage des curseurs de grille et de première anode se fait une fois pour toutes, au moment de la mise au point du récepteur.

La partie gauche de la gravure montre le transformateur d'alimentation Tr et ses circuits.

Remarquons en terminant que le cylindre de Wehnelt W reçoit non seulement une tension de polarisation de P_1, destinée à amincir le faisceau lumineux, mais également la modulation d'images du récepteur proprement dit, par la connexion *a* ; celle-ci agit à tout instant sur la luminosité du spot, qui se trouve ainsi « modulé » et donne une copie fidèle des « points » de l'émission.

c) RECONSTITUTION DU SUJET

« Balayage » de l'écran

Nous avons dit précédemment que le spot, même modulé, ne serait d'aucune utilité s'il devait rester immobile sur l'écran.

Le principe même de la reconstitution du sujet exige qu'il se déplace avec une très grande rapidité sur la surface fluorescente. Il doit « balayer » celle-ci horizontalement pour tracer les lignes successives, et presque verticalement, en fin d'image, pour reprendre sa position première (fig. 64).

Comment peut-on lui imprimer ce double mouvement? C'est là, précisément, qu'interviennent les plaques de déviation $P_1P_2V_1V_2$ (encore nommées plaques déflectrices) des fig. 60 et 61, reproduites à la fig. 63.

Considérons, par exemple, la plaque P_2. Si nous appliquons sur elle une tension positive de 300 ou 400 volts, le faisceau lumineux F (composé d'électrons négatifs) subira une attraction, en vertu de l'affinité de deux électricités de noms contraires, et le spot se déplacera vers la droite de l'écran.

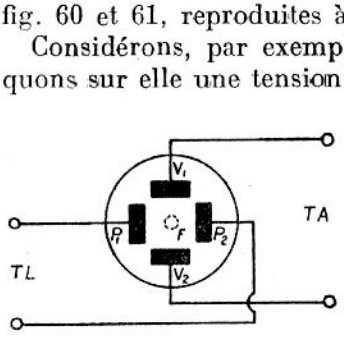


Fig. 63

Plaques de déviation commandant les mouvements du faisceau électronique.

En fin de course, si la tension positive de P_2 cesse brusquement pour être appliquée sur P_1, le faisceau se trouve reporté à la partie gauche de l'écran, après avoir tracé une ligne sur ce dernier. On peut ainsi faire balayer l'écran d'une façon continue, en appliquant à ces plaques des tensions alternatives appropriées.

Le couple V_1V_2 agit de même, mais dans le sens vertical et avec une vitesse beaucoup moins rapide, car il n'y a qu'un seul déplacement vertical (en fin d'image) pour 180 déplacements latéraux (dans l'analyse à 180 lignes).

Etudions, maintenant, d'un peu plus près les mouvements réels auxquels le faisceau doit être soumis. Pour reproduire la première ligne de l'image, il faut que P_2 l'attire *progressivement* vers la droite de l'écran, en lui laissant le temps d'égrener sur ce dernier la suite des points qui constitue la modulation de ligne.

Parvenu à bout de course, le spot doit revenir, non plus progressivement, mais, cette fois, *instantanément*, à sa position première, afin de tracer la seconde ligne.

Nous en déduisons qu'une tension « croissante » doit être appliquée à P_2, pour cesser « brusquement » à chaque fin de ligne.

Il en est de même pour V_2 : une tension croissante fournie à cette plaque attirera insensiblement le faisceau vers le bas de l'écran, et aura pour effet de placer les unes au-dessous des autres les lignes tracées par le spot. Mais, en fin d'image, il est indispensable que le « crayon » lumineux soit reporté brusquement à la partie supérieure de l'écran fluorescent.



Fig. 64
Déplacements du faisceau lumineux

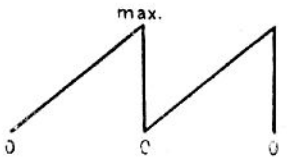


Fig. 65
Tension d'oscillation en dents de scie

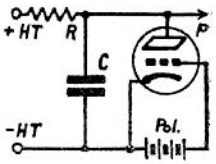


Fig. 66
Montage du thyratron.

Le montage le plus simple que l'on puisse imaginer pour obtenir cette tension spéciale dite « en dents de scie », représentée à la fig. 65, consiste à charger un condensateur à travers une résistance et à décharger périodiquement cet organe à l'aide d'un court-circuit.

Un contact rotatif pourrait être utilisé pour décharger le condensateur ; mais on retombe alors dans les procédés mécaniques qu'il y a lieu d'éliminer, autant que possible, des récepteurs modernes.

Il est préférable de faire appel aux propriétés spéciales que possèdent les lampes au néon, dont nous avons parlé

précédemment, ou mieux, aux thyratrons, tubes à atmosphère gazeuse, dont le montage est indiqué à la figure 66.

Thyratron. — Un condensateur C est chargé à travers une résistance R. Lorsque la tension atteint une certaine valeur — tension qui est la même entre le filament et la plaque de la lampe — le phénomène d'ionisation se produit dans le thyratron : l'ampoule s'illumine ; la résistance interne de cette lampe, qui était très grande au repos, devient presque nulle et le condensateur se décharge à travers la lampe, qui la met, pour ainsi dire, en court-circuit.

La tension étant tombée à zéro, l'ionisation cesse, la résistance du thyratron augmente, le condensateur se recharge et le phénomène recommence : on obtient ainsi la tension en dents de scie évoquée précédemment.

Le point d'ionisation du thyratron est subordonnée à la tension négative appliquée à la grille ; celle-ci est réglée par la pile de polarisation *Pol.* La décharge peut donc être ajustée exactement au rythme de la succession des lignes de l'exploration.

Si on relie le point *p* à l'une des plaques de déviation du tube cathodique, la tension de cette plaque augmente et disparaît à la même cadence, faisant effectuer un mouvement de va-et-vient au faisceau lumineux.

Il faut nécessairement un thyratron de lignes commandant les plaques P_1P_2 (fig. 60 et 63) et un thyratron d'images fournissant les impulsions nécessaires au second jeu de plaques V_1V_2.

Les deux dispositifs qui assurent les déplacements horizontaux (lignes) et verticaux (images) du spot sont appelés « oscillateurs de relaxation » ou encore « bases de temps », termes qui s'expliquent par eux-mêmes.

Pour l'instant, nous pourrions passer sous silence la description de ces organes et nous en tenir aux généralités exposées ; mais, estimant que nos lecteurs, seront heureux d'en avoir un aperçu dès maintenant, nous en résumons le mécanisme au chapitre suivant.

Les non initiés pourront d'ailleurs délaisser provisoirement ces données.

Oscillateurs de relaxation. — La fig. 67 représente des oscillateurs de relaxation dont les valeurs correspondent au récepteur d'étude 60 lignes — 25 images, décrit au début du chapitre « Construction d'appareils ».

A gauche, se trouve le transformateur d'alimentation Tr dont l'enroulement inférieur *ff* assure le chauffage du filament des thyratrons L_6 et L_7. Une haute tension d'environ 650 volts 20 millis est fournie par les deux autres enroulements, la valve, la self S et les condensateurs de filtrage C_3C_4.

Au centre, figurent les plaques de déflection (ou de déviation); nous les avons représentées en pointillé, parce qu'elles ne font pas partie des oscillateurs, mais se trouvent placées dans le tube cathodique lui-même.

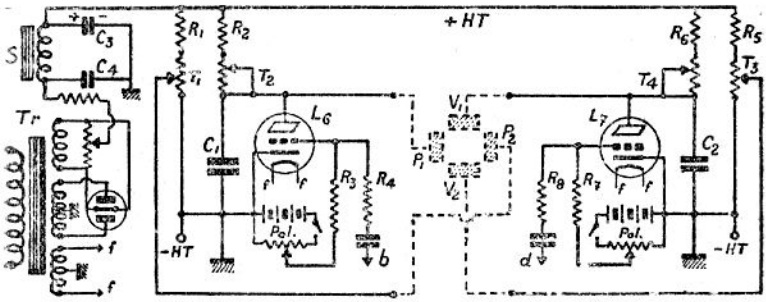


Fig. 67

Schéma de principe des oscillateurs de lignes et d'images.

Ainsi qu'on peut le constater, les deux groupes de déplacements sont identiques comme disposition générale et se distinguent seulement par la valeur des organes utilisés, dont dépend la fréquence des oscillations.

Dans l'oscillateur de lignes, nous voyons le condensateur C_1, de 0.5/1000 et la résistance correspondante, constituée par une résistance fixe R_2, de 2 mégohms, et un potentiomètre T_2, de 0.5 mégohm.

Dans l'oscillateur d'images, ces valeurs deviennent, pour C., 20/1000, pour R_6 et T_4, 5 et 0.5 mégohms.

L'interposition des résistances fixes R_2 et R_6 s'oppose à la charge brusque des condensateurs et fournit la tension progressive nécessaire.

On remarquera que les plaques P_1 et V_1 seules reçoivent cette tension du thyratron correspondant ; les autres plaques P_2 et V_2 ont des tensions fixes qui leur sont fournies par les résistances R_1 et R_5, de 1 mégohm, et les potentiomètres T_1 et T_3, de 0.5

mégohm. Le réglage de ces derniers (effectué une fois pour toutes) permet d'obtenir le cadrage parfait de l'image.

Les piles de polarisation sont de 12 volts ; un curseur donne la possibilité de fournir aux grilles la tension convenable. Ce réglage a une grande importance, car on sait que le point d'amorçage des thyratrons dépend de cette polarisation. Les résistances R_3 et R_7 valent chacune 5000 ohms.

Les circuits *b* et *d*, dont nous parlerons dans un instant, transmettent aux grilles des thyratrons les tops de lignes et d'images qui doivent assurer le parfait synchronisme de l'émission et de la réception.

Afin de donner une idée précise du mécanisme de balayage qui vient d'être exposé, nous résumons ci-après le fonctionnement des oscillateurs de relaxation.

Le condensateur C_1 se charge progressivement par les résistances R_2 et T_2 ; la plaque de déviation P_1 se charge parallèlement et fait décrire au spot une ligne horizontale sur l'écran du cathodique. Quand la tension est suffisamment forte, le thyratron L_6 s'ionise et décharge brusquement le condensateur C_1, ce qui supprime la tension positive de P_1 : le spot, relâché » par cette plaque, subit l'attraction de P_2 et revient à son point initial pour décrire une nouvelle ligne horizontale.

Le principe de ces oscillations peut être mis en évidence par une analogie mécanique. La fig. 68 représente un récipient évasé et suspendu au point B.

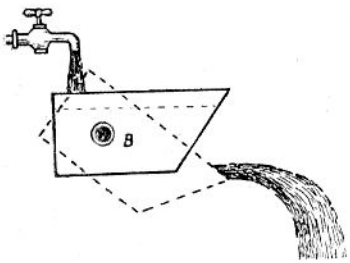


Fig. 68
Analogie mécanique.

Si on laisse couler l'eau du robinet, le centre de gravité du vase se déplace graduellement jusqu'à ce que l'équilibre soit rompu. A ce moment, le récipient bascule, se vide d'un seul coup et revient à sa position primitive.

Pendant le fonctionnement de l'oscillateur de lignes, le condensateur d'images C_2 se charge également, mais à un rythme 60 fois moins rapide (pour une analyse à 60 lignes). La tension croissante qu'il transmet à la plaque V_2 (au lieu de V_1 indiquée par erreur dans la gravure) agit lentement sur le spot qui, au lieu de revenir en fin de ligne exactement à son point initial, est légèrement déporté vers le bas et trace une seconde ligne au-dessous de la première.

Il en sera de même pour les 60 lignes de l'image. A la fin de la dernière ligne, la tension de C_2 est suffisante pour déclencher l'amorçage de L_7. L'attraction de V_2 cesse ; celle de V_1 agit, et le spot revient à son point de départ pour reproduire une nouvelle image de la scène transmise.

La Synchronisation

Ainsi donc, la bonne polarisation des thyratrons, le réglage minutieux des condensateurs et des résistances de charge permet de modeler le rythme de la réception sur celui de l'émission. Mais nous savons qu'un déréglage de quelques millionièmes de seconde suffit pour provoquer des brouillages.

Des dispositifs spéciaux permettent heureusement d'obtenir une concordance absolue et cette régulation automatique est l'un des principaux facteurs de réussite.

Ces organes, dits de « synchronisation », jouent en quelque sorte le rôle de contrôleurs, prenant l'initiative de décharger eux-mêmes les condensateurs à l'instant réglementaire, alors que ceux-ci se trouvent encore insuffisamment chargés.

Mais comment sont renseignés, à leur tour, ces agents scrupuleux ? A cela nous répondrons tout simplement qu'ils « reçoivent l'heure » par radio.

On se souvient qu'à l'émission, un « top », constitué par un signal de forte intensité lumineuse, est envoyé à la fin de chaque ligne (fig. 50).

Il se produit une variation brusque et de grande amplitude dans le circuit de la cellule photo-électrique, qui donne naissance à un courant très bref et plus intense que tout courant de la modulation d'image.

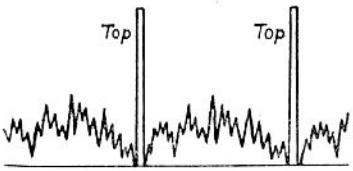


Fig. 70

Modulation d'image avec incorporation des tops

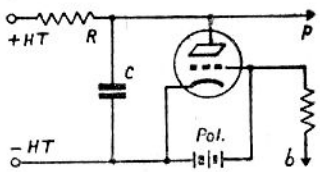


Fig. 71

Transmission du top à la grille du thyratron

Ces impulsions périodiques sont reportées, à l'aide du mélangeur, sur cette dernière, qui présente alors l'aspect schématique de la figure 70.

La raison de cette modulation plus profonde tient à la nécessité de pouvoir séparer, à la réception, les tops de synchronisation du courant d'image.

Les premiers, ainsi que nous allons le voir plus loin, sont dirigés vers les oscillateurs de balayage, tandis que le second va moduler le faisceau cathodique.

Effet des tops. — Examinons donc l'effet produit par un top sur le thyratron de ligne, que nous avons représenté de nouveau à la fig. 71, avec son condensateur C et sa résistance R.

Nous avons dit que cette lampe s'ionise et décharge le condensateur à un instant précis, dépendant à la fois de la tension anodique et de la polarisation de grille.

L'impulsion provoquée par le top de lignes augmente l'amplitude du courant d'antenne. Il se produit une forte tension. Appliqué à la grille du thyratron, ce signal a pour effet de diminuer le courant anodique, donc de provoquer une courte mais importante augmentation de la tension plaque.

Si pour une raison quelconque, le dispositif de réception est en retard sur l'émission (on polarise de telle façon qu'il n'est jamais en avance), cette forte tension plaque déclenche le thyratron à l'instant précis et supprime toute chance de brouillage.

Voyons maintenant ce qui concerne la régulation d'image. La grille du thyratron qui en est chargée est polarisée plus fortement que celle du thyratron de lignes. Cette lampe reste donc insensible aux tops de lignes et ne peut être affectée que par un signal plus puissant.

Or, nous nous souvenons que le top de l'avant-dernière ligne de chaque image est supprimé (fig. 51). Le condensateur continue donc à se charger pendant le parcours de la dernière ligne, et c'est grâce à cette double charge qu'est déclenchée l'ionisation du thyratron d'images.

La parfaite synchronisation des lignes et des images se trouve ainsi assurée, et la reconstitution du sujet s'effectue avec la plus grande précision.

DISPOSITIF DE SYNCHRONISATION.— Comme pour les « bases de temps », nous donnons ici une réalisation des dispositifs de synchronisation.

Les amateurs débutants pourront délaisser cette partie, en première lecture, s'ils le jugent utile.

Les types que nous allons examiner sont loin d'être exclusifs, car les procédés sont nombreux et variés. Notre but est uniquement d'en faire saisir la technique à nos lecteurs.

La fig. 72 donne le schéma d'ensemble des organes et de leur liaison avec le récepteur proprement dit.

Lignes — De ce dernier, nous ne reproduisons que la détectrice en L_3 : c'est une double diode montée en push-pull à la suite du transformateur moyenne fréquence *Tr*.

Le top de lignes, incorporé au courant modulé recueilli par l'antenne, produit, avons-nous dit, une forte tension négative aux bornes de la résistance de détection *R*, de 100.000 ohms, tension que l'on applique, par un potentiomètre P, de 0.5 mégohm, à la grille d'une lampe spéciale L_5, dite « lampe séparatrice », du type *AF7*.

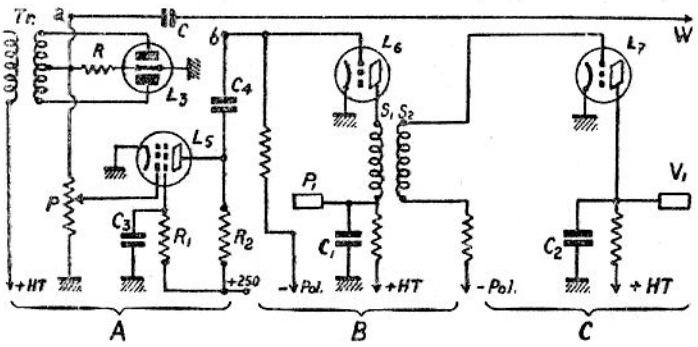


Fig. 72

Dispositif de synchronisation au poste récepteur.
A. Lampe séparatrice. — B. Thyratron de lignes. — C. Thyratron d'images.

Cette lampe, étant fortement polarisée, ne laisse passer un courant de commande que lorsque sa grille est attaquée par une tension suffisamment puissante. Elle reste donc insensible aux signaux de modulation et n'enregistre que les tops de synchronisation : d'où son nom de « séparatrice ».

Ces tops sont transmis à la grille du thyratron de lignes L_6, à l'aide d'un condensateur de couplage C_4, de 5/1000 et, ainsi que nous l'avons expliqué, il s'en suit une diminution du courant de plaque et une augmentation de la tension anodique de cette lampe, qui s'ionise, devenant ainsi un véritable métronome battant la mesure d'une façon impeccable.

Nous nous rendons compte que la partie A du schéma représente les derniers étages du récepteur (avec ou sans BF) tandis que la partie B appartient aux oscillateurs de relaxation, que nous retrouverons sous la même lettre au schéma général n° 74. Le point *b*, tant dans la présente gravure que dans les fig. 67 et 74, représente la borne de liaison.

Ajoutons enfin que la borne *a* recueille la modulation, après sa séparation des tops, soit à la sortie de la détectrice, si le récepteur ne comporte pas de BF (fig. 72), soit à la plaque de la dernière BF (fig. 74), dans le cas contraire.

Cette modulation est transmise au cylindre de Wehnelt *W* du tube cathodique par le condensateur C, de 20/1000.

Avant de quitter la partie B, remarquons la plaque déviatrice P_1 (contenue dans le tube cathodiquel) dont la tension en « dents de scie » est commandée par le thyratron de lignes L_6 et ses organes annexes.

Images. — Ainsi que cela a été dit précédemment, le top de l'avant-dernière ligne n'étant pas transmis, la capacité C_1 prend une charge double, ce qui provoque le déclenchement du thyratron L_7, qu'une polarisation suffisamment forte rend inaccessible aux tops de lignes.

A cet effet, les deux thyratrons sont couplés à l'aide de deux selfs S_1S_2 en fond de panier, comprenant 50 spires chacune. On obtient ainsi la synchronisation d'images après celle de lignes et tout danger de brouillages est écarté dans la réception des sujets télévisés.

On s'est rendu compte, dans la description qui précède, que la partie C de la figure 72, appartient, comme B, aux oscillateurs de relaxation.

Variantes. — Certains systèmes utilisent la tension sinusoïdale du secteur comme moyen de synchronisation pour l'image.

Il se trouve, en effet, que la plupart des secteurs d'alimentation ont 50 périodes. En coupant la grille du thyratron avec l'un des pôles, une alternance déclenche cette lampe au rythme désiré, soit 25 fois par seconde, au moment où la tension passe à son maximum.

Il suffit dans ce cas, de brancher le pôle du secteur au point *d* (*fig.* 67).

On a aussi la possibilité d'utiliser les moteurs synchrones, tant à l'émission qu'à la réception. Mais cette méthode implique l'utilisation du même secteur pour les deux opérations, ce qui réduit considérablement l'intérêt de ce procédé.

Dispositif d'ensemble

Nous voilà en possession des principales données relatives au problème de la réception. Il ne nous reste plus qu'à coordonner les notions acquises, afin d'avoir une idée aussi précise que possible des fonctions particulières de chaque organe et de l'enchaînement des opérations.

La figure 74 représente les trois parties essentielles du dispositif de réception : le récepteur R, les oscillateurs de balayage ou bases de temps B, et le tube à rayons cathodiques T.

La description et la construction des récepteurs proprement dits feront l'objet de chapitres spéciaux, à la fin de cet ouvrage. Nous avons simplement schématisé ici les différentes fonctions des appareils : L_1 représentant le changement de fréquence, L_2 la moyenne fréquence, L_3 la détection et L_4 la BF.

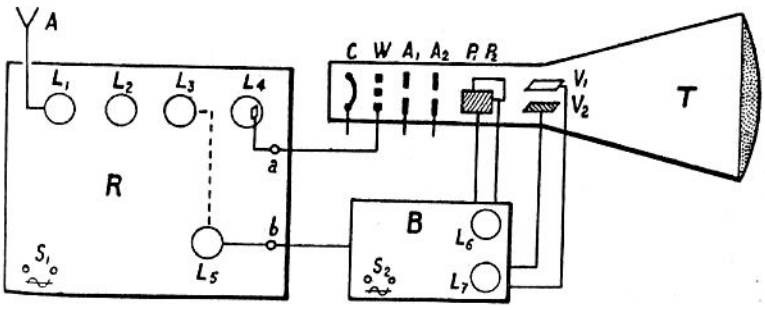


Fig. 74

Dispositif général d'un récepteur de télévision.

On se reportera utilement aux points de liaison *a* et *b* du schéma 72 (en haut et à gauche) pour juger de leur emplacement exact dans la présentation détaillée des circuits.

Les ondes captées par l'antenne A subissent le sort réservé aux ondes de radio et parviennent à la détectrice L_3.

Ici, une séparation a lieu : la modulation d'image, après

détection, poursuit le chemin normal et se trouve amplifiée en basse fréquence par une ou plusieurs lampes symbolisées par L_4.

Le courant de plaque recueilli à la sortie du récepteur (borne *a*) est transmis au cylindre de Wehnelt W du tube cathodique et module le faisceau électronique fourni par la cathode C.

Ce faisceau est violemment attiré par les anodes A_1 et A_2, portées à une forte tension positive, et parvient à l'écran sur lequel il forme un point très fin et lumineux, nommé spot.

C'est alors qu'entrent en jeu les oscillateurs B qui commandent les jeux de plaques P_1P_2 et V_1V_2.

Ces appareils, constitués par les thyratrons et leurs organes annexes, transmettent, d'une part à P_1P_2 des pulsations périodiques qui font décrire au spot des lignes horizontales successives, et d'autre part, à V_1V_2, des impulsions semblables, mais moins nombreuses, qui déplacent le spot dans le sens vertical et ont pour effet de placer les lignes les unes au-dessous des autres avec l'écartement voulu.

A la fin de chaque ligne, la lampe L_6 supprime la tension d'une des plaques de déviation de lignes, et le spot revient au début d'une nouvelle ligne.

A la fin de chaque image, le second thyratron L_7 supprime, à son tour, la tension d'une des plaque de déviation d'images V_2, ce qui provoque le retour du spot en haut de l'écran, au début de l'image suivante.

Entre temps, les signaux de synchronisation ont été disjoints de la modulation générale par la lampe « séparatrice » L_5. Ils sont dirigés vers les oscillateurs de relaxation B qu'ils ont pour mission d'asservir strictement au rythme voulu.

Nous avons indiqué en S_1 et en S_2 les prises de secteur assurant l'alimentation de R et de B.

Ainsi donc, le spot reproduit avec régularité les mêmes mouvements que l'organe d'analyse du poste émetteur. Comme chaque point reçoit exactement l'intensité lumineuse que possède le point correspondant de l'original, la scène se trouve reproduite aussi fidèlement que possible sur l'écran fluorescent.

Télécinéma. — Dans le chapitre de l'émission nous avons montré quels services pourrait rendre le cinéma au cours de l'exploration des scènes, en permettant un éclairage très puissant de la pellicule impressionnée, utilisée comme intermédiaire.

Il est fort probable que l'intervention du film présentera un intérêt non moins grand, à la réception dans un avenir plus ou moins rapproché.

On sait que les images fournies par le tube cathodique sont de dimensions très réduites (de 8 à 25 centimètres de côté environ) et qu'on se heurte à des obstacles insurmontables lorsqu'on veut augmenter sensiblement la surface de l'écran.

Il vient naturellement à l'esprit de placer un objectif de cinéma devant cet écran et de reporter sur pellicule sensible les scènes reconstituées par le spot lumineux de l'oscillographe.

Le développement, le fixage et le séchage n'exigeant plus qu'une fraction de minute, il deviendrait alors possible de projeter ce film sur un grand écran, en présence d'un nombreux public, comme on le fait pour les vues cinématographiques ordinaires. Ce décalage de quelques secondes ne réduirait en rien l'intérêt de l' « actualité » présentée.

Mais, pour ce faire, il est indispensable qu'on obtienne sur l'écran du cathodique une image d'une grande finesse, car toute défectuosité se trouve multipliée par le coefficient d'agrandissement.

Or, les scènes explorées à basse et moyenne définition (60, 120, 180 lignes) présentent sur l'écran fluorescent un aspect strié, dû à l'écartement des lignes, qui donnerait à l'agrandissement une note totalement dépourvue d'esthétique.

Nous donnons, au chapitre suivant, la reproduction d'un sujet exploré d'une façon insuffisante.

Pour que la projection sur grand écran devienne acceptable, il faut donc que l'analyse à très haute définition (400 ou 600 lignes par exemple) soit entrée dans le domaine pratique.

Nous verrons ultérieurement que le standard 1938-1941 comporte une exploration à environ 450 lignes.

Le Poste récepteur de Télévision

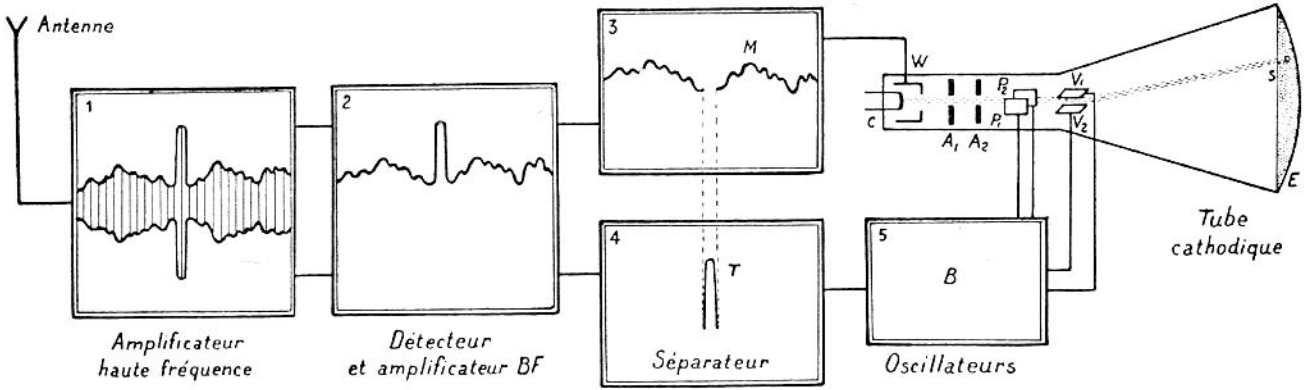


Fig. 75

Modifications successives des courants au poste récepteur.

L'antenne réceptrice capte l'onde porteuse modulée dans laquelle sont incorporés les tops de synchronisation.

Le courant est amplifié en HF par les étages à haute fréquence et éventuellement par ceux de moyenne fréquence.

La détection, qui s'effectue en 2, extrait la modulation du courant HF, devenu inutile, et supprime ce dernier.

Une lampe séparatrice dissocie les tops T (4) de la modulation proprement dite M (3) qui ont des rôles différents.

Tandis que cette dernière est dirigée vers le cylindre de Wehnelt W de l'oscillographe cathodique pour moduler le faisceau électronique et le spot S, qui se forme sur l'écran E, les tops de synchronisation agissent sur les bases de temps B (5), qui commandent les plaques de déviation $P_1P_2V_1V_2$ et assurent ainsi le rythme régulier des déplacements horizontaux et verticaux du rayon cathodique, c'est-à-dire la reconstitution de la scène télévisée.

Mécanisme de la réception.

Ainsi que nous l'avons fait pour l'émission, nous donnons, en terminant, le schéma général des modifications subies par l'onde porteuse modulée, depuis l'instant où elle est captée par l'antenne de réception jusqu'au moment où elle reconstitue, sur l'écran, la scène télévisée.

La figure 75 schématise ces transformations successives.

L'onde porteuse modulée est constituée, nous le savons, par un courant alternatif à haute fréquence sur lequel ont été superposés la modulation photo-électrique et les tops de synchronisation.

Cette onde, captée par l'antenne, est amplifiée en haute fréquence (1), éventuellement changée de fréquence et de nouveau amplifiée en moyenne fréquence (si le récepteur est un super).

L'étage détecteur (2) redresse le courant, c'est-à-dire supprime les oscillations HF, devenues inutiles, et en extrait la modulation.

Une lampe séparatrice disjoint cette modulation (3) des tops de synchronisation (T) qui doivent prendre un chemin différent.

Après avoir été amplifiée ou non en basse fréquence, la modulation est appliquée au cylindre de Wehnelt W, qui agit sur le faisceau électronique, issu de la cathode C, le concentre ou l'éparpille selon les impulsions reçues, modulant ainsi le spot S qui reproduit fidèlement la luminosité respective des points correspondants de la scène télévisée.

D'autre part, les tops sont dirigés vers les oscillateurs de relaxation (ou bases de temps) B qui commandent les jeux de plaques de déviation $P_1P_2V_1V_2$ et assurent la reconstitution ponctuelle et linéaire de l'image, au rythme de l'analyse, c'est-à-dire en parfait synchronisme avec l'émetteur

Comme vingt-cinq images au moins sont retracées par seconde sur l'écran fluorescent E, la rétine, qui possède une « mémoire » spéciale, les relie entre elles et donne au cerveau la sensation, ou mieux, l'illusion du mouvement.

Les derniers perfectionnements

Stade actuel de la Télévision
pour la période 1938-1941

Caractéristiques des émissions
Le nouvel émetteur de la Tour
Les systèmes de prises de vues
Généralités sur les récepteurs

Les notions qui précèdent n'ont d'autre but que de présenter à nos lecteurs les dispositifs « de principe » utilisés en télévision, afin de les acheminer progressivement vers l'étude des appareils modernes, basés sur l'exploration à haute définition.

Jusqu'en 1938, les diffusions étaient faites d'après des caractéristiques infiniment variables. L'instabilité de ces dernières mettait l'industrie dans l'impossibilité de construire des récepteurs parfaitement au point, et nous assistions à ce paradoxe d'avoir des émissions intéressantes, améliorées de jour en jour, sans que les futurs usagers puissent les capter.

Les constructeurs attendaient impatiemment une période de stabilisation pour se mettre au travail.

L'Administration des P.T.T. l'a fort bien compris et, dès la mise en fonctionnement du nouvel émetteur de la Tour Eiffel, en 1938, elle a publié les normes des émissions de Télévision, valables jusqu'au 1er juillet 1941.

Cette décision marque réellement la naissance de la Télévision française, ou plus précisément son passage du domaine expérimental au stade industriel.

Nous donnons ci-après copie du standard qui nous a été communiqué, en août 1938, par M. l'Inspecteur Général chargé des Services de Télévision.

Normes provisoires des Emissions

1. *Longueur d'onde de l'émetteur vision* : 6m,52 (46 Mc/s).

2. *Longueur d'onde de l'émetteur son* : 7m,14 (42 Mc/s).

3. *Polarité de transmission* : positive.

4. *Nombre d'images par seconde* :

50 demi-images entrelacées, soit 25 images complètes par seconde.

5. *Nombre de lignes par image complète* :

compris entre 440 et 455, c'est-à-dire que la fréquence de balayage des lignes est comprise entre 440×25 et 455×25 p/s.

6. *Format de l'image* (largeur/hauteur) : 5/4.

7. *Durée des signaux de synchronisation des lignes* :

18 % $\pm$ 2 % de la période complète du balayage des lignes.

8. *Durée des signaux de synchronisation des images* :

Les signaux de vision sont interrompus pendant une durée minimum de 15 lignes par demi-image, soit 7 % environ du temps de l'analyse de l'image complète.

9. *Transmission des signaux de vision* :

La valeur maximum de l'amplitude de l'onde H.F. que peut rayonner l'émetteur est prise ci-dessous comme repère (100 %).

Les amplitudes inférieures à 30 % du maximum (avec la tolérance 27 % à 33 %) sont réservées à des signaux de synchronisation.

Les amplitudes entre 30 % et 100 % sont utilisées pour les signaux de vision proprement dits.

Dans ces conditions, on obtient un maximum de contraste dans une transmission en réglant le dispositif d'émission de manière que les parties les plus claires du sujet correspondent à l'amplitude 100 % H.F. et les parties les plus sombres à l'amplitude 30 % (niveau du noir).

Le Nouvel Emetteur de Télévision de la Tour Eiffel.

Depuis le mois de décembre 1935, un service régulier d'émissions de Télévision à 180 lignes était assuré par l'Administration des P.T.T.

Mais, dès le milieu de l'année 1936, on constata que les installations utilisées ne permettraient pas de suivre les progrès effectués, dans cette technique, à l'étranger, et que la France risquait de se trouver en retard sur les autres nations, si un projet de réorganisation n'était pas mis rapidement à l'étude.

Des missions furent envoyées dans différents pays. Parallèlement, une enquête était faite auprès des constructeurs français s'intéressant à la Télévision, pour déterminer les conditions dans lesquelles l'Administration pourrait faire appel à leur collaboration.

Ces différentes démarches montrèrent qu'il était indispensable de procéder d'abord à des émissions expérimentales comparatives des différents systèmes en présence. A la suite de ces divers essais, le Service de la Radiodiffusion acquit la certitude qu'il était possible de réaliser une installation capable de fonctionner avec les dispositifs de prises de vues directes ou de télécinéma actuellement connus.

Les propositions de ce Service conduisirent à installer au pied de la Tour Eiffel, à côté de l'ancien émetteur, un nouveau poste dont la puissance serait portée progressivement à 30 KW (fig. 80).

La construction en fut confiée au « Matériel Téléphonique » et les travaux accélérés.

En septembre 1937, l'émetteur assurait un service d'émissions expérimentales, qui devait durer 6 mois. Dès le début de mars 1938, commencèrent des émissions régulières, à une puissance de crête de 25 KW, ce qui faisait de cette station de télévision la plus puissante existant au monde.

Le choix de la Tour Eiffel se justifiait par la nécessité d'avoir une antenne aussi élevée que possible, capable de



Fig. 80

Emetteur de Télévision de la Tour Eiffel

Entrée du bâtiment au pied du pilier sud.

fournir un rayon d'action convenable. On sait, en effet, que les ondes ultra-courtes, utilisées en Télévision, ont une propagation semblable à celle des rayons lumineux.

Mais, dans son élévation même résidait l'une des plus grandes difficultés rencontrées pour son alimentation. Celle-ci est effectuée par un câble dont la longueur totale est de 380 mètres et qui pèse 12 tonnes. Les travaux de montée le long de la Tour (fig. 81) ont été faits sans interrompre le service des ascenseurs. Malgré la longueur de ce câble, les pertes de puissance sont relativement faibles et la qualité des images n'a pas à en souffrir.

On sait, d'autre part, que le « studio » spécial de Télévision du Ministère des P.T.T., rue de Grenelle, est relié à l'émetteur de la Tour par un autre câble qui assure la transmission des vues dans les mêmes conditions de fidélité.

On peut donc considérer que l'Administration des P.T.T. est maintenant en possession d'installations assurant un service d'émissions de haute qualité.

Ces dispositifs possèdent, d'autre part, une marge de possibilités suffisantes pour que cette qualité s'accroisse avec les progrès de la technique.

Le développement de l'industrie radioélectrique de notre pays va pouvoir ainsi prendre son plein essor et la France trouvera, sans nul doute, dans la Télévision mondiale, la place de tout premier plan qu'exigent sa grandeur et son génie.

Description technique.

Les nouvelles installations du centre émetteur comprennent les appareils de prises de vues situés dans le studio et la station proprement dite de la Tour Eiffel.

Studio. — Un studio permanent est installé au Ministère des P.T.T., rue de Grenelle. D'autre part, le câble qui aboutissait au studio du Pavillon de Flore, pendant l'Exposition, a été transféré au Grand Palais, pour permettre des transmissions à partir de ce monument.

Les scènes jouées dans le studio sont prises par une caméra de télévision à iconoscope.

La gamme de fréquences transmises par les équipements s'étend jusqu'à 2.500.000 périodes par seconde. Cette gamme est environ 200 fois plus large que celle de la radiodiffusion et 1.000 fois plus large que celle des communications téléphoniques.

Ajoutons, dès maintenant, que l'onde porteuse lancée dans l'espace par la station émettrice de la Tour est de 46.000.000 de période par seconde, ce qui correspond à une longeur d'onde de 6 mètres 52.

D'autre part, le son est transmis avec une fréquence de 42.000.000 de périodes par seconde (longueur d'onde 7 mètres 14) par un émetteur distinct de celui de télévision.

Mais, revenons au studio de prises de vues.

A la sortie de l'iconoscope, la tension d'attaque est amplifiée par une série d'amplificateurs à résistance. On lui incorpore ensuite les signaux spéciaux, appelés « tops », destinés à synchroniser ultérieurement les récepteurs en fin de lignes et en fin d'images.

Des oscilloscopes et des récepteurs de contrôle permettent à l'ingénieur chargé de la prise de vues de vérifier la qualité de l'émission et d'effectuer, le cas échéant, les corrections utiles à l'aide du tableau de commande qu'il a sous la main.

Transmission. — Le studio, avons-nous dit, est relié au centre émetteur de la Tour par un câble spécial prévu pour la transmission des signaux de télévision.

Ce câble est constitué par deux conducteurs concentriques, l'un formant un tube flexible, à l'intérieur duquel est placé le second. Le conducteur extérieur est protégé par une couche de plomb et par une armure en fil d'acier. Le diamètre extérieur du câble est d'environ 2 centimètres.

La distance entre le studio de la rue de Grenelle et le centre émetteur est de 2 km. 5. Le câble qui relie ces deux points a donc approximativement cette longueur.

Les signaux de télévision ne sont pas transmis directement sur le câble, mais au moyen d'une onde porteuse de 55 mètres de longueur.

Cet artifice permet d'éliminer les affaiblissements des fréquences élevées qui ne manqueraient pas de se produire dans un câble de cette dimension.

A l'arrivée, le courant est amplifié, puis détecté, afin de restituer, au centre émetteur de la Tour, les signaux dans la forme où ils ont été produits par les appareils de prises de vues, autrement dit pour matérialiser la modulation.

Emetteur. — L'émetteur installé dans le pilier sud de la Tour Eiffel comprend deux parties :

1) La partie haute fréquence, chargée de produire l'onde porteuse qui transmettra les signaux de télévision dans l'espace ;

2) L'amplificateur de modulation, chargé de « moduler » cette onde porteuse, selon les impulsions reçues du studio.

Amplificateur haute fréquence. — L'onde porteuse est produite par un maître oscillateur contrôlé par quartz. Ce cristal est taillé de façon à osciller sur le troisième harmonique de son onde fondamentale.

L'oscillateur est suivi de deux étages doubleurs qui élèvent la fréquence à la valeur finale de l'onde porteuse, soit 46.000.000 de périodes, correspondant à une longueur d'onde de 6 m. 52.

Cette onde porteuse est ensuite amplifiée par un étage symétrique comprenant deux lampes à refroidissement par air, du type 3016-B ; puis par trois étages symétriques comprenant des lampes à refroidissement par eau, types 3073-A, 3081-A, et 3084-A.

Les tensions d'alimentation des anodes des lampes des étages à refroidissement par eau varient de 5.000 à 12.000 volts, suivant la puissance de ces étages.

Amplificateur de modulation. — L'amplificateur de modulation comprend une chaîne d'amplificateurs à résistances compensés de façon à transmettre d'une façon correcte les signaux de télévision. Il est constitué par 4 étages à refroidissement par air, suivis de 3 étages à refroidissement par eau, utilisant des 3053-A.

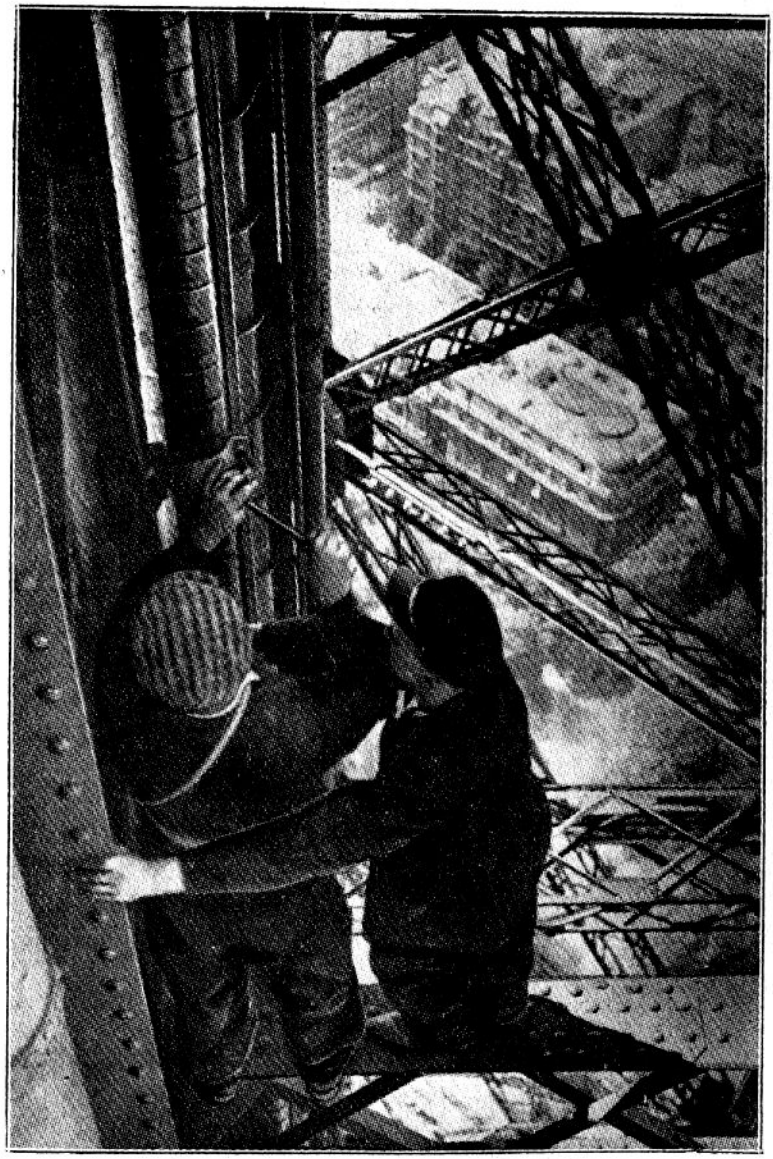


Fig. 81

Emetteur de télévision de la Tour Eiffel.

Montage du câble alimentant l'antenne placée au sommet.

La modulation de l'amplificateur haute fréquence est effectuée sur les grilles des lampes du dernier étage.

Alimentation et circulation d'eau. — L'ensemble des appareils permettant de commander cet émetteur est groupé sur un pupitre de contrôle, dont les nombreux indicateurs lumineux renseignent à tout instant sur le fonctionnement des divers étages.

Les appareils d'alimentation et de refroidissement des lampes constituent un ensemble très important.

Aucune machine tournante n'est utilisée dans l'émetteur de la Tour Eiffel pour la production des différentes tensions. Des redresseurs secs du type « Sélénofer » alimentent les filaments des lampes. Des redresseurs à vapeur de mercure, à cathode chaude, fournissent les différentes tensions anodiques comprises entre 7.500 et 14.000 volts.

Deux groupes de pompes assurent une circulation d'eau distillée de 600 litres à la minute, permettant le refroidissement des différents étages.

Antenne et câble d'alimentation. — L'énergie haute fréquence produite par l'émetteur est transportée à l'antenne au moyen d'un câble spécial, dont le diamètre extérieur est de 13 cm., la longueur 380 m. et le poids 12 tonnes. Le travail de pose a constitué une des parties les plus difficiles de la réalisation de cet émetteur (fig. 81).

Les dimensions du câble sont telles que ses pertes sont extrêmement réduites.

Des transformateurs symétriques de compensation sont placés à chaque extrémité de cet organe.

L'antenne, qui couronne la Tour Eiffel, donne une puissance de 25 kilowatts, et, à l'intérieur de Paris, un champ suffisamment fort pour que la réception ne soit pas troublée par les parasites les plus violents.

Des réceptions satisfaisantes sont obtenues à des distances supérieures à 50 kilomètres, rayon qui sera certainement allongé dans un proche avenir.

ÉMISSION

Les systèmes de prises de vues.

Nous avons dit que l'installation réalisée au Centre émetteur de la Tour Eiffel était susceptible de fonctionner avec les différents systèmes de prises de vues directes ou de télécinéma actuellement connus.

L'Administration des Postes a donc mis préalablement en comparaison les divers modes d'analyse conçus et réalisés par l'Industrie française.

Quatre constructeurs se sont mis sur les rangs. Dans un instant, nous dirons quelques mots sur leurs procédés respectifs.

Pour tous, la finesse d'analyse choisie est voisine de 450 lignes par image, et l'exploration s'effectue par la méthode dite à « lignes entrelacées », dans laquelle on analyse alternativement les lignes paires et les lignes impaires de l'image, et ceci 25 fois par seconde. Ce système a l'avantage de supprimer le scintillement, si désagréable dans l'analyse à lignes consécutives.

A l'exception de la Société Grammont, dont les efforts se sont plus directement portés sur la transmission des films ou Télécinéma, et qui utilise un procédé d'analyse mécanique, tous les constructeurs emploient l' « iconoscope » pour effectuer l'analyse de l'image.

Nous avons décrit précédemment cet ingénieux appareil ; nous n'y reviendrons donc pas ici.

Ajoutons cependant que le tube, les bobines de déviation et les premiers étages d'amplification sont enfermés dans un bâti métallique soigneusement blindé. L'ensemble constitue la caméra de prises de vues.

Un câble réunit cette caméra aux amplificateurs.

Sa longueur est très variable, car la première est essentiellement mobile et les seconds sont installés à poste fixe.

Nous allons, maintenant, présenter les différents systèmes de prises de vues.

a) *Prises de vues directes*

Système Thomson-Houston

La Compagnie française Thomson-Houston a adopté une définition de 455 lignes entrelacées par image, l'exploration verticale s'effectuant à la fréquence de 50 demi-images par seconde. Nous avons dit que cette manière d'opérer supprime la sensation si désagréable du scintillement.

L'équipement est caractérisé par l'utilisation de l'iconoscope, par l'intercalement des lignes d'une demi-image entre les lignes de la demi-image précédente et par la synchronisation de la fréquence d'exploration verticale sur la fréquence du secteur.

La figure 82 montre un opérateur en action. On distingue la caméra de prises de vues entourée d'un carter métallique et supportée par un trépied et le câble de liaison avec les dispositifs d'amplification.

Comme la distance entre la camera et ces derniers peut être de plusieurs centaines de mètres, une liaison téléphonique existe généralement entre l'opérateur de prises de vues et l'opérateur chargé de l'amplification, qui a pour rôle de contrôler l'image et d'assurer les divers réglages.

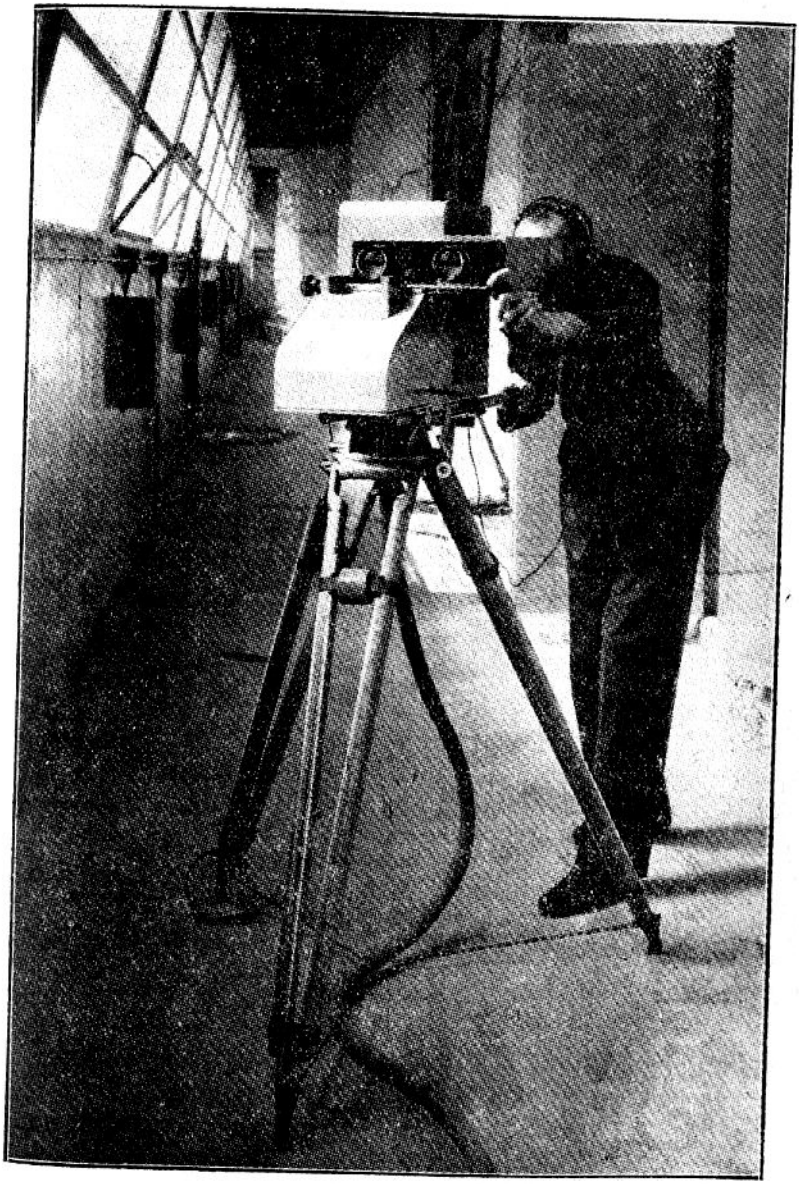
Voici maintenant quelques données techniques sur le dispositif Thomson-Houston.

Les signaux de vision sont interrompus pendant la durée des signaux de synchronisation.

L'intervalle qui sépare deux lignes consécutives pour donner place au signal de synchronisation de ligne est de 15,5 % de la durée totale d'une ligne : Pendant l'émission du signal, l'amplitude de la modulation tombe à zéro.

Les signaux de vision de chaque image sont séparés par des intervalles équivalant à 10 lignes, temps pendant lesquels l'amplitude de modulation est nulle.

Les signaux de synchronisation de lignes et d'images sont précédés et suivis de l'émission d'un « noir » correspondant à une modulation de 30 %.



Cliché Thomson

Fig. 82

Prise de vues directes.

Camera Thomson-Houston avec opérateur.

Rappelons, à ce sujet, que les normes des émissions de télévision pour la période 1938-1941 fixent l'amplitude des signaux de vision entre 30 % et 100 %, les parties les plus claires du sujet correspondant à l'amplitude de 100 % et le niveau du noir, à 30 %, les amplitudes inférieures à 30 % étant réservées aux signaux de synchronisation de lignes et d'images.

Les valeurs de 15,5 %, pour les intervalles de lignes, et de 10 lignes pour les intervalles d'images sont des valeurs minima. Elles peuvent être accrues pour certaines émissions, ce qui se traduit, à la réception, par une augmentation du cadre noir dans lequel s'inscrit l'image.

Nous représentons, à la figure 83, la même caméra de prises de vues qu'à la fig. 82, mais avec couvercle enlevé. On peut voir distinctement l'iconoscope, à la partie supérieure ; les bobines de déviation à la sortie de la partie sphérique ; l'amplificateur (à gauche) destiné à élever la valeur des signaux électriques provenant de l'iconoscope à un niveau permettant la transmission sur le câble et enfin (à la partie inférieure) les dispositifs d'orientation et d'inclinaison, à peu près analogues, mais plus rapides, que ceux généralement employés pour le cinéma.

Système Radio Industrie. — Le dispositif de prises de vues « Radio Industrie » comporte également une définition de 455 lignes par image, l'analyse s'effectuant à lignes entrelacées.

L'amplitude de modulation varie de 30 à 100 % pour les signaux de vision.

Les signaux de synchronisation de lignes correspondent à une interruption brusque de l'onde porteuse pendant une durée égale à 15 ou 20 % de la durée d'une ligne complète.

A la fin de chaque demi-image, soit cinquante fois par seconde, on envoie un signal de synchronisation d'image dont la durée est égale à 5 % de celle d'une demi-image.

Ce signal consiste à faire tomber l'amplitude de modulation à 10 % de la valeur de crête.

Les signaux de synchronisation de lignes continuent à être envoyés pendant ce temps.

Compagnie française de télévision. — Le système adopté par cette Société est basé sur une définition de 450 lignes, la fréquence d'exploration verticale étant toujours de 50 par seconde avec entrelacement.

Les signaux de synchronisation de lignes sont constitués par un signal très bref suivi d'un signal rectangulaire de plus faible amplitude. La durée de l'ensemble est de 17 % de la durée totale de la ligne.

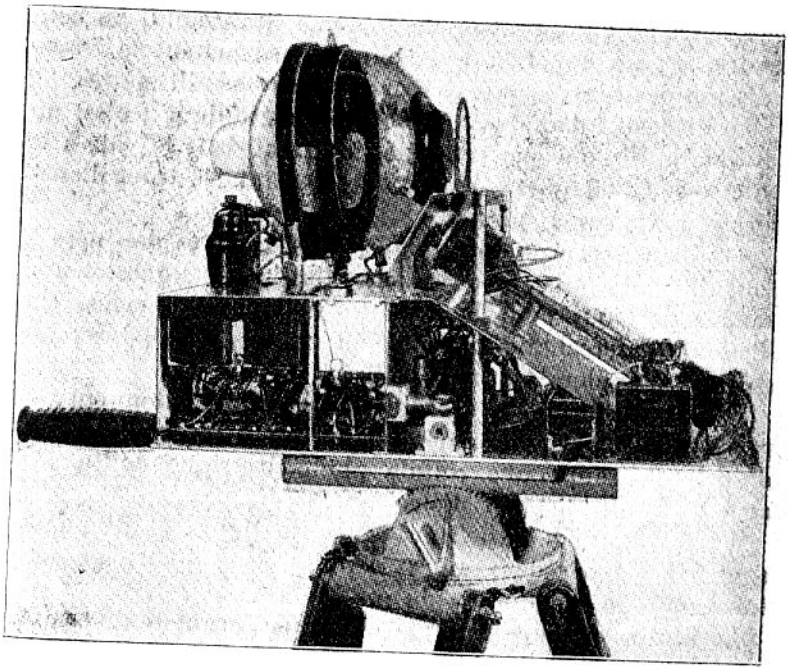


Fig. 83

Caméra couvercle enlevé, laissant voir l'iconoscope et ses annexes, ainsi que le dispositif de première amplification.

Les signaux de synchronisation d'images sont des signaux rectangulaires ayant la même amplitude que la seconde partie du signal de ligne et une durée de 8 % de la durée totale de l'image.

Pendant ce temps, les signaux de lignes subsistent.

Les dimensions en hauteur et largeur de l'image visible sont dans le rapport de 4 à 5.

b) *Télécinéma*

Dispositif Grammont

Ainsi que nous l'avons dit précédemment, les systèmes qui viennent d'être décrits utilisent l'iconoscope et assurent les prises de vues directes. Le système Grammont, au contraire, est un appareil de télécinéma permettant la transmission des films standards parlants, de 35 millimètres.

Le dispositif d'analyse employé est mécanique : c'est un disque de Nipkow perfectionné, tournant dans le vide à la vitesse de 6.000 tours par minute et portant 441 trous d'analyse répartis sur 4 spirales.

Ce disque est également muni de 441 fentes destinées à fournir les impulsions de synchronisation de lignes et une rangée de trous pour la synchronisation des images. Un disque d'interception masque, au cours de l'analyse, les spirales d'exploration non utilisées.

Un arc électrique et des dispositifs optiques donnent un rayon lumineux parfaitement défini qui, à travers les trous d'analyse, frappe une cellule photo-électrique conjuguée avec un multiplicateur d'électrons.

Les signaux de synchronisation de lignes et d'images sont fournis par deux autres cellules. Une quatrième cellule donne la modulation du son.

Le film se déroule de façon continue devant le dispositif analyseur.

D'après ce qui précède, on se rend compte que la définition est ici de 441 lignes par image, la fréquence d'exploration verticale étant toujours de 50 demi-images entrelacées par seconde.

A la fin de chaque ligne, les signaux de vision sont supprimés pour laisser place aux signaux de synchronisation, pendant un temps équivalent à 1/10 de ligne, au cours duquel l'onde porteuse est presque interrompue.

Les signaux de synchronisation d'images sont constitués par un signal d'une durée de 5 lignes par demi-image, amenant l'amplitude de modulation à une valeur nulle.

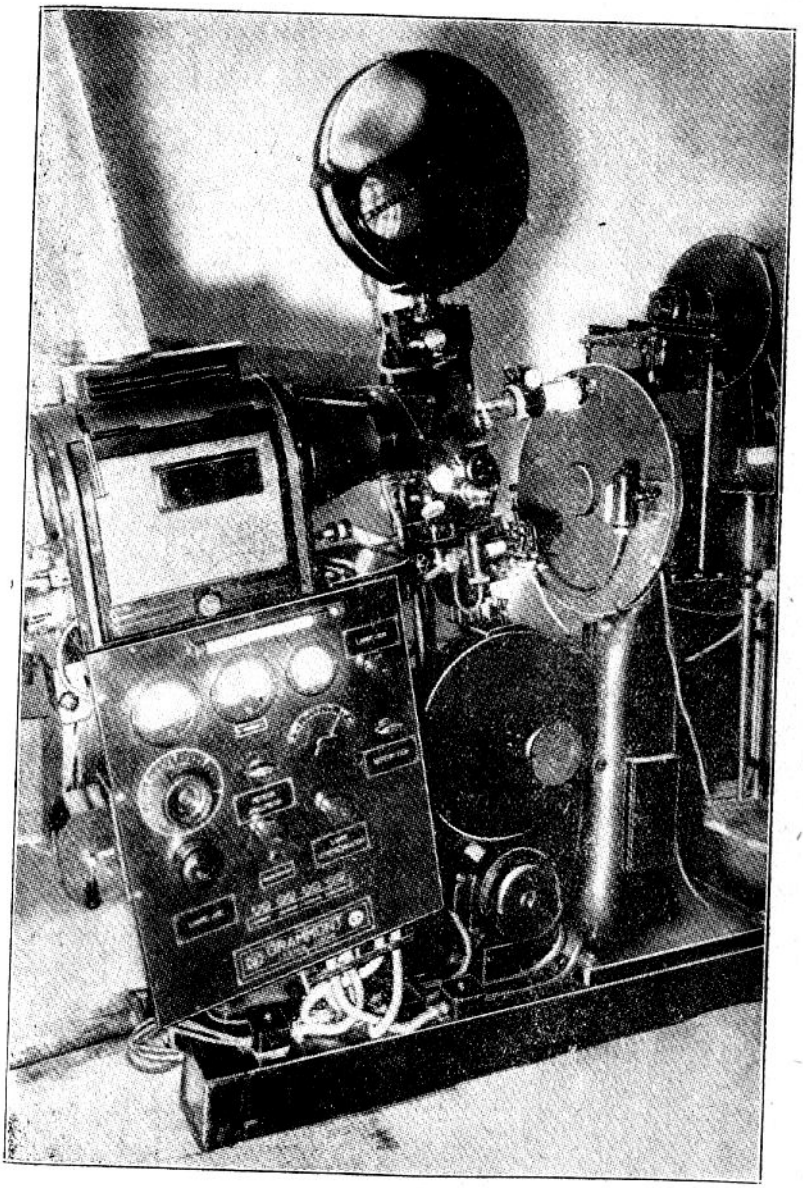


Photo Grammont

Fig. 84

Télécinéma

Dispositif d'analyse des Etablissements Grammont.

Description technique. — La figure 85 donne le schéma complet de l'émetteur Grammont, tant pour le son que pour l'image proprement dite.

Le projecteur P envoie un puissant faisceau lumineux sur le film F. Le dispositif analyseur S dirige les rayons modulés « image » sur la cellule photo-électrique C_2.

Le courant modulé issu de cette dernière est amplifié par un pré-amplificateur E et un amplificateur d'image K, comportant 3 lampes triodes LA 203 et une lampe de sortie 1374.

Un modulateur L, commandé par un oscillateur stabilisé au quartz Q_2 est accordé sur 6 m. 52.

L'onde modulée est ensuite amplifiée par les étages successifs N_1, N_2 et N_3, comportant en finale un push-pull neu-

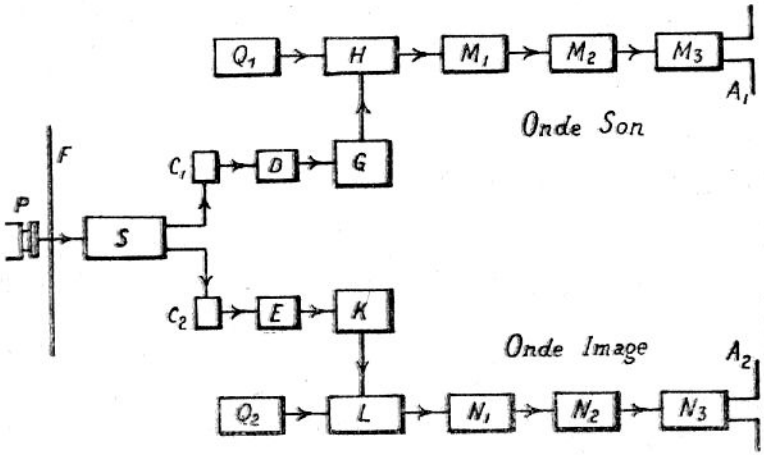


Fig. 85

Ensemble de l'émetteur « son » et « image » Grammont.

trodyné de triodes spéciales SS 354, dont le circuit de plaque est couplé à l'antenne d'émission A_2.

Les rayons issus de l'inscription « son », après avoir traversé le disque S, frappent la cellule C_1, dont le courant modulé subit les mêmes opérations avant d'atteindre l'antenne d'émission A_1.

Ajoutons que la maison Grammont a mis à l'étude un dispositif perfectionné utilisant une mosaïque de cellules assez semblable à celle de l'Iconoscope.

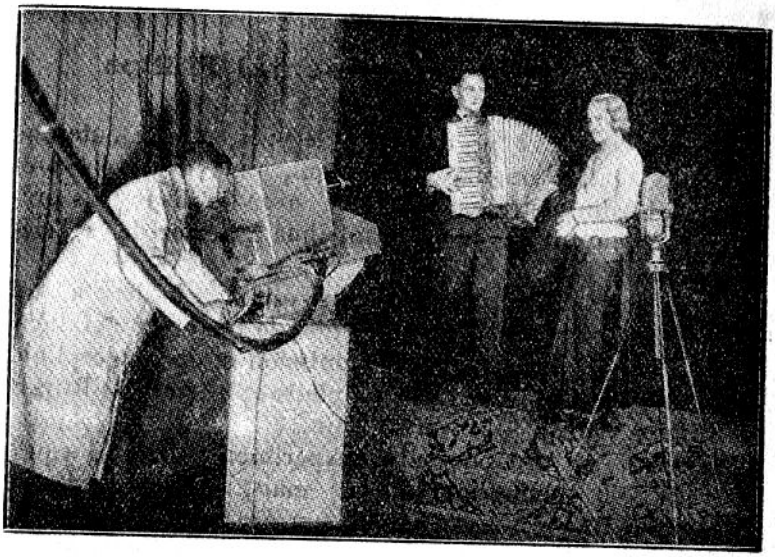


Fig. 86 — Prise de vues directes par iconoscope.



Photos Philips.

Fig. 87. — Télécinéma utilisant l'iconoscope.

Le Matériel expérimental Philips

A ces divers systèmes de prises de vues, nous ajouterons ceux des Etablissements Philips qui, sans avoir été présentés à l'Administration des P.T.T. avec les dispositifs précédents, n'en ont pas moins contribué à l'essor de la Télévision.

Cette Maison a d'ailleurs construit à Eindhoven un émetteur particulier, qui lui permet de travailler parallèlement au perfectionnement de l'émission et de la réception, cette installation expérimentale pouvant passer facilement de l'une à l'autre des diverses trames.

Les essais se sont poursuivis expérimentalement jusqu'à plus de 700 lignes par image ; mais, pratiquement, le système Philips est basé sur les normes imposées pour la période actuelle.

La comparaison des photographies figurant à la page 121, et qui nous ont été communiquées par les services intéressés, donne une idée du progrès réalisé en deux années.

Cette firme utilise deux dispositifs de prises de vues : un procédé courant par iconoscope et un procédé mixte, qui est un perfectionnement du télécinéma.

Les photographies 86 et 87, prises dans les studios Philips, montrent le matériel utilisé.

La fig. 86 représente la caméra classique avec iconoscope et un opérateur en action. Devant lui, violemment éclairés par des projecteurs, se trouvent deux artistes : une chanteuse accompagnée par un accordéoniste. Sur la droite, on distingue le microphone, qui enregistre les sons. Ainsi se trouve figurée la dualité d'opérations de la télévision sonore.

Le second procédé (fig. 87) utilise un appareil cinématographique ; mais les rayons modulés issus du film, au lieu d'être projetés sur un disque de Nipkow et une cellule photo-électrique, sont captés par un iconoscope. Cette méthode réunit donc dans un même dispositif, les avantages de la prise de vues directes et ceux du Télécinéma.

RÉCEPTION

Généralités sur les Récepteurs

La constitution d'un récepteur de télévision est conditionnée à la fois par les caractéristiques de la station émettrice, les procédés d'exploration et la forme des signaux de synchronisation.

Les constructeurs doivent donc, avant tout, modeler leur technique sur celle de l'émission.

Or, nous savons que cette technique a été en perpétuelle évolution jusqu'en 1938 ; c'est ce qui explique que, jusqu'à cette époque, ils n'ont pu mettre définitivement au point tel ou tel genre d'appareils.

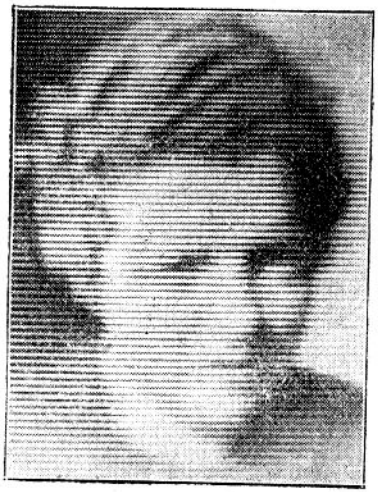


Fig. 88.
Réception sur 90 lignes.



Fig. 89.
Réception sur 405 lignes.

Nous n'avons pas à le regretter, car la science nouvelle a fait d'énormes progrès durant cette période d'essais.

Il suffit de jeter un regard sur les deux gravures ci dessus pour comparer, sinon les procédés successifs, du moins les résultats obtenus.

La fig. 88 correspond à une exploration de 90 lignes, c'est-à-dire à basse définition : l'image est striée et l'aspect général très médiocre.

La fig. 89, au contraire, correspond à une analyse à 405 lignes : les rayures horizontales ont disparu et l'image présente un modelé fort acceptable.

On sait que le nombre des lignes d'exploration est actuellement porté aux environs de 450, et que ces lignes sont alternées, pour éviter le papillotement.

Mécanisme. — Le problème de la réception consiste à capter et à utiliser simultanément les deux ondes porteuses « son » et « vision » lancées dans l'espace.

Bien qu'unique, l'appareil a deux rôles à remplir, et ces rôles sont bien différents, car la modulation sonore ne comporte que des fréquences allant de 30 à 10.000 périodes-seconde, tandis que la modulation visuelle s'étage entre 0 et 2.500.000 périodes par seconde.

Le récepteur gagne à être du type superhétérodyne, car l'emploi d'un appareil à amplification directe (poste à résonance) mettrait dans l'obligation d'utiliser un récepteur « son » et un récepteur « vision ».

Avec le super, un même oscillateur local bat avec l'une et l'autre des fréquences reçues.

On dispose donc de deux moyennes fréquences : la MF d'image, la MF de son, le spectre de la première étant beaucoup plus étendu que celui de la seconde, grâce à l'emploi de circuits suffisamment amortis pouvant laisser passer la bande de fréquence considérée.

Ces deux moyennes fréquences sont aiguillées vers des organes d'amplification et de détection tout à fait distincts.

Celle qui concerne le son est utilisée de la même façon que dans les appareils de T.S.F. et transmise à un haut-parleur, qui la transforme en vibrations acoustiques.

Celle qui concerne l'image est amplifiée et détectée comme la précédente. A la sortie du détecteur, on retrouve l'ensemble des fréquences de vision, de synchronisation de lignes et de synchronisation d'images, combinées à l'émission pour avoir une modulation unique de l'onde « image ».

Ces fréquences sont ensuite « séparées » et dirigées, les premières sur le cylindre de Wehnelt, les autres sur les oscillateurs de balayage, pour assurer la reconstitution ponctuelle de l'image télévisée.

Technique. — Nous représentons à la fig. 90 le dispositif complet d'un récepteur de télévision.

Le circuit d'entrée A permet l'accord exact de l'antenne de réception.

Les deux ondes porteuses « son » et « image » sont changées de fréquence en C, par battement avec une fréquence auxiliaire provenant de l'oscillateur local O.

Les deux moyennes fréquences obtenues sont aiguillées par M vers leurs circuits respectifs.

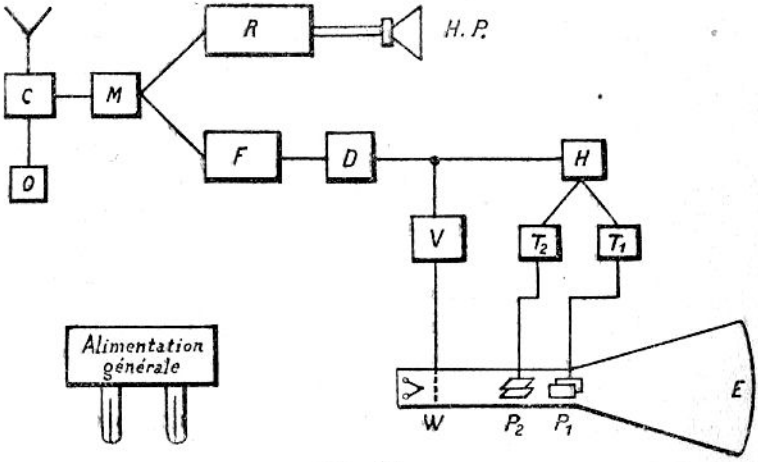


Fig. 90.
Représentation schématique d'un récepteur de télévision.

L'onde modulée « son » est conduite vers les lampes amplificatrices et détectrice de R (montage radio pour O.T.C.) et transformée en vibrations sonores par le haut-parleur H.P. Nous ne reviendrons pas sur ces phénomènes avec lesquels sont familiarisés depuis longtemps tous nos amis sans-filistes.

Par contre, nous nous attarderons quelque peu sur l'onde modulée « image », qui se rapporte à la télévision proprement dite.

Celle-ci, qui comporte, ainsi que nous l'avons dit précédemment, la modulation visuelle de la scène, les signaux de synchronisation de lignes et les signaux de synchronisation d'images, est dirigée vers deux étages amplificateurs schématisés par F et l'étage détecteur D, généralement équipé avec une double diode.

Précisons de nouveau que les étages amplificateurs doivent être construits spécialement pour laisser passer une très large bande de modulation (0 à 2.500 kilocycles-seconde). Il n'est donc pas possible d'utiliser des circuits à résonance aiguë, et l'amplification par étage se trouve fortement diminuée. D'où la nécessité d'employer un assez grand nombre de lampes.

Après détection, en D, une nouvelle séparation a lieu dans la composante de l'onde « image » : la modulation proprement dite est dirigée vers l'ampli à fréquences visuelles V, tandis que les signaux de synchronisation de lignes et d'images sont appliqués par le transformateur H aux thyratrons T_1 et T_2.

La modulation, issue de V, prend la direction de la grille du tube cathodique (cylindre de Wehnelt W) : c'est son action qui va rendre le faisceau électronique plus ou moins lumineux, selon les impulsions transmises par la station émettrice.

Les signaux de synchronisation, maintenant séparés de la modulation proprement dite, sont dirigés respectivement, avons-nous dit, vers les thyratrons de lignes et d'images T_1 et T_2.

Ce sont eux qui déchargent périodiquement les condensateurs à l'instant voulu et commandent les tensions en « dents-de-scie » qui agissent sur les jeux de plaques P_1 et P_2 du cathodique, assurant le balayage régulier de l'écran E par le faisceau lumineux.

Ainsi se trouve réalisée la reconstitution point par point de l'image télévisée.

Réalisation. — La mise en coffret des parties constituantes du récepteur de télévision ne présente pas de difficultés spéciales.

La figure 92 donne une réalisation couramment utilisée ; mais on peut adopter toute autre disposition qui répond à une classification judicieuse des divers organes de l'appareil.

Le tube cathodique T est monté horizontalement sur un châssis à la partie supérieure de l'ébénisterie, ainsi que les étages amplificateurs et les générateurs en dents-de-scie.

Toutefois, certains constructeurs placent ce tube vertica-

lement pour obtenir un gain de place, et l'on observe l'image de l'écran à l'aide d'un miroir incliné à 45 degrés.

Sur le socle se trouvent deux boutons doubles de réglage (nous n'en représentons qu'un seul, B). L'un d'eux assure la mise au point de l'image et l'intensité de l'amplification ; l'autre, l'accord du circuit oscillateur et la commutation de l'un des systèmes d'exploration à l'autre.

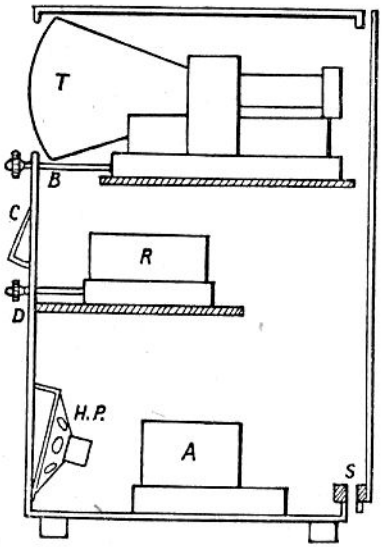


Fig. 92.

Mise en coffret du récepteur de télévision.

Le bloc R schématise le récepteur de radiophonie également muni de deux boutons doubles représentés en D. Celui-ci peut être utilisé comme récepteur ordinaire. Sur une quatrième position du commutateur de longueurs d'ondes, le récepteur de télévision est mis en service.

La reproduction sonore est assurée par le haut-parleur H.P. de modèle courant. Le cadran d'accord est en C.

Sur le fond de l'ébénisterie sont placés, derrière le haut-parleur, les appareils pour les diverses tensions anodiques A.

Par mesure de prudence, leurs circuits sont coupés automatiquement (S) dès qu'on ouvre le meuble.

Pour terminer ces généralités sur la réception actuelle, il nous reste à dire quelques mots sur les prix des récepteurs.

Jusqu'alors, il faut reconnaître que ceux-ci étaient prohibitifs, ce qui s'explique par le fait que les fabricants n'avaient pu construire en série.

Il ne faut pas espérer toutefois obtenir, dans un avenir proche, un appareil de télévision pour le prix d'un récepteur de T.S.F.

L'ensemble comporte, en effet, un double montage : (son et vision) ainsi qu'une pièce de valeur, le cathodique qui, à lui seul, atteint 1.500 à 2.000 francs.

Il faut tenir compte également que le nombre des lampes est assez élevé, attendu qu'on demande une amplification réduite à chaque étage.

En résumé, les premiers prix s'établissent entre 6 et 10.000 francs. Mais ils baisseront automatiquement, comme l'ont fait les appareils de radio. N'a-t-on pas actuellement un excellent poste de luxe pour le prix d'un électrodynamique, modèle 1934, par exemple ?

Les tarifs ultérieurs seront subordonnés aux demandes commerciales, qui permettront plus ou moins de fabriquer en grande série.

*
* *

Tel est l'état actuel de la science nouvelle, dont nous avons tenté de présenter la technique le plus clairement et le plus simplement possible.

Evidemment les systèmes décrits sont loin d'être définitifs ; des perfectionnements, des modifications plus ou moins profondes leur seront certainement appliqués dans un avenir plus ou moins proche. Mais on se rend compte, dès maintenant, que la télévision n'est plus du seul domaine des imaginatifs.

Grâce au labeur d'innombrables techniciens, elle a pris son premier contact avec le public, et l'on peut affirmer que désormais ce contact se fera de plus en plus étroit.

CINQUIÈME PARTIE

Construction d'appareils

Un Ancêtre

Récepteur à basse définition

(60 *lignes* — 180 *mètres*).

Etre un vieillard incapable de tout rendement à l'âge de 3 ou 4 ans, c'est véritablement faire preuve de sénilité précoce : tel est cependant l'apanage du récepteur que nous allons présenter, à titre purement rétrospectif.

Celui-ci a cependant donné de bons résultats en son temps. Il a été décrit dans le journal le *Haut-Parleur*, sous la plume d'un des premiers pionniers de la télévision, et réalisé par une firme parisienne.

Evidemment, nous aurions pu le passer sous silence, puisqu'il ne peut plus être d'aucune utilité ; mais, outre l'intérêt documentaire qu'il présente, il constitue, pour ainsi dire, une synthèse des descriptions qui ont été faites précédemment. Et puis, c'est une bien vilaine chose que d'oublier totalement les anciens serviteurs.

Nous en donnons le schéma à la figure 94.

Les lampes utilisées étaient les suivantes : pentode AF3, octode AK_2, deux pentodes AF3, double diode AB_2, triode AC_2 et pentode finale AL_2. La lampe séparatrice était une AF_7. Dans la capitale même, la pentode HF pouvait être supprimée sans inconvénient.

Nous n'entreprendrons pas la description complète du schéma, qui diffère peu des montages classiques. Notons toutefois la présence de la résistance R_4 dans le secondaire du transfo de liaison HF ; de R_8, R_{13} et R_{27} dans les circuits de plaque de l'octode et des MF. On sait qu'elles sont destinées à amortir ces circuits pour fournir les bandes passantes nécessaires à la télévision.

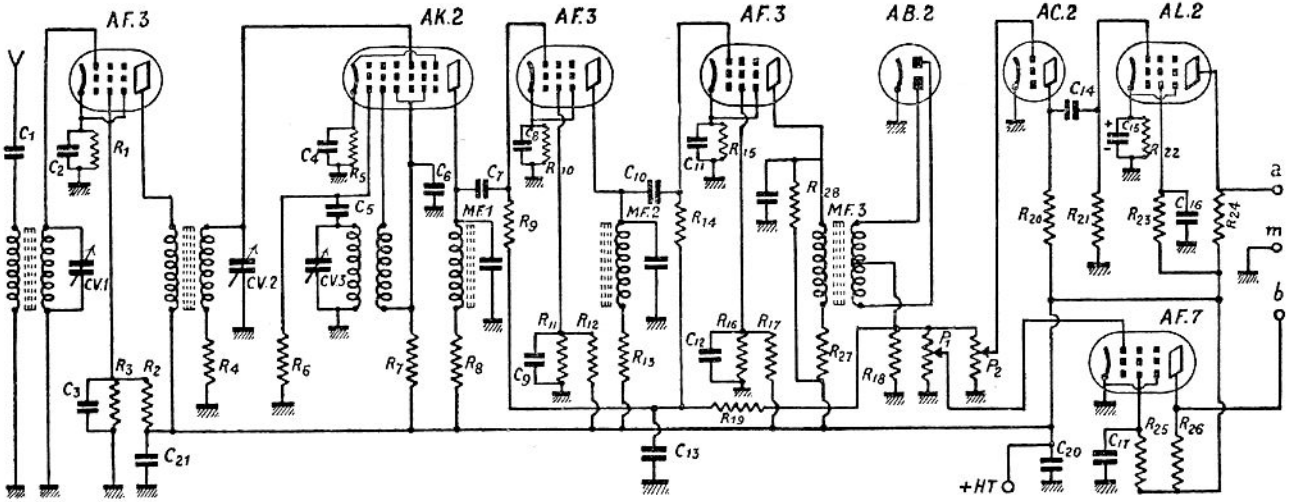


Fig. 94.

Récepteur de télévision 60 lignes sur 180 mètres
comprenant une lampe HF, une octode modulatrice, deux MF, une détectrice et deux BF.

$C_1 = 0.05/1000$. — C_2, C_3, C_4, C_6, C_8, C_9, C_{11}, C_{12}, C_{13}, C_{16}, C_{17}, C_{20} et $C_{21} = 0.1$ Mfd, isolés 1.300 volts. — $C_5 = 0.1/1000$. — C_7 et $C_{10} = 0.5/1000$. — $C_{14} = 20/1000$. — C_{15} = électrolytique 25 Mfd. — Deux électrochimique filtrage 16 Mfd. — R_1, R_{10} et $R_{15} = 1.000$ ohms. — R_2, R_3, R_{11}, R_{12}, R_{16}, R_{17}, R_{18} et $R_{26} = 100.000$ ohms. — R_4 et $R_{22} = 500$ ohms. — $R_5 = 250$ ohms. $R_6 = 50.000$ ohms. — $R_7 = 25.000$ ohms. — R_8 et $R_{13} = 20.000$ ohms. — R_9 et $R_{14} = 1$ mégohm — R_{19} et $R_{21} = 500.000$ ohms. — R_{20} et $R_{23} = 10.000$ ohms. — $R_{24} = 2.000$ ohms. — $R_{25} = 250.000$ ohms. — $R_{27} = 30.000$ ohms. — $R_{28} = 750.000$ ohms. — P_1 et $P_2 = 500.000$ ohms.

La tension détectée est recueillie aux bornes de R_{18}. La composante continue est utilisée pour obtenir l'effet de CAV (R_{19}-C_{13}).

Les potentiomètres P_1 et P_2 desservent respectivement la lampe séparatrice AF_7 et la première BF. La partie basse fréquence ne présente rien de particulier, sinon la faible valeur ohmique des résistances de plaque R_{20} et R_{24}.

L'alimentation comporte un transfo classique à 3 secondaires, une valve AZ1, une self et deux condensateurs de filtrage.

Ce montage pouvait être utilisé pour la réception des images à 180 lignes d'exploration sur onde de 8 mètres, transmises ultérieurement par la Tour Eiffel. Il suffisait de remplacer les bobinages, qui étaient prévus amovibles.

Nous retrouvons à la sortie du récepteur les prises *a* et *b* correspondant l'une au cylindre de Wehnelt, l'autre aux lampes thyratrons. Une troisième prise *m* est reliée à la masse.

DISPOSITIF D'ENSEMBLE. — Il nous reste maintenant à parler du branchement général des trois parties du poste, qui sont représentées à la fig. 95.

Nous voyons au centre le récepteur, avec les prises de secteur, d'antenne, de terre et les trois circuits correspondant aux bornes *a*, *m* et *b* dont il vient d'être question.

Sur un second châssis (au bas) sont groupés les oscillateurs de balayage, les thyratrons, leur alimentation, ainsi que l'alimentation spéciale du cathodique.

Les prises *1* et 2, qui communiquent, comme toutes les autres du reste, au tube cathodique, assurent le chauffage du filament F 3 représente le « moins » de la haute tension, 4 le + HT ; *7* et *8* commandent les plaques de déviation d'images ; *9* et *10*, les plaques de déviation de lignes.

La gravure du haut montre qu'il n'a pas été prévu d'ébénisterie pour le tube à rayons cathodiques. Celui-ci est simplement tenu en place par trois planches en bois, l'une faisant fonctions de socle, les deux autres étant échancrées en demi-cercle.

Le support arrière est muni des potentiomètres de réglage, l'un affecté à la polarisation permanente du cylindre de Wehnelt l'autre réglant la tension de l'anode auxiliaire.

La mise au point n'était pas compliquée, malgré le nombre relativement grand des commandes. En effet, les potentiomètres étant réglés une fois pour toutes, on était dispensé de toute manœuvre ultérieure, puisque la réception se faisait toujours sur la même longueur d'onde.

L'arrêt était obtenu par la seule manœuvre des interrupteurs. Nous limiterons là cette description sommaire.

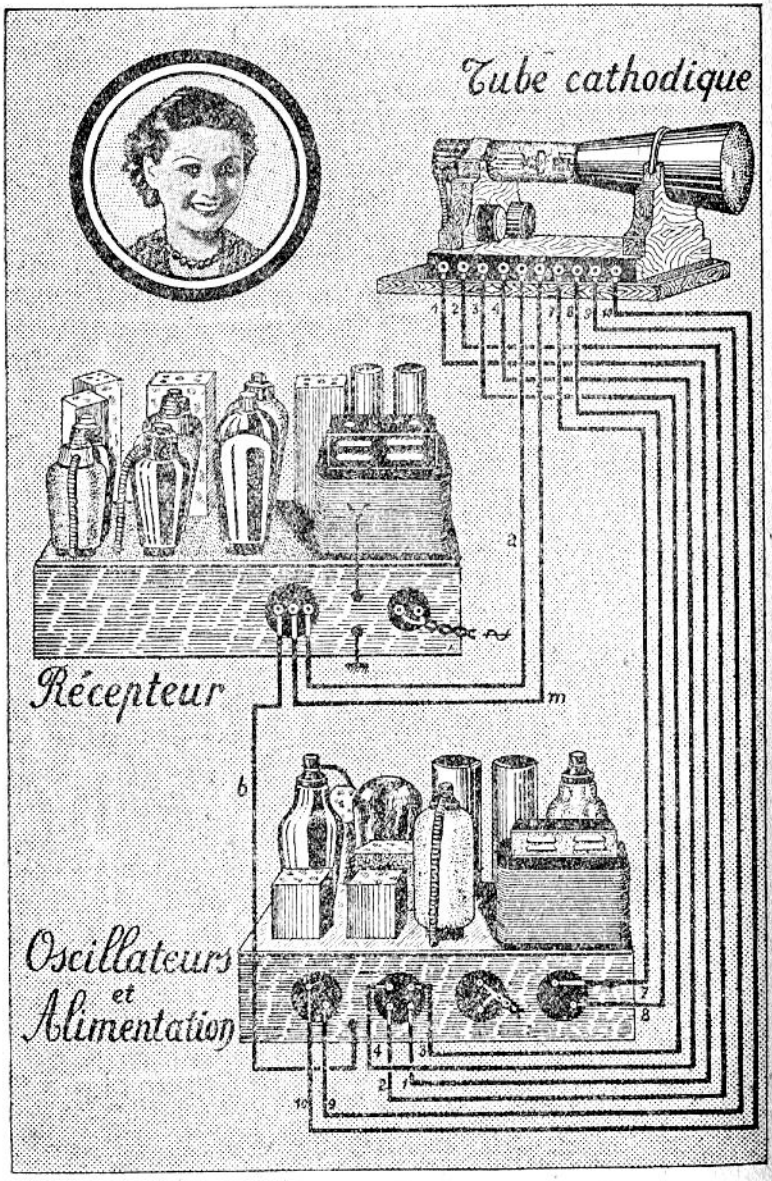


Fig. 95.
Aspect général du Poste de Télévision
et connexions reliant entre elles ses trois parties

Stade intermédiaire

Réception sur 180 lignes

(8 m. de long. d'onde)

Nos lecteurs ont compris, par les explications qui précèdent, que la télévision cathodique ne peut revêtir un cachet d'art qu'autant qu'elle met en œuvre ce qu'on appelle une « haute définition ».

Les images analysées à 60 lignes étaient, en effet, très grossières et sans le moindre modelé. L'accroissement du nombre des lignes assure une augmentation des détails et, par conséquent, de la finesse de reconstitution. L'émission de la Tour, portée à 180 lignes, ne pouvait être qu'une étape vers une analyse à plus haute définition.

Donc, le nouveau récepteur, auquel nous allons faire allusion, bien que constituant un perfectionnement sur le précédent, ne présente également qu'un intérêt documentaire.

Ainsi que nous l'avons dit à la page 129, on pouvait utiliser, pour ce nouveau stade, le récepteur 60 lignes en modifiant uniquement la nature des bobinages. Mais il était plus logique d'effectuer un montage spécialement adapté aux ondes courtes.

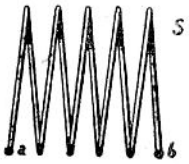


Fig. 96.

Self d'accord.

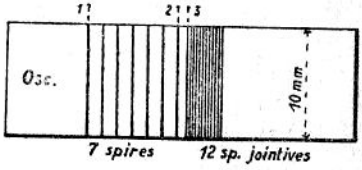


Fig. 97.

Bobinages oscillateurs

Nous ne décrirons pas de nouveau les différentes parties de cette réalisation, dont le *Haut-Parleur* a fait, en son temps, une étude détaillée ; nous nous bornerons à donner les caractéristiques des bobinages utilisés.

Les circuits d'accord et de changement de fréquence étaient très simples. Nous en donnons le schéma aux figures 96 et 97.

La self d'antenne S comportait 5 spires de fil nu 10/10 bobinées sur un tube de 25mm. de diamètre, et formant une longueur totale de 30 millimètres.

L'oscillatrice était constituée par un enroulement primaire de 7 spires de fil nu 5/10 et par une secondaire de 12 spires jointives, fil 2 couches soie 2/10, séparées des premières par un intervalle

de 1 millimètre ; le tout bobiné sur un tube de 10mm de diamètre.

La sélectivité devait être nécessairement très faible, afin de permettre au récepteur de laisser passer une bande de fréquences environ 100 fois plus large que celle d'un récepteur de radio.

Aussi, les transformateurs MF, au nombre de 3, étaient-ils conçus d'une façon toute particulière. La partie gauche de la *fig.* 98 schématise les deux premiers.

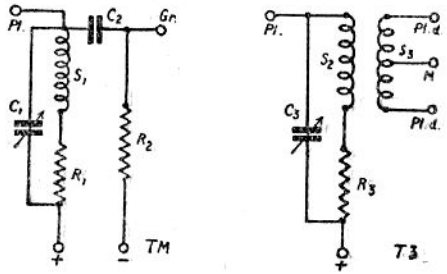


Fig. 98.

Représentation schématique des transfos MF.

Ces organes de liaison étaient constitués par une self S_1, de 35 spires, sur tube de 10mm, en série avec une résistance d'amortissement R_1, de 1.000 ohms le tout accordé à l'aide d'un petit condensateur ajustable C_1.

Cette partie était couplée à la grille de la première MF par une capacité C_2 de 500 micromicrofarads, avec résistance de fuite R_2, de 500.000 homs.

Le troisième transformateur MF (partie droite) comportait le même primaire que les précédents ; mais le secondaire était constitué par un enroulement à prise médiane, du même nombe de spires, les extrémités étant connectées aux plaques de la détectrice double diode. Les courants de basse fréquence étaient transmis par la prise médiane à un potentiomètre de 100.000 ohms, représentant la résistance de charge.

La gamme d'ondes reçue s'étendait de 7 à 10 mètres, l'émission étant de 8 mètres.

Nous n'étendrons pas davantage cette description, puisqu'elle n'est plus d'aucune utilité, pour aborder la réalisation des récepteurs modernes.

Récepteurs modernes

à haute définition.

Nous avons dit précédemment que les normes provisoires de la télévision, établies pour la période 1938-1941, comportaient une analyse de 450 lignes environ.

C'est donc sur cette base que nous allons présenter un récepteur, capable de recevoir les émissions actuelles de la Tour Eiffel. Le modèle décrit a été mis au point par les Etablissements Miniwatt-Dario ; il sera suivi de réalisations pratiques effectuées par les Maisons Grammont et Philips.

Antenne. — Il va sans dire que l'installation d'une bonne antenne est l'un des facteurs du succès.

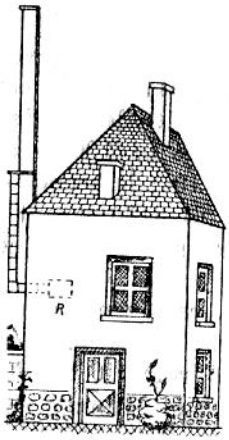


Fig. 101.
Antenne verticale.

Si une antenne horizontale classique d'environ 6 mètres peut donner des résultats acceptables, un fil vertical, avec feeders séparés, fournit un rendement nettement supérieur.

Au cas où l'on posséderait un poste de radio fonctionnant sur ondes courtes, il est néanmoins recommandé de faire un essai avec l'antenne existante, avant d'entreprendre toute construction nouvelle. En confirmation de ce que nous avons dit précédemment, on retiendra toutefois qu'une antenne élevée, en visibilité avec la Tour Eiffel, doit toujours être préférée aux autres modèles.

La fig. 101 représente une antenne verticale, supportée par une perche d'environ 5 mètres. La partie active du fil, située entre les deux traverses horizontales, mesure 4 mètres de longueur. L'écartement et le parallélisme des feeders est assuré par des tiges isolantes de 5 cm.

L'antenne en quart d'onde est également très recommandable : elle a été expérimentée avec le récepteur décrit ci-après.

LE RECEPTEUR. — Nous ne nous occuperons, pour l'instant, que du récepteur « vision » ; nous savons que le récepteur « son » est analogue aux appareils de radio pour ondes ultra-courtes.

Il est constitué par une octode changeuse de fréquence EK3, un amplificateur MF à trois étages, une détectrice double diode EB4, une séparatrice EF9, et un amplificateur BF constitué par une EF9 et une EBL1 fonctionnant en amplificatrice de tension.

Accord d'antenne. — Le self d'accord S est constituée par un enroulement de 4 spires, en fil de 12/10 deux couches soie. Le diamètre de la bobine est de 10 mm. Celle-ci est accordée par un condensateur C, de 0,05/1000. La résistance de grille R vaut 1000 ohms.

Un pôle de l'antenne est branché à une extrémité de la self ; l'autre, à la dernière spire.

Changement de fréquence. — La lampe utilisée, avons-nous dit, est une EK3. Les bobinages oscillateurs S_1 et S_2 sont respectivement insérés dans les circuits des grilles 1 et 2. Le primaire S_1, accordé par C_1, de 0.1/1000, comprend 4 spires de 10 mm., en fil de 7/10 ; le secondaire S_2 est constitué par 8 spires jointives, fil 2/10, ayant un diamètre de 10 millimètres. Enroulement en sens contraire, sur tube unique.

Les grilles 3 et 5, reliées entre elles, reçoivent la haute tension par une résistance R_1, de 25.000 ohms. Les capacité et résistance de découplage C_2 et R_2 valent 0.1 MFd et 50.000 ohms. La grille 6 communique à la cathode, reliée elle-même à la terre par une résistance fixe R_3, de 150 ohms, et une résistance variable R_4, de 1.000 ohms, destinées à régler la sensibilité de l'appareil et la profondeur de la modulation.

Dans le circuit de plaque est intercalé une self S_4, accordée par un condensateur C_7, de 0.03/1000.

La liaison avec la première MF est effectuée par le condensateur fixe C_6, de 0.5/1000

Complétons ces valeurs par celles des organes de découplage : $R = 1.000$ ohms ; $R_4 = 50.000$ ohms ; $R_5 = 25.000$ ohms ; $C_4 = 0.1$ microfarad ; $C_3 = 0.05/1000$, et $C_5 = 0.1$ Mfd (microfarad).

Moyenne fréquence. — L'amplification MF est effectuée par trois étages successifs, équipés avec des lampes tri-grilles, du type 4673.

La première grille de chacune d'elles reçoit les courants de la précédente par les condensateurs C_6, C_{11} et C_{16} ayant chacun une capacité de 0.5/1000.

La polarisation est assurée par les résistances de cathode R_7, R_9 et R_{11}, de 400 ohms, shuntées par les condensateurs C_8, C_{12} et C_{17}, de 0.1 Mfd.

Les selfs S_5 et S_6, intercalées dans le circuit de plaque des deux premières, sont identiques à S_4 et constituées par 26 spires de fil émaillé 3/10, bobinées sur cylindre isolant de 20 mm. de diamètre.

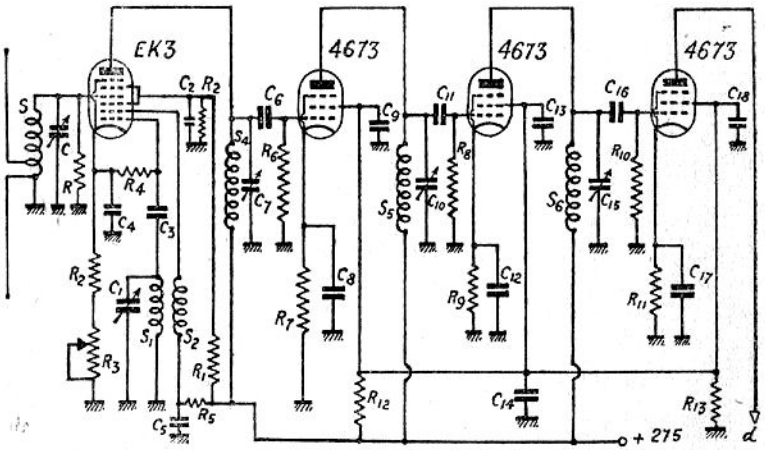


Fig. 102.

Etages changeur de fréquence et MF.
Les condensateurs C_9, C_{13} et C_{18} valent chacun 0.1 Mfd.

Ces bobinages, constituant le mode de liaison par circuits bouchon, sont accordés par les capacités C_7, C_{10} et C_{15}, de 0.03/1000. Les résistances de grille R_6, R_8 et R_{10} ont une valeur de 1000 ohms.

La grille 2 de chaque lampe reçoit la haute tension par l'intermédiaire de la résistance R_{12}, de 15.000 ohms. La capacité de fuite C_{14} vaut 0.1 microfarad et la résistance R_{13}, 50.000 ohms. Le circuit de plaque de la troisième lampe transmet les courants à la détectrice.

Détection et basse fréquence. — L'amplificateur moyenne fréquence est couplé avec la détectrice double diode EB4 par un transformateur dont le primaire S_7, constitué par un enroulement de 25 spires de 20 mm. en fil émaillé 3/10, est accordé par C_{19}, de 0.03/1000.

Le secondaire S_8 est à prise médiane. Chacune de ses parties comprend 28 spires de même fil. Ses extrémités sont reliées aux deux diodes selon le procédé courant. La résistance R_{14} vaut 5.000 ohms.

La tension détectée est dirigée vers la lampe EF9 dont la grille moyenne communique à la haute tension par la résistance R_{15}, de 30.000 ohms, shuntée par C_{20}, de 0.1. Notons en passant que la 3e grille de ce tube, comme celle de toutes les pentodes constituant le récepteur, est connectée à la cathode.

Les tensions plaques des trois lampes sont fixées par les résistances R_{16}, R_{21}, R_{25}, de 1.000 ohms chacune, la dernière de celles-ci devant pouvoir débiter 35 milliampères.

La liaison entre ces tubes s'effectue par les condensateurs C_{21} et C_{25}, de 0,5. Les tensions de grille moyenne sont obtenues par l'interposition des résistances R_{17}, de 30.000 ohms et R_{22}, de 10.000 ohms, cette dernière ayant un débit de 5mA. Ces résistances sont shuntées par le condensateur C_{22}, d'une capacité de 0.1 MFd, et le condensateur C_{26}, de 0,5.

Les impulsions de synchronisation sont dirigées vers les bases de temps, que nous trouverons au schéma suivant, par l'intermédiaire de la résistance R_{19} de 50.000 ohms.

Le condensateur C_{24} (500) transmet la synchronisation de lignes et la capacité C_{23} (0,1 Mfd), celle d'images. Nous retrouverons ces deux condensateurs sous la même notation dans le schéma général du récepteur de télévision (fig. 106).

Les tensions de modulation sont amplifiées par la seconde lampe AF9 et par la lampe EBL1, qui fonctionne en amplificatrice de tension. On a choisi ce type de tube à cause de sa faible capacité grille-plaque et grille cathode.

Les résistances de grille R_{18} et R_{23} valent 100.000 ohms.

Les résistances de cathode R_{20} et R_{24} valent respectivement 100 et 150 ohms.

La modulation est transmise à la grille (cylindre de Wehnelt) du tube cathodique par le condensateur C_{27}, d'une capacité de 0,6. Notons également que cet organe est reproduit avec son numéro au schéma général du récepteur.

Il nous reste à dire quelques mots sur l'alimentation de ce récepteur. Le schéma des organes est donné à la fig. 106.

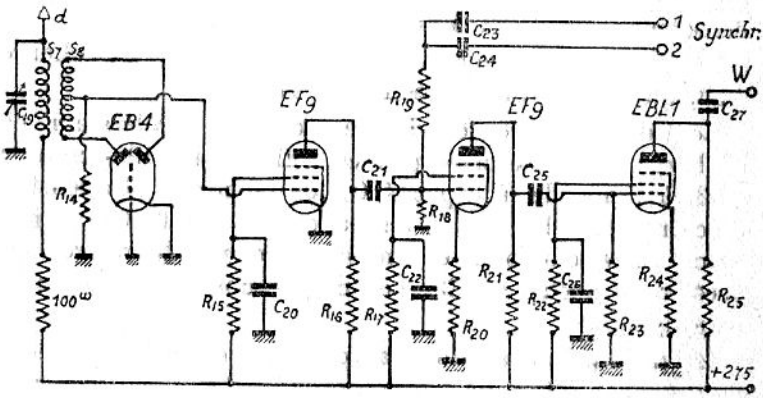


Fig. 103.

Etage détecteur et basse fréquence.

Le transformateur d'alimentation, dont le primaire est relié au secteur alternatif, comporte un secondaire divisé en quatre sections. Un enroulement de chauffage 4 volts, 4 ampères (S_2), alimentant le filament des lampes MF 4673 et un enroulement de 6,3 volts, 2,5 ampères (S_3), alimentant l'octode EK3 la double diode EB4 et les pentodes EF, et EBL1.

Le troisième enroulement (S_4) donnant 2 fois 300 volts, communique aux plaques de la valve 1561 ; le quatrième, de 4 volts 2 ampères, commande le filament de cette même valve. La prise médiane de ce dernier donne la haute tension de 275 volts, avec débit de 90 mA.

Viennent ensuite les organes classiques de filtrage.

Bases de temps. — Après la description du récepteur proprement dit, nous abordons celle des bases de temps. Celles-ci communiquent au premier par les connexions « Synchr. 2 », correspondant aux lignes, et « Synchro 1 », relatives aux images.

La base de temps « lignes » comprend une pentode de charge AF3, destinée à assurer une charge régulière et linéaire. La grille moyenne de ce tube est connectée à la haute tension, de 700 volts, par la résistance fixe R_1, de 300.000 ohms, et la résistance variable R_2, de 50.000 ohms, cette dernière réglant la fréquence de balayage. Le condensateur C vaut 0.1 MFd.

La plaque est reliée à la cathode de la lampe de décharge AL3, qui fonctionne par couplage cathodique.

Le tube d'amorçage AF7 sert comme accélérateur de décharge. Sa grille principale est reliée à la grille-écran de AL3, à l'aide de la capacité C_4, de 50 mmfd. La tension d'écran est réglée par la résistance R_4, de 500.000 ohms. Selon sa valeur plus ou moins grande, elle retarde ou accélère la décharge. Elle commande donc l'amplitude de balayage.

La grille principale de la lampe AF7 reçoit les impulsions de synchronisation de lignes (borne 2). Le potentiomètre P vaut 50.000 ohms.

La première grille du tube déphaseur AL2 est couplée avec la cathode de la lampe de décharge AL3 par le condensateur C_1, de 2/1000. La résistance R_{10}, de 50.000 ohms, règle l'amplification de cette lampe de symétrie.

Les plaques de déviation horizontale sont respectivement reliées à la cathode de la lampe de décharge AL3 et à l'anode de la lampe AL2, par les condensateurs C_3 et C_6 de 0.1 Mfd. 0.1 Mfd.

Notons que la plaque de déviation horizontale H_1 reçoit la haute tension de l'anode A_2 par la résistance R_{12}, de 5 mégohms, et que H_2 communique au potentiomètre P_1 (fig. 105) par R_{13}, de même valeur.

Cette description étant terminée, il nous reste à parler du fonctionnement proprement dit de cette base de temps « lignes » et de préciser le rôle particulier de chacune des lampes utilisées.

Dans la partie théorique, nous avons précisé que les tensions en « dents de scie » étaient obtenues par la charge relativement lente et la décharge brusque d'un condensateur. Cet organe figure ici sous la désignation C_3.

Le mécanisme est un peu plus complexe qu'avec le thyratron dont nous avons étudié le fonctionnement ; mais nos lecteurs le saisiront facilement.

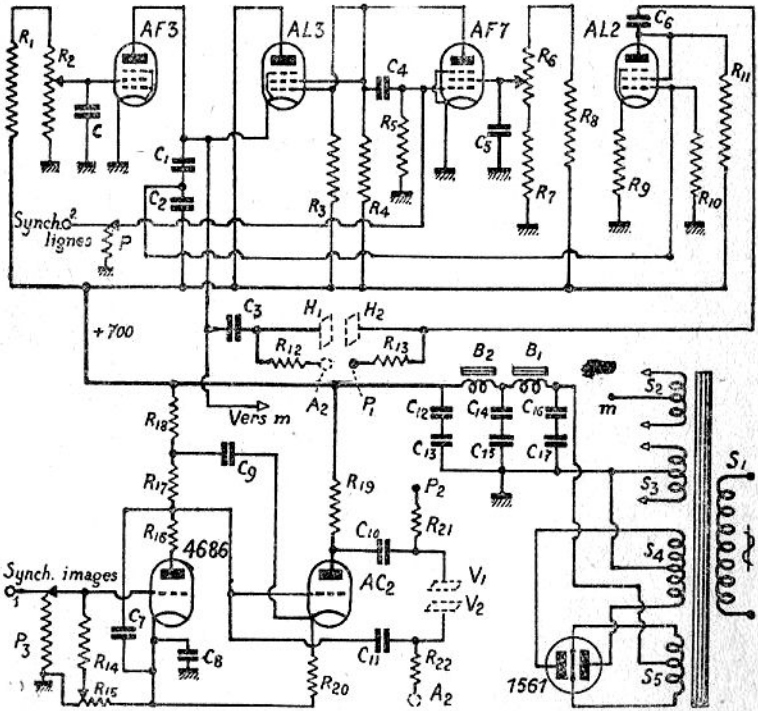


Fig. 104.

Représentation schématique des bases de temps.

Ce condensateur C_3 se charge à travers la lampe AF3 qui joue le rôle de la résistance régulatrice, dont nous avons dit l'importance.

Lorsque ses pôles atteignent une tension déterminée, la cathode de la lampe de décharge AL3 devient plus positive : en conséquence des courants de plaque et de grille-écran prennent naissance dans cette dernière lampe.

L'apparition du courant de grille-écran détermine une diminution de tension de cette électrode. Mais nous remarquons que celle-ci communique à la grille principale du tube d'amorçage AF7, par le condensateur C_4.

Cette grille de commande subit donc également une diminution de tension, ce qui a pour conséquence de provoquer une chute de tension plaque de cette lampe. Or, l'anode de celle-ci, est reliée à la grille principale de la lampe de décharge AL3.

Il s'en suit que le courant de plaque de cette dernière monte brusquement, et cette variation subite décharge le condensateur C_3.

Pendant la charge de cette capacité, la plaque H_1, qui lui est directement connectée, prenait, elle aussi, une charge progressive, qui avait pour rôle d'attirer vers elle le faisceau électronique du tube cathodique. Au moment de la décharge de C_3, la tension de H_1 devient nulle et l'attraction exercée sur le filet lumineux prend fin ; celui-ci est alors brusquement attiré par H2 et retourne à son point de départ : le spot a décrit une ligne sur l'écran.

Nous voyons donc que c'est la naissance du courant grille-écran de la lampe AL3 qui provoque le débloquage de ce tube, dont la tension de polarisation varie d'une façon considérable.

Lorsque le condensateur C_3 est déchargé, le courant grille-écran de la lampe AL3 diminue, ce qui a pour résultat d'augmenter la tension grille du tube déphaseur AF7, conséquemment de diminuer la tension de plaque et la tension de grille de AL3, qui se trouve de nouveau bloquée.

Une quatrième lampe AL2 est ajoutée à ce dispositif de bases de temps « lignes » pour obtenir un balayage symétrique, autrement dit pour que l'image se présente, sur l'écran, non pas sous forme de trapèze, mais de rectangle régulier.

C'est une sorte de montage en balance avec le premier tube AF3. En effet, lorsque la tension anodique de celui-ci augmente, la tension anodique du tube déphaseur AL2 diminue, et nous savons que la plaque déviatrice H_2 est reliée à l'anode de AL2.

Il résulte de cette combinaison que le champ entre les deux plaques de déviation H_1 H_2 reste constant.

Voici les valeurs des organes non cités dans le cours de cet exposé : Condensateur C_2 = 2/000 ; condensateur C_5 = 0.1 Mfd ; résistance R_3 = 100.000 ohms ; résistances R_5 = 50.000 ohms ; R_6 = 50.000 ohms ; résistances R_7 = 100.000 ohms ; R_8 = 300.000 ohms ; résistances R_9 = 20.000 ohms ; R_{10} = 500.000 ohms ; et R_{11} = 200.000 ohms.

Les impulsions d'images sont transmises par la connexion 1 à la triode à gaz 4686, dont l'anode communique à la HT par les résistances R_{16}, de 500 ohms, R_{17} et R_{18}, de 250.000 ohms.

L'intersection des premières est reliée à la grille du tube déphaseur AC2, ainsi qu'à la plaque de déviation verticale V_2, par C_{11} (de 0.2)

La plaque de déviation V_1 est reliée au potentiomètre de cadrage vertical P_2 (fig. 105) et V_2 reçoit la haute tension de l'anode A_2 du tube cathodique par les résistances R_{21} et R_{22} de 5 mégohms. La fréquence d'images est réglée par R_{15}, de 10.000 ohms.

Voici d'autre part, la valeur des autres organes

C_7 = 0.08 Mfd ; C_8 = 25 Mfd ; C_9 = 1 Mfd ;
P_3 = 50.000 ohms ; R_{14} = 50.000 ohms ;
R_{19} = 50.000 ohms ; R_{20} = 50.000 ohms.

Alimentation. — Le transformateur d'alimentation, dont le primaire S_1 est relié au secteur alternatif, comporte un secondaire divisé en 4 parties.

L'enroulement S_2, de 4 volts 2 ampères commande le filament de la lampe AL3.

L'enroulement S_3 commande les filaments des lampes 4686, AF3, AF7, AC2 et AL2.

La prise médiane correspond à la masse (— HT) et à la prise médiane de S_4, dont les extrémités sont reliées aux plaques de la valve 1561. Chaque enroulement de S_4 donne 600 volts et 20 ampères.

La partie S_5, de 4 volts 2 ampères commande le filament de la valve.

Les organes de filtrage comprennent les condensateurs C_{12}, C_{13}, C_{14}, C_{15}, C_{16} de 16 Mfd (isolés 450 volts) et les selfs B_1 et B_2, de 20 henrys (débit 20 mA.).

Tube cathodique. — La figure 105 représente la dernière partie du récepteur : le tube à rayons cathodiques et ses annexes. Nous sommes déjà familiarisés avec cet « oscillographe », dont la constitution et le fonctionnement ont été décrits à maintes reprises dans le cours de l'exposé théorique. Aussi, nous ne reviendrons pas en détail sur sa description et son rôle capital.

Nous retrouvons les organes intérieurs connus : filament F, cathode C, grille ou cylindre de Wehnelt G, première anode A_1, seconde anode A_2, plaques déviatrices verticales V_1V_2 et plaques déviatrices horizontales H_1H_2.

Les quatre premières de ces parties constitutives reçoivent des tensions différentes fournies par le dispositif potentiométrique R_4, R_5, R_6, R_7, dont les valeurs successives sont les suivantes : 1 mégohm, 500.000 ohms, 10.000 ohms et 50.000 ohms.

La haute tension est fournie par les enroulements S_2, de 4 volts 2.5 ampères et S_3, de 1700 volts 5mA, du transformateur, alimentant la redresseuse 1875.

Cette haute tension est appliquée à l'anode A_2 par les résistances R_1 de 100.000 ohms (1 watt) et R_2, de 30.000 ohms (1 watt).

La seconde anode A_1 reçoit une tension moyenne de 400 volts par la résistance variable R_5. Le filament correspond à une tension nulle. Le cylindre de Wehnelt a une tension négative pouvant varier de — 5 à — 40 volts : nous en avons dit les raisons antérieurement. La résistance supplémentaire R_8, de 100.000 ohms, s'oppose à ce que cette tension devienne jamais positive.

Le circuit amorcé en W est la continuation du circuit portant la même lettre, dans la fig. 103, qui transmet la modulation d'image.

Le filament du tube est alimenté par l'enroulement S_4 de 4 volts 1 ampère.

Le tube utilisé dans le récepteur que nous décrivons est du type DW 16-1 ; il est construit par les Etablissements Miniwatt-Dario. Sa longueur totale est de 44 centimètres. Sa lumière est blanche. Le diamètre de l'écran est de 16 centimètres. Le chauffage est indirect. Ainsi qu'ont peut s'en rendre compte, le tube est à déviation électrotastique double.

Nous retrouvons en P_2 le potentiomètre de cadrage vertical, amorcé sous la même lettre dans le schéma précédent ; ainsi qu'en P_1, le potentiomètre de cadrage horizontal, également présenté sous la même lettre dans la même gravure.

Nous ne reviendrons pas sur les plaques de déviation H_1H_2 et V_1V_2, dont les circuits de commande ont été décrits avec les bases de temps.

Ces plaques étaient représentées en pointillé, parce qu'elles font partie, non pas des oscillateurs de lignes et d'images, mais du tube à rayons cathodiques lui-même.

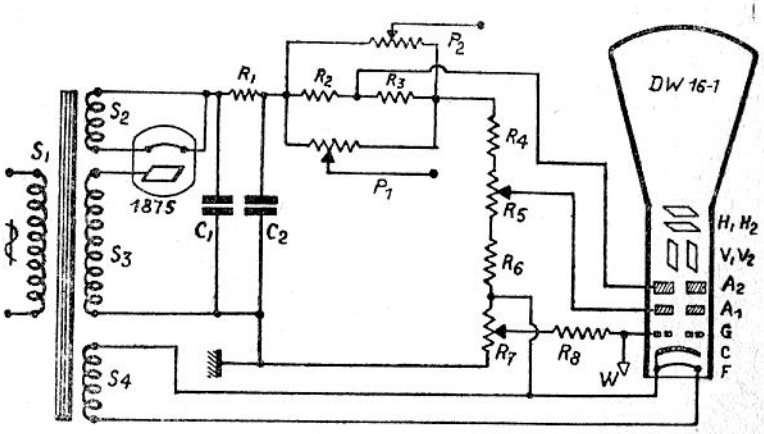


Fig. 105.

Tube à rayons cathodiques et son alimentation.

Les circuits seront d'ailleurs rétablis en totalité dans le schéma général du récepteur (fig. 106).

Voici, en terminant, les valeurs des organes que nous n'avons pas données dans le texte : potentiomètre $P_1 = 500.000$ ohms ; potentiomètre $P_2 = 500.000$ ohms résistance $R_3 = 30.000$ ohms (1 watt) ; condensateurs de filtrage C_1 et $C_2 = 0.3$ Mfd chacun.

Ajoutons que le culot du tube porte 4 broches disposées en quadrilatère et correspondant au filament-cathode (deux prises), à la grille, et à la première anode A_1. L'anode A_2 a pour prise une borne latérale.

Schéma général

La représentation fragmentaire du récepteur figurant dans les schémas précédents ne peut donner qu'une idée assez confuse de l'ensemble. C'est pourquoi nous avons cru devoir réunir ces diverses parties dans un schéma général, que nous avons limité toutefois aux organes de commande et de transmission, afin de lui donner une clarté suffisante.

Cette reconstitution est donnée à la figure 106.

Nous voyons tout d'abord que le récepteur proprement dit utilise 8 lampes ; l'oscillateur de lignes 4 ; l'oscillateur d'images 2 : au total 14, auxquelles il convient d'ajouter 3 valves et le tube cathodique.

Rappelons maintenant, en toute brièveté, son fonctionnement général.

Les ondes ultra-courtes transmises par le poste émetteur sont captées par l'antenne. Le changement de fréquence est effectuée par l'octode EK3.

La moyenne fréquence obtenue subit l'amplification des trois étages MF, équipés par des lampes 4673.

Après détection par la double diode EB4, l'onde porteuse à très haute fréquence est supprimée : il ne subsiste plus que la modulation telle qu'elle est sortie du studio d'émission, et à laquelle on a incorporé les tops de synchronisation.

La première EF9 sépare, à son tour, la modulation proprement dite des signaux de synchronisation.

Les courants modulés sont amplifiés en basse fréquence par la seconde EF9 et par l'amplificatrice de tension EBL1, puis transmis au cylindre de Wehnelt du tube cathodique. Nous savons que ces tensions, plus ou moins fortes, selon la luminosité des « points » auxquelles elles correspondent, agiront sur le faisceau électronique, l'éparpillant ou le concentrant plus ou moins, conséquemment augmentant ou diminuant sa luminosité, en parfaite concordance avec la modulation transmise par l'émetteur.

On se souvient que ce faisceau est constitué par un jet d'électrons issu de la cathode C, puis successivement attiré

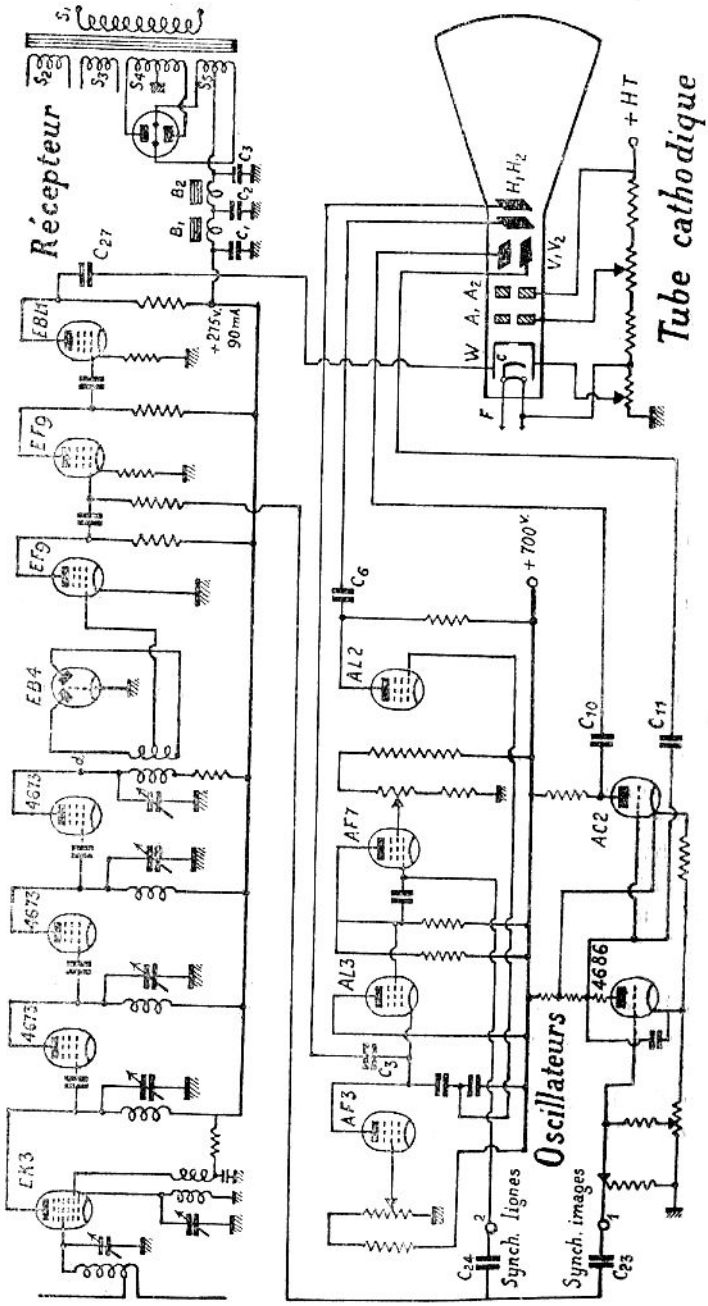


Fig. 106

Schéma général du récepteur, limité aux organes de commande et de liaison

par les anodes A_1 et A_2, qu'il dépasse, dans sa course vertigineuse, pour atteindre l'écran E.

Voilà le « spot » formé. Il s'agit maintenant de lui faire balayer l'écran horizontalement et verticalement, au même rythme qu'a été explorée la scène télévisée.

C'est le rôle des bases de temps, encore appelées oscillateurs de relaxation, qui reçoivent des tensions en dents de scie rigoureusement commandées par les tops.

Reprenons donc les signaux de synchronisation après leur dissociation de la modulation. Les tops de lignes sont transmis aux bases de temps correspondant par le condensateur C_{24}, et les signaux de synchronisation d'images par C_{23}.

Les premiers commandent au rythme voulu les tensions des plaques H_1H_2 qui, recevant alternativement un haut voltage positif, attirent le faisceau lumineux de gauche à droite et réciproquement, lui faisant décrire une ligne horizontale sur l'écran fluorescent.

Les seconds commandent, dans les mêmes conditions, les plaques V_1V_2, pour obtenir le déplacement vertical du faisceau.

Toutefois, ces derniers ont un rythme beaucoup plus lent que les précédents, puisque le spot doit parcourir 450 lignes horizontales pour un seul déplacement vertical.

Pendant qu'il accomplit ces 450 allées et venues, la plaque déflectrice inférieure V_2 agit progressivement sur lui pour le déporter de quelques dixièmes de millimètre vers la base de l'écran, après chaque ligne parcourue. C'est seulement en fin d'image qu'il est rappelé au sommet de l'écran par la chute de tension de V_2 et l'attraction de V_1.

Ainsi le spot, qui reproduit la luminosité des point successifs de l'image télévisée, grâce à l'action du cylindre de Wehnelt, se trouve asservi aux mêmes déplacements horizontaux et verticaux que l'organe d'exploration, au studio.

L'écran du tube cathodique se trouve donc illuminé par une copie fidèle de l'image initiale, c'est-à-dire de la scène à transmettre.

Mise au point

La mise en coffret du récepteur a été décrite succinctement dans un chapitre précédent. La disposition générale des organes que nous avons préconisée n'est d'ailleurs nullement exclusive, car, en télévision comme en radio, chaque amateur a ses conceptions personnelles.

Le tube est généralement placé horizontalement à la partie supérieure, avec écran visible dans le fronton de l'ébénisterie. Le récepteur proprement dit et les bases de temps sont montés sur des châssis différents.

Lorsque toutes les connexions sont scrupuleusement réalisées, il reste à procéder à la mise au point, opération assez minutieuse.

L'antenne, ainsi que l'oscillatrice, sont accordées une fois pour toutes sur la longueur d'onde de l'émetteur. En premier lieu, il faut chercher à obtenir une tache lumineuse sur l'écran du tube.

A cet effet, on donne une tension commune aux plaques de déviation, en les reliant, par exemple, à la seconde anode du tube. Dès que le point lumineux apparaît, il faut vérifier la commande d'intensité, en l'espèce le potentiomètre R_7 du cylindre de Wehnelt, qui doit permettre d'obtenir toutes les gammes de lumière.

Ce premier résultat obtenu, il y a lieu de s'occuper du balayage de l'écran, en réglant séparément les bases de temps.

Nous avons longuement expliqué la constitution et le fonctionnement de celles-ci. Nous savons que la fréquence de lignes est commandée par la résistance variable R^2 (fig. 104), c'est donc sur elle que l'on devra agir pour harmoniser l'ensemble avec le dispositif d'exploration du studio.

On réglera la fréquence d'images par la manœuvre de la résistance variable R_{15} (même figure).

L'amplitude est commandée par la résistance variable R_6 qui fixe la tension grille écran de AF7.

Enfin, la manœuvre des potentionmètres P_1 et P_2 (figure 105) assurera le cadrage horizontal et vertical de l'image sur l'écran du cathodique.

Récepteur « son ».

Ainsi que nous l'avons exposé précédemment, un poste complet de télévision comporte, indépendamment du récepteur d'image, un récepteur reproduisant la parole et la musique. On sait que ce denier est analogue aux récepteurs de radio pour ondes ultra-courtes, l'onde à recevoir ayant une longueur de $7^m,14$. Nous ne nous attarderons donc pas sur une description détaillée que connaissent déjà tous les sans-filistes.

Si le récepteur « vision » est à amplification directe, le « son » doit être reçu par un autre amplificateur de même type, mais à bande passante plus réduite.

Si, au contraire, le récepteur d'image est un superhétérodyne, on peut prévoir un seul changement de fréquence. Les battements de l'oscillateur local avec les ondes « image » et « son » donnent deux moyennes fréquences qui sont détectées et amplifiées séparément.

Ajoutons même que certains récepteurs bon marché ne comportent ni amplification basse fréquence, ni haut-parleur. Le son détecté est reporté sur la prise pick-up d'un récepteur quelconque de radio.

Voici, à titre indicatif, les caractéristiques générales que peut comporter un récepteur « son » construit isolément, c'est-à-dire complètement indépendant du récepteur d'image.

Changement de fréquence par octode, avec self d'accord et bobinages oscillateurs accordé sur l'onde de $6^m,52$.

Amplification moyenne fréquence à un seul étage, équipé par pentode. La liaison, avec le circuit plaque de l'octode se fait par transformateur ou par circuit bouchon.

Détection par double diode triode, l'une des plaques commandant le volume contrôle automatique.

Circuit basse fréquence conforme aux modèles classiques avec lampe de puissance. Haut-parleur standard avec résistance d'environ 2.500 ohms.

L'antenne utlisée sera du type demi-onde ou quart d'onde.

Quelques réalisations

Récepteur Grammont

Après l'étude schématique du récepteur de télévision établi par la Société Miniwatt-Dario, nous donnons quelques réalisations pratiques qu'ont bien voulu nous communiquer les Maisons Grammont et Philips.

Ces modèles synthétisent les deux tendances actuelles que l'on peut constater chez les constructeurs.

Les Etablissements Grammont ont expérimenté plusieurs types de récepteurs ; au moment où nous mettions sous presse, certains schémas étaient encore passibles de quelques modifications et n'avaient pas été confiés au tirage. Nous pouvons, néanmoins, donner les caractéristiques de leur technique.

Récepteurs. — Deux méthodes de réception ont été expérimentées :

Amplification directe. Avantages constatés : peu de souffle, bande passante facilement réalisée. Inconvénients : impossibilité de changer rapidement la fréquence d'accord.

Superhétérodyne, avec MF aux environs de 6Mc/s. Avantages et inconvénients inverses des précédents.

Détection. — Cette opération se fait presque toujours par diodes à attaque symétrique et sortie parallèle. L'utilisation de diodes à faible résistance interne s'affirme de plus plus en plus.

Balayage. — Les oscillateurs générateurs de tensions en dents de scie sont de deux types également employés : Thyratrons et Blocking oscillator (Fromy).

Les tensions engendrées par ces dispositifs sont ensuite amplifiées et corrigées de façon à conserver à la dent de scie une linéarité convenable, en même temps qu'un retour aussi rapide que possible.

Les tensions de balayage sont ensuite appliquées au tube cathodique, généralement à travers un transformateur d'im-

pédance élévateur ou abaisseur, suivant que le tube est à déflexion statique ou magnétique.

Synchronisation. — La séparation des signaux de synchronisation de ceux d'image peut se faire par différentes méthodes, dont les plus usitées sont la diode polarisée et l'amplificatrice saturée. Ces deux systèmes travaillent suivant le même principe : la lampe ne laisse passer un signal qu'à partir d'un niveau ajustable (le seuil de synchro).

Pour effectuer la discrimination entre la synchro de lignes et la synchro d'image, deux solutions sont également employées : circuits résistances-capacités intégrateurs, ou transformateurs associés à des filtres.

Tubes cathodiques. — La technique actuelle s'oriente vers les tubes à balayages et concentration magnétiques, plus lumineux, de construction plus simple, plus courts et à concentration plus uniforme que les tubes statiques.

La tension de la dernière anode est généralement de 5.000 volts ; pour les petits tubes, elle est réduite à 3.000.

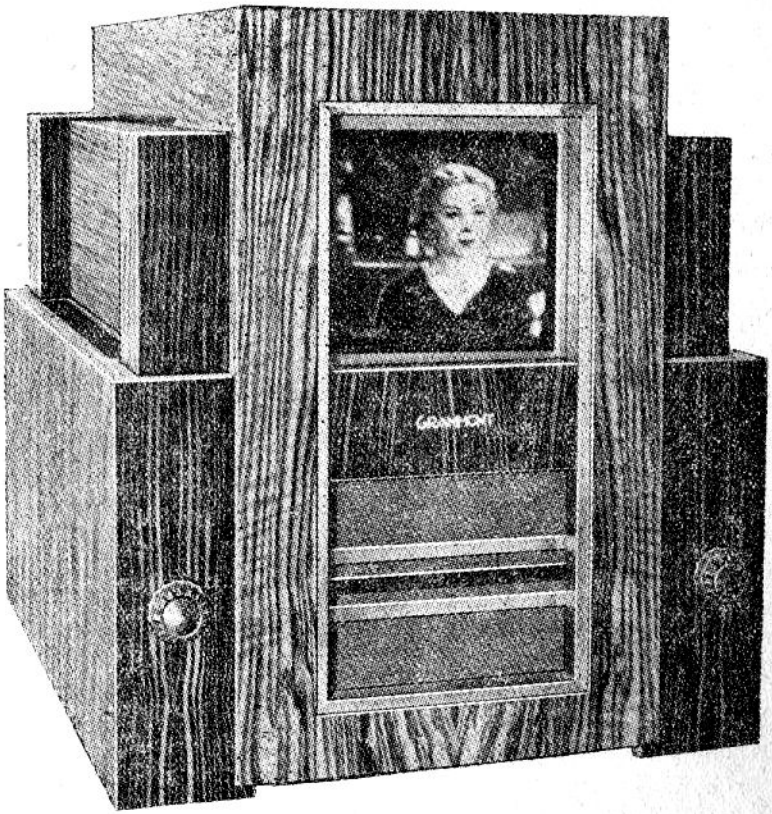
Le diamètre des tubes ne dépasse guère 30 centimètres.

Réception du son. — Nous ne dirons rien de nouveau sur cette réception qui a été décrite à la page 148.

Châssis. — De nombreuses précautions sont à prendre dans la construction d'un châssis récepteur complet. Les difficultés les plus souvent rencontrées sont les suivantes : instabilité de l'amplificateur HF ; mauvais retour à la masse ; contacts défectueux entre différentes masses ; inductions sur le tube cathodique ; mauvais isolement de la tension de la dernière anode ; ronflements sur les déflections ou la modulation ; effets microphoniques causés par le haut-parleur ; décadrage de l'image par des champs magnétiques, etc.

Réglages. — Une pratique qui tend à se répandre consiste à ne laisser à l'usager que la commande de la polarisation du tube, les autres éléments variables étant ajustés une fois l'installation du récepteur effectuée ; mais ces boutons restant cependant accessibles à l'arrière ou sur le côté de l'appareil.

Portée. — Avec un appareil ayant une amplification de l'ordre de 10.000 ou 20.000, des images convenables ont été reçues dans un rayon de 100 km.



Photos Grammo

Fig. 100.

Récepteur de télévision Grammont.

Antennes. — Pour obtenir une image exempte d'échos et de distorsion de phase, il est à peu près indispensable d'utiliser une antenne verticale demi-onde ou quart d'onde, avec ou sans réflecteur, et une descente dont l'impédance est correctement adaptée à ses extrémités.

Récepteur Philips

à écran de projection

On reproche généralement aux images observées directement sur l'écran du cathodique d'avoir de petites dimensions et de ne pouvoir être observées sans efforts par un certain nombre de personnes.

Les constructeurs ont tenté de fabriquer des tubes de grands diamètres ; mais cette opération se heurte à des difficultés techniques presque insurmontables.

La maison Philips a résolu le problème en projetant sur un écran l'image obtenue sur le cathodique. Nous reviendrons dans un instant sur le procédé utilisé.

Voici les caractéristiques du récepteur (type 61) telles qu'a bien voulu nous les communiquer le service de télévision de ces Etablissements.

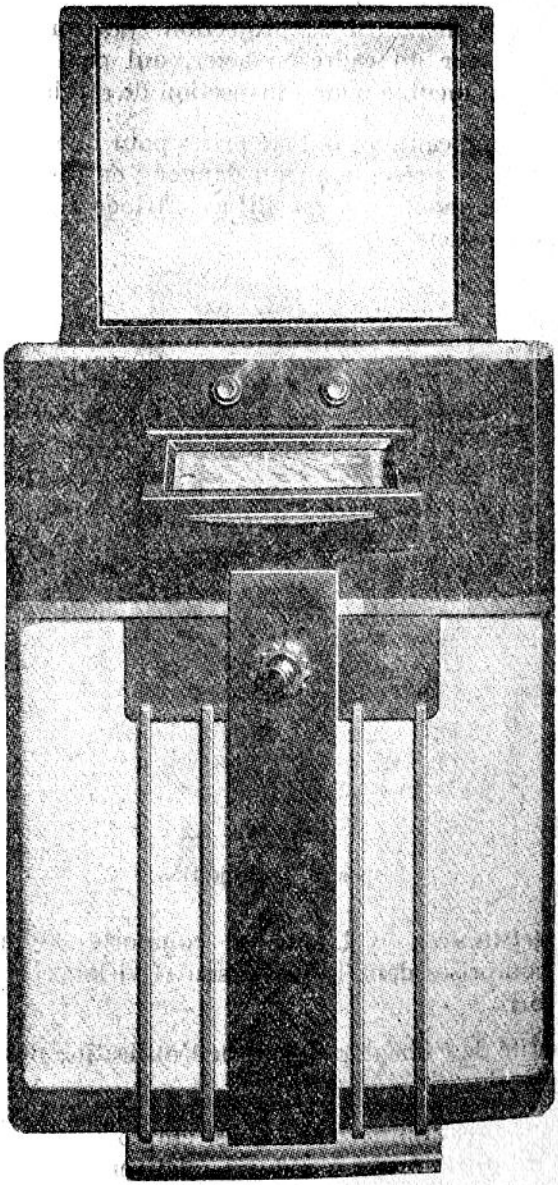
Spécification. — Récepteur de télévision à grand écran, combiné avec poste de T.S.F. Trois gammes d'ondes, avec dispositif d'accord automatique.

L'image mesure environ 45 × 37 cm. Elle est projetée sur un écran plat en verre. Cet écran sort quand on lève le couvercle de l'appareil.

Le tube cathodique de projection a un diamètre de 10 cm. environ. Il fonctionne sous une tension de 25.000 volts. L'analyse et la concentration de l'image sont obtenues par système magnétique. Le tube est complètement blindé. Les lentilles de projection sont anastigmatiques de haute qualité.

Boutons de réglage. — Les commandes manuelles de réglage sont les suivantes : accord commun son et vision ; concentration électronique ; contraste de l'image ; brillance de l'image ; réglage de lignes et d'image ; dimensions verticales et horizontales de l'image ; centrage en hauteur et en largeur.

Montage mécanique. — Le dispositif télévision comprend 4 parties : récepteur vision et son ; base de temps et redres-



Photos Philips

Fig. 109

Récepteur Philips à grand écran.

seur haute tension ; alimentation très haute tension ; tube cathodique et dispositif de projection. Les quatre châssis sont montés sur un cadre en acier, qui peut être enlevé facilement du meuble pour l'inspection de service.

Toutes les précautions ont été prises pour que l'utilisation de l'appareil ne présente aucun danger : en cas de détérioration d'un organe, un dispositif avec triode à gaz coupe la très haute tension.

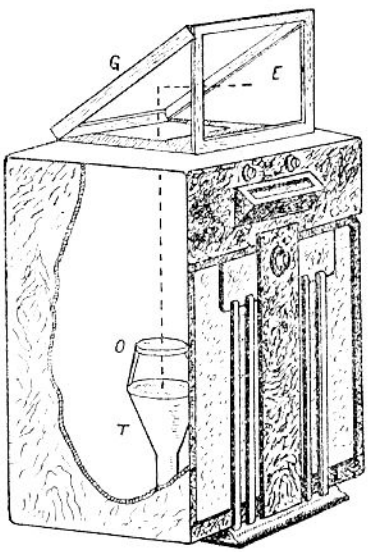


Fig. 110.

Dispositif de projection.

Caractéristiques. — L'appareil comporte 33 lampes : 26 sont comprises dans la partie son et vision et 7 dans la partie T.S.F.

La qualité de l'image provient de l'utilisation d'une seule bande latérale.

Un étage préamplificateur HF est employé pour la partie son et vision, de façon à réduire relativement le bruit de fond.

Le changement de fréquence son et vision est obtenu séparément. L'oscillateur est du type push-pull.

Récepteur de T.S.F. . — Le châssis utilisé pour le récepteur de T.S.F. est celui du Philips 753, avec lampe préamplificatrice HF, munie de la silenthode EF8.

La sélectivité variable présente trois positions : 8-12 et 16 KC.

Le dispositif détection et anti-fading est équipé d'une triple diode.

L'étage BF est à contre-réaction. Il peut débiter une puissance de 4 watts.

La reproduction acoustique est assurée par deux haut-parleurs électrodynamiques à champ permanent.

Consommation. — L'appareil de télévision consomme 430 watts et l'appareil de T.S.F. 70 seulement.

Dimensions. — Le meuble mesure environ 72 cm. de largeur, 120 cm. de hauteur et 52 centimètres de profondeur.

Mécanisme de la projection. — La fig. 110 représente schématiquement la marche des rayons lumineux dans le dispositif de projection.

L'image primitive se forme sur l'écran du tube cathodique T. Elle est projetée par l'objectif O sur une glace G, inclinée à 45 degrés, qui la renvoie sur l'écran de grandes dimensions E. Ce dernier seul est visible pour les spectateurs.

Ainsi qu'ont peut s'en rendre compte, ce dispositif constitue un perfectionnement, car le désir unanime des usagers est d'obtenir une image de surface respectable, pouvant être examinée simultanément par un certain nombre de personnes.

Il se pourrait d'ailleurs que ce procédé d'agrandissement ne fût qu'un acheminement vers une projection proprement dite, telle qu'on la pratique dans les salles de cinémas.

Cela deviendra, sans doute, possible, lorsqu'on aura résolu les questions de netteté, de luminosité et de stabilité.

Ici encore, nous pouvons faire confiance au labeur et à l'ingéniosité de nos admirables techniciens.

LEXIQUE

ANODE. — Electrode portée à une tension positive plus ou moins importante. Encore nommée « plaque » dans les lampes.

BALAYAGE. — Déplacement du faisceau lumineux, soit pour l'analyse (iconoscope) soit pour la reconstitution (tube cathodique).

BASE DE TEMPS. — Partie du récepteur qui commande le déplacement du spot sur l'écran.

CATHODE. — Electrode correspondant au potentiel zéro. Généralement recouverte d'oxydes émetteurs d'électrons.

CATHODIQUE. — Dérivé du terme précédent. Désigne une action ou un organe se rapportant à une émission électronique.

DÉFINITION. — Décompostion de la scène télévisée en un plus ou moins grand nombre de lignes d'exploration.

DÉFLEXION. — Attractions alternatives du faisceau électronique sous l'influence de tensions ou de selfs. Les plaques de déflexion sont encore dénommées plaques de déviation.

EXPLORATION. — Déplacement du faisceau lumineux pour l'analyse linéaire de la scène télévisée.

FEEDER. — Fil conducteur reliant l'antenne au poste d'émission ou à l'appareil de réception.

ICONOSCOPE. — Tube utilisé pour l'analyse à haute définition des images ou des scènes à transmettre.

MODULATION. — Variation d'amplitude du courant issu de l'iconoscope ou de la cellule photoélectrique.

OSCILLOGRAPHE. — Tube dont le faisceau modulé par le récepteur reproduit l'image par balayage de l'écran.

RELAXATION. — Phénomène produisant les tensions en dents de scie utilisées dans les bases de temps.

SPOT. — Point lumineux formé sur l'écran du tube cathodique par le faisceau électronique.

SYNCHRONISATION. — Asservissement du balayage de l'écran à celui de l'exploration de l'image.

THYRATRON. — Tube à gaz utilisé pour engendrer les tensions en dents de scie des bases de temps.

TOP. — Signal bref incorporé à la modulation pour assurer une synchronisation parfaite des récepteurs.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

Introduction 5

I. — L'œil humain 7

Un téléviseur de vieille date. — Description. — Rôle capital de la rétine. — Maladies. — Mécanisme de la vision. — Rôle du cerveau. — Où interviennent les longueurs d'ondes.

II. — La cellule photo-électrique 17

Un « œil » auxiliaire. — L'effet photo-électrique. — Constitution, fonctionnement et utilisation des cellules. — Procédés d'amplification. — Autres genres de cellules. — Le multiplicateur d'électrons.

III. — Transmission des photographies 31

Au poste émetteur : Traducteurs mécaniques et traducteurs photo-électriques. — Dispositif optique d'émission.

Au poste récepteur : Traducteurs électro-mécaniques et récepteurs perfectionnés.

La synchronisation : par bloquage, par embrayage. — Transmission des signaux.

IV. — La Télévision 51

Analyse globale. — Analyse par éléments

Emission 56

Vision directe. — Télécinéma. — Procédés radioélectriques : Le canon à électron ; l'Iconoscope ; ses avantages. — La synchronisation. — Mécanisme de l'émission.

Transmission 74

Fréquences de modulation. — Longueurs d'ondes. — champ.

Réception 79

Traduction courant-lumière. — Procédés mécaniques : lampe au néon ; disque spirale ; cellule de Kerr ; roue à miroirs. Procédés modernes. — L'oscillographe cathodique : Principe, description, fonctionnement, alimentation.
Reconstitution du sujet : Thyratrons ; bases de temps.

Synchronisation 93

Effet des tops. — Dispositifs de synchronisation (lignes, images). — Vue d'ensemble.

Télécinéma. — Mécanisme de la réception.

STADE ACTUEL DE LA TÉLÉVISION 102

Caractéristiques des émissions. — Le nouvel émetteur de la Tour Eiffel. — Les systèmes de prises de vues : *a*) directes (Thomson, Radio-Industrie, Compagnie française) ; *b*) télécinéma (Grammont). — Procédés Philips.
Généralités sur les récepteurs : notions techniques ; mécanisme de la réception ; réalisation.

V. — Construction d'appareils 127

Ancien récepteur à basse définition (60 lignes, 180 mètres) Stade intermédiaire : réception sur 180 lignes.

Récepteurs modernes 133

Représentation schématique détaillée d'un récepteur Miniwatt-Dario : récepteur proprement dit ; bases de temps ; tube cathodique ; schéma d'ensemble. — Récepteur de son.

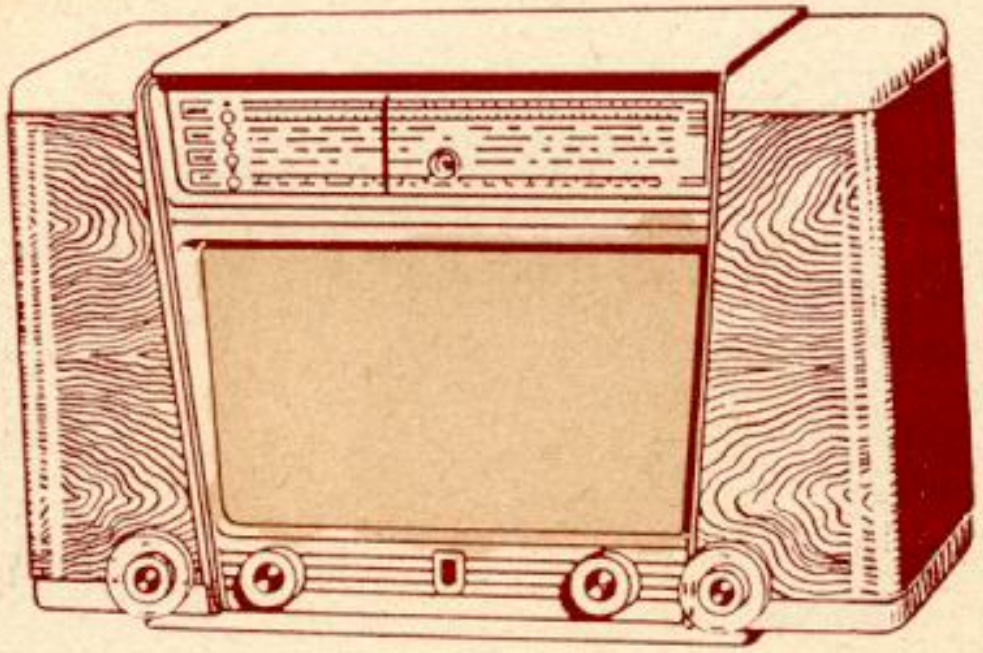
Réalisations pratiques 149

Récepteurs Grammont : caractéristiques ; fonctionnement ; réglage ; portée ; photo. — Récepteur Philips à grand écran de projection.

LEXIQUE 156

IMPRIMERIE COMTE-JACQUET. — BAR-LE-DUC (12-1938).

TOUTE LA RADIO



Léon SEURON

CONSTRUCTEUR

35, Rue de Lille, 35

CAMBRAI

Dépannages Toutes Marques

BAROMETRE

Bleu	Violet	Rose
Beau sec	Variable	Pluie ou humidité

Publicité Chevalier 8 Rue Darcet - Vichy