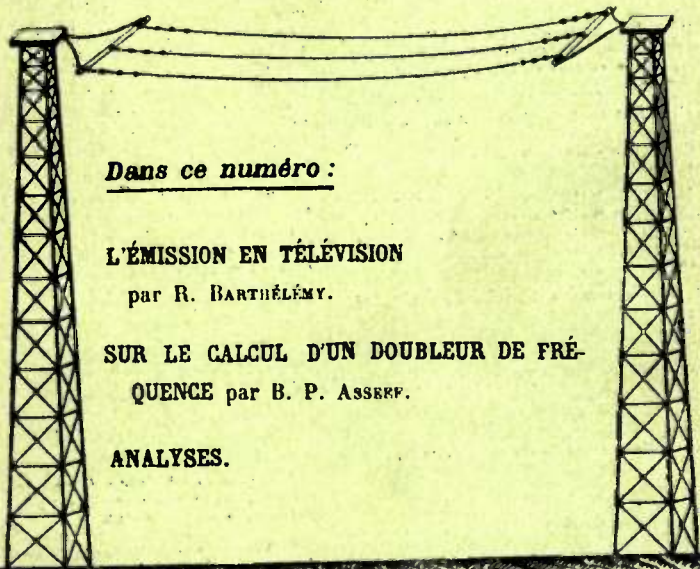


L'ONDE ELECTRIQUE

RADIOÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS
SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

(Télégraphie, Téléphonie Télévision, etc...)



Dans ce numéro :

L'ÉMISSION EN TÉLÉVISION

par R. BARTHÉLÉMY.

SUR LE CALCUL D'UN DOUBLEUR DE FRÉ-

QUENCE par B. P. ASSERF.

ANALYSES.

PUBLIÉ MENSUELLEMENT PAR LA SOCIÉTÉ DES AMIS DE LA T. S. F.

E. CHIRON, Editeur, 40, rue de Seine - PARIS (vi^e)

L'ONDE ELECTRIQUE

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

ABONNEMENT D'UN AN
France..... 60 fr.
Etranger (tarif faible) 70 fr.
(tarif fort) 80 fr.

Eugène CHIRON
ÉDITEUR
40, rue de Seine - PARIS
CHÈQUES POSTAUX: PARIS 22-28

PRIX
DU NUMÉRO : 6 fr.
Tél. : LITTRÉ 47-49

SOCIÉTÉ DES AMIS DE LA T. S. F.

Adresser la correspondance administrative et technique à

M. MESNY, secrétaire général

294, avenue de Paris
Rueil-Malmaison (Seine-et-Oise)

Les correspondants sont priés de rappeler chaque fois le numéro d'inscription porté sur leur carte.

Paiement des cotisations à

M. COLMANT, trésorier

4, rue Alfred, Clamart (Seine)

Compte de chèques postaux n° 697-38

CHANGEMENTS D'ADRESSE : Joindre 1 franc par revue à toute demande.

EXTRAIT DES STATUTS

ARTICLE PREMIER. — La Société des Amis de la T. S. F. a pour but :

- 1° De contribuer à l'avancement de la radiotélégraphie théorique et appliquée, ainsi qu'à celui des sciences et industries qui s'y rattachent ;
- 2° D'établir et d'entretenir entre ses membres des relations suivies et des liens de solidarité

Elle tient des réunions destinées à l'exposition et à la discussion des questions concernant la radiotélégraphie et tout ce qui s'y rattache.

Elle s'interdit toute ingérence dans les entreprises industrielles ou commerciales quelconques, autres que celles qui concernent son administration propre.

ART. 2. — La Société se compose de membres titulaires, — dont certains en qualité de membres bienfaiteurs ou de membres donateurs, — et de membres d'honneur.

Pour devenir membre titulaire de la Société, il faut :

1° Adresser au président une demande écrite appuyée par un membre de la Société ;

2° Être agréé par le Bureau de la Société.

Tout membre titulaire qui aura pris l'engagement de verser pendant cinq années consécutives une subvention annuelle d'au moins 1000 francs, pour favoriser les études et publications scientifiques ou techniques entreprises par la Société, recevra le titre de membre bienfaiteur.

Ceux qui, parmi les membres titulaires, auront fait don à la Société, en dehors de leur cotisation, d'une somme de 300 francs au moins, seront inscrits en qualité de donateurs.

Les membres titulaires reçoivent une publication périodique ayant un caractère technique.

Cette publication leur est adressée gratuitement. Toutefois les membres résidant à l'étranger doivent verser, en sus de leur cotisation annuelle, une somme destinée à couvrir le supplément des frais postaux, somme qui sera déterminée par le Bureau.

MONTANTS DES COTISATIONS

Les cotisations annuelles sont ainsi fixées :

Particuliers 50 fr.
Sociétés ou collectivités 200 fr.

Les cotisations peuvent être rachetées moyennant le paiement immédiat de quinze annuités.

La cotisation des membres titulaires âgés de moins de 21 ans, en cours d'études ou de préparation professionnelle, peut, sur leur demande être ramenée à 30 francs.

Les membres résidant à l'étranger doivent verser en plus, pour couvrir le supplément de frais postaux, la somme de 15 fr.

Cette somme sera diminuée de moitié si le pays de leur résidence a adhéré à la Convention de Stockholm (se renseigner à la Poste).

L'envoi de la carte de membre tient lieu de reçu de la somme envoyée. En cas de non-admission d'un candidat, la somme versée lui est retournée.

La Rédaction décline toute responsabilité en ce qui concerne le teneur des articles publiés, les auteurs assumant l'entière responsabilité de ce qui paraît sous leur signature.

L'ONDE ÉLECTRIQUE

REVUE MENSUELLE

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ DES AMIS DE LA T. S. F.

= 1931 =

10^e ANNÉE

ÉTIENNE CHIRON, ÉDITEUR

40, RUE DE SEINE

PARIS

Library
Boulder Laboratories
National Bureau of Standards
Boulder, Colorado

DEC 2 1954

TK55-

..06

L'ÉMISSION EN TÉLÉVISION (1)

par **R. BARTHÉLÉMY**,

Ingénieur E. S. E.

SOMMAIRE. — Dans la première partie, l'auteur rappelle les différents systèmes imaginés ou utilisés pour l'exploration du sujet à transmettre. La deuxième partie est réservée aux cellules photo-électriques. Enfin, dans la troisième partie se trouvent quelques considérations sur la modulation de l'onde porteuse, la propagation, les échos et les parasites.

INTRODUCTION

Messieurs,

Ce n'est pas sans une certaine émotion que je me retrouve parmi vous, ce soir, après quatre années d'une absence, que j'ai craint parfois être définitive. Aussi je vous prie d'excuser ma mauvaise forme oratoire, en partie due au manque d'entraînement, et, en partie à l'imprudence, dont je me rends compte maintenant, d'avoir accepté de parler d'un sujet aussi vaste et délicat que celui de la télévision devant l'assemblée la plus qualifiée des techniciens de France, et présidée par un savant dont la renommée est mondiale.

J'aurais pu dissimuler la sécheresse de mon exposé derrière des expériences de transmissions et réceptions locales, comme plusieurs d'entre vous en ont déjà vu à l'étranger, ou plus récemment en France; il m'aurait été évidemment facile de passer un film représentant une souriante physionomie de jeune fille, ou même, ce qui est beaucoup plus rare en télévision, un paysage comportant une automobile en mouvement.

Votre attention vaut mieux que cela, et ces résultats, je ne veux vous les montrer que sous la forme industrielle sans laquelle la télévision n'est qu'un jeu de laboratoire, et, lorsque vous les verrez ce sera réellement en « Radiovision » (puisqu'on use déjà de ce terme) avec un émetteur situé à distance et sur un secteur électrique différent.

Quand ? direz-vous. bientôt, car si aucun accident ne

(1) Conférence faite à la S. A. T. S. F., séance du 5 juin 1930.

vient troubler le montage des machines j'espère que la deuxième partie de ma communication, vers la rentrée d'octobre, contiendra dans son programme, une démonstration complète et visible pour un certain nombre de spectateurs, même en salle éclairée.

Aujourd'hui, je l'avoue humblement et m'en excuse, je ne pourrai vous montrer et vous dire rien de bien nouveau; nous allons seulement parcourir quelques étapes ennuyeuses, de la longue route qui doit conduire au stade que nous avons tous imaginé « Espoir de télévionnaire » m'a-t-on déjà dit en plaisantant. Heureuse boutade, qui donnera du relief au résultat.

Nous examinerons donc les débuts, et nous nous limiterons aux principaux problèmes posés par l'émission et la propagation, réservant pour la prochaine communication la question de la réception et du synchronisme.

Quand on cherche à se documenter sur ce qui a été fait en télévision, on a très vite l'impression qu'on a tout inventé, et que seuls quelques éléments matériels ont manqué aux inventeurs, *il y a cinquante ans*, pour transformer leurs projets en appareils réalisés.

On ressent même une sorte de découragement en pensant qu'on suivra des sentiers maintes fois battus, ensuite, on reprend espoir avec cette réflexion évidente « Si tout avait été inventé, il y aurait déjà quelques années que nous aurions vu des applications réellement au point ». Or, vous savez tous que nous n'en sommes pas là, c'est qu'il reste certainement quelque chose à faire.

GÉNÉRALITÉS

Les procédés actuels de télévision ont un côté commun : l'analyse et la reproduction des images s'effectuent par éléments transmis *successivement* dans le temps.

Vous savez tous comment fonctionne en principe la téléphotographie; c'est du dessin à distance utilisant la rotation de deux cylindres synchrones, sur lesquels appuient, en même temps, des stylets explorateurs à l'émission et traceurs à la réception.

Supposons qu'on puisse transmettre *très vite* une telle image, en $\frac{1}{16}$ de seconde, puis une deuxième légèrement différente, aussitôt après, et ainsi de suite; et, qu'à la réception, on fasse succéder aussi vite, sur un écran, la série des images reçues, on obtiendra des vues animées tout comme au cinéma. C'est exactement ainsi que la télévision est réalisée.

Mais dira-t-on quel prodigieux enregistreur et opérateur photographe pourra à la réception, en $\frac{1}{16}$ de seconde, accoler tous les petits traits et points envoyés dans l'ordre voulu pour en faire un ensemble à peu près continu, le fixer sur la plaque ou le film, le développer pour être prêt, au $\frac{1}{16}$ de seconde suivant à recommencer.

C'est notre très accommodante rétine qui veut bien se charger de cette opération..... En effet en $\frac{1}{16}$ de seconde on fait danser devant nos yeux une *succession* de taches lumineuses dans un petit rectangle. Notre œil estime que toutes ces taches sont *simultanées* et forment une image *sans discontinuité*, si la projection de deux éléments voisins sur le fond de la rétine est inférieure à la distance de deux cellules voisines de notre plaque rétinienne. Nous exploitons ainsi le manque d'*acuité visuelle* de notre organe pour obtenir l'illusion de la *continuité dans l'espace*. Qu'importe s'il est satisfait...

Continuons donc cette exploitation sans regret.. Notre nerf optique a perçu une image..... et il en garde le souvenir, à tel point que, lorsque l'image a disparu, nous pensons la voir encore et elle se confond avec celle qui lui succède tout de suite après.... Là nous avons usé de l'inertie de notre vue pour lui donner l'impression de la *continuité dans le temps* : c'est du cinéma. Bien entendu, à *fortiori*, cette inertie a déjà joué pour la construction des détails de chaque image qui ne sont jamais transmis simultanément, mais successivement.

La différence qui paraît devoir subsister entre la vision directe, et la télévision, même d'une image fixe, réside dans la division nécessaire de celle-ci dans le cas de la télévision afin de transmettre successivement les parties constitutives. Il semble que l'on touche de ce côté à une limite possible du progrès, car l'exploration ne peut être effectuée qu'à une vitesse *finie*, dans un temps appréciable, ce qui impose une finesse *limitée*, dans la trame de l'image.

On admettra que cette condition se ramène à une question de dimensions apparentes de la projection qui doit être telle, qu'à notre œil, la trame soit imperceptible. Nous verrons plus loin où nous en sommes dans cette voie, mais nous devons signaler que plusieurs inventeurs avaient songé à établir une véritable « rétine électrique » pour permettre, comme l'œil, une exploration instan-

tanée. Ainsi il y a 55 ans, Carey avait projeté de placer côte à côte une quantité de petits éléments au sélénium ; sensibles à la lumière, et de relier chaque élément, par deux fils et l'intermédiaire d'un relais (?) à une lampe sans inertie (?), l'ensemble des lampes étant disposé de même façon que l'ensemble des cellules de sélénium. Un rayon lumineux atteignant une cellule doit provoquer l'allumage de la lampe correspondante et une image projetée sur le plan des cellules sera répétée par les éclairissements ponctuels du plan des lampes, qui reconstituerait ainsi, par petits éléments, l'image en question....

Bien entendu aucune réalisation pratique n'a été effectuée, car en dehors des questions des cellules sensibles, des amplificateurs, des lampes de réception, il y a l'énorme difficulté de la transmission le long de *plusieurs milliers de circuits*, des oscillations lumineuses de chaque surface élémentaire. Divers dispositifs de simplification de cette méthode ont été proposés, mais il ne semble pas, jusqu'ici, qu'on puisse en espérer un résultat intéressant ; c'est dans la transmission *successive* des divers éléments, analogue à ce qui existe pour la téléphotographie que des résultats sont venus couronner l'œuvre des chercheurs.

On envoie donc un rayon lumineux d'intensité variable, résultant de l'exploration, sur un dispositif qui traduit cette intensité lumineuse en courant électrique, qu'on appelle cellule sensible, ou élément photo-électrique. Nous commencerons par l'étude de la première opération nécessaire : l'exploration de l'image à transmettre ou mieux, la production du rayon lumineux variable qui doit frapper la cellule.

Nous pensons que l'exposé des principaux systèmes constituera la meilleure méthode d'étude de cette partie de l'émission.

EXPLORATION.

Dès 1877 un projet de Sawyer spécifie l'emploi d'un petit tube oscillant T (fig. 1) muni d'une lentille et dont la liberté est telle, autour de son centre de gravité O qu'on peut l'orienter dans toutes les directions et qu'il permet de viser successivement tous les points d'un plan P qui contient l'image à transmettre. Ce tube est animé d'un mouvement d'oscillation complexe, l'un très rapide, de haut en bas, l'autre plus lent de droite à gauche. Ce double mouvement lui permet de viser la totalité du plan P et d'envoyer, sur une cellule sensible S, placée à l'arrière, dans une chambre noire, le

rayon lumineux variable issu des surfaces explorées successives. Nous avons figuré en pointillé la ligne moyenne balayée par l'axe du tube ; on conçoit que plus les oscillations verticales seront nombreuses, plus on pourra explorer avec finesse les détails de l'image. Remarquons aussi qu'il est nécessaire d'avoir le plan P très violemment éclairé pour que le rayon réfléchi puisse utilement influencer la cellule S.

Un peu plus tard (1880), Maurice Leblanc imaginait l'analyse de la surface à étudier par un miroir oscillant M.

La cellule sensible étant placée en C il n'y a qu'un point P du

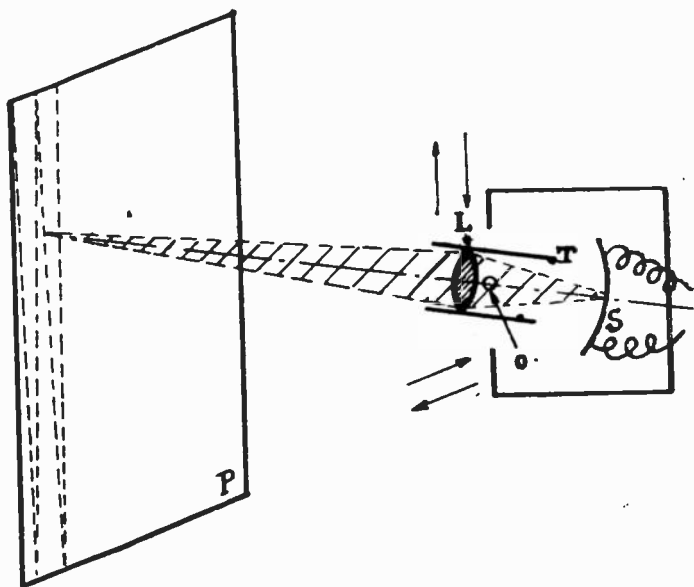


Fig. 1.

plan à explorer qui donne un rayon réfléchi par le miroir, et atteignant la cellule, supposée de petites dimensions.

Si le miroir oscille autour d'un axe O parallèle au plan d'analyse, on enverra successivement sur la cellule C, les rayons issus d'une droite A.B. du plan. Déplaçons légèrement le miroir et faisons-le osciller de nouveau le long de son axe O, on visera ainsi une ligne C.D. voisine et parallèle de A. B., on procéderait de même pour le reste de la surface. On voit donc qu'en imprimant au miroir un mouvement plus lent et perpendiculaire à celui qui effectue le balayage de haut en bas, on aura envoyé sur la cellule des rayons lumineux provenant de tous les points du plan.

M. Leblanc proposait, pour réaliser le double mouvement du

miroir, de le fixer sur un système de deux tiges vibrantes, l'une oscillant à 500 périodes pour effectuer le balayage vertical, l'autre à

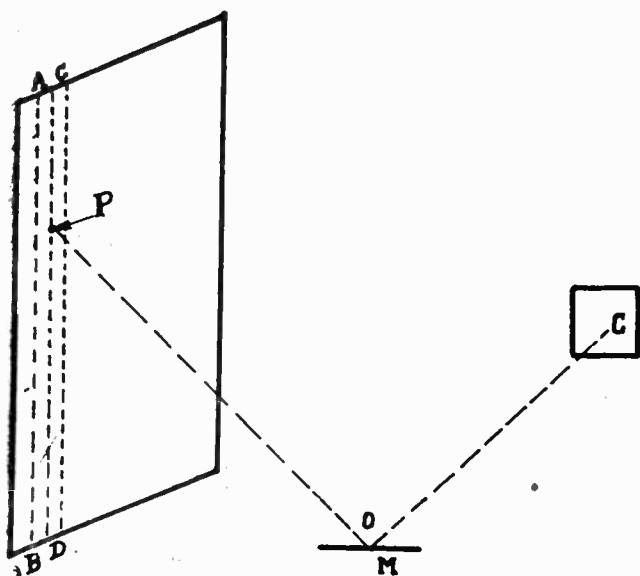


Fig. 2.

10 ou 12 périodes pour le déplacement horizontal, la deuxième supportant la première. On aurait pu obtenir le même résultat avec deux

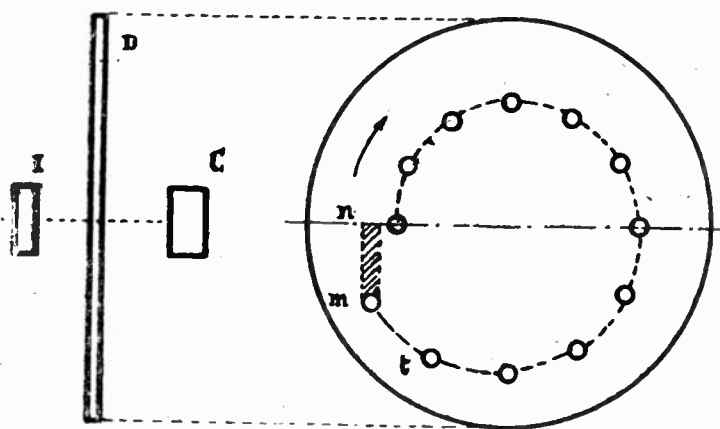


Fig. 3.

miroirs séparés et, par la suite divers inventeurs ont repris cette idée, spécialement pour la réception.

Le système nécessite aussi un plan très éclairé, car il faut noter

que l'on perd une bonne fraction de l'intensité lumineuse par l'usage du miroir.

La solution presque généralement adoptée même dans les systèmes récents, est celle qu'a préconisée Nipkow en 1884.

Nipkow intercale entre l'image I et la cellule sensible C un disque perforé D, tournant.

La perforation est telle que, de la cellule à aucun instant on ne puisse voir une surface élémentaire par plus d'un trou du disque. Ces trous sont répartis sur une spirale et se présentent successivement devant l'image I, inscrite dans un petit rectangle, parallèle au plan du disque. Un trou, mobile, permet de viser, de la cellule, une bande verticale *mn* de largeur à peu près égale à celle du trou. Le trou qui se présentera ensuite explorera une bande analogue contiguë à la bande *mn*. Lorsque le disque aura fait un tour complet on aura ainsi, analysé la totalité de l'image par une série de petites bandes élémentaires et jointives. La cellule aura donc été impressionnée successivement par tous les points de la gravure. En réalité le balayage s'effectue par des bandes de forme circulaire, ceci n'a pas d'importance, car étant donné le nombre de trous nécessaires, les dimensions de l'image doivent être petites par rapport au disque et les lignes d'exploration sont à peu près des droites.

On n'a pas jusqu'ici trouvé de procédé plus simple pour explorer l'image à transmettre et aussi pour la reconstituer à la réception.

On remarquera aussi qu'on n'effectue pas une analyse par *points*, comme on a coutume de le dire souvent; on ne peut parler du nombre de *points transmis*, car la modulation est *continue* le long d'une bande élémentaire.

Il est évident toutefois que la « finesse » de cette exploration continue est d'autant plus grande, que les trous du disque sont nombreux et petits. Les impressions lumineuses perçues par la cellule durant le passage d'un trou devant l'image forment une fonction *continue*. Tout ce qu'on peut dire c'est que cette fonction est décomposable en termes sinusoïdaux de fréquences croissantes et que la transmission des harmoniques d'ordre élevé ne peut être assurée intégralement.

Quelques années après l'invention de Nipkow, M. Marcel Brillouin proposa en 1890, un système optique qui permet d'augmenter dans des proportions considérables la sensibilité du système et qui semble aujourd'hui, encore, le plus indiqué pour l'analyse de scènes de grandes dimensions.

Avec le disque de Nipkow la partie du flux lumineux qui est émise par un élément P de l'image et qui atteint la cellule C est très petite par rapport au rayonnement total de ce point. En effet la lumière qui atteint la cellule est celle qui est contenue dans le cône très mince qui a pour sommet le point P et pour base le trou percé dans le disque. M. Brillouin substitue à ce trou une lentille L qui reçoit du point P un flux lumineux par exemple *cent fois plus grand* que celui qui passe par le trou ; et qui concentre cette lumière sur la cellule C, placée exactement dans un plan P', image de P (fig. 4).

Au lieu d'utiliser un disque de Nipkow muni de lentilles, comme

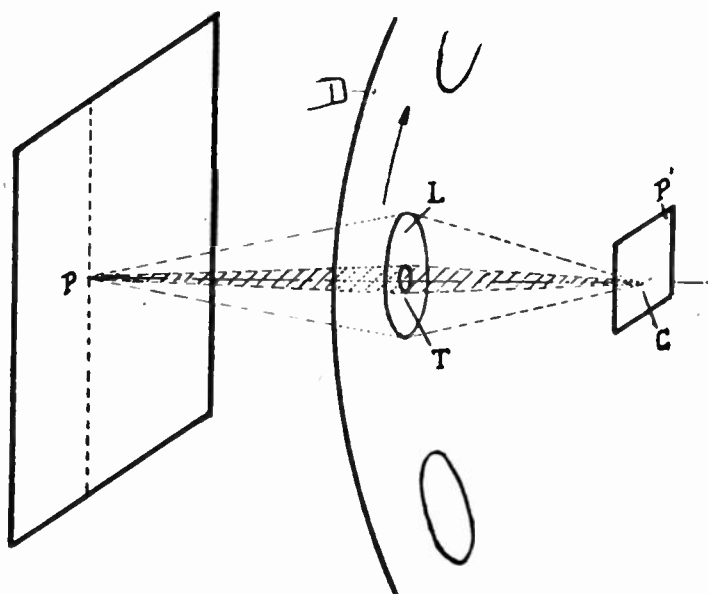


Fig. 4.

le fait actuellement J. Baird, M. Brillouin indiquait de combiner deux disques parallèles, tournant à des vitesses différentes.

Vers 1907, Rosing élaborait un système complet de télévision. Nous relevons dans son projet une autre méthode de production du rayon modulé à l'émission.

Cet auteur préconise l'emploi de cylindres ou mieux de polyèdres tournants, dont les facettes sont constituées par des miroirs (fig. 5).

Bien avant Rosing, Lazare Weiller avait pensé à l'exploration par miroirs tournants et il avait même conçu la douche exploration par un seul cylindre, portant à sa périphérie une série (300) de petits réflecteurs inclinés différemment par rapport à l'axe

D'autres inventeurs, comme Karolus, ont actuellement repris ces méthodes.

Dans toutes les solutions examinées jusqu'ici, on a supposé que l'objet à « téléviser » rayonnait assez de lumière pour influencer la cellule photoélectrique. Or, pour obtenir un rayonnement suffisant il faut éclairer violemment le dit objet ; ceci nécessite l'emploi de sources lumineuses formidables et l'on peut se demander comment un être humain pourrait supporter en permanence une telle intensité lumineuse sans dommage pour ses yeux.

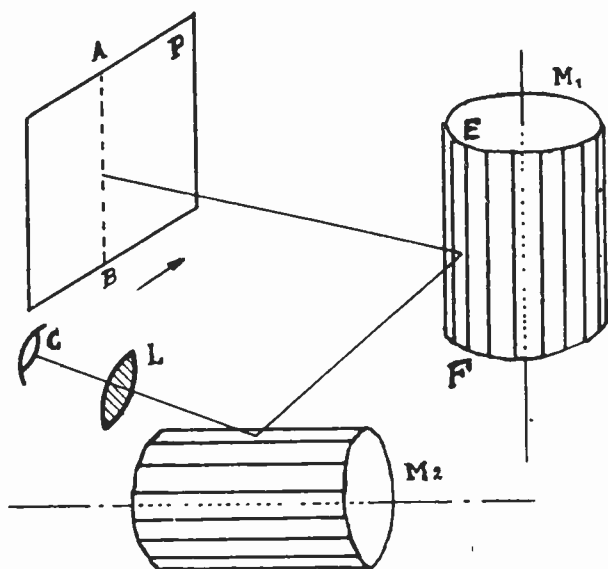


Fig. 5.

Un Suédois, A. Ekström a proposé en 1910 une solution élégante qui domine toute la technique actuelle de l'analyse des scènes de dimensions supérieures à celles d'un cliché de photographie.

L'idée d'Ekström est la suivante : au lieu de produire une lumière intense sur toute la surface, on fait l'obscurité, et on explore l'image à l'aide d'un mince pinceau lumineux mobile qui est extrêmement concentré, et permet d'illuminer puissamment chaque élément de surface l'un après l'autre. La lumière réfléchiée par chaque point influence alors directement la cellule.

Cette méthode offre d'une part, l'avantage de créer un rayonnement réfléchi important tout en laissant l'image dans une lumière *moyenne* faible et d'autre part, elle supprime les intermédiaires

optiques et mécaniques d'exploration entre l'objet visé et la cellule, d'où rendement augmenté.

La projection lumineuse indiquée par Ekstrom est représentée figure 6, la source puissante S envoie à travers une lentille un faisceau lumineux réfléchi par le miroir M, qui vient se concentrer sur le plan P contenant l'image.

La cellule sensible C est placée face à ce plan et reçoit un rayonnement du point illuminé d'autant plus grand que la surface de la cellule est étendue.

Le miroir M est animé de deux mouvements orthogonaux, rap-

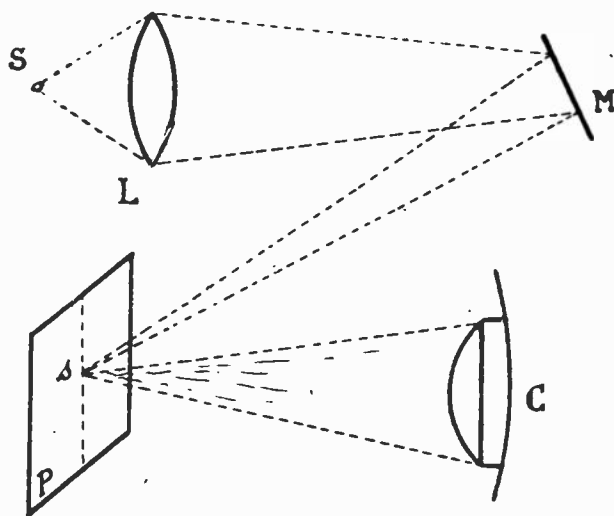


Fig. 6.

pelant avec une réalisation un peu différente le projet qu'avait fait Maurice Leblanc 30 années avant.

Le principe des différents systèmes d'exploration utilisés ces dernières années, se retrouve en général dans les dispositifs que nous venons de rappeler.

C'est ainsi que M. Mihaly a exécuté ses premiers essais avec un miroir explorateur armé d'un double mouvement analogue à celui de Maurice Leblanc ; l'oscillation lente est assurée par une roue phonique et l'oscillation rapide, perpendiculaire, est commandée par un oscillographe soumis au courant variable produit par la roue phonique.

Le « Telehor » a permis il y a déjà 8 ou 9 ans, à M. Mihaly, de reproduire, assez vaguement paraît-il, les traits d'un visage humain,

à l'aide de cette exploration par miroir. Nous ne savons pas si Milahy utilise encore cette méthode, car nous n'avons pu examiner, il y a quelques mois que ses réceptions, l'émission d'essai étant à ce moment assurée par l'Office gouvernemental allemand. Dans le cas de l'émission du « Telehor » l'éclairage devant être très important, on a recouru à la lumière du magnésium.

Un procédé d'un meilleur rendement optique a été utilisé par Jenkins. Il consiste à explorer l'image par un disque porteur de lentilles et de prismes. Ces prismes présentent des angles au sommet croissant légèrement de l'un à l'autre. Le faisceau qui les attaque est donc dévié différemment par les prismes successifs.

Les lentilles étant placées sur une circonférence, on n'explorerait s'il n'y avait pas les prismes, qu'une bande circulaire élémentaire de la surface à transmettre, mais en combinant chaque prisme avec une lentille, on analysera des bandes contiguës successives.

Il y a 2 ans que Jenkins a pu explorer et projeter des ombres mobiles avec ce système. La déviation par prismes conserve sensiblement l'intensité lumineuse, mais la construction du dispositif doit présenter de réelles difficultés.

D'autres auteurs, comme MM. Belin et Holweck ont effectué l'analyse à l'aide de deux miroirs oscillants, projetant le point lumineux mobile sur la surface à transmettre, réalisant ainsi en deux mouvements séparés le système qu'Ekström prévoyait avec un seul miroir.

M. Dauvilliers a effectué aussi l'analyse par deux miroirs oscillants, mais montés sur deux diapasons entretenus électriquement de 10 et 800 périodes.

Karolus à la « Telefunken » effectue l'exploration à l'aide d'un tambour à axe vertical portant des miroirs différemment inclinés, à la périphérie. Nous avons pu remarquer à Berlin, lors des démonstrations faites à la dernière exposition, la gêne que semblait ressentir la jeune femme « télévisée » dont le visage était ainsi « balayé » par un puissant rayon lumineux. La finesse de l'exploration était plus poussée que dans la moyenne des autres systèmes. 50 lignes par image nous a indiqué l'ingénieur qui nous conduisait.

Il est nécessaire, pour projeter assez de lumière, d'employer des miroirs vastes, et, comme d'autre part, il en faut au moins 50, répartis sur la périphérie du tambour, on conçoit qu'il se greffe sur le problème optique, un problème mécanique; car le tambour doit effectuer 15 tours à la seconde et la vitesse tangentielle devient un grave inconvénient pour les glaces fixées autour du cercle.

C'est en considérant ces difficultés, que J.-J. Baird a imaginé le dispositif qu'il a appelé « optical lever » (levier optique), et qui permet d'envoyer un flux lumineux important, balayant des surfaces étendues, sans augmenter dangereusement les vitesses de rotation.

Baird a proposé, pour éclairer des scènes de grandes dimensions avec un flux lumineux important et à peu près ponctuel, d'allier les systèmes Brillouin, Nipkow et Ekstrom, c'est-à-dire qu'il constitue un disque *projecteur* (fig. 7) muni de lentilles convergentes $L_1, L_2, \dots$ disposées en spirales de Nipkow.

La source lumineuse S envoie un faisceau puissant sur une partie

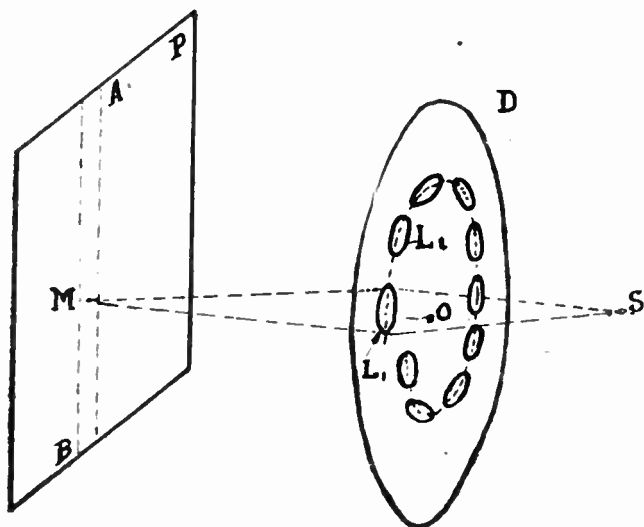


Fig. 7.

du disque et, lorsqu'une lentille L_1 par exemple arrive dans cette région, elle concentre le faisceau en un point M du plan P à explorer, point qui devient donc très lumineux quand le disque tourne ou illumine rapidement une bande élémentaire AB, puis la lentille suivante L_2 illumine une bande contiguë, etc.

Si l'on pense qu'il est nécessaire de prévoir une trentaine de lentilles, et que chacune doit avoir quelques centimètres de diamètre pour capter un flux lumineux suffisant de la source S, on s'aperçoit qu'on aboutit à un diamètre de disque considérable. D'autre part si l'on réduit les distances et les diamètres des lentilles, à *flux lumineux égal*, on ne peut explorer qu'un rectangle beaucoup plus petit. Pour augmenter le *champ de visée* possible, Baird a ébauché le projet suivant, que nous n'avons du reste pas vu réalisé (fig. 8). Le

plan P est supposé translucide ; on voit donc du côté opposé au disque D_1 , une tache lumineuse M qui se déplace dans le sens de la flèche avec une certaine vitesse, proportionnelle à celle du disque D_1 . Un deuxième disque D_2 analogue au premier, et tournant à la même vitesse, explore la deuxième face du plan P , qui devient en somme considéré du disque D_2 , une source lumineuse mobile M . Cette source donne une image M' sur le plan P' , qui se déplace deux fois plus vite que M , car le disque D_2 tourne et on ajoute sensiblement ainsi sa

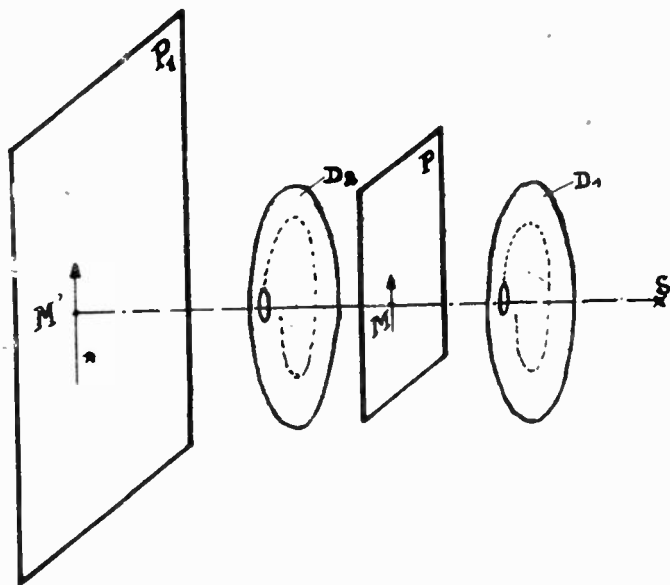


Fig. 8.

vitesse périphérique à celle qu'aurait M si les lentilles de D_2 étaient fixes.

On pourra donc projeter le point mobile lumineux M' sur une hauteur double.

En pratique, le point P est supprimé, et c'est l'image réelle de la source S qui est recueillie par des lentilles du disque D_2 .

Il n'y a donc qu'une faible déperdition de lumière ; car le rendement optique des lentilles est élevé. On peut, bien entendu, répéter l'opération plusieurs fois.

Une autre idée de Baird est, si nous l'avons bien comprise la suivante (fig. 9).

Au lieu de placer la cellule photo-sensible directement en regard du plan balayé par le point lumineux M , il vise ce point mobile avec

une lentille également mobile L_2 concentrant sur la cellule C le rayonnement émis par M. La réalisation est très simple car on utilise à ces fins, deux lentilles *successives* L_1 L_2 du disque projecteur, l'une envoie le faisceau lumineux sur P et l'autre recueille le faisceau réfléchi. On pourrait toutefois avoir avantage, pour l'augmentation du flux lumineux sur la cellule, à utiliser une grande lentille fixe concentrant la lumière réfléchie sur une cellule de dimensions suffisantes.

Une telle disposition doit pouvoir se combiner avec le « levier optique » et permettre l'exploration de grandes scènes, mais il ne semble pas que l'on ait, jusqu'ici, abordé une application pratique.

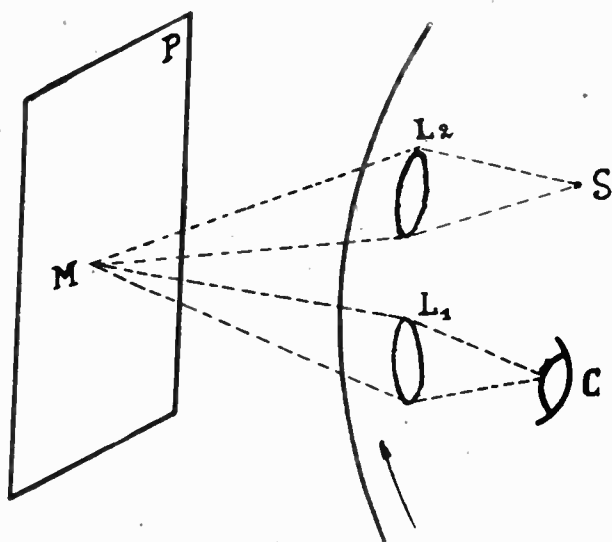


Fig. 9.

Afin d'éviter la fatigue oculaire des personnes télévisées, soumises à l'éclairement violent, bien que très court, du point lumineux mobile, Baird a préconisé d'utiliser une source d'infra-rouge. Il doit exister une difficulté sérieuse pour établir une bonne cellule photoélectrique suffisamment sensible à ce rayonnement.

Enfin, plusieurs auteurs, entre autres, Alexanderson, ont imaginé de diviser l'image à transmettre en plusieurs parties explorées *simultanément* par des systèmes séparés; on peut ainsi atteindre une très grande finesse d'exploration, mais on introduit la grosse complication des transmissions simultanées en nombre égal à celui des divisions de la scène.

Nous devons signaler pour mémoire une autre formule d'explora-

tion à l'émission, qui nous paraît encore loin d'une réalisation utilisable, mais qui relève d'une technique toute différente. Elle repose sur l'emploi de l'oscillographe cathodique comme analyseur, Campbell, Swinton, puis Schoultz, ont imaginé des systèmes que M. Dauvilliers a décrits dans la Revue générale d'Electricité, il y a deux ans dans un article fort bien documenté.

Nous n'apercevons pas d'ailleurs l'avantage qu'on obtiendra en substituant au balayage si simple par le faisceau lumineux frappant l'excellente cellule photoélectrique, l'exploration indirecte par le rayon cathodique.

Nous avons passé en revue les principaux moyens d'analyse des vues à transmettre. Il en a été imaginé des quantités d'autres, que l'on pourrait d'ailleurs rattacher à ceux que nous avons indiqués, mais un volume n'y suffirait pas.

Nous arrivons maintenant à la seconde partie de notre étude, c'est-à-dire l'élément photo-sensible.

CELLULES PHOTO-ÉLECTRIQUES

Nous avons donc obtenu un faisceau lumineux d'intensité variable, modulé par chaque élément de l'image à transmettre. Nous l'avons projeté sur l'organe dénommé cellule et qui a pour propriété de traduire en courants électriques variables les fluctuations du rayon lumineux qu'elle reçoit.

Si cet élément essentiel n'avait pas été mis au point, la télévision risquait fort de rester dans les archives. Aussi l'effort des chercheurs s'est-il opiniâtement appliqué sur le problème posé par cette transformation et l'on a fouillé parmi tous les phénomènes qu'offre la physique concernant l'action de la lumière et ses répercussions électriques voire mécaniques.

Nous nous limiterons à l'examen de ceux, ou plutôt de celui qui seul à notre connaissance, aujourd'hui, donne un bon résultat en télévision.

Toutefois nous citerons une idée de Maurice Leblanc visant à utiliser la « pression de radiation du faisceau lumineux sur une surface mobile, magnétique, laquelle par son déplacement, aurait induit une tension dans une bobine.

La plupart des inventeurs se servirent de la propriété du sélénium dont la résistance varie sous l'effet de l'éclairement. Il rencontrèrent de grandes difficultés dans cette voie, par suite de « l'inertie du système, incapable de traduire les oscillations rapides. Il semble

même que les remarquables cellules, plus récentes de Fournier, au sulfure de thallium ne peuvent donner les résultats de rapidité et de stabilité qui nous sont nécessaires en télévision.

La sensibilité présentée par ces éléments est cependant fort intéressante.

Abordons la cellule photoélectrique. On appelle phénomènes photoélectriques ou phénomènes de Hertz et Hallwachs les divers cas d'émission d'électrons négatifs sous l'influence de la lumière.

Je ne me hasarderai pas un instant à vous parler du mécanisme de cette émission, quand nos savants viennent d'ouvrir un nouveau chapitre sur la théorie corpusculaire de la lumière, qui dépasse de loin ma compétence. Si vous le voulez bien, nous passerons de suite à l'utilisation des éléments photo-sensibles.

Les éléments qu'on trouve aujourd'hui dans le commerce, sont, en général, constitués par une cathode au potassium ou au sodium et d'une anode filiforme, placées dans une ampoule où l'on introduit souvent quelques traces d'un gaz inerte.

C'est qu'en effet, le courant photo-électrique est plus grand dans un gaz à faible pression que dans le vide complet. On pourra consulter avec fruit à ce sujet l'article de M. Blanc dans le *Journal de Physique*, mai 1929, qui amène aux conclusions suivantes :

1° Le nombre d'électrons émis n'augmente pas avec le champ électrique, dans le vide, car on arrive à trouver un courant de saturation ;

2° Dans le cas de présence de gaz, le nombre d'électrons n'augmente pas non plus, mais sous l'influence du champ électrique les électrons acquièrent la vitesse suffisante pour ioniser une, ou même plusieurs molécules du gaz avant de se fixer sur l'une d'elles, et dans ces conditions on n'observe pas de courant de saturation ;

3° A partir d'une certaine différence de potentiel il y a illumination du gaz, la résistance interne de la cellule baisse brusquement et, si elle est connectée à une source qui peut débiter une certaine intensité il y a échauffement, distillation du métal, et en général, perte de la sensibilité photo-électrique.

On conçoit donc qu'en se plaçant légèrement au-dessus de cette place dangereuse, on fait travailler la cellule au maximum de sensibilité par suite de la multiplicité des chocs ionisants.

Bien que les cellules à vide complet paraissent *a priori* plus indiquées pour les variations de fréquence élevée, leur usage comporte des difficultés provenant de leur grande résistance interne. En particulier, en télévision, le problème du couplage cellule-lampe est rendu très difficile par cette caractéristique.

La résistance de ces cellules vides dépassant plusieurs dizaines de mégohms, même avec des éclaircissements notables et si l'on veut avec le courant issu de la cellule, produire des différences de potentiel appréciables, on devra le faire passer à travers des résistances de valeur élevée, conclusion évidente *à priori*, la cellule génératrice à résistance interne considérable doit débiter sur des résistances d'utilisation de même ordre si l'on cherche un bon rendement. S'il n'y avait que cette considération on n'aurait pas d'intérêt à employer des cellules à gaz. Nous verrons un peu plus loin que les oscillations rapides ne peuvent s'accommoder d'un tel dispositif sans déformation.

Dans les cellules à gaz — le dit gaz étant en général de l'argon — le courant croît très vite à partir d'une certaine limite, avec la force électromotrice auxiliaire. à la lumière, bien entendu, et on arrive au phénomène d'illumination pour le potentiel dit explosif.

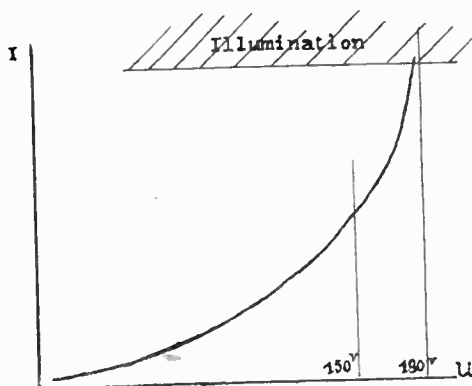


Fig. 10.

Aussi nous avons représenté fig. 10 la caractéristique d'une cellule SRPI au potassium.

On constate que la courbe s'incurve vers le haut et qu'au voisinage de 170-180 volts, l'intensité croît très rapidement. Il est nécessaire d'utiliser la cellule avec des tensions inférieures à 150 volts et l'on ne veut pas risquer de la détériorer.

Nous utilisons avec ces cellules un autre type provenant de Rhône-Poulenc, qui possède quelques traces d'argon. Cette dernière cellule nous a paru commode grâce à la surface sensible de potassium disponible environ 20×20 , et la sensibilité est assez constante dans cet espace.

Ces cellules à gaz permettent de débiter des intensités beaucoup plus importantes que les ampoules vidées, à lumière égale, bien

entendu. Ainsi sous l'éclairement d'un lux, on trouve que le courant I , pour un potentiel accélérateur de 150 volts atteint 6 à $7 \cdot 10^{-9}$ ampère, c'est-à-dire une valeur 20 fois supérieure à celle des premières cellules. On peut donc recueillir des tensions non négligeables aux bornes d'une résistance relativement faible placée en série avec la cellule et nous allons voir l'importance de cette qualité.

Nous devons ajouter que nous avons pu effectuer avec une extrême facilité les mesures de sensibilité des différentes cellules grâce à un électromètre étudié par M. Grassot, le créateur du fluxmètre. Cet appareil ne consomme, bien entendu, aucun courant, en régime établi, il présente donc une résistance pratiquement infinie, ce qui est précieux lorsqu'on veut mesurer des tensions qui existent dans des circuits très résistants comme ceux des cellules, car on ne trouble pas la distribution des potentiels. La mesure est instantanée et n'introduit pas les causes d'erreurs qu'on apporte en général avec un voltmètre-amplificateur à lampes. Ce qui frappera certainement les professionnels des appareils de mesures, c'est que ce voltmètre est un appareil à pivots, tout comme ceux de la série industrielle, et une différence de potentiel de 100 volts seulement fait dévier l'aiguille de dix centimètres.

LIAISON. — CELLULE. — AMPLIFICATEUR ET AMPLIFICATION.

Maintenant, relier la cellule à l'amplificateur. C'est très simple, peut-on penser *a priori* : une résistance, deux connexions et la liaison est réalisée.

Il existe cependant là une grosse difficulté que les spécialistes de la télévision n'ont pas encore tous résolue, comme nous avons pu le constater dans nos voyages à l'étranger.

Le schéma indiqué figure 11 est celui que nous utilisons, la grille n'est soumise qu'à des potentiels négatifs, par rapport au filament, et la cellule est ainsi protégée contre les surintensités qui seraient possibles dans d'autres dispositions.

La sensibilité est par ailleurs excellente et à peu près constante, pour la grandeur des oscillations considérées.

Le potentiel de la grille v_g est toujours négatif par rapport au négatif du filament, il est défini par :

$$v_g = U \frac{R}{R + r}$$

en régime établi et en appelant U la tension accélératrice du circuit de la cellule K , R la résistance aux bornes de laquelle on recueillera

la différence de potentiel à amplifier, ρ la résistance de la cellule, pour un éclaircissement déterminé.

Pratiquement comme ρ est toujours grand par rapport à R on a :

$$u_g = U \frac{R}{\rho}$$

ce qui revient à dire que le courant I sortant de la cellule ne dépend pas sensiblement de l'impédance du circuit grille et n'est déterminé que par la cellule.

Passons maintenant à l'examen du régime transitoire. Dans ce cas des capacités nuisibles vont gêner considérablement la transmission des oscillations à la grille de la lampe. Ces capacités sont formées par

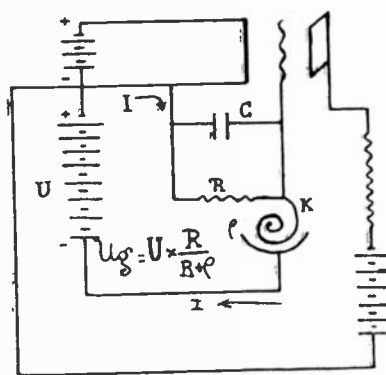


Fig. 11.

3 condensateurs en parallèle, celles formées par les deux électrodes de la cellule, la capacité grille-filament, la capacité grille-plaque.

Appelons C la capacité résultante. Elle se trouve en dérivation pour les oscillations considérées aux bornes de la résistance R . L'action du condensateur grille-plaque a un rôle plus complexe, que nous étudierons plus loin, mais qui se ramène en définitive à celui d'un condensateur de valeur différente connecté aux mêmes points.

L'impédance grille filament tend donc vers zéro, par suite de la présence du condensateur C quand on veut appliquer à la lampe des oscillations de fréquences de plus en plus élevées. Les tensions de grille deviennent très faibles et il faut prévoir une amplification importante pour compenser cette perte de sensibilité.

Si cet inconvénient peut ne pas créer de difficultés insurmontables en ce qui concerne la sensibilité, il n'en est pas de même au point de vue de la fidélité de la reproduction des oscillations. Il crée une

distorsion ou mieux un déphasage, malheureusement fonction des fréquences, et alors apparaissent des phénomènes de *trainage* sur les impulsions élémentaires transmises, phénomènes du plus détestable effet qui ne sont pas entièrement éliminés des meilleures réalisations étrangères actuelles.

On les attribue souvent à la cellule, ou à l'amplificateur, ou à la lampe à gaz de la réception. Et, en effet, ceci est possible aussi.

On peut localiser le principal défaut et l'exposé suivant le mettra en évidence.

Le cas le plus délicat de la transmission en télévision est caractérisé par le passage brusque de la cellule de l'obscurité totale à un éclaircissement rétabli. Etant donnée la vitesse limitée de l'exploration, il existe une transition entre l'obscurité et la lumière, mais on conçoit que si l'on établit une solution qui donne satisfaction en supposant un passage instantané elle vaudra, à *fortiori*, pour des variations d'éclaircissement continu même très rapides.

Nous nous en tiendrons, à cette étude approximative, savoir : le cas d'une variation de lumière instantanée, et nous l'appliquerons à un *exemple concret*.

Il existe dans ce cas, une discontinuité « de la fonction lumière » qui ne peut s'exprimer analytiquement que par une série de Fourier comportant des termes de fréquences infinies. Or, ceux-là, nous ne savons pas les transmettre. Il faut donc consentir à un sacrifice et c'est là qualité de notre acuité visuelle, qui nous indiquera la limite à ne pas dépasser.

Pour obtenir une bonne netteté, on doit pouvoir reproduire des plages d'éclaircissement constant assez courtes, de l'ordre de la grandeur du trou d'exploration soit $\frac{1}{30}$ par exemple, du temps d'un balayage élémentaire, d'une image de forme carrée (laquelle comporterait donc 30 lignes d'exploration parallèles). On aura une idée physique de cette limite, en disant qu'elle est nécessaire pour rendre visible le blanc de l'œil dans la reproduction d'une physionomie occupant les $\frac{2}{3}$ de la surface à transmettre.

La durée du régime transitoire devra être nettement inférieure à celle de l'éclaircissement constant défini ci-dessus, *admettons le tiers*. A ce moment notre acuité visuelle ne peut pratiquement pas analyser la plage de transition; tout au moins avec la grandeur admise actuellement pour les images reçues.

Représentons maintenant (fig. 12) les variations de la lumière : ou du courant i de la cellule, et celles de la tension grille U_g de la

lampe amplificatrice. Quand on envoie pendant le temps Δt un flux lumineux constant sur la cellule, il se traduit par un courant i qui suit, sans décalage appréciable, la variation de lumière qui est donc représentée, en fonction du temps, par un rectangle A.B.C.D.

La tension de grille, u_g , ne s'établit pas instantanément à cause de l'influence de la capacité parasite C, mais elle suit une courbe exponentielle A'B', puis une partie sensiblement horizontale bien qu'encore de forme exponentielle, B'C', et enfin elle ne cesse qu'en suivant une deuxième exponentielle C'D'.

L'hypothèse que nous avons faite pour obtenir une bonne netteté

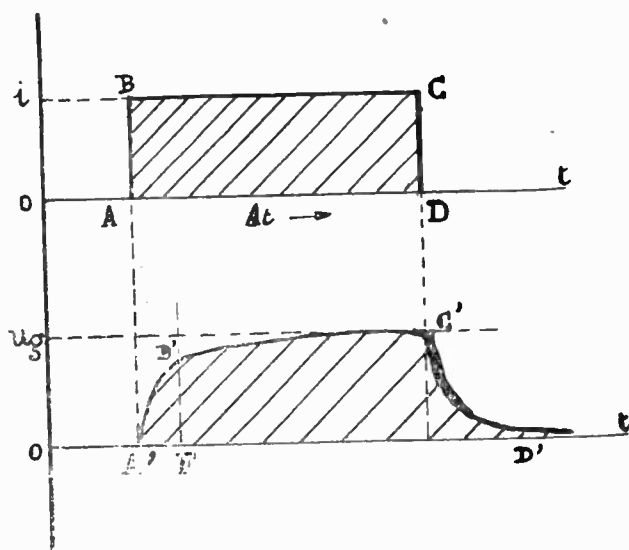


Fig. 12.

est la suivante : c'est que si Δt représente le passage d'un trou d'exploration devant la surface équivalente, la durée d'établissement A'B' de la tension grille doit être au plus égale au tiers du temps Δt .

Nous admettons que le régime constant sera pratiquement atteint lorsque la tension u_g aura les $\frac{8}{10}$ de la valeur qu'elle aurait au bout d'un temps infini ; autrement dit il faut que la tension FB' sur la cellule au bout du temps $\frac{\Delta t}{3}$ soit les $\frac{8}{10}$ de la tension finale.

Ceci détermine les constantes du circuit de grille.

Si l'exploration totale est effectuée en $\frac{1}{16}$ de seconde, chaque ligne d'exploration est balayée en

$$\frac{1}{16} \frac{1}{30} = \frac{1}{480} \quad \text{soit} \quad \frac{1}{500} \text{ de seconde.}$$

Le temps Δt correspond (en supposant une image carrée) à

$$\Delta t = \frac{1}{30} \frac{1}{500} = \frac{1}{15000} \text{ de seconde.}$$

Donc

$$\frac{\Delta t}{j} = \frac{1 \text{ seconde}}{45.000} = \Lambda'F.$$

On pourrait objecter que des oscillations de si courte durée sont très difficiles à faire passer dans l'amplificateur, puis dans l'antenne, et dans le récepteur, et qu'il est peut-être inutile d'examiner avec tant de précautions la qualité à l'origine. Nous ne sommes pas de cet avis, et il vaut mieux mettre au départ le maximum de finesse si l'on désire en retrouver une partie à l'arrivée. Et l'expérience confirme pleinement ce point de vue, valable d'ailleurs pour la radio-phonie.

Continuons donc notre calcul.

Les équations d'établissement de la tension de grille u_g sont données par :

$$u_g = \frac{Q}{C} \quad (Q \text{ charge de } C \text{ au temps } t)$$

et

$$\frac{Q}{C} \times \frac{1}{R} + \frac{dq}{dt} = i.$$

D'où en intégrant et appelant Q_f la charge de la capacité parasite pour $t = \infty$

$$Q = Q_f \left(1 - e^{-\frac{t}{CR}} \right)$$

on en déduit

$$u_g = u_f \left(1 - e^{-\frac{t}{CR}} \right)$$

il faut que :

$$u_g = 0,8u_f$$

pour le temps

$$t = \frac{1}{45.000},$$

c'est-à-dire en effectuant

$$e^{-\frac{t}{CR}} = 0,2$$

ou

$$\frac{t}{CR} = L_n 3 = 1,6 \text{ environ.}$$

Supposons que la capacité parasite C soit de l'ordre de $\frac{5}{100.000}$ le microfarad, comme t est connu, on pourra déduire de la dernière équation de la valeur la résistance maximum, de décharge de grille R correspondant au fonctionnement cherché.

$$R = \frac{t}{1,6 \times C} = 300.000 \text{ ohms environ.}$$

Comme la résistance de la cellule est de plusieurs dizaines de mégohms, on se rend compte que la résistance d'utilisation possible R est beaucoup trop faible pour obtenir un rendement rationnel.

Il est donc nécessaire de prévoir une puissante amplification.

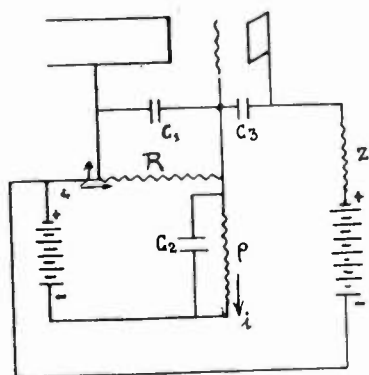


Fig. 13.

En pratique avec des lampes triodes ordinaires, R doit descendre aux environs de 100.000 ohms.

La capacité parasite que nous avons dénommée C n'est pas exclusivement formée par les capacités déterminées par les dimensions géométriques et leurs constantes diélectriques, mesurées en régime continu, elle s'augmente d'une capacité que nous pourrions qualifier de « dynamique », car elle n'apparaît qu'en régime oscillatoire et est fonction du coefficient d'amplification de la lampe.

Examinons d'un peu plus près le schéma de la première lampe amplificatrice (fig. 13), la cellule étant figurée par la résistance r , les capacités parasites sont figurées par C_1 entre grille et filament, C_2 en dérivation sur la cellule, C_3 entre grille et plaque.

Une impédance Z est insérée dans le circuit plaque. Nous supposons, en appelant u_g , la tension instantanée de grille, comptée

à partir du négatif du filament que l'on recueille entre les extrémités de l'impédance Z , en général une résistance, une tension amplifiée Ku_g .

K étant le coefficient d'amplification *réel* de l'étage.

Le schéma de la fig. 13 peut donc se ramener à celui de la figure 14 en faisant abstraction des sources continues, qui n'interviennent pas dans la répartition des courants haute fréquence.

On remarque que le condensateur grille-plaque C_3 est soumis à une tension alternative égale à Ku_g , qui tend à faire passer un courant dans *le même sens* que celui que donnerait la seule tension grille débitant sur C_3 . Ce débit s'effectue sur l'impédance Z placée en

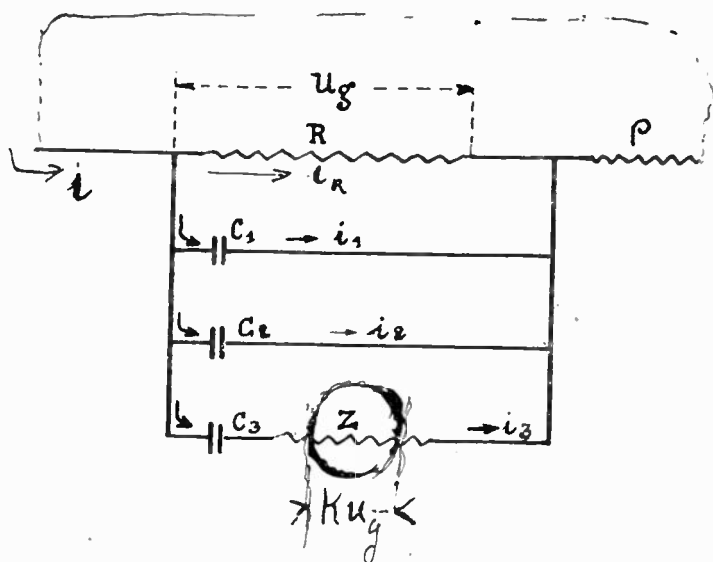


Fig. 14.

série avec C_3 . Mais étant données la grandeur de C_3 et les fréquences ω des courants mis en jeu, on pourra négliger τ devant $\frac{1}{C_3\omega}$.

La loi de Kirchhoff donne :

$$i = i_n + i_1 + i_2 + i_3 \quad (1)$$

Soient Q_1 , Q_2 , Q_3 , les charges de C_1 , C_2 , C_3 au temps t .

On a

$$\frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q_2}{C_2} = u_g.$$

L'équation (1) peut s'écrire

$$i = \frac{Q_1}{C_1 R} + \frac{dq_1}{dt} + \frac{dq_2}{dt} + \frac{dq_3}{dt}.$$

Or, en négligeant Z on a sensiblement

$$Q_3 = (K u_g + u_g) C_3 = (K + 1) C_3 u_g,$$

$$Q_3 = (K + 1) \frac{Q_1}{C_1} \times C_3 = \frac{Q_1}{C_1} (K + 1) C_3$$

$$\frac{dq_3}{dt} = \frac{dq_1}{dt} (K + 1) \frac{C_3}{C_1}.$$

Le courant i s'écrit :

$$i = \frac{Q}{C_1 R} + \frac{dq_1}{dt} + \frac{C_2}{C_1} \frac{dq_1}{dt} + (K + 1) \frac{C_3}{C_1} \frac{dq_1}{dt}$$

$$i = \frac{Q_1}{C_1 R_1} + \frac{dq_1}{dt} \left[1 + \frac{C_2}{C_1} + (K + 1) \frac{C_3}{C_1} \right]$$

Or, si l'on compare cette équation, à celle qu'on obtient en supposant nulle l'impédance Z et qui est

$$i = \frac{Q_1}{C_1 R_1} + \frac{dq_1}{dt} \left(1 + \frac{C_2}{C_1} + \frac{C_3}{C_1} \right)$$

On s'aperçoit que tout se passe, en régime variable, comme si la capacité C_3 , grille-plaque, était $(K + 1)$ fois plus grande.

Si l'on veut bien se souvenir de notre exposé précédent, on se rendra compte de l'importance de cette conclusion. C_1 , C_2 , C_3 sont, en effet, des condensateurs du même ordre de grandeur, et en supposant une amplification de 15 par exemple, on trouvera que le coefficient de $\frac{dq}{dt}$ est de 18 au lieu de 3. D'où apparition des phénomènes de trainage qu'on évitera en diminuant R considérablement et en sacrifiant ainsi la sensibilité. Notons, en passant, que le même problème se pose, avec un peu moins d'acuité par suite de la fréquence plus basse, pour les films parlants.

Il existe heureusement, un excellent remède à cet état de choses, que nous avons pu appliquer avec succès dans nos expériences, c'est l'emploi de la lampe à écran d'anode.

En effet, avec cette lampe il ne subsiste à peu près exclusivement que l'effet des capacités géométriques, car le courant de charge du condensateur (grille-écran plaque) est en pratique entièrement dérivé par l'écran maintenu à un potentiel fixé par la tension anodique.

On obtient, d'autre part, une amplification supérieure à celle donnée

par une lampe triode, à condition bien entendu de prévoir une impédance (résistance ou self-inductance) appropriée c'est-à-dire établie en fonction de la résistance interne de la lampe écran et aussi de la bande de fréquence que l'on veut conserver.

Passons donc, maintenant à la liaison avec la lampe suivante.

Ici se présente une contre-difficulté, qui a conduit la plupart des expérimentateurs à utiliser un amplificateur de courant continu.

On voit assez mal, en effet, à *a priori*, comment on pourrait transmettre des plages étendues d'éclairement constant avec des couplages inductifs entre étages.

Aussi dans les rares publications qui existent sur ce sujet, on ne trouve que des schémas d'amplificateurs à résistance et à liaison par contre-batterie (fig. 15).

On constitue donc ainsi un amplificateur susceptible d'être utilisé

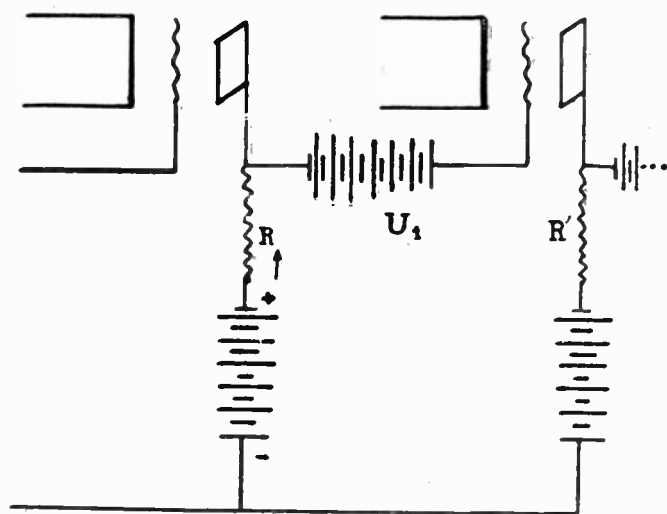


Fig. 15.

en télévision et qui peut comporter 3 ou 4 lampes. On a besoin souvent d'une amplification plus importante, on doit alors séparer les étages en les alimentant par des sources indépendantes, ce qui pour un poste d'émission ne présente pas de graves inconvénients.

Le problème, à partir de ce moment, est très proche de celui de la radiophonie et la puissance fixée du poste émetteur déterminera l'importance de l'amplificateur de modulation.

On a souvent proposé des méthodes qui permettent l'emploi des amplificateurs normaux et d'éviter les contre-batteries de polarisation.

Illes consistent en général à créer une modulation supplémentaire de l'intensité lumineuse telle qu'on ait à amplifier une tension alternative de fréquence élevée, modulée par les variations à transmettre. On se rend compte de la fréquence que devrait atteindre cette sorte d'onde porteuse pour ne pas apporter de déformation notable dans la transmission des signaux eux mêmes de fréquences supérieures à 10.000 par seconde.

Il faut cependant une solution commode à ce problème, car si la complexité d'un poste d'émission n'a pas de graves répercussions, il n'en serait pas de même de l'amplificateur de réception, qui doit de son côté, effectuer un travail analogue. Nous n'avons pas de renseignements précis sur les solutions adoptées à l'étranger, mais nous avons trouvé un moyen simple de tourner la difficulté à la réception.

Nous l'exposerons dans notre deuxième conférence, il consiste à ménager une interruption de courant très courte à la fin, par exemple, de chaque balayage élémentaire.

MODULATION DE L'ONDE PORTEUSE.

PROPAGATION. — ECHOS. — PARASITES.

Nous avons examiné jusqu'ici la façon de connecter la cellule à un amplificateur et étudié les précautions spéciales que nécessite cet amplificateur. Nous disposons donc d'une tension que nous supposons suffisante pour moduler l'onde entretenue d'un poste d'émission.

Cette tension renferme des termes de fréquences très différentes: on peut y trouver un terme fondamental de fréquence 16, s'il existe, par moments un éclaircissement constant sur toute la surface à explorer, et d'autre part, nous avons montré qu'on peut avoir besoin de variations d'une durée de $1 \text{ ns} / 45.000$ de seconde.

On peut admettre à *priori* que la bande de fréquence à transmettre est de 50.000. En moyenne on peut se contenter de moins. C'est une question de finesse, et la pratique montre, surtout lorsqu'il s'agit d'images *animées*, que notre œil est bien plus accommodant que notre esprit.

Il serait peu logique et de réalisation difficile, à cause de la syntonie, de moduler avec des oscillations rapides, des ondes entretenues de grande longueur. On ne peut songer par exemple à utiliser une onde porteuse de 2.000 mètres, si l'on veut conserver une partie de la finesse, que nous avons pu obtenir à l'exploration et qui se traduit par des termes de fréquence atteignant 40.000.

On sait que si l'onde porteuse $A \sin \omega_1 t$ d'amplitude A et de pulsation ω_1 est modulée par une tension alternative de pulsation ω_2 , le coefficient de l'onde modulée s'écrit :

$$A = (a + b \sin \omega_2 t)$$

et la tension modulée est de la forme

$$u = (a + b \sin \omega_2 t) \sin \omega_1 t \\ = a \sin \omega_1 t + \frac{b}{2} \cos (\omega_1 - \omega_2)t - \frac{b}{2} \cos (\omega_1 + \omega_2)t.$$

Si l'on applique une telle tension à un circuit oscillant, donc accordé sur une fréquence f_1 qui est en général celle qui correspond à ω_1 , les termes en $(\omega_1 + \omega_2)t$ et $(\omega_1 - \omega_2)t$ donneront naissance à des courants qui seront d'autant plus faibles que ω_2 sera grand, et le rayonnement correspondant aux termes modulateurs de fréquence f_2 élevée sera extrêmement faible, c'est-à-dire qu'on effacera les fineses de l'image : seules les variations relativement lentes, intéressant une partie notable de la ligne d'exploration, seront reproduites.

On a donc intérêt à choisir ω_1 très grand par rapport à la pulsation modulatrice ω_2 la plus élevée.

Nous pouvons déterminer la longueur d'onde maximum *compatible avec la qualité* que nous désirons conserver.

Nous ne pouvons prétendre évidemment transmettre d'une façon uniforme une bande de fréquences comprise entre 16 et 50.000, et nous admettrons par exemple que l'amplitude du terme de fréquence la plus haute, puisse être réduite par un coefficient α sans que la reproduction soit sensiblement altérée.

Au point de vue physique ceci correspond à dire que les variations de teinte d'éléments proches seront légèrement estompées : on observera à la réception entre deux éléments voisins, un *dégradé* qui ne sera pas *exactement* la transition brusque qui peut exister dans l'image à transmettre.

On retrouve le même problème en radiophonie, dans la reproduction du *timbre*, qui fait intervenir les termes harmoniques élevés. Chacun sait qu'on obtient encore de belles réceptions, malgré l'atténuation de ces harmoniques. La même observation peut être faite en télévision.

On peut calculer que l'affaiblissement des termes de fréquence 15.000 par exemple est de $\frac{6}{10}$, quand on applique la tension H.F. modulée au circuit oscillant d'une antenne, courant de broadcasting réglé sur 300 mètres de longueur d'onde.

La bande 200 m. 500 m, est donc à *priori* utilisable pour la télévision actuelle. Il est évident qu'il faudra baisser cette longueur d'onde quand on pourra obtenir une trame très fine de l'image.

Il n'est pas indiqué d'amplifier *l'onde modulée*, il faut produire l'abord l'amplification non modulée de la H.F. et moduler sur la dernière lampe. Sinon on coupe les fréquences élevées par suite de l'action des circuits accordés successifs de l'amplification H.F.

Supposons l'émission effectuée. Est-ce que ces signaux nouveaux ne vont pas être perturbés au cours de leur propagation d'une façon imprévue?

On a pensé que les phénomènes « d'écho » seraient particulièrement gênants dans le cas des oscillations rapides de la télévision. On sait, en effet, que, principalement dans le cas d'émission d'ondes courtes on a pu observer, à la réception, l'arrivée successive de signaux correspondant, indiscutablement, à un seul signal émis.

Ces rares observations permettent d'imaginer que les divers chemins possibles pour l'onde hertzienne diffèrent assez de longueur pour que la différence des temps de marche des deux rayons de l'ordre des intervalles appréciables à l'oreille et surtout que celui qui se propage par la voie la plus longue ne présente pas un affaiblissement notable par rapport à celui qui arrive par le plus court chemin.

Or il serait évidemment fort gênant pour la télévision de recevoir deux signaux successifs, même à des intervalles aussi courts que le

$\frac{1}{20.000}$ de seconde, alors qu'il n'en existe qu'un à l'émission? Or, nous ne savons pas si des expériences comportant ce degré de précision ont été effectuées concernant les phénomènes d'écho.

Nous sommes donc tenus à une certaine réserve concernant la réception à longue distance, surtout pour les longueurs d'ondes courtes, avec lesquelles ces phénomènes ont été observés. Nous devons nous limiter à des hypothèses en attendant les expériences que nous tenterons au cours des mois prochains.

Il faut bien dire toutefois qu'une inquiétude légitime apparaît, quand on constate qu'une minime différence de marche de 15 km seulement entre deux « rayons », est suffisante pour apporter à la réception une perturbation *visible*. C'est, en effet, la distance parcourue en $\frac{1}{20\,000}$ de seconde par l'onde électromagnétique. Et il est curieux de constater que l'extraordinaire vitesse de 300.000 km

à la seconde aurait besoin d'être augmentée en prévision de la télévision.

En ce qui concerne l'influence des parasites, nous pouvons être plus optimistes et voici pourquoi :

On connaît le remarquable dispositif anti-parasite imaginé par M. Verdan, et qui permet, dans le cas de la télégraphie, la protection à peu près complète contre les perturbations.

Il consiste dans la répétition des signaux d'un texte, et à la *superposition* des textes répétés à la réception. Il est peu probable que les parasites troublent les signaux aux mêmes endroits et cette probabilité devient infime après quelques répétitions. On a donc en définitive un texte d'où les parasites sont éliminés.

Or, comment faisons-nous de la télévision? Nous superposons, seize fois par seconde, sur une surface déterminée, des signaux qui sont à peu près les mêmes, chaque seizième de seconde, autrement dit, nous réalisons avec une vitesse formidable, la répétition et la superposition des signaux électriques traduits en intensités lumineuses, tout comme M. Verdan procède avec l'alphabet Morse. (Entre parenthèses, il est curieux que les systèmes de télévision, à peu près tous les mêmes, et décrits depuis cinquante ans, n'aient pas guidé plus tôt les chercheurs d'anti-parasites, dans la voie indiquée par M. Verdan).

Si donc une perturbation affecte quelques éléments d'une image, elle sera atténuée, sinon effacée, par la multitude des images suivantes et analogues qui viennent la recouvrir. Notre inertie visuelle ne nous laissera pas le temps de distinguer le trouble apporté.

Le principe actuel de la télévision est donc, de par sa conception, *naturellement anti-parasite*.

Les quelques essais que nous avons effectués, malheureusement à trop courte distance, avec des récepteurs peu sensibles, paraissent confirmer cette théorie. Nous ne tarderons pas à être définitivement fixés sur ce point.

Nous résumerons ainsi cette rapide incursion dans l'éther :

1° la télévision suivra le sort des émissions sur petites ondes en ce qui concerne la propagation ;

2° elle pourra être troublée dans certaines zones, par des phénomènes de dédoublement de signaux ;

3° elle sera moins perturbée par les parasites que les émissions radiophoniques.

Nous n'accompagnerons pas plus loin ce soir les ondes de télévi-

l'une variation simultanée des tensions de plaque et de grille, porte le nom de caractéristique dynamique.

La caractéristique dynamique présente certaines difficultés pour le calcul, de sorte qu'il vaut mieux se servir de la courbe $i_a = f(e_{st})$, où e_{st} est tension résultante.

La formule de Langmuir pour le triode a la forme suivante ;

$$i_e = K(e_g + De_a)^{3/2} = Ke_{st}^{3/2}$$

ou

$$i_e = i_a + i_g.$$

En omettant le courant de grille, nous avons

$$i_a = Ke_{st}^{3/2}.$$

Ainsi la courbe $i_a = f(e_{st})$ a l'aspect d'une parabole semicubique, limitée par le courant de saturation i_s (fig. 1), qui est déterminé

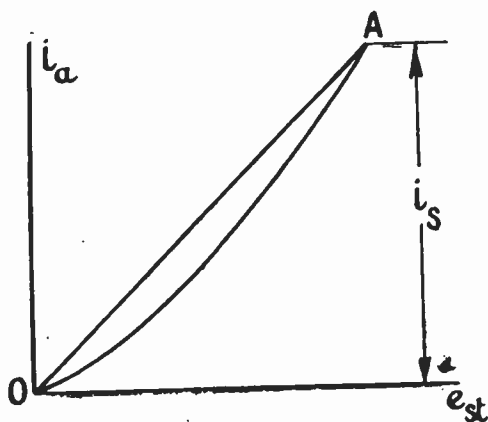


Fig. 1.

selon la formule de Deutschmann. Pour simplifier les calculs, supposons que nous ayons une caractéristique rectiligne (la droite OA, fig. 1).

Pour opérer avec la caractéristique $i_a = f(e_{st})$, il nous faut poser les définitions suivantes :

a) Tension de saturation E_s , valeur de tension résultante telle que le courant anodique atteigne la saturation (fig. 2).

Les grandeurs E_s et i_s sont reliées par la formule de Barkhausen (1).

$$E_s = (40i_s)^{2/3} = (A \cdot i_s)^{2/3},$$

ou i_s est donnée en milliampères.

(1) Barkhausen. *Electronen-Röhren*. II Band. Röhrendender. S. 39.

La formule de Barkhausen n'est justifiée que pour une disposition coaxiale de l'anode par rapport au cathode. Pour les fils en forme de V, nous obtenons avec elle une valeur E_s quelque peu exagérée. La grandeur A peut être facilement définie pour chaque lampe, sa valeur pour les fils en forme de V est voisine de 8.

Ainsi pour les lampes oscillatrices, nous pouvons admettre :

$$E_s = (8 \cdot i_s)^{2/3}. \quad (1)$$

b) Composante continue de la tension résultante E_{st} (fig. 2). La composante continue de la tension résultante définit le point de travail de la caractéristique. Ainsi, si le triode travaille avec des

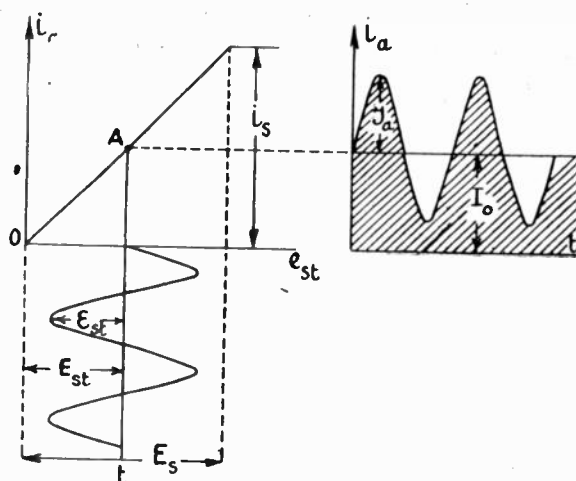


Fig. 2.

oscillations de premier ordre, alors on sait que la composante continue du courant anodique I_0 est égale à la moitié de i_s .

$$I_0 = \frac{i_s}{2},$$

et par conséquent, la composante continue de la tension résultante doit être égale à (fig. 2).

$$E_{st} = 0,5E_s.$$

La composante continue de la tension résultante est égale à la somme de la tension constante de grille (tension de grille E_g) et de la tension de la source de courant anodique E_0

$$E_{st} = E_g + DE_0. \quad (2)$$

c) Composante alternative de la tension résultante e_{st} . Pour avoir

une certaine composante alternative du courant anodique i_a (fig. 2), nous avons besoin d'une composante alternative de la tension résultante ε_{st} .

La composante alternative de la tension résultante ε_{st} est due aux composantes alternatives de la tension anodique ε_a et de la tension grille ε_g .

$$\varepsilon_{st} = \varepsilon_g - D\varepsilon_a. \quad (3)$$

Le signe — indique un décalage de phase de 180° entre ε_g et ε_a .

III. — RELATIONS FONDAMENTALES POUR LE CALCUL DU GÉNÉRATEUR.

Les courbes du courant anodique en cas d'oscillations de deuxième ordre ont la forme d'un trapèze ou bien celle d'une partie de la sinusoïde (pointues).

Le rendement élevé des courbes pointues leur donne la préférence

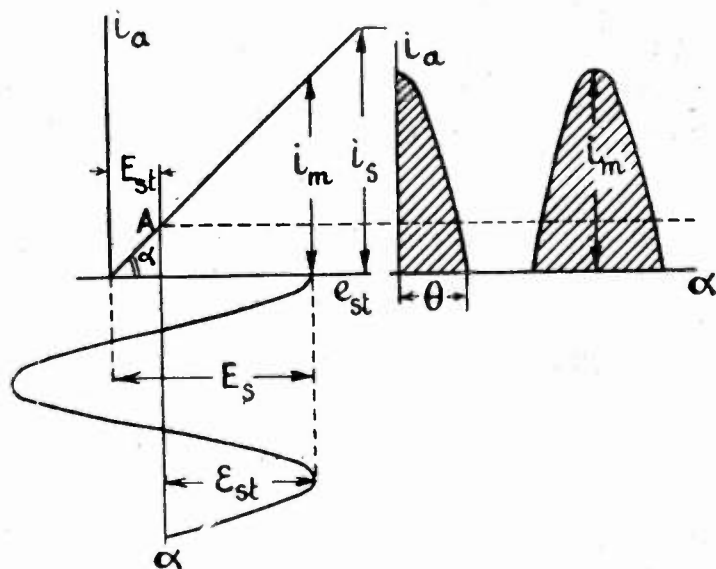


Fig. 3.

sur les trapèzes et nous incite à les utiliser. Pour cette raison, les conclusions suivantes s'appliquent exclusivement aux courbes pointues.

Prenons un point de travail A sur la caractéristique $i_a = f(e_{st})$, elle exige une tension résultante E_{st} , qui est constante (fig. 3). Supposons ensuite, que l'oscillateur donne une tension résultante, qui est alternative, avec l'amplitude Σ_{st} (fig. 3).

La valeur instantanée du courant anodique i_a peut être exprimé par :

$$i_a = S \varepsilon_{st} \cos \alpha - S \varepsilon_{st} \cos \theta = S \varepsilon_{st} (\cos \alpha - \cos \theta)$$

ou S pente de la caractéristique.

ε_{st} amplitude de la tension résultante alternative.

θ angle de coupure du courant anodique.

La valeur maxima que peut atteindre le courant anodique d'une lampe est

$$i_m = S \varepsilon_{st} (1 - \cos \theta).$$

On a pour la composante constante (valeur moyenne) du courant anodique I_0 :

$$I_0 = -\frac{1}{\pi} \int_0^\theta i_a dx = -\frac{1}{\pi} \int_0^\theta S \varepsilon_{st} (\cos \alpha - \cos \theta) d\alpha \\ = S \varepsilon_{st} \frac{\sin \theta - \theta \cos \theta}{\pi}$$

et pour l'amplitude du premier harmonique du courant anodique $\mathcal{I}_1$:

$$\mathcal{I}_1 = \frac{2}{\pi} \int_0^\theta i_a \cos \alpha dx = \frac{2}{\pi} \int_0^\theta S \varepsilon_{st} (\cos^2 \alpha - \cos \alpha \cos \theta) d\alpha \\ = S \varepsilon_{st} \frac{\theta - \sin \theta \cos \theta}{\pi}.$$

D'où nous pouvons aisément déduire les relations I_0/i_m et $\mathcal{I}_1/i_m$.

$$\frac{I_0}{i_m} = \frac{\sin \theta - \theta \cos \theta}{\pi(1 - \cos \theta)}; \quad \frac{\mathcal{I}_1}{i_m} = \frac{\theta - \sin \theta \cos \theta}{\pi(1 - \cos \theta)};$$

Calculons ensuite η/ξ , ou η est le rendement, ξ le coefficient d'utilisation de la tension anodique, c'est-à-dire le rapport de la tension alternative de l'anode à la tension de courant continu.

$$\xi = \frac{\varepsilon_a}{E_0}. \quad (4)$$

La puissance totale P_0 et la puissance utile P_1 d'un générateur à lampes sont :

$$P_0 = I_0 \cdot E_0; \quad P_1 = \frac{\mathcal{I}_1 \cdot \varepsilon_a}{2}.$$

D'où le rendement η :

$$\eta = \frac{P_1}{P_0} = \frac{\mathcal{I}_1 \cdot \varepsilon_a}{2 \cdot I_0 E_0}.$$

En introduisant la valeur de ε_a de la formule (4), nous avons

$$\eta = 0,5 \cdot \xi \frac{\mathcal{I}_1}{I_0}$$

où la relation η/ξ :

$$\eta/\xi = 0,5 \cdot \frac{\theta - \sin \theta \cdot \cos \theta}{\sin \theta - \theta \cos \theta}.$$

Maintenant il faut trouver les relations entre E_s , ε_{st} et E_{st} : Nous avons écrit plus haut la relation :

$$i_m = S \varepsilon_{st}(1 - \cos \theta).$$

ais $S = \operatorname{tg} \alpha$ ou $S = \frac{i_m}{E_s}$ (fig. 3).

Alors

$$\varepsilon_{st} = \frac{E_s}{1 - \cos \theta} \quad (5)$$

Nous pouvons déduire directement de la figure 3 les relations entre E_{st} , E_s et ε_{st} :

$$E_{st} = E_s - \varepsilon_{st}. \quad (6)$$

Enfin établissons encore une formule pour vérifier l'excitation du générateur. Pour que le générateur ne soit pas surexcité, on ne doit pas tolérer une chute de tension anodique inférieure à celle de la grille, c'est-à-dire nous devons avoir la relation suivante :

$$\varepsilon_g - E_g = E_0 - \varepsilon_a.$$

Cependant si cette condition est réalisée, la courbe du courant anodique possède tout de même un enfoncement. Afin d'éviter cet enfoncement, il faut que la valeur maxima de la tension de grille soit égale à 80 % de la valeur minima de la tension anodique.

$$\varepsilon_g \quad E_g = 0,8(E_0 - \varepsilon_a).$$

D'où on tire :

$$\xi = 1 - \frac{E_s}{0,8 \cdot E_0} \quad (7)$$

Le coefficient d'utilisation de la tension anodique ne doit pas dépasser la valeur, obtenue à l'aide de la formule (7).

IV. — EQUATIONS PRINCIPALES POUR LE CALCUL D'UN DOUBLEUR.

La détermination des relations principales se complique par le fait que la composante alternative de la tension de plaque oscille avec une fréquence deux fois plus grande que celle de la tension alternative de grille (fig. 4), et que, par conséquent, la valeur instantanée de la tension alternative résultante e_{st} est donnée par :

$$e_{st} = \varepsilon_g \cos \alpha - D \cdot \varepsilon_a \cdot \cos 2\alpha.$$

La figure 4 nous permet de déduire aisément qu'il est rationnel de

laisser passer le courant anodique pendant une partie de la période marquée par le tronçon AB, car ce n'est qu'à ce moment que la tension alternative de plaque ϵ_a vient se soustraire de la tension

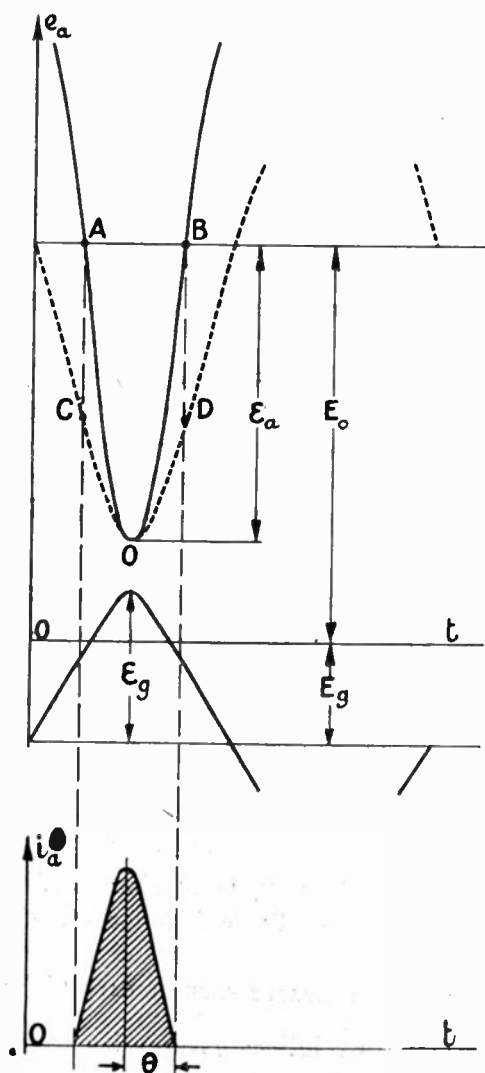


Fig. 4.

constante E_o et que, par conséquent, les pertes sur l'anode seront minima.

Il s'ensuit que pour une lampe, travaillant en doubleur de fréquence, l'angle de coupure du courant anodique ne doit pas dépasser 45° .

$$\theta \leq 45^\circ.$$

On peut poser pour la simplicité des raisonnements que la tension de plaque varie avec la même fréquence que la tension de grille. A l'aide de constructions graphiques, on peut facilement démontrer que la substitution de la courbe COD à la courbe AOB produit peu d'effet sur la forme de l'impulsion du courant de plaque, en n'introduisant par conséquent que des incorrections insignifiantes, pleinement justifiées par la simplicité du calcul.

Ainsi, sous la condition que $\theta \leq 45^\circ$ nous pouvons poser

$$e_{st} = e_g \cdot \cos \alpha - D \cdot e_a \cos \alpha = e_{st} \cdot \cos \alpha. \quad (8)$$

Alors à l'aide de raisonnements semblables à ceux du § 3, nous trouverons les équations indispensables au calcul.

L'approximation donnée par la formule (8) nous permet d'utiliser pour le calcul du doubleur de fréquence la même équation du courant de plaque que pour le calcul d'un générateur normal.

$$i_a = S \cdot e_{st} (\cos \alpha - \cos \theta).$$

On a pour la valeur moyenne du courant de plaque I_0 :

$$I_0 = \frac{1}{\pi} \int_0^\theta i_a dx = S \cdot e_{st} \frac{\sin \theta - \theta \cdot \cos \theta}{\pi}$$

L'amplitude du deuxième harmonique du courant anodique $\mathcal{I}_2$ est donnée par

$$\begin{aligned} \mathcal{I}_2 &= \frac{2}{\pi} \int_0^\theta i_a \cos 2x dx = \frac{2}{\pi} \int_0^\theta S \cdot e_{st} (\cos x \cdot \cos 2x - \cos \theta \cdot \cos 2x) dx \\ &= \frac{2}{3 \cdot \pi} S \cdot e_{st} \cdot \sin^3 \theta. \end{aligned}$$

D'où la relation I_0/i_m :

$$\frac{I_0}{i_m} = \frac{\sin \theta - \theta \cos \theta}{\pi(1 - \cos \theta)}. \quad (9)$$

La relation $\mathcal{I}_2/i_m$ sera :

$$\frac{\mathcal{I}_2}{i_m} = 0,21 \frac{\sin^3 \theta}{1 - \cos \theta}. \quad (10)$$

La relation η/ξ se déduit directement de la formule du rendement :

$$\eta = 0,5 \xi \frac{\mathcal{I}_2}{I_0} \quad \text{ou} \quad P_1 = \frac{\mathcal{I}_2 e_a}{2} \quad (11)$$

ou bien encore

$$\eta/\xi = 0,33 \frac{\sin^3 \theta}{\sin \theta - \theta \cdot \cos \theta}. \quad (12)$$

Les formules (9), (10) et (12), que nous utiliserons dans le calcul sont représentées sur le graphique de la figure 5, où nous avons diminué l'échelle de moitié τ/ξ pour la commodité.

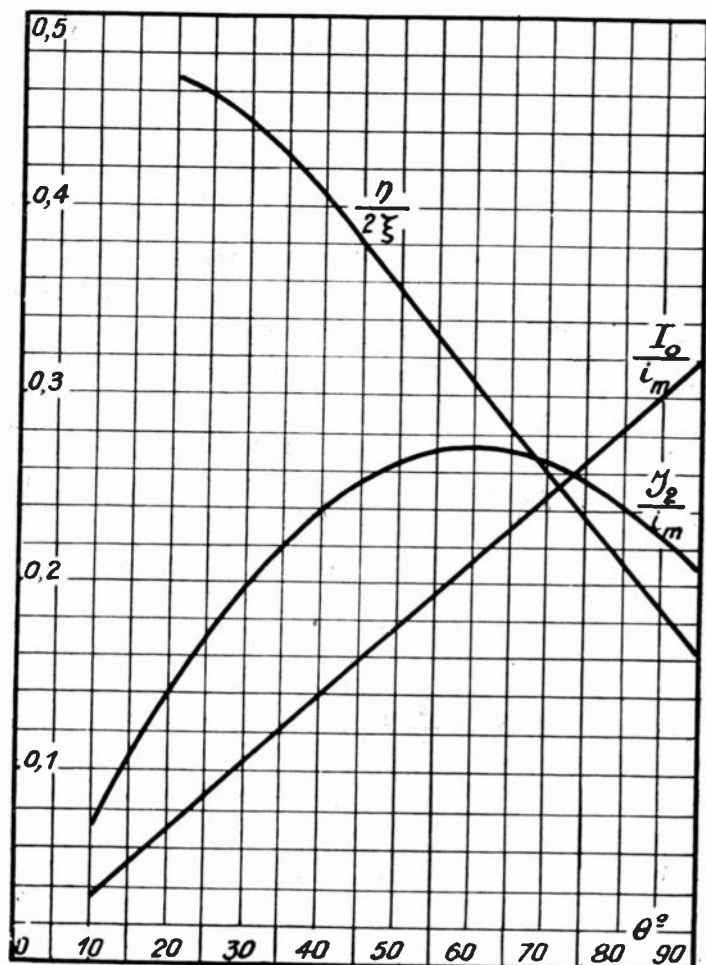


Fig. 5.

V. — LE CALCUL DU DOUBLEUR.

Maintenant nous allons illustrer, à l'aide d'un exemple numérique, les raisonnements exposés aux paragraphes précédents.

Supposons que nous ayons à calculer un doubleur, débitant dans le circuit oscillant une puissance de $P_1 = 120 \text{ W}$.

Choisissons d'abord le type de la lampe ; le travail du doubleur

ge un petit angle de coupure du courant anodique et par conséquent un faible rendement de la lampe. La pratique et le calcul montrent que la puissance qui peut être délivrée par une lampe vaillant en doubleur et la puissance délivrée dans les conditions normales, sont à peu près dans le rapport de 1 à 2.

Ainsi dans notre exemple, nous devons choisir une lampe débitant oscillatrice normale une puissance de l'ordre de 240 W dans le circuit. Le type le plus convenable serait la lampe WEO type B-250 possédant les données suivantes indispensables au calcul : tension de plaque $E_0 = 3000$ V ; courant d'émission $i_e = 375$ mA ; puissance oscillante $P_1 \leq 250$ W ; puissance dissipée sur l'anode ≤ 150 W ; coefficient d'absorption $D = 0,011$ (en allemand « Durchgriff »).

Avant le calcul, il est nécessaire de préciser la valeur de ξ , qui varie ordinairement dans les environs de 0,8 — 0,9. Prenons pour notre exemple $\xi = 0,9$.

1. — L'amplitude de la composante alternative de la tension de plaque (voir la formule 4).

$$\varepsilon_u = E_0 \cdot \xi = 3000 \cdot 0,9 = 2700 \text{ V.}$$

2. — L'amplitude du deuxième harmonique du courant de plaque (voir la formule il).

$$\mathcal{I}_2 = \frac{2 \cdot P_1}{\varepsilon_u} = \frac{2 \cdot 120}{2700} = 0,089 \text{ A} = 89 \text{ mA.}$$

3. — Prenons un angle de coupure $\theta = 45^\circ$, alors d'après la figure 5, nous aurons

$$\eta/2 \cdot \xi = 0,387$$

et le rendement sera :

$$\eta = 0,387 \cdot 2 \cdot 0,9 = 0,695 = 69,5 \text{ \%}.$$

4. — Cherchons la valeur maxima que peut atteindre le courant de plaque de la lampe.

La figure 5 nous montre que $\frac{\mathcal{I}_2}{i_m} = 0,26$, alors

$$i_m = \frac{\mathcal{I}_2}{0,26} = \frac{89}{0,26} = 342 \text{ mA.}$$

Après cette partie du calcul, nous devons vérifier si l'émission de la lampe est suffisante. Du moment que $i_e = 375$ mA, la valeur obtenue $i_m = 342$ mA est tout à fait normale.

5. — Tension de saturation (voir la formule I).

$$E_s = (8 \cdot i_m)^{2/3} = (8 \cdot 342)^{2/3} = 195 \text{ V.}$$

6. — La valeur admissible du coefficient d'utilisation de la tension de plaque (voir la formule 7).

$$\xi = 1 - \frac{E_s}{0,8 \cdot E_0} = 1 - \frac{195}{0,8 \cdot 3000} \approx 0,92$$

par conséquent la valeur de ξ , choisie au début du calcul, est parfaitement admissible.

7. — L'amplitude de la composante alternative de la tension résultante (voir la formule 5).

$$\varepsilon_{st} = \frac{E_s}{1 - \cos \theta} = \frac{195}{1 - 0,707} = 650 \text{ V.}$$

8. — L'amplitude de la tension alternative de grille (voir formule 3).

$$\varepsilon_g = \varepsilon_{st} + D\varepsilon_a = 650 + 0,011 \cdot 2700 = 680 \text{ V.}$$

9. — La composante continue de la tension résultante (voir formule 6).

$$E_{st} = E_s - E_{st} = 195 - 680 = -485 \text{ V.}$$

10. — La tension de grille (voir formule 2).

$$E_g = E_{st} + D \cdot E_0 = -485 - 0,011 \cdot 3000 = -518 \text{ V.}$$

11. — Puissance consommée par le générateur (dans le circuit anodique).

$$P_0 = \frac{P_1}{\eta} = \frac{120}{0,695} = 173 \text{ W.}$$

12. — Valeur moyenne du courant anodique

$$I_0 = \frac{P_0}{E_0} = \frac{173}{3000} = 0,058 \text{ A} = 58 \text{ mA.}$$

13. — Puissance dissipée sur l'anode

$$P_2 = P_0 - P_1 = 173 - 120 = 53 \text{ W,}$$

ce qui est beaucoup moins que la valeur tolérée de 150 W.

14. — Résistance équivalente du circuit oscillant.

$$Z = \frac{\varepsilon_a}{I_2} = \frac{2700}{0,089} \approx 30.000 \Omega.$$

Maintenant nous pouvons considérer le calcul des puissances, des courants et des tensions comme étant terminé. Ensuite on calcule à l'aide des méthodes ordinaires, en se servant de chiffres obtenus les constantes électriques des différentes parties du schéma. La méthode de ces calculs est connue de tout le monde et il est inutile d'en parler ici.

REMARQUE I. — Dans la réalisation pratique, on peut se heurter à des difficultés pour obtenir un potentiel constant de grille élevé (l'ordinaire ce potentiel est fourni ou bien par la dynamo, ou bien par un redresseur à lampes). En abaissant le coefficient d'utilisation de la puissance de la lampe, on peut abaisser également la tension constante de grille. Par exemple, si nous exigeons de la lampe, examinée dans notre exemple numérique, une puissance oscillante de 10 W, nous aurons une tension de grille, égale à environ — 300 V.

REMARQUE II. — Ce calcul ne se rapporte qu'au doubleur ayant une seule lampe. Les doubleurs à deux lampes, qui ont leurs grilles montées en push-pull et les plaques connectées en parallèle peuvent aussi être calculés de la manière précédente.

B.-P. ASSÉEF.



