

E. AISBERG

LA TELEVISION?...



...Mais c'est très simple!

SOCIÉTÉ DES ÉDITIONS RADIO

POUR RESTER « A LA PAGE », lisez.....

TOUTE LA RADIO

Revue mensuelle de technique
expliquée et appliquée

Fondée en 1934

Directeur : **E. AISBERG**

★

Réputée dans le monde entier comme la principale revue technique française de radio, **TOUTE LA RADIO** tient ses lecteurs au courant de tous les progrès de l'électronique, des télécommunications et de la télévision. Rédigée par une élite de techniciens, elle s'adresse à tous les spécialistes de la radio.

Récent numéro contre **2,80** N. F.

TÉLÉVISION

Magazine mensuel

Fondé en 1939

Directeur : **E. AISBERG**

★

Théorie et pratique de la nouvelle technique de la transmission des images et ses développements les plus récents dans le monde. Réalisation des récepteurs de télévision et des appareils de mesure correspondants. Cette revue pourra être aisément suivie de ceux qui auront étudié le présent volume et les tiendra au courant de l'évolution de la télévision.

Récent numéro contre **1,90** N. F.

RADIO CONSTRUCTEUR & DÉPANNEUR

Revue mensuelle
de pratique radioélectrique

Fondée en 1937

Rédacteur en Chef : **W. SOROKINE**

★

C'est la revue des techniciens, dépanneurs et agents techniques. Dans chaque numéro, elle publie de nombreux montages de récepteurs, amplificateurs, appareils de mesure, émetteurs, etc... avec schémas, photographies et plans détaillés rendant leur réalisation aisée. Abondante documentation pratique et études de perfectionnement instructives.

Récent numéro contre **1,90** N. F.

électronique industrielle

Revue bimestrielle
de technique moderne
destinée aux promoteurs
et aux utilisateurs des
méthodes et appareils
électroniques.

◆

Toutes les applications
de l'électronique
à tous les domaines de l'industrie.

Récent numéro contre **4** N. F.

SOCIÉTÉ DES ÉDITIONS RADIO

9, Rue Jacob -:- **PARIS** (VI^e)

Téléphone : ODEON 13-65

C. Ch. P. Paris 1164-34

120

A ma femme Hélène

La Télévision ?..

Mais c'est
très simple !

AUTRES OUVRAGES DU MÊME AUTEUR :

OUVRAGES ANCIENS ET ÉPUIÉS

J'ai compris la T.S.F. (traduit en 22 langues).



Les postes de T.S.F. alimentés par le secteur.



Phototélégraphie et télévision (préface de M. Edouard Belin).



Théorie et pratique de la télévision (en collaboration avec R. Aschen).



Précis de radioélectricité (en collaboration avec A. Néoussikhine).



Manuel Technique de la Radio (en collaboration avec H. Giloux et R. Soreau).



Cours complémentaire de radioélectricité.



Dépannage professionnel radio.



Amélioration et modernisation des récepteurs.



La modulation de fréquence et ses applications.



Méthode dynamique de dépannage et de mise au point
(en collaboration avec A. et G. Nissen).

OUVRAGES ACTUELS

La Radio ?.. Mais c'est très simple ! (traduit en 9 langues).



Radio-Tubes (en collaboration avec R. Deschepper et L. Gaudillat).



Mathématiques pour techniciens.

E. AISBERG

DIRECTEUR
DE « TÉLÉVISION »
ET DE
« TOUTE LA RADIO »

LA TÉLÉVISION ?..

Mais c'est très simple !

Vingt causeries amusantes
expliquant le fonctionnement
des émetteurs et des récepteurs
modernes de télévision

Dessins marginaux de
H. GUILAC



CINQUIÈME ÉDITION
REVUE & CORRIGÉE

SOCIÉTÉ DES ÉDITIONS RADIO

9, Rue Jacob, PARIS - VI^e

MCMLX

Les traductions suivantes
de cet ouvrage ont paru :

En Allemand

(Regelien Verlag, Berlin.)

En Anglais

(Radcraft Publ., New-York.)

En Espagnol

(Arbo Editores, Buenos-Aires.)

En Finnois

(Tekniikan Maailma, Helsinki.)

En Hongrois

(Műszaki Könyvkiado, Buda-
pest.)

En Italien

(Editions Il Rostro, Milan.)

En Néerlandais

(Editions Kluwer, Deventer.)

En Polonais

(Panstwowe Wydawnictwa
Techniczne, Varsovie.)

En Portugais

(Companhia Editora Nacio-
nal, Sao Paulo.)

En Suédois

(Beva Teknik, Linkoping.)

En Serbo-Croate

(Tehnicka Kniga, Belgrade.)

D'autres traductions sont en préparation.

Tous les droits de traduction, de repro-
duction, d'adaptation cinématographique
partielle ou totale sont réservés pour
tous pays, y compris les Etats-Unis,
la Suède, la Norvège et l'U. R. S. S.

© E. AISBERG, Paris, 1959.

PRÉFACE

DE tous les miracles des temps modernes, la télévision est, sans conteste, le plus grand, le plus surprenant. Dans les pays où elle se répand, elle modifie profondément le mode d'existence individuel et collectif.

Le fait même que l'on soit parvenu à transmettre des images avec une fidélité remarquable tient du prodige. Ceux qui connaissent tous les obstacles qu'il a fallu vaincre, tous les problèmes qu'il a fallu résoudre, n'en croient pas encore leurs yeux en constatant les résultats obtenus de nos jours.

D'ores et déjà, la télévision est entrée dans la pratique, a bouleversé la vie des millions de foyers, a offert à l'humanité le moyen le plus puissant de distraction, d'enseignement et aussi, hélas, d'abêtissement. Car c'est avant tout un merveilleux outil qui, telle la langue d'Esopé, peut servir aux meilleurs comme aux pires usages.

**

Le rapide essor de l'industrie de la télévision nécessite, dans tous les pays, la formation d'un grand nombre de techniciens. D'autre part, en présence de ce nouveau moyen de transmission, tout homme civilisé a le désir d'en connaître le mécanisme. C'est sans doute la raison pour laquelle nombre de mes amis m'ont demandé de rédiger, sous le titre de « La Télévision?... Mais c'est très simple ! », un livre analogue à « La Radio?... Mais c'est très simple ! ».

Ce dernier volume, écrit vers 1935, a connu une fortune singulière : il a été traduit en plusieurs langues et l'original français a été tiré à plus de 300.000 exemplaires. Des milliers et des milliers de personnes dans le monde entier ont été initiées à la radio grâce aux dialogues de deux jeunes gens : Curiosus et Ignotus. Le premier sait tout, alors que son ami, s'il ignore bien des choses, n'est assurément pas bête.

J'ai eu beau expliquer à mes amis que, loin d'être simple, la télévision est, selon l'expression préférée d'Ignotus, « bougrement compliquée », qu'elle fait appel à des chapitres très variés de la physique, que l'absence d'un standard international ne fait qu'aggraver les choses... Rien n'y fit. J'ai dû m'exécuter en écrivant « La Télévision?... Mais c'est très simple ! ».

Il faut croire que ce livre a paru à un moment où le besoin s'en faisait vraiment sentir puisque, en peu de mois, les deux tirages de la première édition ont été épuisés et qu'il a fallu très rapidement en publier une seconde, puis une troisième, puis une quatrième et, enfin, la présente cinquième édition.

**

Qu'est donc cet ouvrage ? Un livre d'initiation ? Sans doute, dans la mesure où il peut être compris de toute personne qui n'a jamais abordé l'étude de la télévision. Mais son assimilation nécessite, en revanche, une connaissance, au moins élémentaire, de la radioélectricité. Celui qui veut aborder avec fruit la lecture de ce livre, doit savoir comment

fonctionnent les tubes électroniques à plusieurs électrodes et connaître les principaux montages d'amplification, de détection et de changement de fréquence, ne serait-ce que dans la mesure où ces notions sont présentées dans « La Radio?... Mais c'est très simple ! »

Par contre, il n'est point nécessaire d'avoir des connaissances mathématiques. En effet, ce que j'ai cherché à faire, c'est d'exposer avant tout, avec le maximum de clarté, l'aspect physique des phénomènes mis en jeu. Quand on a bien suivi le cheminement des électrons, la modification de la forme des signaux, les relations des diverses tensions, tous les montages deviennent familiers, et on en analyse aisément les schémas.

Tendant constamment à dégager l'essentiel dans cette technique qui n'est standardisée ni dans l'espace, ni dans le temps (car elle est encore en pleine évolution), je me suis efforcé de passer en revue tous les éléments fondamentaux des récepteurs de télévision avec leurs différentes variantes.

Je me suis, en revanche, systématiquement abstenu de citer des valeurs numériques des éléments qui changent avec les standards et le matériel utilisé. Ce livre ne vise pas à enseigner la construction des appareils de télévision. Son but est d'en faire comprendre le fonctionnement. On ne peut cependant pas aborder la réalisation de tels appareils avec des chances raisonnables de succès sans en connaître l'anatomie et la physiologie.

J'ai cherché à rendre l'étude aussi facile que possible sans pourtant jamais trahir la vérité, sans esquiver les difficultés, sans omettre tout ce qui peut être utile au futur technicien de la télévision.

**

La nouvelle technique est, cependant, assez complexe par elle-même. Voilà pourquoi le lecteur devra lire ce livre avec une attention soutenue et ne pas aborder un nouveau paragraphe avant d'avoir bien assimilé le contenu des précédents.

Je n'ai, d'ailleurs, pas tenté de graduer la difficulté et, pour bien des lecteurs, la première causerie sera probablement la moins facile de toutes.

Une longue expérience pédagogique m'a prouvé qu'on apprend mieux avec le sourire. C'est pourquoi, dans leurs causeries, Curiosus et Ignotus s'écarteront souvent du style plein de rigueur des « Dialogues » de Platon... Et les dessins marginaux de mon regretté ami Guilac, tout en aidant à la compréhension du texte, égayeront de leurs traits d'esprit les entretiens de nos deux jeunes gens.

S'il se donne la peine de les suivre attentivement, le lecteur comprendra tous les mystères de la télévision et aura ainsi enrichi considérablement le volume de ses connaissances. C'est la grâce que nous lui souhaitons.

E. A.

PREMIÈRE CAUSERIE

Il y a quelques années, le jeune technicien Curiosus initia son ami Ignotus aux mystères de la radioélectricité. Maintenant, il va tenter de lui exposer les principes de la télévision. Et dès ce premier entretien, il entrera dans le vif du sujet en exposant à son ami, sans le ménager, un certain nombre de problèmes fondamentaux :

Ondes métriques et leur propagation. — Portée d'un émetteur de télévision. — Strato-vision. — Bandes latérales de modulation. — Principe de la transmission successive des éléments d'image. — Signal vidéo. — Déformation d'un signal rectangulaire et sa transformation en sinusoïde. — Fréquence maximum vidéo. — Encombrement de l'éther. — Emploi des ondes métriques. — Rapport de la fréquence porteuse à la fréquence modulatrice.

VIDÉO-FRÉQUENCE ET HAUTE FRÉQUENCE

Un oncle mal placé.

Ignotus. — Aujourd'hui, mon cher Curiosus, je viens vous demander conseil au sujet de mon oncle Jules.

Curiosus. — Que lui arrive-t-il donc, à cet excellent homme ?

Ig. — Imaginez-vous qu'il est littéralement « emballé » par la télévision. Depuis plusieurs mois, ses rhumatismes le condamnent à garder la chambre. Et ce grand fervent du cinéma est privé de sa ration hebdomadaire d'images. Il me charge donc de lui monter un récepteur de télévision pour amener à son domicile les images en question.

Cur. — Voilà une excellente idée ! Pour ceux que le mal tient cloués à leur lit ou, du moins, à leur fauteuil, la télévision est un bienfait encore plus complet que la radio... Je ne demande donc qu'à vous aider, Ignotus. Et, pour commencer, nous pourrions faire un saut chez votre oncle pour voir comment pourra être installée l'antenne.

Ig. — Je crains que cela ne nous mène un peu loin, car mon oncle habite l'Ile d'Yeu.

Cur. — Oh !... Que ne l'avez-vous dit plus tôt ! En ce cas, vous ferez mieux de lui envoyer une bonne quantité d'acide salicylique. Quant au téléviseur, il l'encombrerait inutilement.

Ig. — Pourquoi donc ? Ne pourrait-il recevoir les émissions de la Tour Eiffel ?

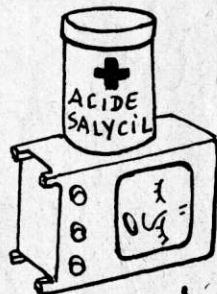
Cur. — En aucune façon. Leur portée sûre ne dépasse guère 80 km. Dans des cas favorables, on peut encore les recevoir à des distances nettement supérieures. Mais à l'Ile d'Yeu, il n'y a aucun espoir de capter convenablement les images émises de Paris.

La terre est ronde.

Ig. — Pourquoi donc n'augmente-t-on pas la puissance de l'émetteur de télévision ?

Cur. — Parce que cela n'accroîtrait pas sensiblement sa portée. La télévision est transmise sur ondes métriques, c'est-à-dire de longueur comprise entre 1 et 10 mètres. Ainsi, l'émetteur de Paris utilise des ondes de 1,62 m (185,25 MHz).

Les ondes métriques ont des propriétés qui les apparentent aux ondes lumineuses dont la longueur est encore bien inférieure. C'est ainsi que, comme ces dernières, elles se propagent en ligne droite, alors que les petites et surtout les grandes ondes s'incurvent assez facilement, ne serait-ce que pour contourner certains obstacles ou suivre la surface du globe.





Ig. — Dois-je comprendre que, pour recevoir les ondes métriques, on doit pouvoir, du lieu où est située l'antenne de réception, apercevoir celle de l'émetteur ?

Cur. — Cette condition de « visibilité optique » est souhaitable. Elle n'est point obligatoire. Les ondes métriques n'ont quand même pas la rigueur rectiligne de la lumière et peuvent contourner de petits obstacles. De plus, ne l'oubliez pas, les isolants ne s'opposent pas à la propagation des ondes électromagnétiques. Mais le globe terrestre, lui, doit être considéré comme conducteur. Et à ce titre...

Ig. — ...Attendez ! Je crois comprendre. La terre constitue évidemment un obstacle pour les ondes. Et comme la terre est ronde, au delà d'une certaine distance de l'émetteur, sa courbure nous cache l'antenne d'émission. Les ondes



Fig. 1. — La portée sûre d'un émetteur à ondes métriques est limitée à son horizon visible.

passent au-dessus de notre tête, en s'écartant de plus en plus du sol, et vont se perdre dans les couches supérieures de l'atmosphère.

Cur. — En effet, vous avez parfaitement saisi ce que l'on pourrait appeler « la tragédie de la télévision ».

Ig. — Pourquoi « tragédie » ?

Cur. — Parce que la faible portée des émetteurs oblige à en ériger un grand nombre pour pouvoir desservir tout le territoire de notre pays. Et cela coûte très cher.

Ignotus vise très haut.

Ig. — Il doit quand même y avoir moyen de remédier à cette triste situation ! On pourrait peut-être capter les ondes passant inutilement au-dessus des têtes des gens qui sont trop loin des émetteurs, en employant des antennes très hautes, portées par des cerfs-volants ou des ballons captifs.

Cur. — On ne va pas jusque-là. Mais on s'efforce d'utiliser des antennes placées aussi haut que possible. D'ailleurs, pour commencer, on a toujours intérêt à disposer l'antenne d'émission au point le plus élevé d'une région. Voilà pourquoi celle de Paris est fixée au sommet de la Tour Eiffel.

Ig. — En effet, de cette manière, on doit obtenir la plus grande portée. Mais pourquoi donc s'arrêter en si bon chemin ?

Cur. — Que voulez-vous dire ?

Ig. — On pourrait faire l'émission de plus haut : il suffirait de monter l'émetteur sur un avion. Evoluant dans la stratosphère, il permettrait d'arroser toute la France en ondes métriques... pour la plus grande joie de l'oncle Jules.

Cur. — Félicitations ! Mais, bien avant vous, des techniciens ont envisagé cette possibilité. Pendant un moment, beaucoup de bruit a été fait autour de la « stratovision ». Mais la réalisation pratique s'est heurtée à des difficultés.

Ignotus est vexé.

Ig. — Mais, après tout, pourquoi diable sommes-nous astreints à transmettre la télévision sur ondes métriques ? ! Est-ce parce que c'est la dernière venue qu'on l'a reléguée dans le troisième sous-sol des longueurs d'onde ? Ne pouvait-on pas, quitte à supprimer trois ou quatre émetteurs de radiodiffusion, allouer à la télévision une place convenable dans les gammes des petites ou des grandes ondes ? Je sais bien avec quelle ardeur on discute les attributions des fréquences disponibles. Mais, enfin, songez qu'avec une seule longueur d'onde comprise entre 200 et 600 mètres, un émetteur suffisamment puissant pourrait être reçu dans la majeure partie du pays...

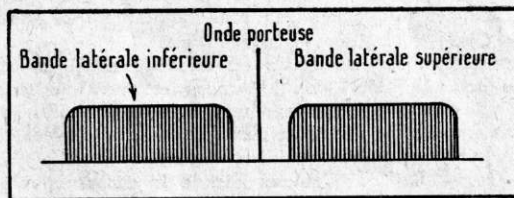


Cur. — Il vous est souvent arrivé de commettre des erreurs, mon cher ami. Mais jamais, au grand jamais, vous n'avez proféré de bourde aussi capitale ! Admettre la télévision dans la gamme des ondes de plus de 200 mètres de longueur, c'est vouloir faire entrer un éléphant dans la coquille d'un escargot.

Ig. — Ce que vous dites est sans doute très spirituel. Mais, je vous l'avoue humblement, je ne vois pas le rapport entre la télévision et le pachyderme en question.

Cur. — Ne soyez pas fâché, Ignotus. Vous comprendrez mieux la justesse de ma comparaison si vous examinez la nature du signal servant à transmettre les images. Vous verrez alors combien il diffère de ces signaux B.F. qui permettent de traduire électriquement les sons produits devant le microphone d'un émetteur de radiophonie. Vous souvenez-vous des limites de leurs fréquences ?

Fig. 2. — Une émission comporte, en plus de l'onde porteuse H.F., deux bandes latérales de modulation.



Ig. — Parfaitement. Les notes les plus graves sont de 16 périodes par seconde. Les sons les plus aigus que l'oreille perçoit encore, ont 20.000 périodes par seconde. Mais, pratiquement, on limite à 4.500 p/s la gamme des fréquences transmises par les émetteurs normaux de radiodiffusion.

Cur. — Fort bien. Et pourquoi cette limitation ?

Ig. — Pour réduire ce que vous appelez naguère « l'encombrement de l'éther ». Chaque émission radiophonique occupe, dans l'échelle des fréquences, en plus de la fréquence de l'onde porteuse H.F., deux bandes latérales symétriques contenant toutes les fréquences de modulation B.F. Lorsque cette dernière est limitée à 4.500 p/s, la largeur totale occupée par les deux bandes latérales est donc de 9.000 p/s. Est-elle plus élevée en télévision ?

Cur. — Ah oui, plutôt !... Mais, avant d'en parler, pouvez-vous me résumer ce que l'on fait pour transmettre les images ?

Toute la télévision résumée en 29 lignes.

Ig. — Je vais essayer. Comme on ne peut pas transmettre simultanément tous les éléments de l'image, on les transmet successivement. La luminosité de chaque élément...

Cur. — Le terme exact est « brillance ».

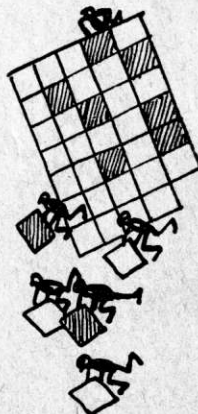
Ig. — Si vous voulez. Donc la brillance de chaque élément (j'entends par ce mot une surface élémentaire, suffisamment petite pour que l'œil ne distingue aucun détail dans ses limites) est traduite par une tension qui lui est proportionnelle. Ainsi une surface blanche très éclairée donnera lieu au maximum de tension, tandis qu'une plage noire se manifestera par une tension nulle.

Cur. — Ou du moins la plus faible. Et de quelle manière sont explorées ces surfaces élémentaires (on dit aussi « points », bien que le terme soit imagé, car un point géométrique est censé n'avoir ni largeur, ni hauteur) ?

Ig. — Elles sont parcourues exactement comme le rayon visuel parcourt successivement toutes les lettres d'une page de livre. Chaque lettre peut être assimilée à un élément d'image. Ligne après ligne, les éléments sont ainsi « lus ». Et l'ensemble de ces lignes constitue la page qui est donc assimilée à une image complète. Et quand nous avons de la sorte exploré une page, nous recommençons aussitôt la suivante.

Cur. — Très juste. Et à quelle cadence s'opère cette sorte de lecture ? Le savez-vous ?

Ig. — Mais oui. Pour que l'œil garde une sensation de continuité, il faut

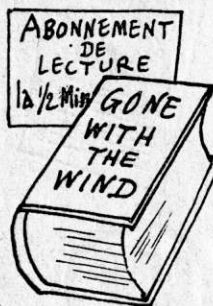




que, comme au cinéma, les images se succèdent très rapidement. En Europe, on a adopté le standard de 25 images par seconde (moitié de la fréquence des principaux secteurs électriques); aux États-Unis, où les secteurs ont 60 p/s, la télévision transmet 30 images par seconde.

Cur. — Evidemment, en Amérique tout va plus vite. Mais même avec la relative lenteur de la « fréquence images » de notre continent, les 800 pages d'Autant en emporte le Vent sont « lues » par un émetteur de télévision en une demi-minute environ.

On n'a rien pour rien.



Ig. — C'est effarant! Maintenant, je commence à entrevoir combien, en effet, le signal transmettant l'image est plus riche en contenu que celui qui traduit électriquement les sons venant frapper la membrane d'un microphone.

Cur. — Or, dites-vous bien que tout se paie dans la vie. Si vous voulez transmettre sur les ondes un message aussi abondant que celui qui, en 1/25^e de seconde, décrit les brillances relatives de tous les éléments d'une image, il vous faudra acheminer une tension composée de fréquences les plus diverses et pouvant atteindre des valeurs très élevées, donc déterminant des bandes latérales de modulation très larges.

Ig. — On dirait qu'aux lois de la conservation de la matière et de l'énergie, s'ajouterait une autre loi analogue, interdisant de transmettre, dans un intervalle de temps donné, une quantité donnée d'informations sans exiger, pour leur acheminement, une bande de fréquences suffisamment large.

Cur. — Vous avez raison, Ignotus. Une telle loi existe dans la nature. Et chercher à l'enfreindre, tenter de transmettre une certaine quantité d'informations (et j'emploie ce terme dans le sens le plus large, car il peut aussi bien se rapporter à une succession de sons plus ou moins complexes ou à une fraction plus ou moins bigarrée d'une image qu'à un message télégraphique) sans y consacrer la bande de fréquences nécessaires, est aussi vain que d'essayer la réalisation du mouvement perpétuel sans apport extérieur d'énergie.



Dans le domaine de la V. F.

Ig. — Comment pourrait-on déterminer la valeur des fréquences mises en jeu en télévision ?

Cur. — La tension qui traduit les luminosités des éléments successivement explorés d'une image porte le nom de signal « vidéo » (1). C'est, en somme, ce que la B.F. est dans le domaine de la radiophonie. Aussi l'appelle-t-on communément « vidéo-fréquence » ou, en abrégé, V.F. Elle peut comprendre un grand nombre de fréquences différentes.

Ig. — Je pense même qu'elle peut, à certains moments, être de fréquence nulle, c'est-à-dire avoir une valeur constante. Si dans l'image transmise il y a une surface unie de brillance uniforme, tous ses éléments donnent lieu à la même valeur de la tension qui reste donc continue pendant la transmission de la surface en question.

Cur. — Exact. Mais si les éléments, le long d'une ligne explorée, ne sont pas tous de brillance identique, la tension du signal varie. Devinez-vous dans quel cas ces variations sont les plus rapides, c'est-à-dire la fréquence du signal vidéo la plus grande ?

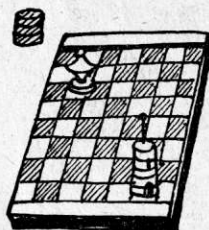
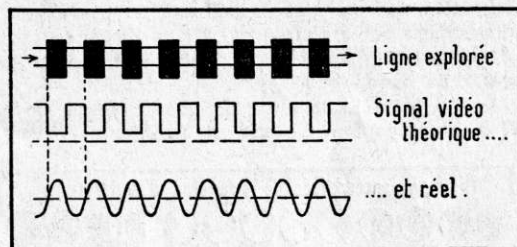
Ig. — Je suppose que cela a lieu quand deux éléments voisins d'une ligne diffèrent par leur brillance.

Cur. — Votre réponse prouve que vous avez bien saisi la question. En effet, la fréquence maximum sera atteinte quand, par exemple, on explorera successivement des éléments blanc, noir, blanc, noir, et ainsi de suite. Le cas se présentera notamment si l'image comporte un faisceau de barres noires verticales de largeur égale à la largeur d'un élément de l'image et séparées par des intervalles blancs de la même largeur.



(1) Du verbe latin *videre* = voir.

Fig. 3. — Quand la ligne explorée se compose d'une succession d'éléments alternativement blancs et noirs, le signal V. F., théoriquement rectangulaire, pratiquement sinusoïdal, comporte autant de périodes qu'il y a de paires d'éléments noirs et blancs.



Ig. — Dans ce cas, chaque élément exploré donnera lieu à une période du signal.

Cur. — Vous allez trop vite, Ignotus, et cela vous induit en erreur. En réalité, une barre noire donne lieu à une tension très faible et une barre blanche à la tension maximum. Ainsi l'exploration de deux éléments voisins, l'un noir et l'autre blanc, se traduit par une alternance négative et par une alternance positive constituant, à elles deux, une seule période. Et puisqu'une seule période traduit deux éléments de l'image, le nombre total des périodes est égal...

Ig. — ...à la moitié du nombre des éléments de l'image.

Cur. — Vous avez, je vois, très bien suivi mon raisonnement.

Des créneaux théoriques à la sinusoïde réelle.

Ig. — Très drôle, la forme de ce signal vidéo. On dirait les créneaux d'une tour médiévale. Nous sommes ici loin des belles sinusoïdes de la radio.

Cur. — Pas autant que vous le pensez. Et cela pour deux raisons : tout d'abord, une tension périodique de cette forme (on l'appelle « signal rectangulaire ») peut être décomposée en un grand nombre de tensions sinusoïdales composantes dont la fondamentale aura la fréquence du signal rectangulaire et les autres seront de fréquence 3, 5, 7, etc., fois supérieures.

Ig. — N'est-ce pas ce qu'on appelle la série de Fourier ?

Cur. — Oui, quand on veut se donner un air important. Mais, au fait, comment le savez-vous ?

Ig. — Il m'arrive de lire des ouvrages très sérieux.

Cur. — Tant mieux ! Vous devez alors savoir que les composantes de fréquences multiples s'appellent « harmoniques ». Et, pour en revenir à notre signal vidéo, elles ont peu de chance de passer à travers les circuits d'amplification. Car, si la fréquence fondamentale est élevée, les harmoniques le sont encore plus. Et un amplificateur prévu pour une large bande de fréquences ne peut quand même pas laisser passer ces fréquences trop élevées. Aussi, seule subsistera à sa sortie la sinusoïde fondamentale.

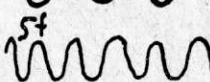
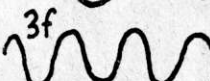
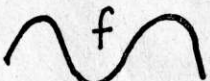
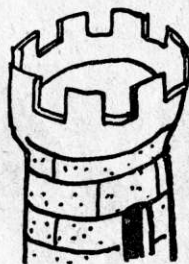
Ig. — Tant mieux, car vos tensions en crémaillère ne me disent rien qui vaille... Quelle est la seconde raison que vous avez, tout à l'heure, invoquée ?

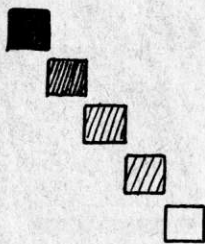
Cur. — Faisons une petite expérience. Prenons ce bout de papier et découpons-y une petite fenêtre ronde ayant les dimensions de ce que nous considérons comme un élément de l'image. Je fais glisser lentement mon papier sur les barres noires et blanches constituant notre image.

Ig. — Vous analysez donc ses éléments comme cela se fait en télévision.

Cur. — Mais oui. On dit aussi « explorer » ou « balayer ». Vous voyez qu'à certains moments de cette exploration, ma fenêtre se trouve entièrement sur la barre noire ou entièrement sur la blanche. Mais le passage de l'une de ces positions à l'autre est loin d'être instantané. Nous passons par toutes les positions intermédiaires où une fraction plus ou moins grande de l'élément exploré est noire et l'autre blanche. Eloignez-vous suffisamment de mon bout de papier pour ne plus pouvoir distinguer nettement les deux fractions encadrées par notre petite fenêtre.

Ig. — Vous voulez sans doute que je me place dans les conditions exactes





de la définition que j'ai donnée tout à l'heure de l'élément de l'image : surface suffisamment petite pour que l'œil ne distingue aucun détail dans ses limites?...

Cur. — Bien entendu. Et maintenant, quand ma fenêtre se déplace lentement, que voyez-vous?

Ig. — Je ne distingue plus que la teinte moyenne de ce qu'elle découvre. Selon la proportion du noir et du blanc, je vois une surface grise plus ou



Fig. 4. — Formation d'une alternance du signal vidéo pour plusieurs phases successives de l'exploration de l'image.



moins sombre. Et quand vous faites glisser votre papier, la surface de la fenêtre passe pour moi du noir au gris sombre qui s'éclaircit progressivement pour devenir blanc. Puis elle s'assombrit de nouveau et redevient noire. Et tout recommence.

Cur. — Devinez-vous, dès lors, quelle est l'allure de la tension qui doit traduire ces variations de brillance moyenne?

Ig. — Je suis sûr que nous retombons, ici, sur nos pattes; je veux dire que nous retrouvons ici notre bonne vieille sinusoïde.

Un peu d'algèbre.

Cur. — Essayons, maintenant, de calculer la fréquence maximum que pourra avoir notre sinusoïde. Voyons d'abord en combien d'éléments est divisée notre image. Admettons que sa hauteur soit H et sa largeur L . Elle est explorée par N lignes horizontales et on transmet n images entières par seconde.

Ig. — Tout cela m'a l'air d'avoir un vague fumet de problème d'algèbre.

Cur. — Tant pis pour vous s'il en est ainsi... Supposons que l'élément de l'image se présente sous la forme d'un carré, c'est-à-dire que la netteté de la transmission est également bonne dans le sens horizontal et vertical. Dans ce cas, la hauteur d'un carré est égale à la hauteur totale H divisée par le nombre des lignes N , soit H/N . Et dans chaque ligne de longueur L , il y a :

$$L : \frac{H}{N} = \frac{LN}{N} \text{ éléments.}$$

Comme il y a, au total, N lignes, l'image est donc décomposée en :

$$\frac{LN}{H} \times N = \frac{LN^2}{H} \text{ éléments.}$$

Fig. 5. — Dimensions relatives de l'image analysée.

Ig. — Jusqu'ici, tout cela me paraît logique.

Cur. — Ce le sera encore dans la suite. Tous les éléments composant l'image sont transmis n fois par seconde, ce qui fait :

$$\frac{LN^2n}{H} \text{ éléments par seconde.}$$

Mais comme une seule période suffit pour transmettre deux éléments, il nous faudra moitié moins de périodes pour la transmission, soit :

$$\frac{LN^2n}{2H} \text{ périodes par seconde.}$$



Cette formule n'est pas tout à fait exacte, car elle ne tient pas compte des temps perdus pour les signaux de synchronisation dont nous parlerons une autre fois. Mais pour l'instant, elle nous suffit pour exprimer la fréquence maximum vidéo.

Un peu d'arithmétique.

Ig. — Et que donne cette expression dans le cas concret de nos émissions ?

Cur. — A vous de calculer. L'image a un format tel que le rapport L/H = 4/3. Nous l'explorons par N = 819 lignes à la cadence de n = 25 images par seconde. Allez, futur Inaudi !

Ig. — Nous avons donc :

$$\frac{4 \times 819^2 \times 25}{2 \times 3} = 11.180.000 \text{ p/s...}$$

Nom d'une pipe!!! Votre vidéo-fréquence dépasse onze millions !

Cur. — Je ne vous le fais pas dire. Et vous remarquerez qu'elle est proportionnelle au carré du nombre de lignes. C'est dire que si, en passant de 819 lignes on voulait explorer par 1.000 lignes, la vidéo-fréquence atteindrait 17 mégahertz.

Ig. — Vous m'en voyez positivement écrasé.

Retour à l'éléphant.

Cur. — Persistez-vous toujours dans l'intention de tailler une « petite place » à la télévision dans la gamme des petites ondes ?

Ig. — Celle-ci s'étend de 200 à 600 mètres, donc de 1.500.000 à 500.000 p/s. L'intervalle total est de 1.000.000 p/s. Or avec ses deux bandes latérales de modulation, notre émission de télévision s'étale sur 22.360.000 p/s, soit, à elle seule, plus de 22 fois l'étendue totale de la gamme P.O. Décidément, mon éléphant ne tient pas dans la coquille de l'escargot.

Cur. — Très heureux de vous l'entendre dire. Vous comprenez maintenant pourquoi il faut descendre aux ondes métriques pour caser notre énorme modulation V.F. Sur 185,25 MHz, soit 185.250.000 p/s, les bandes latérales seront limitées par :

$$185.250.000 - 11.180.000 = 174.070.000 \text{ p/s}$$

$$\text{et } 185.250.000 + 11.180.000 = 196.430.000 \text{ p/s}$$

ce qui est tout à fait convenable.

Ig. — Fallait-il vraiment aller aussi loin ? Ne pouvait-on pas prendre, par exemple, des ondes de 15 MHz, soit 20 mètres, ce qui aurait fait tenir la modulation entre :

$$15.000.000 - 11.180.000 = 3.820.000 \text{ p/s}$$

$$\text{et } 15.000.000 + 11.180.000 = 26.180.000 \text{ p/s ?}$$

Cur. — Je vous fais remarquer que les longueurs d'onde correspondant à ces fréquences sont 80 et un peu plus de 11 mètres. Vous voudriez donc sacrifier toute la gamme d'ondes courtes entre 11 et 80 mètres à une seule émission de télévision ? !

Ig. — J'avoue que ce ne serait pas raisonnable.

Le minimum vital de la H. F.

Cur. — Il y a, d'ailleurs, une loi qui s'oppose à ce que la H.F. porteuse soit du même ordre de grandeur que la fréquence modulatrice. Pour que la modulation s'opère correctement, il faut que la fréquence porteuse soit bon nombre de fois supérieure à la fréquence modulatrice.

Ig. — Pourquoi donc ?

Cur. — Car sans cela, l'onde modulée ne saura représenter exactement la tension de modulation. Regardez cette sinusoïde que je dessine ici. Supposez que ce soit là le signal à transmettre. Si la fréquence de l'onde porteuse est supérieure à celle de notre signal dans le rapport 8/3, nous n'en transmettrons



OFFRES
D'EMPLOIS
On demande
une "H.F.
porteuse" de
bonne fréquence
présentée par
son émetteur

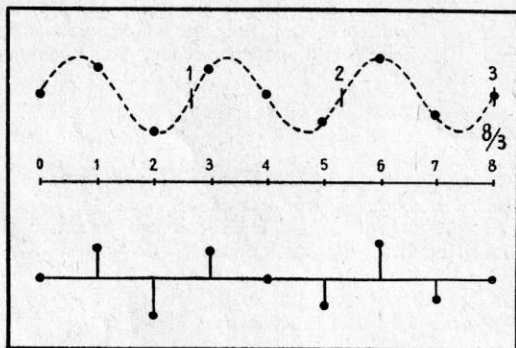
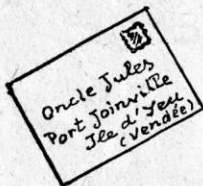


Fig. 6. — Si l'on veut transmettre le signal représenté par la sinusoïde à l'aide d'une porteuse ayant huit périodes pendant trois du signal, on n'en reproduit que de trop rares valeurs représentées en bas et qui ne permettent pas de le reconstituer.

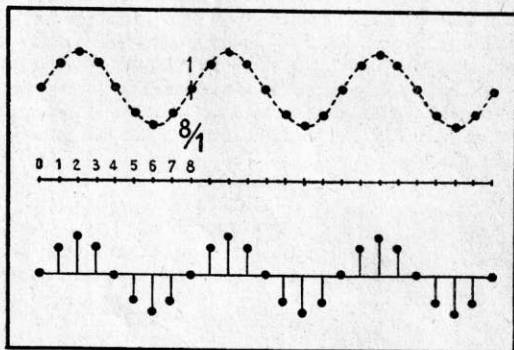
les valeurs instantanées qu'à des intervalles par trop écartés. Nous aurons, alors, une série de valeurs dispersées dont, avec la meilleure bonne volonté, on ne pourra reconnaître la loi de variation sinusoïdale.

Mais prenez une onde porteuse de fréquence 8 fois supérieure à celle du signal. La série des valeurs transmises permet alors d'identifier sans difficulté l'allure de la modulation.

Ig. — C'est un peu comme les trames des clichés photographiques imprimés dans les journaux. Si la trame est trop grosse, les détails du cliché sont perdus.

Cur. — La comparaison n'est pas mauvaise.

Fig. 7. — Mais si à chacune des périodes du signal (sinusoïde) correspondent huit périodes de l'onde porteuse, on en transmet un nombre suffisamment grand de valeurs instantanées, pour qu'il puisse être convenablement reproduit.



Tant pis pour l'oncle !

Ig. — Je résume donc ce que nous avons discuté aujourd'hui. La transmission des images nécessite des signaux occupant une très large bande de fréquences. Ces signaux ne peuvent être véhiculés que par des ondes porteuses de fréquence très élevée, du domaine des ondes métriques. Se propageant en ligne droite, elles ont une portée limitée par l'horizon visible. D'où il résulte que... l'oncle Jules n'aura pas de télévision.

Cur. — J'en suis désolé pour lui. Mais, en ce qui vous concerne, vous avez appris un certain nombre de notions utiles...

Ig. — ...qui me semblaient de prime abord bougrement compliquées, mais qui, au fond, sont peut-être très simples.

DEUXIÈME CAUSERIE

Pour comprendre le fonctionnement des appareils actuels de télévision, il n'est pas nécessaire d'étudier toute l'histoire de cette technique. Pourtant, l'examen des procédés d'exploration des images sera bien facilité par l'exposé du classique système « mécanique » de télévision imaginé par Nipkow. Ignotus n'aura pas de peine à saisir la méthode qui, pour la première fois, a permis la transmission à distance des images animées. Au cours de cette causerie, Curiosus traitera donc les sujets suivants :

Disque de Nipkow. — Exploration des images. — Entrelaçage. — Cellules photo-électriques. — Emetteur d'images. — Synchronisme. — Récepteur avec lampe au néon. — Inconvénients des systèmes mécaniques de télévision.

VOYAGE DANS LE PASSÉ

Les vertigineuses explorations d'Ignotus.

Curiosus. — Mon Dieu ! Qu'avez-vous donc, Ignotus, à tourner ainsi sur vous-même ? Vous entraînez-vous au métier de derviche tourneur ?

Ignotus. — Mais non ! J'essais simplement de lire sans être obligé, arrivé à la fin d'une ligne, de ramener mon regard à gauche vers le début de la ligne suivante.

Cur. — Et pourquoi cela ?

Ig. — Car je songe à l'exploration des images en télévision dont nous avons parlé la dernière fois. Vous m'avez expliqué que le « balayage » des éléments successifs s'opère comme la lecture d'un livre : ligne par ligne. Or, étant donné l'effarante vitesse à laquelle cette lecture doit être effectuée, je voudrais éviter la perte de temps nécessitée par les retours aux débuts des lignes. Voilà pourquoi, après avoir parcouru une ligne en tournant, je continue le mouvement rapide de rotation autour de moi-même pour que, après l'accomplissement de chaque tour, mon regard retombe sur les débuts des lignes.

Cur. — Je ne pense pas que vous gagniez ainsi du temps. Tout au plus, y gagnerez-vous du vertige... Mais ce mode d'exploration — que l'on peut appeler « sans retour de ligne » — est caractéristique de la plupart des procédés mécaniques d'analyse.

Un peu de géométrie.

Ig. — Vous feriez peut-être bien de m'en parler. Car tout ce que vous m'avez expliqué jusqu'à présent est bien abstrait. C'est très joli de dire que l'on explore les éléments successifs de l'image. Mais comment cela se passe-t-il en réalité ?

Cur. — J'aimerais autant ne pas vous décrire les procédés mécaniques, puisqu'on les a délaissés au profit des méthodes électroniques. Mais peut-être comprendrez-vous mieux ces dernières si je vous présente un des dispositifs les plus simples et les plus anciens : le disque de Nipkow.

Ig. — J'en ai vaguement entendu parler, mais n'ai aucune idée précise à son sujet.

Cur. — Nous allons donc en fabriquer un. Voici une feuille de bristol mince. J'y trace, à l'aide d'un compas, un cercle d'une dizaine de centimètres de rayon et je découpe ainsi un disque. Là-dessus, je dessine 16 circonférences ayant pour rayon 60, 62, 64, etc., jusqu'à 90 millimètres. Enfin, je divise ma circonférence extérieure en 16 parties égales...

Ig. — Décidément, après avoir fait de l'arithmétique et de l'algèbre, nous voilà en pleine géométrie. D'ici qu'on fasse du calcul intégral...

Cur. — Nous n'en sommes pas encore là. Finissons donc notre dessin. Je



SENS
UNIQUE





trace maintenant les 16 rayons allant aux points équidistants de la circonférence extérieure. Toutes ces lignes auxiliaires m'étaient nécessaires pour déterminer mes points en spirale. Je marque, en effet, le point de croisement d'un premier rayon avec la circonférence intérieure, puis celui du rayon suivant (dans le sens de la marche des aiguilles d'une montre) avec la circonférence suivante et ainsi de suite.

Ig. — En effet, vous obtenez ainsi 16 points disposés en spirale. Qu'en ferez-vous ?

En regardant par les trous du disque.

Cur. — J'y perce, à l'aide d'un emporte-pièce, des trous bien ronds d'un peu plus de 2 millimètres de diamètre. Et voilà mon disque de Nipkow terminé.

Ig. — Prétendez-vous sérieusement vous en servir pour explorer des images ?

Cur. — J'en ai la ferme intention. Voici un petit dessin très simple, qui mesure environ 3 centimètres. Je le colle sur l'abat-jour de cette lampe allumée et, enfilant mon disque par le centre sur une aiguille à tricoter, je le fais tourner très vite.

Ig. — Ça alors !... Je vois votre dessin comme si le disque était transparent.

Cur. — Maintenant, pour mieux nous rendre compte de ce qui se passe, je tourne très lentement.

Ig. — J'y suis ! N'est-ce pas notre petit bout de papier perforé d'une fenêtre ronde de la dernière fois ? Mais bien plus perfectionné. Quand le disque tourne, un premier trou vient parcourir une ligne. (Elle n'est pas tout à fait droite :

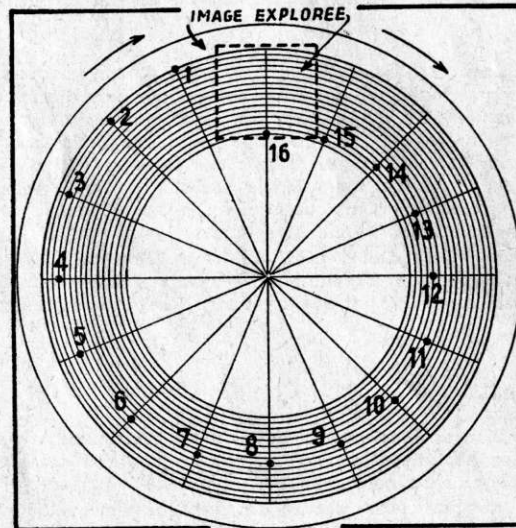


Fig. 8. — Disposition des trous en simple spirale sur le disque de Nipkow.

c'est un arc de circonférence. Mais cela ne change rien.) À peine l'a-t-il terminée, que le trou suivant entre en scène pour, à son tour, se promener le long d'une ligne de l'image. Et ainsi, l'un après l'autre, tous les trous, en commençant par l'extérieur, et en finissant par le plus rapproché du centre, parcourent toutes les lignes de l'image.

Cur. — Et quand toute l'image est ainsi explorée...

Ig. — ...tout recommence aussitôt au tour suivant du disque.

Cur. — Vous avez constaté qu'à condition de faire tourner le disque suffisamment vite, on voit l'image entièrement, alors qu'en réalité, à un instant donné, seul, un de ses éléments apparaît dans une des perforations du disque.

Ig. — Je constate aussi que le disque lit à la façon du derviche tourneur, c'est-à-dire sans être astreint à revenir vers les débuts des lignes par un mou-



vement en sens inverse de la lecture. Je vois, cependant, qu'on doit tourner très vite pour avoir cette sensation de vision simultanée de tous les éléments.

Un mode bizarre de lecture.

Cur. — En effet, si je ralentis tant soit peu, l'image a l'air d'ondoyer comme si elle était parcourue par des vagues alternativement claires et sombres. Cela est dû au fait que les sensations lumineuses ne durent pas beaucoup.

Ig. — A quelle cadence faudrait-il donc explorer les images pour éviter cette espèce de papillotement qui se produit quand le disque ne tourne pas assez vite ?

Cur. — Pour bien faire, il faudrait explorer 30 images par seconde.

Ig. — C'est ce que font les Américains. Mais, en Europe, vous m'avez dit, on se contente de 25 images par seconde. Est-ce que cela suffit ? Ne vaudrait-il pas mieux augmenter la cadence ?

Cur. — N'oubliez pas que la fréquence maximum du signal vidéo est proportionnelle au nombre d'images transmises par seconde. Il est peu recommandé de faire quoi que ce soit qui puisse entraîner l'accroissement de cette fréquence déjà trop grande. Il existe, heureusement, un artifice permettant d'éviter le papillotement sans élargir la bande des fréquences à transmettre. C'est l'entrelaçage.

Ig. — Qu'appellez-vous ainsi ?

Cur. — Au lieu de transmettre successivement toutes les lignes d'une image en allant de la première à la dernière, on transmet d'abord toutes les lignes impaires, puis toutes les lignes paires. Le temps total de l'exploration reste le même: $1/25^e$ de seconde. Mais une moitié des lignes couvrant la surface totale de l'image est transmise en $1/50^e$ de seconde et l'autre durant le cinquantième suivant.

Ig. — Si je lisciais ainsi les livres, je n'y comprendrais pas grand-chose.

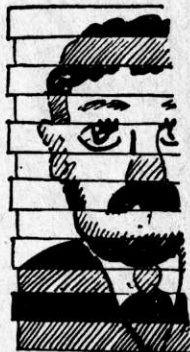
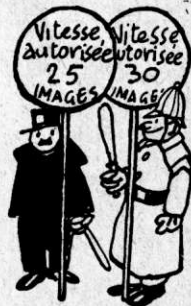
Cur. — En général, non. Mais voici un petit texte qu'il faut lire « en entrelacé ». Votre regard parcourt, en le lisant, le chemin exact que doit suivre l'exploration entrelacée en télévision, méthode aujourd'hui universellement adoptée.

Pour lire correctement ce texte, il faut
nière en parcourant d'abord l'ensemble (ou
parcourir d'abord les lignes impaires, puis
« trame ») des lignes impaires, puis celui des
les lignes paires. Le balayage entrelacé per-
lignes paires. Ainsi pour balayer l'image 25 fois
met de « lire » les images de la même ma-
par seconde, on explore 50 trames par seconde.

Ig. — C'est, en effet, assez amusant. Je suppose que le typographe qui a composé ce texte était un peu ivre... Mais comment réaliser pratiquement un tel mode d'exploration ? Je suppose que cela doit être bougrement compliqué.

Cur. — Point, mon ami. Voici, par exemple, un disque de Nipkow qui s'y prête fort bien. Vous voyez qu'il comporte toujours 16 trous pour l'analyse de l'image par 16 lignes. Mais, au lieu d'être disposés tous sur une même spirale, nos trous sont situés sur deux spirales occupant chacune la moitié du cercle. Sur l'une se trouvent les perforations explorant les lignes 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 et 15, alors que l'autre porte les trous correspondant aux lignes 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 et 16.

Ig. — C'est, en effet, très simple. Encore fallait-il y songer... Mais pouvez-



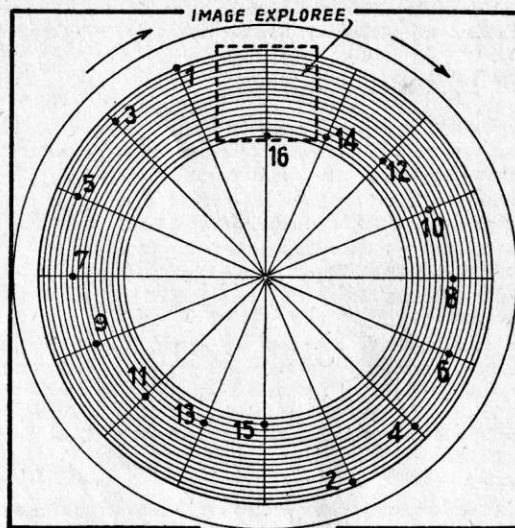
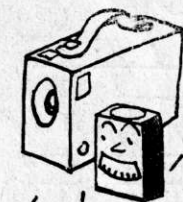


Fig. 9. — Disque de Nipkow à double spirale pour balayage entrelacé.

vous m'expliquer comment, à l'aide de ce disque de Nipkow, transmettait-on les images ?

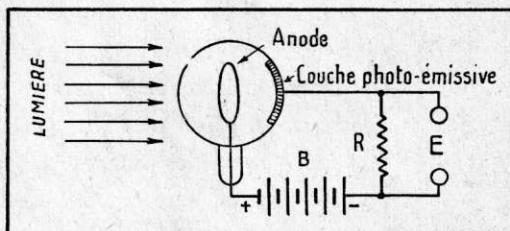
Un peu de chimie.

Cur. — Savez-vous ce que l'on appelle cellule photo-électrique ?

Ig. — Bien entendu. Avec mon appareil photographique, on m'a offert un posemètre à cellule. C'est un dispositif permettant de mesurer l'intensité de l'éclairage des objets à photographier. La lumière tombe sur la cellule qui la transforme en courant électrique mesuré à l'aide d'un galvanomètre très sensible.

Cur. — La cellule photo-électrique est donc un traducteur d'énergie lumineuse en énergie électrique. Le courant qui la traverse est proportionnel au flux lumineux qui vient la frapper. Les cellules utilisées en télévision

Fig. 10. — Une batterie B permet de porter l'anode d'une cellule photoélectrique à un potentiel positif par rapport à la cathode. Le courant photo-électrique, en traversant la résistance de charge R, détermine des tensions E qui sont appliquées à un amplificateur.



sont du type photo-émissif. A l'origine, une telle cellule se présentait sous la forme d'une ampoule de verre vide d'air et dont une paroi interne était recouverte d'une mince couche de matière photo-émissive.

Ig. — Appelle-t-on ainsi une matière émettant de la lumière ?

Cur. — L'étymologie du mot vous induit en erreur. Il s'agit de substances qui, frappées par des radiations lumineuses, émettent des électrons.

Ig. — Quelles sont ces substances ?

Cur. — Tous les métaux dits « alcalins », c'est-à-dire le césium, le sodium, le potassium, le rubidium et le lithium ainsi que les métaux alcalino-terreux, cependant moins utilisés.

Ig. — J'ai une idée ! Puisque voilà des substances qui émettent des élec-

trons sous l'action de la lumière, on pourrait remplacer par elles les cathodes des lampes de radio. Ainsi, on n'aura pas besoin du courant de chauffage. Dans la journée, on exposerait le récepteur aux rayons du soleil. Et le soir, on le placerait près d'une lampe d'éclairage.

Cur. — L'idée n'est pas absurde. Mais la quantité d'électrons émis ne peut assurer qu'un courant très faible. Et, d'ailleurs, pour qu'il y ait courant dans notre cellule photo-électrique, il y manque encore quelque chose. La surface photo-émissive constitue la cathode...

Ig. — Je vois ! C'est l'anode qui manque. Evidemment, il faut placer une plaque portée à un potentiel positif par rapport à la cathode pour attirer les électrons qu'elle émet.

Cur. — Oui, mais une plaque intercepterait les rayons lumineux. Aussi la remplace-t-on par un anneau ou un léger grillage.

L'image est explorée.

Ig. — Je crois pouvoir vous dire maintenant comment je vois notre émetteur de télévision. Je prendrai mon appareil photographique, mais à la place du verre dépoli, je placerai la partie du disque de Nipkow où s'effectue l'exploration. C'est là que l'objectif de mon appareil formera l'image à transmettre. Et, derrière le disque, je placerai la cellule photo-électrique. C'est bien cela ?

Cur. — Tout à fait ! Vous êtes en train de réinventer la télévision... Dans votre dispositif, à tout instant, la cellule recevra la lumière de l'élément exploré de l'image et la traduira par un courant d'intensité proportionnelle. Nous aurons donc, à la sortie de la cellule, le signal de vidéo-fréquence qu'il faudra convenablement amplifier avant qu'il ne module l'onde porteuse H.F. servant à le véhiculer à travers l'espace.

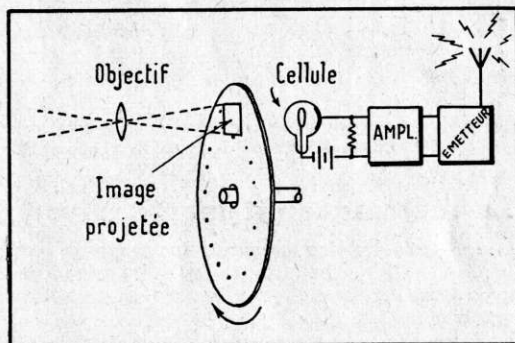


Fig. 11. — Emetteur à disque de Nipkow.

L'image est reconstituée.

Ig. — Et le récepteur ?

Cur. — Il comportera, vous vous en doutez bien, un disque de Nipkow semblable à celui de l'émetteur et animé d'un mouvement de rotation rigoureusement identique.

Ig. — N'est-ce pas ce que l'on appelle « synchronisme » ?

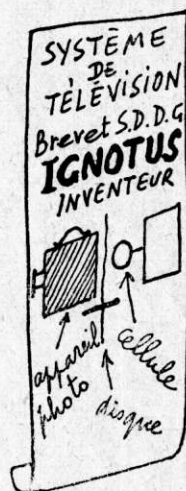
Cur. — Je constate avec plaisir combien votre vocabulaire technique s'est enrichi.

Ig. — Mais quel organe servira à retraduire les variations du courant en variations d'éclat lumineux ?

Cur. — Tout simplement une lampe au néon constituée par une ampoule contenant du néon sous faible pression...

Ig. — Mais je connais fort bien ces tubes au néon qu'on emploie dans les enseignes lumineuses. J'ai même démoli celle du café d'en face, car elle émettait encore plus de parasites que de lumière...

Cur. — Je ne vous connaissais pas ces mœurs de justiciers du Far-West... Mais les lampes au néon qui étaient utilisées en télévision comportaient une plaque de la surface de l'image à reconstituer et une autre électrode qui, en forme de cadre, bordait la première. Quand une certaine tension continue est appliquée, entre ces deux électrodes, toute la surface de la plaque devient lumi-





nescente. Si l'on applique, de plus, la tension variable du signal vidéo, la brillance varie en suivant les valeurs instantanées du signal.

Ig. — Oui, mais comment faire pour que chaque point de cette plaque ait la brillance correspondant à celle du même point de l'image transmise ?

Cur. — Cela n'est pas nécessaire. Car votre lampe au néon est placée derrière le disque de Nipkow et vous la contemplez à travers les trous de ce dernier.

Ig. — Oui, j'ai saisi ! A chaque instant, nous ne verrons qu'un élément de la surface lumineuse de la lampe. Et à cet instant, la lampe traduira fidèlement la luminosité du point correspondant de l'image explorée. Par exemple, au moment où l'on transmet le premier élément de la première ligne, la lampe au néon tout entière a l'éclat correspondant. Mais, à travers le trou du disque,

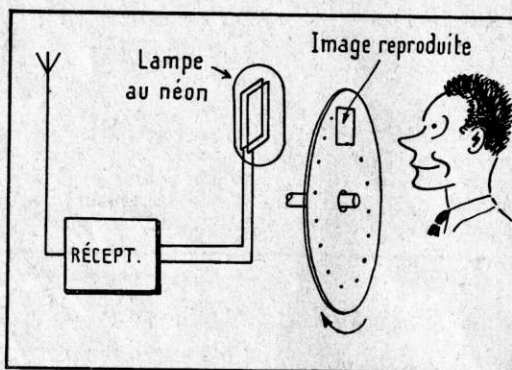


Fig. 12. — Récepteur à disque de Nipkow et tube au néon.

nous ne voyons que l'emplacement de cet élément. Lorsque le trou passe à l'élément suivant, l'éclat de la lampe au néon traduit la luminosité de ce deuxième élément et ainsi de suite. Donc tous les éléments sont vus à leur place et avec leur brillance, ce qui fait que l'image est reconstituée.

Cur. — Vous avez parfaitement compris le principe de ce système de télévision préconisé à la fin du XIX^e siècle et réalisé, pour la première fois, par John L. Baird, vers 1924.

La mécanique est morte. Vive l'électronique !

Ig. — Ce système me paraît très simple et pratique. J'espère qu'il sert toujours.

Cur. — Il y a belle lurette qu'il est abandonné. Il ne pouvait, en effet, servir que pour l'exploration des images par un nombre réduit de lignes, 180 au maximum.

Ig. — Ne pouvait-on pas faire des disques suffisamment grands pour pouvoir caser davantage de trous ?

Cur. — Non, car à la vitesse à laquelle ils tournent, les forces centrifuges risqueraient de les déchirer.

Ig. — On pourrait alors réduire le diamètre des trous.

Cur. — Pas au-dessous d'une certaine valeur. Car les rayons lumineux passant par des orifices trop étroits subissent le désagréable phénomène de diffraction.

Ig. — Décidément, mes idées ne sont pas heureuses aujourd'hui.

Cur. — Le seraient-elles, que vous n'auriez quand même pas réussi à sauver les systèmes mécaniques. Ils sont affligés d'autres défauts rédhibitoires. C'est ainsi qu'à l'émission, la cellule photo-électrique ne reçoit la lumière de chaque élément d'image que pendant un très court instant, ce qui, pour donner un courant photo-électrique utilisable, nécessite un éclaircissement très intense des sujets. Du côté de la réception, même gaspillage en ce sens qu'à chaque instant, nous ne voyons qu'un élément de la surface lumineuse de la lampe au néon dont la lumière est donc très mal utilisée. Et, enfin, ne vivons-nous pas au siècle de l'électronique ?...

Ig. — Pourquoi donc m'avez-vous expliqué en détail le fonctionnement d'un système qui a dû, au musée, rejoindre les avions des frères Wright et le cohéreur de Branly ?

Cur. — Parce qu'en faisant remuer les cellules de votre cerveau pour le comprendre, vous êtes mieux préparé pour assimiler des notions plus complexes ayant trait aux systèmes électroniques.

Ig. — Je sens que ce sera bougrement compliqué...

TROISIÈME CAUSERIE

Après avoir mis en évidence les défauts des méthodes mécaniques de télévision, nos deux amis s'orientent vers l'étude des procédés électroniques. A cette fin, ils commencent à étudier ce dispositif fondamental de tout appareil de télévision qu'est le tube cathodique. On le trouve, en effet, aussi bien dans les caméras de prises de vues que dans tous les récepteurs. C'est dire combien il mérite qu'on l'analyse en détail. Nos amis examineront donc les sujets que voici :

L'électronique. — Composition du canon électronique. — Pression atmosphérique sur le tube cathodique. — Implosion. — Ecran fluorescent. — Optique électronique. — Concentration par champs électriques. — Lentille électrique. — Spot. — Vitesse des électrons. — Leur retour. — Ecrans aluminisés. — Déflexion électrique. — Plaques défléctrices horizontales et verticales. — Formation de l'image.

ELECTRONS DANS LE VIDE

Définition de l'électronique.

Ignotus. — Il y a décidément quelque chose que je n'arrive pas à comprendre. Lors de notre dernier entretien, vous m'avez déclaré que les procédés « mécaniques » sont, de nos jours, délaissés au bénéfice des dispositifs « électroniques ». Or, à mon sens, le disque de Nipkow est essentiellement électronique.

Curiosus. — Comment cela ?

Ig. — Ses atomes ne se composent-ils pas de protons, d'électrons et de neutrons ? Que vous faut-il de plus électronique ?...

Cur. — Tout simplement des électrons à l'état pur, séparés des protons. Et où les trouve-t-on ainsi ?

Ig. — Je n'en sais rien... Si, pourtant : dans le vide des lampes de radio, quand ils effectuent le saut périlleux pour passer de la cathode à l'anode.

Cur. — Très juste. Et toute la branche importante de la technique moderne, que l'on désigne par le terme « électronique », traite précisément des applications des courants électroniques passant dans le vide (ou dans les semi-conducteurs dont on a récemment appris à utiliser certaines propriétés amplificatrices).

A la source des électrons.

Ig. — Mais, pour en revenir à la télévision, comment produit-on les courants électroniques qui y sont utilisés ?

Cur. — Exactement de la même manière que dans les tubes amplificateurs de radio : par l'émission électronique d'une cathode chaude.

Ig. — Et que fait-on de ces électrons ?

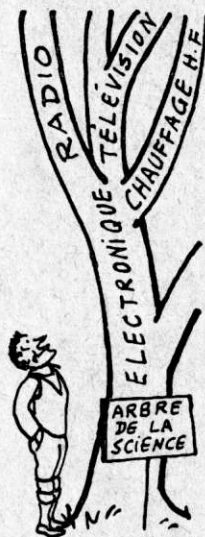
Cur. — On les réunit en un faisceau étroit qui, à la manière d'un crayon invisible, parcourt, ligne par ligne, tous les éléments des images transmises. Ainsi est réalisé le balayage, tant à l'émission qu'à la réception.

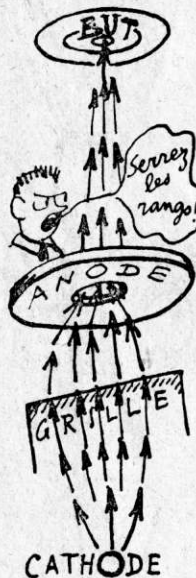
Ig. — Je vois très bien comment le flux d'électrons va de la cathode à l'anode dans une triode. Mais comment peut-il se concentrer et surtout se déplacer pour analyser les éléments successifs de l'image ?

Cur. — C'est ce que nous examinerons aujourd'hui. Le dispositif fondamental dans lequel se déroulent ces divers phénomènes est toujours le *tube cathodique*. Il se compose, avant tout, d'une triode assez semblable à celles utilisées en radio. Toutefois, pour faciliter la concentration des électrons, on utilise une cathode de très petite surface (on l'appelle « cathode ponctuelle »).

Ig. — Evidemment, pour ramasser les électrons en un étroit faisceau, il vaut mieux, dès le départ, les tenir ensemble. Mais, en fait, pourquoi tendraient-ils à emprunter alors des trajectoires divergentes ?

Cur. — Oubliez-vous, mon ami, que, porteurs de charges du même nom





(négatives) les électrons se repoussent mutuellement? Semblables à de mauvais citoyens se refusant à accomplir des tâches utiles en commun, à moins qu'une autorité supérieure les y contraigne, nos électrons s'écartent les uns des autres, si une force extérieure ne vient pas leur imposer un rapprochement contraire à leurs instincts.

Drôle de triode.

Ig. — Mais où donc s'opère ce rassemblement des électrons?

Cur. — Généralement après leur passage à travers l'anode.

Ig. — Je n'y suis plus du tout. Dans votre curieuse triode les électrons arrivent donc à traverser l'anode?

Cur. — Parfaitement. Car celle-ci est percée d'un trou en son centre. Attirés par l'anode portée à un potentiel positif élevé (plusieurs milliers de volts), les électrons acquièrent une très grande vitesse et passent à travers le trou pour terminer leur course beaucoup plus loin.

Ig. — Drôle de triode!

Cur. — Bien plus que vous ne pensez. Non seulement l'anode y est formée

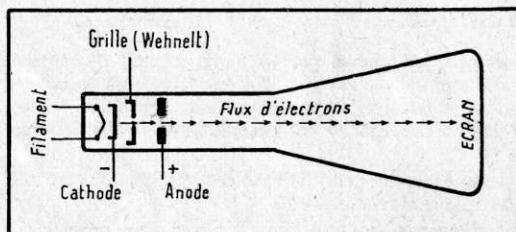


Fig. 13. — Le tube cathodique le plus simple est une triode « prolongée ».

d'un disque percé, mais ce qui porte le nom de « grille » se compose en réalité d'un cylindre entourant la cathode. On l'appelle quelquefois « cylindre de Wehnelt » ou tout simplement *wehnelt*.

Ig. — Et comment agit-il?

Cur. — De la même manière qu'une grille. Si son potentiel est très négatif, il repousse les électrons émis vers la cathode et n'en laisse passer qu'un très petit nombre vers l'anode. Par contre, quand le *wehnelt* est peu négatif, la plupart des électrons émis par la cathode parviennent à le franchir pour s'élaner vers l'anode... et l'au delà.

Ig. — Le courant est-il intense?

Cur. — Beaucoup moins que dans les triodes de radio. En général, il est de l'ordre d'une centaine de *microampères*, alors que dans les triodes de réception, il est de plusieurs *milliampères*. D'ailleurs, la triode du tube cathodique serait une bien piètre amplificatrice, puisque sa pente ne dépasse guère une dizaine de *microampères* par volt, alors que la résistance interne avoisine une centaine de mégohms!...

L'artillerie légère.

Ig. — A quoi sert, dès lors, cette singulière triode?

Cur. — Elle sert de *canon électronique*. Pour les usages de la télévision, il fallait créer un dispositif émettant des électrons en quantité suffisante et, d'ailleurs, réglable, grâce à ce robinet que constitue le cylindre de Wehnelt. Dans les tubes cathodiques de réception, ce canon électronique est placé dans la partie cylindrique de l'ampoule de verre qui s'évase ensuite, en forme de cône dont la base sert d'écran où s'inscrit l'image.

Ig. — L'air doit-il être évacué de cette ampoule?

Cur. — Bien entendu, sinon les électrons vont se heurter aux lourdes molécules de gaz et perdront leur élan. Le vide aussi parfait que possible doit régner à l'intérieur du tube cathodique.

Ig. — Comme la nature, j'ai horreur du vide, et celui des tubes cathodiques ne me dit rien qui vaille. Vous rendez-vous compte que, dans ces conditions, chaque centimètre carré de la surface de l'ampoule doit supporter tout le poids de la pression atmosphérique, soit un kilogramme ?

Cur. — Je le sais. Et si vous n'avez pas oublié vos leçons de géométrie, vous calculerez aisément la pression qui s'exerce sur l'écran d'un tube ayant un diamètre de 43 cm.

Ig. — Douze cents kilogrammes environ !

Cur. — Si vous tenez encore compte des parois coniques et cylindriques, vous verrez que la pression totale est de trois tonnes environ, soit le poids d'une quarantaine d'adultes.

Ig. — Un tube cathodique supportant tous les immortels de l'Académie Française ! Décidément, il faut qu'il soit drôlement robuste...

Cur. — C'est pour cela qu'on faisait son écran légèrement bombé. Mais on parvient maintenant à le faire plat. Et la paroi conique est souvent fabriquée en acier.

Ig. — N'empêche que, pour éviter l'explosion du tube, je ne ferai de la télévision qu'en haute montagne.

Cur. — Pourquoi, diable ?...

Ig. — Car là-haut la pression atmosphérique est plus faible...

Cur. — D'accord. Mais redescendons sur la terre pour rectifier une erreur de terminologie : un tube n'explose pas, il « implose »... Et ça coûte cher.

Luminescence, phosphorescence et fluorescence.

Ig. — Que deviennent donc nos électrons projetés par le canon électronique quand ils atteignent l'écran ?

Cur. — La paroi interne de celui-ci est revêtue d'une couche d'un enduit semi-transparent que les chocs des électrons rendent luminescent.

Ig. — C'est une substance dans le genre de celle qui rend visibles, dans l'obscurité, les aiguilles de ma montre ?

Cur. — Non, car sur ces aiguilles, vous avez une matière phosphorescente, c'est-à-dire restant lumineuse après avoir été elle-même éclairée. Quant à l'écran des tubes cathodiques, il est revêtu d'une substance fluorescente, c'est-à-dire émettant un rayonnement visible lorsqu'elle est soumise à l'action d'un autre rayonnement, généralement invisible, car de longueur d'onde plus courte.

Ig. — Est-ce là le phénomène qui se produit dans les tubes « fluorescents » que l'on emploie de plus en plus pour l'éclairage des cafés et des magasins ?

Cur. — Mais oui. Dans ces tubes, une décharge électrique dans de la vapeur de mercure produit des rayons ultra-violettes que notre œil ne perçoit pas. Mais en tombant sur la substance fluorescente dont sont recouvertes les parois internes, les rayons ultra-violettes provoquent l'émission de lumière visible.

Ig. — Votre tube fluorescent m'a tout l'air d'un superhétérodyne.

Cur. — ??

Ig. — N'est-ce pas un changeur de fréquence transformant la très haute fréquence des rayons ultra-violettes en fréquence, moins élevée, de la lumière visible ?...

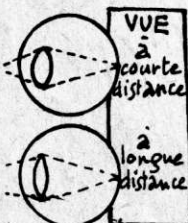
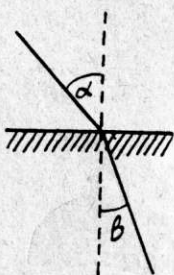
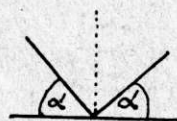
Cur. — Vous avez entièrement raison. Mais revenons donc à nos moutons. Nous avons un canon électronique qui envoie ses projectiles sur l'écran qui devient luminescent. Le tir étant divergent, une large tache lumineuse se forme sur l'écran. Essayer de dessiner une image à l'aide de cette tache serait aussi vain que de tenter de peindre un tableau avec une brosse à vêtements.

Une lentille électronique.

Ig. — Nous en sommes donc à nouveau au problème de la concentration. Comment entendez-vous communiquer aux électrons un sens de solidarité ?

Cur. — Je peux le faire à l'aide d'une « lentille électronique ». Le terme n'a





rien d'abusif, car les rayons électroniques allant de la cathode à l'écran se comportent à la manière des rayons lumineux. Ils obéissent aux lois d'une « optique électronique » qui offre une grande analogie avec le chapitre de la physique traitant du comportement des rayons lumineux.

Ig. — Ne me dites pas cependant que la lentille électronique est formée d'un disque de verre biconvexe, car les électrons ne pourraient pas le traverser.

Cur. — Aussi constitue-t-on cette lentille en plaçant à la suite de la première anode une deuxième portée à un potentiel plus élevé (et parfois même

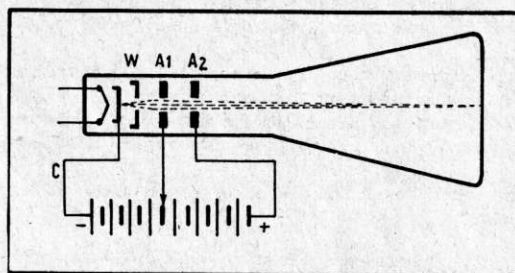


Fig. 14. — Concentration du faisceau des électrons par l'action des champs électriques. — W, wehnelt; A_1 et A_2 , première et deuxième anodes.

une troisième). Le champ électrique qui se crée entre les anodes agit évidemment sur ces charges électriques élémentaires que sont les électrons en modifiant leur trajectoire : il tend à les ramener vers l'axe du tube. Et c'est ainsi que les électrons forment un faisceau convergent.

Ig. — Voilà que notre triode se transforme en tétrode ou même en penthode !

Cur. — Elle aura, dans une certaine mesure, les propriétés de la tétrode. Notamment les changements de la tension de la dernière anode n'auront guère d'influence sur le nombre des électrons formant le rayon électronique, c'est-à-dire sur l'intensité du courant dans le vide.

Ig. — Quelles sont, alors, les tensions appliquées aux électrodes ?

Cur. — La première anode aura une tension relativement faible : pas plus de 250 volts. C'est la seconde anode qui sera soumise à la haute tension de plusieurs milliers de volts. On s'arrange pour que la tension de la première anode soit variable. De cette manière, on peut modifier la répartition des champs électriques et modifier la « courbure » de la lentille électronique.

Ig. — Votre lentille électronique serait-elle donc supérieure à toutes les lentilles optiques ordinaires ?

Cur. — Pas à toutes. Car le cristallin de l'œil a aussi la faculté de modifier sa courbure pour pouvoir accommoder la vision sur les objets proches ou distants.

Ig. — Par conséquent, c'est en réglant la tension de la première anode que l'on ajuste la concentration du faisceau cathodique ?

Cur. — Oui. On s'efforce d'obtenir un faisceau très fin, traçant sur l'écran du tube une tache lumineuse très limitée que l'on appelle « spot », car le snobisme veut qu'en français, les choses soient désignées par des termes anglais... Ce spot, ne l'oubliez pas, représente cette surface élémentaire de l'image que l'on désigne comme « point ».

Le triste sort des électrons.

Ig. — Mais que deviennent donc les électrons ayant atteint l'écran ? Il faut bien qu'ils finissent par retourner à la source de haute tension quelle qu'elle soit.

Cur. — Voilà une question qui, naguère, préoccupait fort peu les fabricants de tubes cathodiques. Les électrons venant frapper l'écran avec une grande vitesse...

Ig. — De quel ordre ?

Cur. — Cette vitesse dépend de la tension appliquée à la dernière anode et est proportionnelle à sa racine carrée. Ainsi, avec 10.000 volts sur cette

anode, les électrons auront une vitesse d'environ 11 kilomètres par seconde. Mais avec 20.000 volts, nous dépasserons à peine 15 km/s.

Ig. — Quel intérêt a-t-on à augmenter cette vitesse ?

Cur. — Plus les électrons projetés sur l'écran viennent le heurter violemment, plus intense est la lumière qui en jaillit.

Ig. — Revenons, si vous le voulez bien, aux électrons qui ont frappé l'écran. Qu'en advient-il ?

Cur. — A la façon d'une pierre violemment projetée dans l'eau et qui en fait jaillir des gouttes, nos électrons en arrachent d'autres à la couche fluorescente. Ces électrons...

Ig. — ...secondaires...

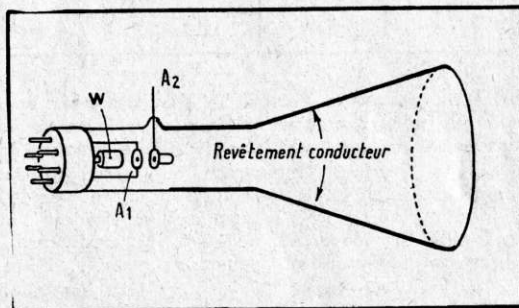
Cur. — Mais oui, je vois que vous n'avez rien oublié de nos bavardages de jadis. Ces électrons secondaires s'acheminent lentement et comme ils peuvent vers l'anode. Du moins, en était-il ainsi dans les tubes anciens. De nos jours, on leur facilite le chemin de retour en couvrant la paroi interne de l'ampoule, entre l'écran et la fixation de la dernière anode, d'une couche conductrice en graphite. Je vous ferai remarquer, en passant, que la connexion de la dernière anode se fait à travers le verre de la partie conique de l'ampoule.

Ig. — Et pourquoi pas à une des broches du culot ?

Cur. — Parce que la tension élevée appliquée à cette électrode oblige à l'éloigner soigneusement des autres.

Ig. — Maintenant, je vois clairement le circuit complet. Les électrons partent de la cathode, traversent les orifices du wehnelt et d'une ou de plusieurs

Fig. 15. — Voici l'aspect d'un tube cathodique à concentration par « lentille électronique ». La tension élevée appliquée à la dernière anode nécessite un bon isolement; c'est pourquoi sa sortie est effectuée en dehors du culot du tube.



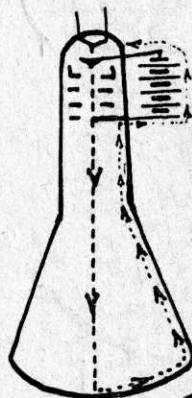
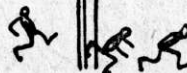
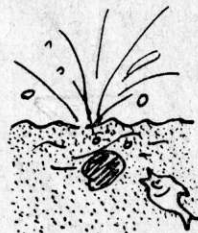
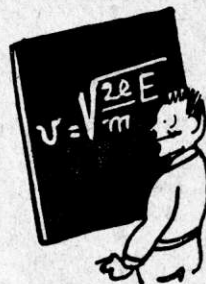
anodes pour atteindre un point de l'écran. De là, ils vont, le long des parois, vers la dernière anode et, à travers la source de haute tension, reviennent vers la cathode. Je suppose que la partie du parcours la plus difficile doit être celle menant du spot vers le bord de l'écran.

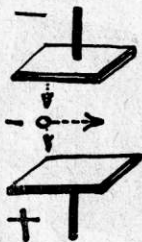
Cur. — En effet, car la couche fluorescente est loin d'être un bon conducteur. Mais, dans les tubes modernes, cette couche est souvent doublée, en arrière, d'une très fine couche d'aluminium que les électrons venant du canon électronique pénètrent sans difficulté, et qui facilite l'évacuation des électrons secondaires. D'ailleurs, le véritable but de la sous-couche d'aluminium est d'augmenter la brillance des images en réfléchissant vers le spectateur une partie des rayons lumineux émis, ceux qui seraient sans cela dirigés en pure perte vers l'intérieur du tube.

Le spot passe par des hauts et des bas.

Ig. — Nous voici donc en possession de ce crayon électronique qui est appelé à tracer des images lumineuses sur l'écran. Encore faudrait-il pouvoir l'animer d'un mouvement pour les dessiner. Comment saisir ce faisceau invisible et le manier à volonté ?

Cur. — Quand un véritable canon tire des obus, suivent-ils une trajectoire rectiligne ?





Ig. — Non, bien entendu. Ils décrivent une parabole, puisque l'attraction terrestre incurve leur trajectoire vers le sol.

Cur. — Ne voyez-vous donc pas le moyen de faire agir sur les électrons une force analogue capable de les dévier du droit chemin ?

Ig. — Oui, je vois. On pourrait disposer sous le faisceau une électrode chargée positivement qui attirerait les électrons comme la terre attire l'obus. Ainsi, le faisceau s'incurverait-il vers le bas.

Cur. — Bien raisonné ! On pourrait faire mieux encore en plaçant, en même temps, au-dessus du faisceau une deuxième électrode chargée, elle, négativement.

Ig. — Je comprends. En repoussant les électrons du faisceau, elle compléterait l'action de celle placée au-dessous. Mais vos deux électrodes forment, en fait, les armatures d'un condensateur.

Cur. — Certes. Notez, cependant, que l'on n'a pas intérêt à appliquer des tensions constantes à ces électrodes de déviation (ou de déflexion). Une fois

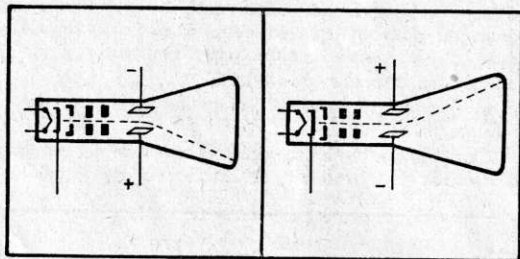
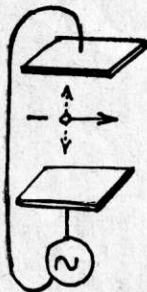


Fig. 16. — Déflexion électrique. Selon la polarité de la tension appliquée aux plaques déflexives, le spot est dévié vers le bas ou vers le haut.

dévié du centre de l'écran, le spot occupera une position fixe. Ce n'est pas cela que nous cherchons. Mais que se passera-t-il si, aux deux électrodes déflexives, vous appliquez une tension alternative ?

Ig. — Pendant l'alternance où l'électrode supérieure devient positive et l'inférieure négative, le faisceau sera attiré vers le haut, tout en étant repoussé du bas. On verra donc le spot monter. Pendant l'alternance suivante, l'électrode supérieure, en devenant négative, le repoussera, alors qu'il sera attiré par l'électrode inférieure qui deviendra positive. Notre spot descendra donc.

Cur. — Vous voyez que le spot fera des allers et des retours le long du diamètre vertical de l'écran. Et si la fréquence de la tension alternative appliquée aux plaques déflexives dépasse une trentaine de périodes par seconde...

Ig. — ...l'œil percevra un trait lumineux vertical, car, en vertu de la persistance des sensations lumineuses, il ne distinguera plus les positions instantanées occupées par le spot.

Le spot oscille à droite et à gauche.

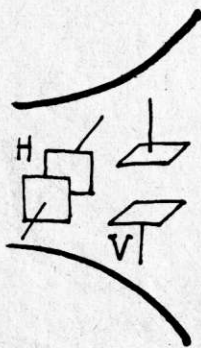
Cur. — Supposez maintenant, Ignotus, que nous disposions, sur le parcours du faisceau, une seconde paire de plaques déflexives, mais cette fois-ci, disposées verticalement des deux côtés du faisceau.

Ig. — Il est évident qu'elles permettront de dévier celui-ci à droite et à gauche. Et si l'on applique à ces plaques une tension alternative, le spot tracera sur l'écran une ligne horizontale.

Cur. — La justesse de vos déductions logiques mérite des compliments.

Ig. — Il y a cependant quelque chose qui me choque : ce sont les plaques verticales qui déterminent la déflexion *horizontale* et inversement.

Cur. — C'est, en effet, bien ennuyeux. Et certains auteurs créent une lamentable confusion quand ils parlent des « plaques de déflexion horizontales », alors qu'ils veulent parler des « plaques de déflexion horizontale », qui, elles, sont verticales.



L'image se dessine.

Ig. — Nous savons, maintenant, dévier le spot dans le sens vertical comme dans le sens horizontal. Comment, dès lors, lui faire tracer des images ?

Cur. — N'allons pas trop vite en la matière. Toutefois, je peux vous en donner une idée approximative. Supposez qu'aux plaques de déflection horizontale, on applique une tension périodique de telle forme que le spot parcourt à une vitesse uniforme une ligne horizontale de gauche à droite, puis, presque instantanément, revient à gauche, recommence le premier mouvement et ainsi de suite.

Ig. — C'est comme si je lisais indéfiniment toujours la même ligne d'un livre.

Cur. — Reste donc à communiquer au spot un mouvement beaucoup plus lent de haut en bas, en appliquant une tension appropriée aux plaques de déflection verticale.

Ig. — De la sorte, lorsqu'une ligne sera lue, nous ne reviendrons pas au début de cette même ligne, mais à celui de la suivante.

Cur. — Bien sûr. Et il en sera ainsi pour toutes les lignes de l'image, car le spot sera animé d'un lent mouvement uniforme de haut vers le bas. Mais

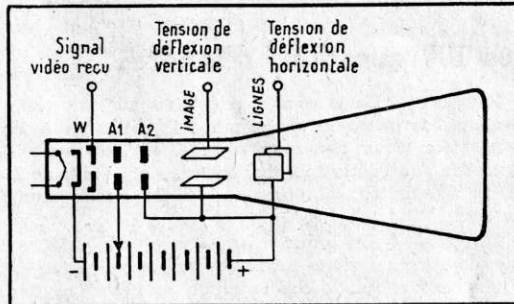


Fig. 17. — Tube cathodique reproduisant les images de télévision. Le tout est d'appliquer à ses électrodes, les tensions appropriées...

lorsqu'il aura parcouru la dernière ligne, une brusque inversion des tensions appliquées aux plaques de déflection verticale, le rappellera vers le haut pour commencer l'exploration de l'image suivante.

Ig. — Nous avons terminé la page et l'avons tournée pour commencer la suivante... Tout cela est clair. Mais notre spot ne tracera qu'une suite de lignes uniformément lumineuses qui donneront l'impression d'un rectangle de teinte identique dans tous les points. C'est comme si l'on avait un livre dont toutes les lettres seraient identiques !...

Cur. — Sans doute avons-nous oublié quelque chose de tout à fait essentiel : varier l'intensité du faisceau électronique pour que chaque point de l'image soit inscrit avec l'intensité lumineuse qui lui est propre.

Ig. — Je ne vois pas comment vous y parviendrez.

Cur. — Voyons, Ignotus, seriez-vous déjà fatigué ? Réfléchissez donc. Qu'est-ce qui apporte au récepteur la fidèle traduction électrique des intensités lumineuses des points successivement analysés de l'image ?

Ig. — C'est le signal de vidéo-fréquence.

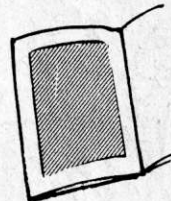
Cur. — Et à quelle électrode du tube cathodique faudra-t-il appliquer ce signal pour moduler l'intensité du faisceau électronique ?

Ig. — Ah oui ! A la grille. Je veux dire au wehnelt. Compris... Notre spot sera plus ou moins brillant, suivant la valeur qu'aura, à cet instant, le signal vidéo. Et c'est ainsi que l'image transmise sera, élément par élément, reconstituée sur l'écran de notre tube.

Cur. — Bien entendu, il faut que les mouvements des faisceaux électroniques à l'émission et à la réception soient rigoureusement synchronisés.

Ig. — Je sens que j'ai cent questions à vous poser.

Cur. — Pour ma part, je n'en ai qu'une : ne pensez-vous pas que ça suffit pour aujourd'hui ?...



QUATRIÈME CAUSERIE

Dans la dernière causerie, nos jeunes amis ont étudié le tube cathodique utilisant des champs électriques. Cependant, en télévision, c'est le modèle à champs magnétiques qui est d'usage le plus courant. Il fera l'objet de la présente causerie. Le lecteur devra suivre avec une attention soutenue les explications relatives à l'action du champ magnétique sur les électrons, puisqu'elles ont lieu dans un espace à trois dimensions, alors que les illustrations, hélas, sont limitées aux deux dimensions de la surface du papier.

De la sorte, il apprendra les notions suivantes :

Champ magnétique de l'électron. — **Disposition des champs électriques et magnétiques.** — **Interaction des champs magnétiques.** — **Bobinages de déflexion.** — **Concentration magnétique.** — **Comparaison entre tubes électriques et magnétiques.** — **Sensibilité de la déflexion.** — **Angle maximum de déviation.**

PROMENADE DANS LES CHAMPS

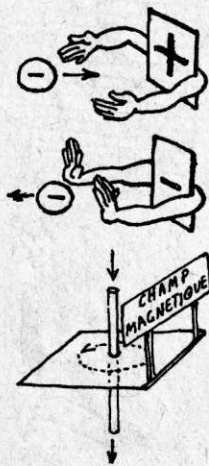
Les 100 questions d'Ignotus.



Ignotus. — Cette sacrée télévision me fait passer des nuits blanches ! Cent questions se pressent dans ma tête à la faire éclater. J'avais hâte de vous revoir pour vous demander quelle est la forme des tensions appliquées aux électrodes de déflexion horizontale et verticale ? Comment sont-elles engendrées ? Quelle en est l'amplitude ? De quelle manière sont-elles synchronisées ? Pourquoi...

Curiosus. — De grâce, n'en jetez plus ! Je tâcherai de satisfaire votre soif de connaître, mais il faut procéder par ordre. Nous avons étudié, la dernière fois, le tube cathodique à concentration et déflexion par champs électriques. Or, s'il est toujours utilisé dans les appareils de mesure portant le nom d'oscilloscopes cathodiques; en télévision, il n'est employé que pour obtenir des images de petites dimensions. Cependant, dès que le diamètre de l'écran atteint ou dépasse une vingtaine de centimètres, on lui préfère le tube dans lequel les électrons sont commandés par des champs magnétiques.

Ig. — Je me demande comment. Un électron a une certaine charge électrique négative et, de ce fait, les corps chargés positivement (comme l'anode) l'attirent, ceux chargés négativement le repoussent. Mais quelle action peut exercer un champ magnétique sur notre électron ?



D'un champ à l'autre.

Cur. — Si l'on pouvait immobiliser un électron, il serait conforme à l'image que vous vous en faites : porteur d'une charge d'électricité négative et rien que cela. Mais dès que l'électron se trouve en mouvement, il donne naissance à un champ magnétique.

Ig. — Vous ne m'en avez jamais parlé. Dans le temps, vous m'avez expliqué qu'un courant électrique crée, autour du conducteur, un champ magnétique formé de lignes circulaires ayant le conducteur pour centre.

Cur. — Les insomnies ne vous valent décidément rien, mon pauvre ami. Car, enfin, qu'est-ce que le courant électrique, sinon un flux d'électrons ? !

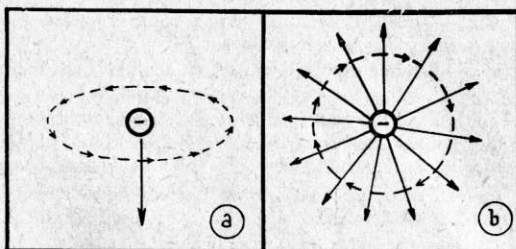
Ig. — C'est vrai, nom d'une diode ! Vous avez évidemment raison. Ce n'est pas le conducteur, mais les électrons qui y circulent qui engendrent le champ magnétique. En somme, on peut dire que là où il y a de l'électricité en mouvement, il y a du magnétisme.

Cur. — N'est-ce pas également le cas des ondes radioélectriques qui sont des faisceaux circulaires de lignes magnétiques enveloppées dans des champs électriques et dont le rayon grandit à la vitesse prodigieuse de la lumière...

Ig. — Par conséquent, quand un électron fait le saut dangereux qui le mène de la cathode, à travers les ouvertures du wehnelt et des anodes, vers l'écran fluorescent, il est, lui aussi, accompagné d'un champ magnétique circulaire dont il forme le centre ?

Cur. — Parfaitement. Vous remarquerez, d'ailleurs, que les lignes du champ électrique, elles, partent radicalement de l'électron dans toutes les directions et, de ce fait, sont perpendiculaires aux lignes de son champ magnétique. Et je

Fig. 18. — Champ magnétique d'un électron se déplaçant de haut en bas (en a); champ électrique (trait plein) et champ magnétique (pointillé) d'un électron se déplaçant vers l'œil du lecteur, perpendiculairement au plan du papier (en b).



vais vous confier un secret bien utile à connaître : dans tous les cas, les lignes des champs magnétique et électrique engendrés par la même cause se coupent mutuellement, en tous points, à angle droit.

La vie intime des lignes magnétiques.

Ig. — Et que se passe-t-il si l'on met en présence deux champs magnétiques produits par deux causes différentes ?

Cur. — Vous le savez très bien, Ignotus. Quand vous approchez deux aimants l'un de l'autre...

Ig. — Ils s'attirent quand ce sont des pôles de noms opposés qui sont en présence. Mais si l'on met ensemble les deux pôles Nord ou bien les deux pôles Sud, les aimants se repoussent. Les choses se passent comme pour les charges électriques.

Cur. — On peut en déduire que les lignes magnétiques parallèles allant dans le même sens se repoussent, si elles sont de sens opposé, elles s'attirent.

Ig. — Vous avez du toupet en parlant de lignes « parallèles » quand il s'agit de courbes !

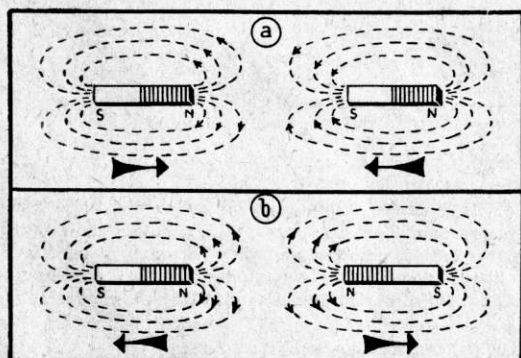


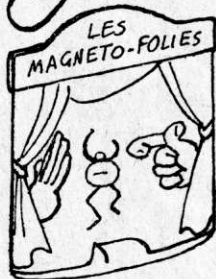
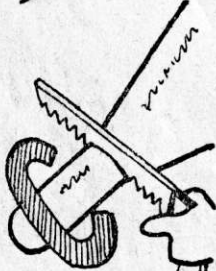
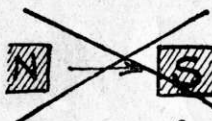
Fig. 19. — En a, attraction des pôles magnétiques de noms contraires. En b, répulsion des pôles de mêmes noms.

Cur. — Ne soyez pas trop rigoriste, Ignotus. D'autant plus que vous avez fort bien compris ce que je voulais dire.

Ig. — Ah oui, j'ai bien compris que vos lignes magnétiques sont comme des êtres humains : moins ils se voient, mieux cela vaut. Dès qu'ils tentent de suivre un bout de chemin ensemble, ils se brouillent...



Le théâtre magnétique.



Cur. — Puisque tout cela est pour vous si clair, vous n'aurez aucune difficulté à établir le mode de déflexion magnétique du faisceau électronique.

Ig. — Voyons, laissez-moi réfléchir. Je pense qu'il suffit de prendre un aimant en fer à cheval et de placer entre ses pôles le tube cathodique pour que les électrons passent dans son champ magnétique.

Cur. — Félicitations. Et dans quel sens les électrons seront-ils déviés sous l'action du champ magnétique ?

Ig. — Bien entendu, ils seront attirés par l'un des pôles et repoussés par l'autre.

Cur. — Misère et damnation !!! Comment avez-vous pu proférer une bourde de ce calibre ?... Voilà le danger des analogies irréfléchies ! Et pourtant, vous auriez dû vous méfier à partir du moment où je vous ai révélé que les champs électrique et magnétique sont, en tous points, perpendiculaires l'un à l'autre.

Ig. — Vous ne voulez pas insinuer que l'électron sera dévié dans le sens perpendiculaire à celui des lignes magnétiques ?

Cur. — Je n'insinue rien. Je veux simplement que vous vous donniez la peine de raisonner logiquement. Pour voir les choses plus clairement, je dessine notre tube cathodique d'une manière qui n'est pas habituelle : je fais une coupe de son ampoule au niveau de l'aimant. L'œil est placé du côté de l'écran fluorescent, et le regard suit l'axe du tube jusqu'à la cathode. D'ailleurs, pour plus de clarté, je ne dessine pas les électrodes. Le petit point noir au centre du tube est un électron qui, venant du fond, se précipite vers nous.

Ig. — Maintenant que les décors sont plantés et le personnage central en place, l'action peut commencer.

Cur. — Nous assisterons ainsi au conflit des deux forces représentées, d'une part, par le champ de l'aimant (lignes de force parallèles), et d'autre part, par

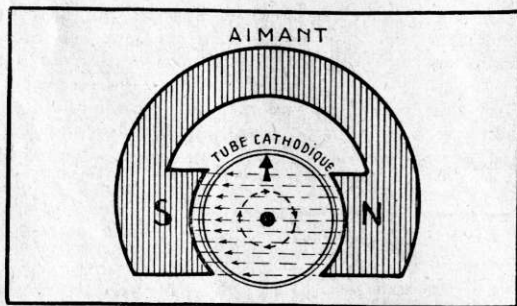


Fig. 20. — Principe de la déflexion magnétique.

celui de l'électron en mouvement. Ce dernier est constitué par des lignes circulaires. Quelle sera l'interaction de ces champs ?

Ig. — A droite et à gauche, notre cercle coupe plus ou moins à l'angle droit les lignes parallèles du champ créé par l'aimant. Donc, là, aucune action. Mais en haut et en bas, il y aura de nettes manifestations de sympathie et d'antipathie. En haut, le sens des lignes des deux champs est opposé ; par conséquent, elles s'attirent. En bas, au contraire, les lignes vont dans le même sens. Elles vont donc se repousser.

Cur. — Quel est le résultat de ces conflits sentimentaux ?

Ig. — Tiré vers le haut, repoussé d'en bas, l'électron sera donc dévié vers le haut.

Cur. — Très juste. Et si l'on inversait les polarités de l'aimant...

Ig. — L'électron serait, évidemment, dévié vers le bas... C'est, je l'avoue, un peu déconcertant de voir un champ horizontal provoquer la déflexion verticale du flux électronique.

Fabrication des champs magnétiques.

Cur. — Vous devinez aisément, Ignotus, que pour obtenir le mouvement continu du spot, il faut modifier sans cesse la valeur et le sens même du champ magnétique. Ce n'est pas en jonglant avec des aimants permanents — fussent-ils en fer à cheval pour nous porter bonheur, — que nous y parviendrons.

Ig. — Je suppose que l'on utilise des électro-aimants, c'est-à-dire des bobinages parcourus par un courant de forme et de sens appropriés pour créer le champ magnétique voulu.

Cur. — C'est bien cela. Et, de même que dans la déflexion électrique on utilise deux paires de plaques, pour obtenir le mouvement nécessaire du flux électronique sous l'action des champs magnétiques, on prévoit...

Ig. — ...deux paires d'électro-aimants : une première paire dont l'axe sera orienté verticalement et qui, de ce fait, déviara les électrons dans le sens

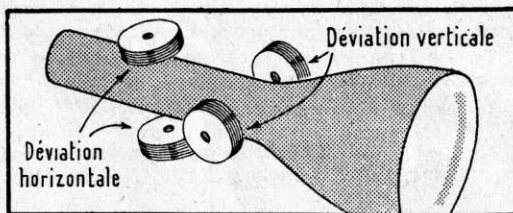


Fig. 21. — Disposition des électro-aimants de déflexion horizontale et verticale.

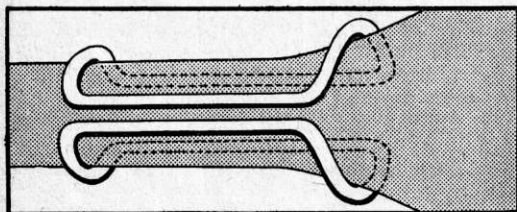


Fig. 22. — Paire de bobinages à air pour déflexion horizontale.

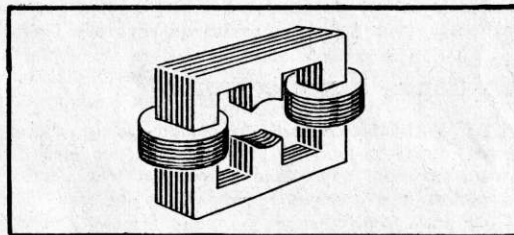


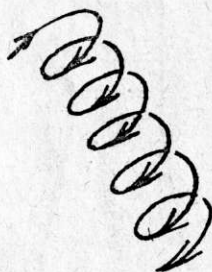
Fig. 23. — Bobinages de déflexion à noyau magnétique.

horizontal (analyse des lignes) ; une deuxième paire d'électro-aimants ayant l'axe orienté horizontalement et qui servira à imprimer aux électrons une déflexion dans le sens vertical (passage d'une ligne à l'autre et d'une image à la suivante).

Cur. — C'est bien cela, Ignotus. Les quatre bobinages sont placés en général sur la partie de l'ampoule où s'opère la jonction du cylindre et du cône.

Ig. — Sont-ils à noyau magnétique ?

Cur. — On utilise aussi bien des bobinages à air que des enroulements sur noyau en fer feuilleté. Dans le premier cas, les bobines sont enroulées sur une forme rectangulaire, puis recourbées pour épouser aussi étroitement que possible le verre de l'ampoule.





Ig. — Pourquoi est-ce nécessaire ?

Cur. — Pour mieux concentrer le flux magnétique sur le parcours des électrons. Avec les bobinages à noyau magnétique, on y parvient en conférant aux tôles qui le constituent une forme telle que les pôles viennent aussi près que possible du verre de l'ampoule.

Ignotus a une idée.

Ig. — C'est peut-être bête, mais je me demande si, du fait qu'ils ont un champ magnétique, les électrons ne pourraient pas être concentrés, non plus par ce que vous appelez « une lentille électronique », mais également par un champ magnétique.

Cur. — Non, ce n'est pas bête. C'est même ce que l'on fait actuellement. De même que la déflexion magnétique permet de simplifier la structure intérieure du tube en nous dispensant des deux paires des plaques de déviation, de même, avec la concentration magnétique, une seule anode suffit, et le système des électrodes retrouve la simplicité originelle de la triode.

Ig. — Pour peu qu'on continue encore dans cette voie de suppression des électrodes devenues superflues, le tube à vide n'aura jamais mieux mérité son nom... Pour en revenir à mon idée, comment faut-il réaliser une « lentille magnétique » ?

Cur. — Il faut créer un champ dont les lignes suivent l'axe du tube. A cette fin, on doit placer le bobinage de l'électro-aimant autour du col du tube.

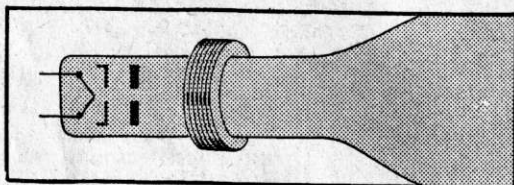
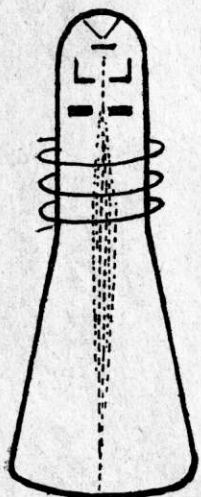


Fig. 24. — Bobinage pour concentration magnétique.

Ig. — Et je suppose que l'on règle la concentration en dosant l'intensité du courant dans l'enroulement.

Cur. — Exactement. D'ailleurs, du fait que le champ doit être constant, on peut remplacer l'électro-aimant par un aimant permanent en forme de cylindre entourant le col du tube à l'endroit où les électrons sortent de l'anode et dont les pôles sont dirigés vers l'avant et vers l'arrière du tube.

La danse des électrons.

Ig. — Instinctivement, je comprends que, dans un champ magnétique uniforme, dirigé le long de l'axe du tube, les électrons sont forcés de se concentrer en un faisceau, dans l'axe même. Car tout électron qui s'écarte de cet axe doit, je pense, être aussitôt ramené dans le droit chemin de la vertu électronique.

Cur. — Votre instinct ne vous trompe pas. Cependant, en réalité, les phénomènes sont beaucoup plus complexes. Supposez qu'un électron placé dans un champ uniforme s'écarte de l'axe en se dirigeant vers le bas. Le mieux est que vous découpiez une rondelle de papier dont le centre sera l'électron et le bord

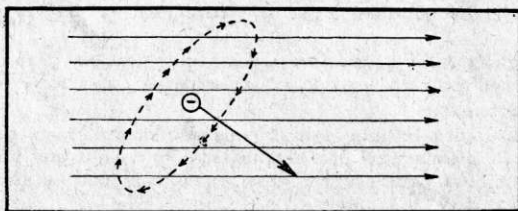
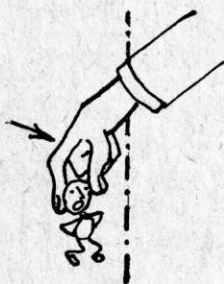


Fig. 25. — Mouvement d'un électron dans le champ magnétique de concentration.

représentera le champ magnétique associé. Si l'électron suit une direction inclinée vers le bas, notre rondelle est penchée. Ses bords supérieur et inférieur sont toujours perpendiculaires aux lignes du champ, mais ses bords droit et gauche ne forment plus un angle droit avec ces lignes. Par conséquent, d'un côté il y aura attraction et de l'autre, répulsion. Résultat...

Ig. — ...L'électron sera déplacé latéralement. C'est formidable! Avec les champs magnétiques, tout se passe de la manière la plus inattendue. Mais alors, si l'électron file maintenant à gauche...

Cur. — ...le même raisonnement démontrera qu'il sera déplacé vers le haut.

Ig. — Et, de ce fait, le champ le poussera ensuite vers la droite. Et ainsi de suite. En sorte qu'il décrira, en fin de compte, des cercles autour de l'axe. Quel jeu étrange! Et qui n'en finit plus?

Cur. — Si fait! Car le rayon de nos cercles diminue toujours jusqu'au moment où l'électron retombe sur l'axe et le suit docilement. C'est vous dire que la trajectoire qui y ramène l'électron est une spirale ou, plus simplement, elle a la forme d'un tire-bouchon.

Ig. — Pour ma part, la concentration magnétique me fait penser à la danse du scalp.

Cur. — Pourquoi diable?!

Ig. — Car les Indiens, après avoir attaché leur victime à un poteau, décrivent autour d'elle des cercles de plus en plus petits, jusqu'au moment où...

Cur. — ...une providentielle intervention vient, à l'ultime instant, sauver la toison de l'intrépide explorateur. Moi aussi, j'ai lu Fenimore Cooper et Mayne Reed...

Questions de sensibilité.

Ig. — Maintenant que vous m'avez dévoilé l'anatomie et la physiologie des tubes cathodiques, j'essaie de peser les mérites relatifs des systèmes électrique et magnétique. Je reconnais que les tubes à déviation et concentration magnétique sont plus faciles à fabriquer. Mais, en revanche, il me semble plus facile d'appliquer de simples tensions créant des champs électriques que de faire passer des courants dans les enroulements des électro-aimants, ce qui nécessite une certaine puissance, donc une dépense d'énergie.

Cur. — À première vue, vous n'avez pas tort. Mais, en fait, votre raisonnement n'est valable que dans le cas des tubes de petit diamètre, jusqu'à 20 centimètres au plus. Car, vous ne tenez pas compte du facteur de la sensibilité.

Ig. — Je ne vois pas ce que les questions de sentiment...

Cur. — Non, il s'agit de la sensibilité de la déflexion, valeur qui, pour un tube donné, exprime de combien de millimètres se déplace le spot sur l'écran fluorescent lorsque la tension appliquée aux plaques défectrices change de 1 volt ou bien lorsque le champ magnétique défecteur varie de 1 gauss (unité d'intensité du champ magnétique).

Ig. — En sorte que, si j'ai bien compris, plus un tube est sensible, moins il faut de tension (ou de puissance, dans le cas des champs magnétiques) pour déterminer un déplacement donné du spot.

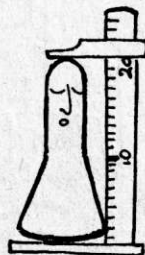
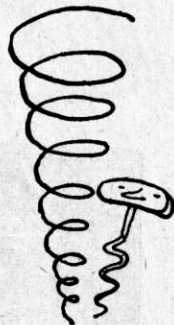
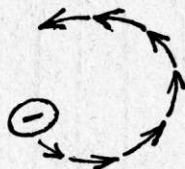
Ig. — Et de quoi dépend la sensibilité d'un tube à déviation électrique?

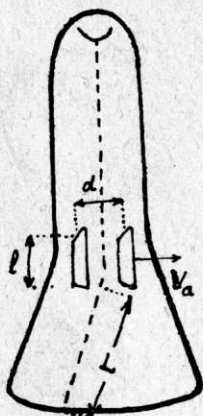
Cur. — Dans un tel tube, le spot est dévié d'autant plus que les électrons subissent plus longtemps l'action du champ défecteur. Par conséquent, plus les plaques de déviation sont longues, plus la sensibilité est élevée. De même, plus les plaques sont proches l'une de l'autre, plus la sensibilité est grande, car le champ est plus intense.

Ig. — On peut donc faire des tubes à très haute sensibilité en faisant des plaques très longues et en réduisant au minimum la distance entre elles?

Cur. — Vous serez bien vite arrêté dans cette voie, car, à la moindre déviation, le faisceau électronique viendra buter dans les plaques. Pour être complet, il faut ajouter que la déviation diminue quand la vitesse des électrons augmente.

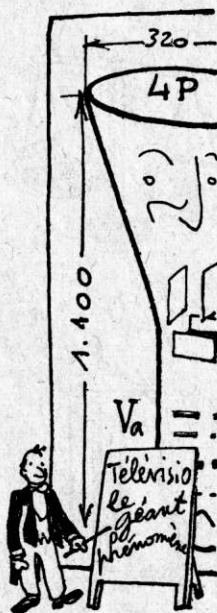
Ig. — C'est normal. Plus un obus est rapide, moins il est dévié de sa trajectoire par le champ de gravitation terrestre.





$$S = \frac{lL}{dV_a}$$

$$S = \frac{lL}{\sqrt{V_a}}$$



Cur. — Or, comme la vitesse des électrons dépend de la tension de la dernière anode, lorsque celle-ci augmente, la déviation diminue dans le même rapport. Cela est très important.

Ig. — Je vois très bien une formule disant que la sensibilité S est directement proportionnelle à la longueur des plaques l et inversement proportionnelle à la distance d entre elles et à la tension anodique V_a .

Cur. — Magnifique ! Il ne manque plus, dans cette formule, que la distance L entre les plaques défléctrices et l'écran. Car, bien entendu, la sensibilité augmente avec cette distance, puisque, pour le même angle de déviation, le déplacement du spot est d'autant plus grand que l'écran est plus loin.

Ig. — Cela est évident. Et pour la déflexion magnétique ?

Cur. — Les choses se passent à peu près de la même façon. La sensibilité, ici encore, est proportionnelle à la longueur l du champ déflécteur parcouru par les électrons et à la distance L entre les bobines et l'écran. La sensibilité diminue quand la tension anodique V_a augmente, mais moins vite que dans le cas de la déflexion électrique. Ici, la sensibilité est inversement proportionnelle à la racine carrée de la tension anodique.

Ig. — Autrement dit, si la tension augmente 4 fois, la sensibilité ne diminue que 2 fois ?

Cur. — Si cela continue, vous damerez le pion à Leibniz, Newton et Euler réunis...

Ig. — Tout cela ne m'explique cependant pas en quoi les questions de sensibilité font préférer, dans les grands tubes, la méthode de déflexion magnétique.

Cur. — Prenons un exemple concret. Admettons que nous ayons un tube à déflexion électrique ayant un diamètre d'écran de 160 mm et une longueur totale de 55 cm. La tension appliquée à la deuxième anode est de 2.500 volts et la sensibilité de 0,3 mm par volt. Pour parcourir tout le diamètre de l'écran, il faut donc changer la tension des plaques défléctrices de $160 : 0,3 = 533$ volts. Par un coup de baguette magique, toutes ses dimensions se trouvent doublées. Nous avons dès lors un tube ayant un écran de 320 mm, ce qui est bien, et une longueur de 110 cm...

Ig. — ...ce qui est nettement moins bien.

Cur. — Passons pour le moment sur cette question d'encombrement. Ne voyez-vous pas d'autres inconvénients ?

Ig. — Ma foi non. Car la sensibilité augmentera dans le même rapport. En effet, la longueur des plaques est doublée, ce qui est bon, mais leur écart est également doublé, ce qui est mauvais. Match nul. Mais du fait que la distance des plaques à l'écran a doublé, la sensibilité est, en définitive, elle aussi, multipliée par deux. Par conséquent, avec les mêmes 533 volts, nous ferons parcourir au spot l'écran dont le diamètre a doublé. Vous voyez que rien n'a changé.

Cur. — Si, Ignotus. Vous oubliez tout simplement qu'en doublant le diamètre de l'écran, nous en avons quadruplé la surface. Par conséquent, sa brillance sera 4 fois plus faible, puisque nous le bombardons avec le même canon électronique sans augmenter la vitesse des électrons. Le flux lumineux ainsi engendré ne suffit plus lorsqu'il est reparti sur notre écran agrandi.

Ig. — Que faire alors ?

Cur. — Il faut quadrupler également la tension anodique. Avec 10.000 volts, nous retrouverons la même quantité de lumière par centimètre carré de la surface de l'écran.

Ig. — Mais si vous multipliez par 4 la tension de la dernière anode, la sensibilité diminue 4 fois !

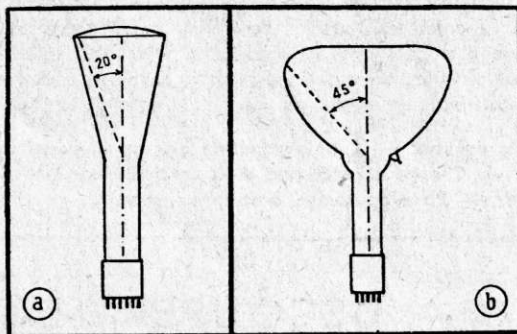
Cur. — Tout le drame est là. Il nous faut donc, pour balayer tout l'écran, la tension excessive de 2.132 volts !

Ig. — Les choses iraient-elles mieux avec la déflexion magnétique ?

Cur. — Assurément, car, là encore, il faudrait multiplier la tension anodique par 4 pour maintenir la même brillance de l'image. Mais la sensibilité n'en diminue que deux fois comme vous l'aviez dit tout à l'heure. Par conséquent,

Fig. 26. — Formes des tubes à déflexion électrique (en a) et à déflexion magnétique (en b).

Actuellement on parvient à atteindre, dans ces derniers, une déflexion de 55° par rapport à l'axe.



l'augmentation de la puissance nécessaire à la déviation demeure dans les limites raisonnables.

Ig. — Vive donc le champ magnétique ! Mais cela ne résout pas la question de l'encombrement.

Cur. — Si. Car la déviation du faisceau est limitée à un angle de 20° environ par rapport à l'axe dans la déflexion électrique, ce qui conduit à la forme de tubes longs. Dans la déflexion magnétique, on peut dépasser le double de cet angle. Cela permet d'utiliser des tubes proportionnellement plus courts.

Ig. — Me voilà prêt à adhérer à l'A.P.P.T.D.M.

Cur. — Qu'est-ce que ce parti politique ?

Ig. — C'est l'Association Pour la Propagation des Tubes à Déviation Magnétique...



CINQUIÈME CAUSERIE

Maintenant que le tube cathodique n'a plus de secrets pour Ignotus, Curiosus lui exposera les méthodes servant à créer les tensions de déflexion. Utilisées tant à l'émission qu'à la réception, elles assurent le balayage des images. Quelle doit en être la forme? Comment les engendrer? Telles sont les principales questions de cette causerie, au cours de laquelle nos amis passeront en revue les sujets suivants :

Tensions en dents de scie. — Leur production par un dispositif mécanique. — Tour du monde en 2 heures. — Charge et décharge d'un condensateur. — Constante de temps. — Courbe exponentielle. — Base de temps à tube au néon.

SCIES A DÉCOUPER LE TEMPS

S. G. D. G.



Curiosus. — Que se passe-t-il, Ignotus? Pourquoi arborez-vous aujourd'hui, cet air à la fois solennel et faussement modeste?

Ignotus. — Oh! rien de particulier. J'ai simplement l'intention de déposer un brevet.

Cur. — Vous avez donc fait une belle invention? Serais-je indiscret en vous demandant dans quel domaine s'est exercée votre ingéniosité?

Ig. — Ne vous moquez pas de moi! Bien entendu, mon idée concerne la télévision, car, depuis que nous en parlons, cette technique me passionne de plus en plus. Et comme vous ne me l'expliquez pas suffisamment vite, je suis obligé de chercher tout seul des solutions aux problèmes qui agitent mon esprit. C'est ainsi que j'ai inventé mon « défecteur rotatif ».

Cur. — Ce doit être quelque chose de nouveau. Je n'ai, en effet, jamais entendu parler d'un tel dispositif.

Ig. — J'ai en vous toute confiance, Curiosus. Aussi, vous exposerai-je mon idée, sous le sceau du secret, bien entendu. Depuis que vous m'avez décrit l'anatomie et la physiologie des tubes cathodiques, j'ai beaucoup réfléchi à la façon de produire le mouvement de leur spot pour lui faire décrire les lignes consécutives de balayage.

Cur. — Nous avons déjà effleuré cette question à la fin de notre troisième causerie, après avoir examiné le tube à déflexion par champs électriques.

Ig. — Oui, je me souviens. Nous avons alors constaté qu'il fallait appliquer aux plaques de déflexion horizontale une tension passant progressivement d'une valeur négative à une valeur positive, pour déplacer le spot à une vitesse uniforme de gauche à droite; puis, pour le faire très rapidement revenir à gauche, il faut brusquement passer de la tension positive à la tension

négative. Ainsi est explorée une ligne. Et, ensuite, tout doit recommencer.

Cur. — Sauriez-vous représenter graphiquement la forme de la tension nécessaire à ce balayage des lignes?

Ig. — Rien de plus facile. Le passage d'une tension négative $-V$ à une tension positive $+V$ doit se faire progressivement, à vitesse constante, pour que le spot se déplace, lui aussi, avec une vitesse constante. Aussi, sur mon graphique, je le représente par une ligne droite allant de $-V$ à $+V$ en un temps T égal à la durée d'une

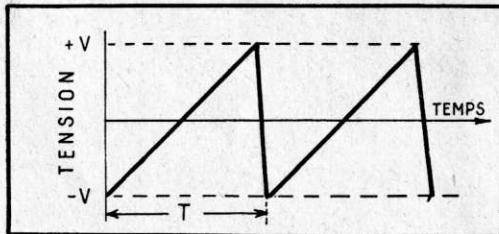
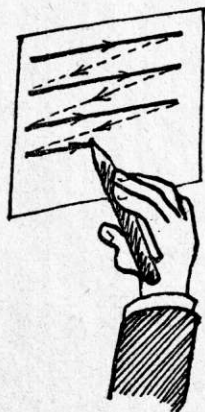


Fig. 27. — Forme de la tension servant à faire décrire au spot le mouvement de balayage.

aussi, avec une vitesse constante. Aussi, sur mon graphique, je le représente par une ligne droite allant de $-V$ à $+V$ en un temps T égal à la durée d'une

ligne. Puis, une droite verticale marque le changement instantané de $+V$ à $-V$ qui détermine le retour du spot. Et tout recommence.

La scie électronique.

Cur. — La forme de la ligne que vous avez tracée ne vous rappelle-t-elle rien ?

Ig. — Si, on dirait les dents d'une scie.

Cur. — Très juste. Voilà pourquoi on appelle cela une « tension en dents de scie ».

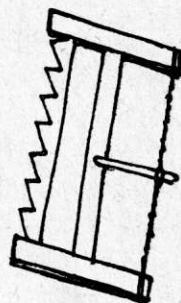
Ig. — Je suppose que, pour les tubes cathodiques à déflexion magnétique, il faudra utiliser un courant de la même forme.

Cur. — Et vous ne vous trompez pas.

Ig. — La même tension (ou le même courant) en dents de scie doit déterminer la déflexion du spot dans le sens vertical. Seulement sa fréquence sera beaucoup plus faible, car, ici, il s'agit du nombre d'images (ou, dans le balayage entrelacé, de demi-images) par seconde.

Cur. — Je vois avec plaisir que vous avez profondément réfléchi à la question. Mais tout cela ne m'explique pas le principe de votre « déflecteur rotatif ».

Ig. — Nous y venons justement. Le dispositif que j'ai l'honneur de vous présenter est un générateur de tensions en dents de scie pour déflexion hori-



LIGNES
IMAGES

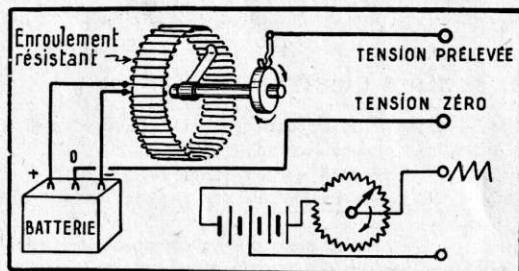


Fig. 28. — Réalisation du « déflecteur rotatif » et schéma de son fonctionnement.

zontale et verticale du spot. Il se compose essentiellement d'un cylindre en matière isolante porteur d'un enroulement toroidal en fil résistant. Dans l'axe du cylindre est placé un arbre animé d'un mouvement de rotation. Sur cet arbre est fixé un curseur venant en contact avec le fil résistant sur la face interne du cylindre.

Cur. — Mais, cher ami, ce que vous me décrivez avec tant de minutie ressemble singulièrement aux vulgaires potentiomètres utilisés dans tous les récepteurs de radio.

Ig. — Vous ne saviez pas si bien dire. En fait, mon déflecteur est un véritable potentiomètre qui ne diffère des modèles courants que par l'absence des butées, ce qui permet au curseur de tourner indéfiniment dans le même sens.

Cur. — Mais quel est le fonctionnement de cet engin ?

Ig. — Voyons, Curiosus ! N'avez-vous pas encore compris que je branche aux extrémités de l'enroulement résistant une pile de tension suffisante. Dès lors, à chaque rotation, le curseur passera progressivement de la tension négative extrême à l'extrême tension positive ; puis, d'un seul coup, il retombera sur l'extrême tension négative et ainsi de suite.

Les faiblesses de la mécanique.

Cur. — Je vous félicite de votre ingéniosité. Ce n'est pas mal imaginé du tout. Et je verrais volontiers, dans les écoles de radio, un appareil de démonstration fondé sur votre idée.

Ig. — Je n'ai d'ailleurs, pas terminé mon exposé. Je prévois un moteur qui





fait tourner un défecteur à 50 tours par seconde, de manière à dévier autant de fois le spot dans le sens vertical pour l'exploration entrelacée. Par un système multiplicateur à engrenages, aux 2 tours de ce premier défecteur (soit à une image complète) correspondront 819 tours d'un deuxième défecteur assurant le balayage des lignes.

Cur. — C'est très joli en théorie. Mais vous rendez-vous compte de la vitesse de rotation qu'atteindra votre défecteur de lignes ?

Ig. — Elle est facile à calculer. Nos 819 lignes du standard actuel de télévision sont ainsi explorées 25 fois par seconde. Cela donne au total $819 \times 25 = 20.475$ tours par seconde.

Cur. — Aucun curseur ne résistera aux forces centrifuges que développerait une telle rotation. Et l'usure du fil résistant serait trop rapide.

Ig. — Ma foi, je n'y ai pas songé !... Décidément la mécanique a vécu. Je parie que vous me ferez reléguer mes défecteurs dans un tas de vieille ferraille pour les remplacer par quelque merveilleux système 100 % électronique.

Cur. — Votre pari est gagné d'avance. Tel que vous l'avez imaginé, votre dispositif est utilisé dans certains radars à rotation lente. Mais, aux fréquences et aux vitesses de la télévision, seuls les électrons sont suffisamment rapides pour accomplir toutes les besognes. Songez que dans une image mesurant 30 cm de large et analysée par 819 lignes, le spot parcourt 20.475 fois par seconde l'aller et le retour de chaque ligne, soit 60 centimètres. Cela fait un trajet de plus de 12 kilomètres par seconde ! A cette allure-là, le spot bouclerait le tour du monde, le long de l'équateur, en moins d'une heure et traverserait Paris dans sa plus grande longueur en une seconde.

Le sablier électronique.

Ig. — Donc à nous, diodes, triodes, pentodes et autres « odes » ! En marche, les bataillons des électrons !

Cur. — A vrai dire, les lampes ne jouent qu'un rôle auxiliaire dans les « bases de temps », comme on appelle les générateurs des tensions en dents de scie.

Ig. — Quel nom bizarre ! Est-ce parce que les tensions produites croissent proportionnellement au temps qui s'écoule ?

Cur. — Probablement. Nous avons, en effet, besoin de tensions linéaires, comme celles que vous avez tracées tout à l'heure.

Ig. — Une base de temps serait-elle donc une sorte de sablier où les grains de sable ont été remplacés par des électrons ?

Cur. — L'image est juste. De même que le niveau du sable dans la moitié inférieure monte régulièrement jusqu'au moment où tout le sable étant tombé,

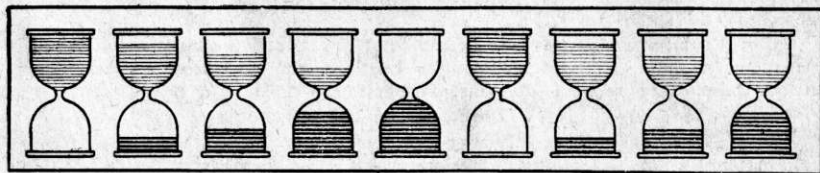
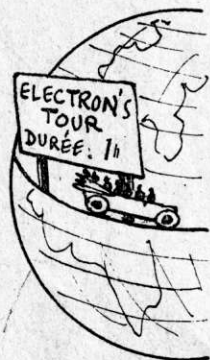


Fig. 29. — Dans un sablier, le niveau du sable augmente progressivement jusqu'au moment où on le retourne pour que tout recommence. Il en est de même de la tension aux bornes d'un condensateur utilisé dans une « base de temps ».

on renverse le sablier et, d'un seul coup, la moitié inférieure redevient vide, de même dans les bases de temps, un courant charge progressivement un condensateur jusqu'à l'instant où celui-ci se décharge rapidement, après quoi le cycle des phénomènes recommence.

Ig. — Ainsi donc, une base de temps serait essentiellement composée d'un



condensateur, si je vous ai bien compris. Mais pourquoi sa décharge serait-elle plus rapide que sa charge ?

Cur. — Parce qu'on le charge à travers une résistance de valeur élevée et on le décharge dans une résistance de très faible valeur. Imaginez, Ignotus, une source de tension continue E qui est connectée, à travers une résistance R, à un condensateur C. Au moment où vous avez fermé un tel circuit, un courant va s'établir tendant à charger le condensateur, c'est-à-dire à créer entre ses armatures la même différence de potentiel qu'entre les bornes de la source de tension. Mais la charge ne se produit pas instantanément, car la résistance R limite l'intensité du courant.

Ig. — On pourrait, je pense, comparer ce circuit à un réservoir d'eau E de grand volume que l'on relie par un étroit conduit R à un autre réservoir C, beaucoup plus restreint. Le réservoir C ne se remplira pas instantanément, puisque le conduit R limite le débit du liquide.

Cur. — Votre comparaison sera d'autant plus juste que le réservoir-source E sera plus vaste par rapport au réservoir-capacité C. Il ne faut pas, en effet, que le fait de charger C fasse sensiblement baisser le niveau d'eau dans E, c'est-à-dire la tension de la source.

Ig. — Il me semble que le temps de la charge dépend non seulement de la résistance R, mais aussi de la capacité C. Plus celle-ci est élevée, plus il faut amener d'électrons pour la charger. Et, dans mon montage hydraulique, plus le volume de C est grand, plus il faudra de temps pour que l'eau qui y entre atteigne le même niveau que dans E.

Fig. 30. — Circuit essentiel d'une base de temps.

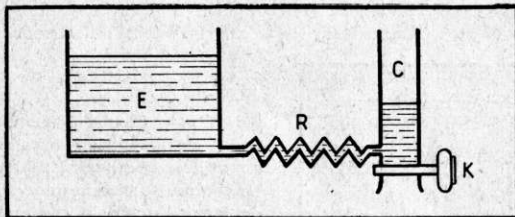
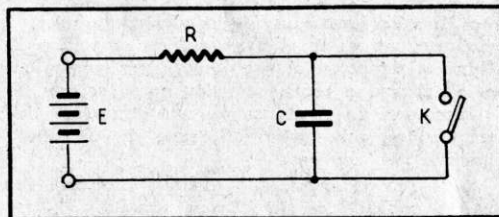


Fig. 31. — Equivalent hydraulique du circuit de la fig. 30.

Cur. — Voilà pourquoi le produit de la résistance R par la capacité C est appelé « constante de temps » du circuit. Si vous exprimez R en ohms et C en farads, cette constante de temps mesure, en secondes, le temps nécessaire pour que la tension aux armatures du condensateur atteigne les 2/3 environ de la tension E de la source.

Ig. — Ainsi, avec une résistance de 10.000 ohms et un condensateur de 2 microfarads, la constante de temps sera de 20.000 secondes ?

Cur. — Oh, Ignotus, quelle honte ! Les microfarads sont un million de fois plus petits que les farads. Et notre circuit aura une constante de temps de 20.000 divisé par 1.000.000, soit 2/100 seconde.

Ig. — Pardonnez-moi cette petite erreur... Je devine maintenant que, pour faire une décharge instantanée, il faut brancher sur le condensateur une résistance très faible.

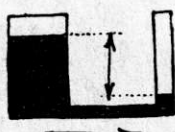
Cur. — Pratiquement, nous pouvons le faire en fermant l'interrupteur K.

Ig. — Ou, dans mon modèle hydraulique, en vidant C à l'aide d'un robinet K à grand débit.

Cur. — Votre analogie demeure encore valable.



Une histoire qui ne finit jamais.



Ig. — Je pense encore à votre constante de temps. Puisqu'elle marque la durée de la charge aux deux tiers de la tension, la durée totale de la charge doit être moitié plus grande. Ainsi, dans l'exemple que nous avons examiné, la constante de temps est de $2/100$ seconde. Donc, le condensateur doit être entièrement chargé en $3/100$ seconde.

Cur. — Erreur ! Triple erreur ! Sachez, Ignotus, que le condensateur ne sera jamais chargé entièrement.

Ig. — Est-ce une plaisanterie ? Je ne vois vraiment pas pourquoi au bout d'un temps raisonnable la tension aux armatures de C n'atteindrait pas la même valeur que celle de la source E.

Cur. — Dites-vous bien que, pour créer le monde de l'Electricité, Dieu a d'abord fait l'électron et le proton. Puis, après certains autres travaux, au septième jour, Il a créé la loi d'Ohm. Et tout ce qui se passe dans ce domaine est subordonné à cette loi.

Ig. — Je ne vois pas ce qu'elle vient faire dans nos histoires de charge de condensateur. Evidemment, le courant de charge doit y obéir. Mais encore...

Cur. — Pensez-vous que ce courant est constant ?

Ig. — Puisque la tension de la source E est fixe et que la résistance R et la capacité C le sont également, il n'y a aucune raison pour que le courant, lui, change d'intensité.

Cur. — Si, il y en a une. Ce qui pousse les électrons à travers la résistance R vers l'armature du condensateur, c'est la différence de potentiel entre cette armature et le pôle négatif de la source E. Au début de la charge, cette différence de potentiel est égale à la tension même de la source E. Mais dès que la charge a commencé, dès qu'un certain nombre d'électrons sont parvenus à l'armature du condensateur, la différence de potentiel diminue. Et plus la charge dure, plus cette différence de potentiel est faible. Que devient alors l'intensité du courant ?

Ig. — Evidemment, elle diminue d'autant. Plus le condensateur est chargé, plus la cadence de la charge ralentit.

Cur. — Admettez que notre source de tension soit de 100 volts. Si la constante de temps est de $2/100$ de seconde, au terme de cet intervalle de temps, la tension entre les armatures du condensateur sera de 65 volts. Mesurons-la

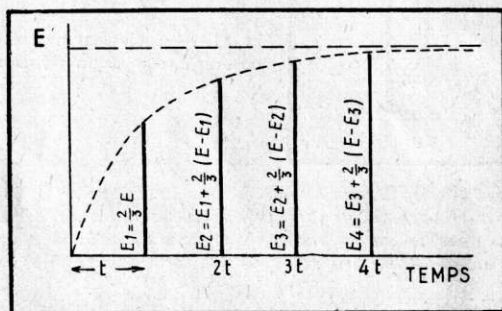


Fig. 32. — Courbe (exponentielle) de la tension entre les armatures d'un condensateur en charge. A chaque intervalle de temps égal à la constante de temps t , cette tension augmente de deux tiers de ce qui lui manque pour atteindre la tension E de la source.

$2/100$ de seconde plus tard ; elle n'aura augmenté que de $2/3$ de la différence entre 100 et 65 volts. Nous trouverons donc 89 volts environ. Laissons encore passer $2/100$ de seconde, et nous trouverons 97 volts...

Ig. — Mais cela n'en finira jamais ! Car à chaque intervalle de temps donné, nous n'augmentons la tension du condensateur que d'une fraction de ce qui lui manque pour atteindre la tension de la source. Pour qu'il y ait un courant de charge, il faut que le condensateur ne soit pas entièrement chargé. Et pour le charger entièrement, il faut qu'il y ait un courant de charge. Quel cercle vicieux !!!

Cur. — Oui, Ignotus. La charge d'un condensateur ne finit jamais. Les siècles

passent, les générations se succèdent, des empires se font et se défont, mais le condensateur n'est jamais entièrement chargé...

Ig. — Mais, au fait, mon réservoir C ne sera, lui non plus, jamais entièrement rempli d'eau au même niveau que le réservoir E. Car, pour que l'eau y vienne, il faut qu'il y ait une différence des niveaux.

Cur. — Voici la courbe qui représente la loi de la variation de la tension sur le condensateur en charge (fig. 32). On appelle cette courbe « exponentielle » (1). D'ailleurs, la courbe de décharge est, elle aussi, exponentielle.

Ig. — Mais alors, ces variations de tension ne peuvent pas servir pour commander le déplacement du spot. Il nous faut une variation linéaire de tension, représentée graphiquement par une droite, et non ces courbes exponentielles.

Cur. — Théoriquement, vous avez raison. Mais, pratiquement, on parvient à utiliser nos courbes, à condition de n'en prendre qu'une faible portion qui, elle, est assimilable à une droite.

Ig. — Au même titre que la petite partie de la surface terrestre qu'embrasse notre regard, nous paraît plate alors que la terre est ronde.

Cur. — De plus, on parvient à corriger le manque de linéarité des bases de tension, en créant artificiellement des déformations en sens contraire de la tension.

L'interrupteur électronique.

Ig. — Je vois, en résumé, qu'une base de temps est un montage très simple. La source de tension, le condensateur et la résistance sont, pour moi, des éléments bien familiers. Ce qui m'inquiète un peu, c'est l'interrupteur de décharge. Comment faites-vous pour l'ouvrir et fermer (pour un très court instant) 20.475 fois par seconde?

Cur. — Vous vous doutez bien que ce n'est pas un dispositif mécanique...

Ig. — Oui, je vois. De l'électronique sur toute la ligne, quoi! Mais quel est, en l'occurrence, le tube à vide qui accomplira cette prodigieuse besogne.

Cur. — Ce n'est pas un tube à vide, mais un tube à gaz. Dans le cas le plus simple, ce sera un tube au néon.

Ig. — Pas possible! Un de ces tubes lumineux dont, récemment, j'ai démolé un qui fabriquait quantité de parasites?...

Cur. — Le tube au néon que nous utiliserons appartient à la même famille. Mais il se présente sous la forme d'une petite ampoule de verre, contenant deux électrodes en forme de disque, de spirale ou de cylindre, et remplie de néon à faible pression.

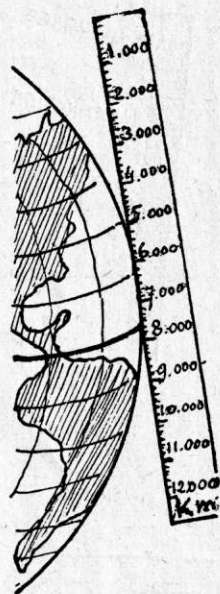
Ig. — Et pas de filament chauffant?

Cur. — Non, Ignotus. D'ailleurs nous avons déjà eu récemment l'occasion de placer une lampe au néon derrière un disque de Nipkow; et elle ne comportait pas non plus de filament. Notre lampe au néon devient luminescente lorsque la tension entre les deux électrodes atteint une certaine valeur dite « tension d'ionisation ». A ce moment, les molécules du gaz se dissocient en particules (ions) positives et négatives qui, en se déplaçant vers les électrodes de polarités opposées, établissent un courant. L'espace entre les électrodes devient alors conducteur. Pour que l'ionisation (et la luminescence) cesse, il faut diminuer la tension d'une certaine valeur. Par exemple, pour certains modèles, l'ionisation (et l'allumage) a lieu lorsque la tension atteint 110 volts. Pour la faire cesser et éteindre la lampe, il faut réduire la tension à 80 volts.

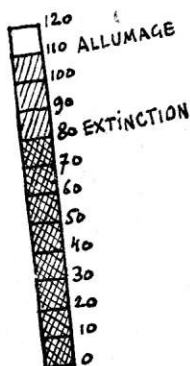
Ig. — Et comment utiliserez-vous cette lampe au néon dans le rôle de « déchargeur automatique »?

Cur. — Tout simplement en la branchant à la place de l'interrupteur K.

Ig. — Pourquoi hachurez-vous, dans le schéma, la surface de la lampe au néon?



(1) Ce nom est dû au fait que, dans l'équation de la courbe, le temps figure dans un exposant.



Cur. — Pour montrer qu'il s'agit d'un tube à gaz.

Ig. — Je crois comprendre ce qui se passe. La tension de la source E est sans doute supérieure à la tension d'ionisation de la lampe au néon. Ainsi, tant que la tension sur le condensateur n'a pas atteint cette dernière valeur, la charge s'effectue normalement. Mais au moment où la tension du condensateur a atteint la tension d'ionisation, le tube s'allume, devient conducteur, et le condensateur se décharge rapidement. Quand sa tension tombe à la valeur pour laquelle l'ionisation disparaît, la décharge cesse et la charge recommence et ainsi de suite.

Cur. — Félicitations. Votre explication est excellente. Vous voyez donc qu'avec la lampe que nous avons prise à titre d'exemple, la tension oscille entre 110

Fig. 33. — Utilisation d'un tube au néon N dans un générateur de tensions en dents de scie.

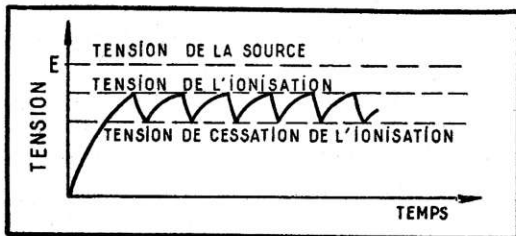
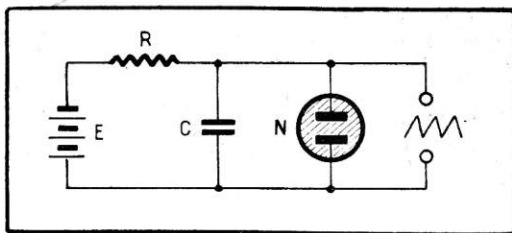


Fig. 34. — Fonctionnement du tube au néon dans un oscillateur en dents de scie.

et 80 volts, ce qui nous donne une amplitude de 30 volts. Quant à la fréquence, on la détermine par un choix convenable de la résistance et de la capacité.

Ig. — Je suppose que tout récepteur de télévision comporte deux oscillateurs au néon, un pour la déflexion horizontale, l'autre pour la verticale.

Cur. — Non, Ignorant. On n'utilise jamais des oscillateurs au néon en télévision.

Ig. — Décidément, c'était trop beau et trop simple !



SIXIÈME CAUSERIE

Il existe une grande variété de bases de temps. Si leurs schémas sont souvent assez simples, leur fonctionnement peut, par contre, être passablement complexe. Néanmoins, Ignotus parvient à comprendre les patientes explications que Curiosus lui donne ci-dessous au sujet des bases de temps équipées de tubes à gaz. Chemin faisant, nos amis abordent les problèmes de la synchronisation et de la « linéarisation » des oscillations engendrées par les bases de temps. L'entretien roulera donc sur les sujets suivants :

Les trois éléments constitutifs d'une base de temps. — Triode à gaz. — Base de temps à thyatron. — Rapport de commande. — Réglage de l'amplitude des oscillations. — Tops de synchronisation. — Déclenchement des décharges. — Linéarisation par diode saturée. — Linéarisation par penthode. — Emploi des tubes de courbure opposée.

LES BASES DES BASES DE TEMPS

Ignotus écrit à Curiosus.

Mon cher Curiosus,

Toute patience a des bornes. Celles de la mienne ont été largement dépassées à la fin de notre dernier entretien.

Vous avez adopté à mon égard une attitude moqueuse qui me blesse. Combien de fois, après m'avoir expliqué en détail un dispositif, vous terminez en me disant qu'il n'est pas utilisé en télévision. Ainsi fîtes-vous pour le système mécanique de transmission des images et pour les tubes cathodiques à déflexion par champs électriques. Et, pour couronner l'édifice, vous m'avez bien gentiment exposé le fonctionnement des bases de temps avec tube au néon qui, — vous me l'avez dit à la fin, — ne sont jamais utilisées.

Dès lors, à quoi bon continuer ? Ne soyez donc pas surpris de ne pas me rencontrer à l'heure habituelle.

Bien tristement vôtre

IGNOTUS.

Curiosus répond à Ignotus.

Mon cher Ignotus,

Votre lettre montre que vous êtes vexé. J'en suis désolé. Mais vous avez tort en m'attribuant l'intention de me moquer de vous.

Il est exact qu'il m'est advenu de vous décrire des dispositifs qui ne sont plus ou qui n'ont jamais été utilisés en télévision. Mais, ce faisant, je ne vous ai pas fait perdre de temps. Car l'analyse de leur fonctionnement vous a grandement

facilité la compréhension de dispositifs plus complexes.

Tel est, en particulier, le cas de l'oscillateur équipé d'une lampe au néon. On ne s'en sert pas au fait qu'il procure des oscillations en dents de scie d'amplitude qui n'est pas réglable à volonté, de forme trop courbée, et difficiles à synchroniser.

Toutefois, j'avais raison d'en examiner avec vous le montage très simple. Cela nous a permis de disséquer aisément le principe de fonctionnement de toutes les bases de temps utilisant la charge d'un condensateur à travers une résistance.

On peut dire que tous ces dispositifs se composent de trois parties essentielles :

1° Le circuit de charge (en l'occurrence, la source de haute tension, la résistance traversée par le courant de charge et le condensateur qui accumule ladite charge) ;

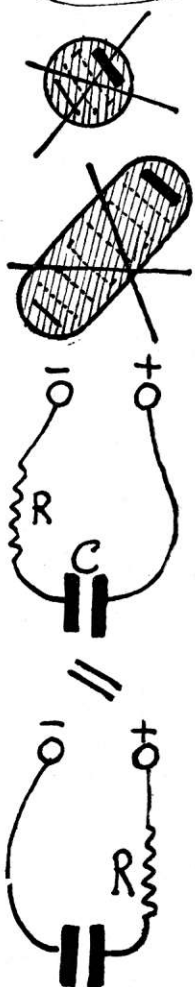
2° Le commutateur déclenchant la décharge et l'arrêtant au moment propice (c'est la lampe au néon qui, grâce au phénomène de l'ionisation, accomplit ces fonctions) ;

3° Enfin, le circuit de décharge (qui, dans le montage envisagé, est représenté par la même lampe au néon dont la résistance, faible pendant la durée de l'ionisation, permet une décharge rapide).

Maintenant que vous avez pu analyser le fonctionnement de la plus simple des bases de temps, vous n'aurez aucun mal à comprendre celui des montages plus compliqués. Que diriez-vous, par exemple, de l'introduction d'une grille entre la cathode et l'anode d'une lampe au néon ?...

A bientôt, je l'espère. Et sans rancune à l'égard de votre ami

CURIOSUS.



Thyratron = triode à gaz.

Curiosus. — Je suis bien content de vous revoir, mon cher Ignotus.

Ignotus. — Pouvais-je résister à la tentation de mordre à l'hameçon de votre triode au néon ? ! Car c'est bien ainsi qu'il faut l'appeler ?

Cur. — Si vous voulez. Mais le nom habituel d'une triode remplie d'un gaz inerte à faible pression (néon, argon ou hélium) est *thyratron*.

Ig. — Vous n'allez pas me faire accomplir, avec des tubes à gaz, la progression qui, naguère, avec des lampes à vide, nous a menés de la diode à l'octode ?

Cur. — Pas de danger. Les trois électrodes du thyratron suffisent pour constituer un excellent commutateur et circuit de décharge, tels qu'ils doivent être dans une base de temps qui se respecte. Il existe aussi des thyratrons tétrodes, mais nous n'en parlerons pas ici.

Ig. — J'aime autant ça... Et comment allez-vous brancher le thyratron ? Comme la lampe au néon ?

Cur. — Voici le schéma complet. Comme vous voyez, il ne diffère pas

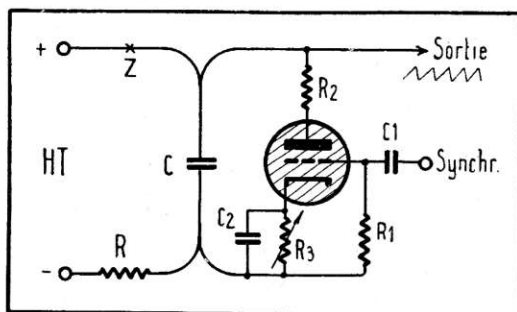


Fig. 35. — Montage classique d'une base de temps à thyratron. A gauche, le circuit de charge; à droite, celui de décharge.

sensiblement de celui utilisant la lampe au néon. Nous trouvons, tout d'abord, le circuit de charge où, aux bornes de la haute tension, à travers la résistance R , est branché le condensateur C .

Ig. — Pourquoi la résistance est-elle branchée entre le condensateur et le pôle négatif et non positif ?

Cur. — Car cela ne change rigoureusement rien. Condensateur et résistance sont en série. Que l'un soit avant ou après l'autre, cela revient au même. Et si vous le voulez, vous pouvez intercaler R au point Z .

Ig. — Je reconnais, en effet, que peu importe l'ordre dans lequel les électrons rencontreront sur leur chemin l'un ou l'autre des éléments de notre circuit de charge.

Cur. — Voyons, maintenant, le circuit de décharge. Comme dans le cas de la lampe au néon, il est constitué par l'espace cathode-anode de notre tube à gaz.

Ig. — Pas seulement. Car je vois, en série avec cet espace, deux résistances (R_2 et R_3). Et c'est cet ensemble qui est branché aux bornes du condensateur C qu'il faut périodiquement décharger.

Cur. — La résistance R_2 , de quelques centaines d'ohms, sert à limiter le courant de décharge. Car, au moment où il s'établit, la résistance de l'espace cathode-anode du thyratron devient tellement faible que ce tube risque d'être détérioré par un courant trop intense.

Ig. — Quant à la résistance R_3 , placée entre la cathode et le pôle négatif, je devine qu'elle sert à polariser négativement la grille du thyratron, comme cela se fait dans les montages d'amplification.

Cur. — Et vous ne vous trompez pas. L'ensemble R_3 - C_2 est, en effet, le dispositif le plus classique de polarisation. Enfin, je vous demanderai de ne pas prêter, pour le moment, la moindre attention au condensateur C_1 reliant la grille à quelque mystérieuse « synchronisation ».

La grille a son mot à dire.

Ig. — Tout cela ne diffère donc pratiquement guère de l'oscillateur au néon. Je suppose qu'ici encore, en cours de charge, la tension sur le condensateur C atteint une certaine valeur, le gaz contenu dans le tube devient ionisé, et sa résistance se fait très faible. Dès lors, le condensateur se décharge à travers le tube jusqu'à l'instant où, sa tension étant suffisamment faible, l'ionisation cesse, le tube retrouve sa résistance normale, et le cycle recommence.

Cur. — Tout cela est exact.

Ig. — Mais alors, comme dit la chanson « ce n'était pas la peine assurément de changer de gouvernement ». En d'autres termes, à quoi bon avoir introduit cette grille qui ne modifie en rien le fonctionnement du tube à gaz ? !

Cur. — Si fait, cher ami. C'est la tension de la grille qui détermine la valeur de la tension anodique d'ionisation. Tant que l'ionisation n'est pas intervenue, notre tube se comporte comme une banale triode à vide. Un courant d'électrons y est suscité par la tension anodique augmentant progressivement au fur et à mesure de la charge du condensateur. L'intensité de ce courant dépend beaucoup plus de la polarisation de la grille que de la tension de l'anode...

Ig. — Je le sais. C'est d'ailleurs, le coefficient d'amplification qui exprime combien de fois l'influence de la grille sur le courant anodique est plus grande que celle de l'anode.

Cur. — Très juste... Vient enfin un moment où la tension anodique est suffisamment élevée pour animer les électrons d'une vitesse telle qu'ils sont capables de briser les molécules de gaz rencontrées sur leur parcours...

Ig. — Autrement dit, l'ionisation s'amorce. Dans le choc de la collision, un ou plusieurs électrons sont chassés de la molécule et viennent grossir de leur présence le flux des électrons allant vers l'anode.

Cur. — Et que deviennent, à votre avis, les molécules ainsi mutilées ?

Ig. — L'ablation des électrons les a rendues positives. Dès lors, elles seront à la merci de toutes les tentations que peuvent offrir des électrodes négatives.

Cur. — Et quelle est celle qui est la plus négative dans notre tube ?

Ig. — C'est évidemment la grille.

Cur. — Aussi se trouvera-t-elle enveloppée d'un véritable nuage d'ions positifs. Revenons cependant un instant en arrière. La tension anodique pour laquelle s'amorce l'ionisation n'est pas constante pour un tube donné (comme c'est le cas pour les lampes au néon). Elle dépend essentiellement de la tension de la grille.

Ig. — Je comprends. Plus la grille est négative, plus il faut, pour combattre son effet de freinage, élever la tension anodique pour amorcer l'ionisation.

Cur. — C'est bien cela. Et pour chaque type de thyatron, il existe un rapport constant entre la tension anodique d'ionisation et la tension correspondante de

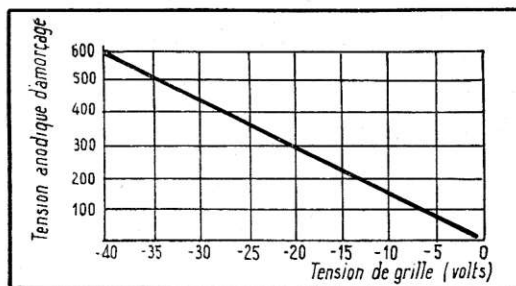
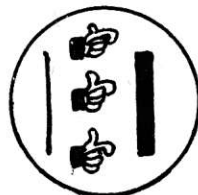


Fig. 36. — Relation entre la tension anodique d'amorçage d'un thyatron et la tension de polarisation de sa grille. En l'occurrence, le quotient de la première par la seconde (rapport de commande) est sensiblement égal à 15.

la grille. On l'appelle « rapport de commande ». Il est en général, compris entre 10 et 40. Mais pour les tétrodes à gaz, il peut atteindre plusieurs centaines.

Ig. — Si je vous ai bien compris, dans un thyatron dont le rapport de





commande est, par exemple, de 20, avec une grille polarisée à -15 volts, l'ionisation s'amorcera lorsque la tension anodique aura atteint $15 \times 20 = 300$ volts.

Cur. — Vous m'avez très bien compris, Ignoutus. Vous voyez donc qu'en réglant la tension de polarisation de la grille, nous pouvons fixer à volonté la tension anodique d'ionisation d'un thyatron. C'est la raison pour laquelle la résistance de polarisation R_3 est rendue variable, comme l'indique la flèche qui la barre.

La grille n'a plus rien à dire.

Ig. — Je suppose que c'est encore la tension de la grille qui détermine la valeur de la tension de désamorçage.

Cur. — Et vous vous trompez lourdement. Car notre grille, douillettement enveloppée d'un nuage d'ions positifs, est de ce fait isolée du reste du tube et n'exerce aucune influence sur le flux électronique.

Ig. — Même si on la rend très négative ?

Cur. — Même en ce cas. Car plus elle sera négative, plus elle attirera d'ions positifs et plus elle sera ainsi isolée. En fait, la désionisation n'est déclenchée que par le fait que la tension anodique tombe à une valeur suffisamment faible pour mettre fin à l'état d'ionisation.

Ig. — Tout cela me rappelle singulièrement la guerre et la paix...

Cur. — Je ne vois pas ce que l'œuvre de Tolstoï a de commun avec les bases de temps à thyatron.

Ig. — Certes rien. Mais la grille joue ici le même rôle que la presse. Alors que la tension internationale monte, la presse laisse l'opinion publique atteindre ce degré dangereux d'excitation où la décharge se déclenche brusquement sous la forme de conflit sanglant. Dès lors, la presse est impuissante à y mettre fin, baillonnée comme elle l'est par la censure. Et la guerre ne s'arrête que faute de combattants, quand la décharge est presque terminée.

Cur. — Et le plus terrible, c'est que le cycle recommence...

Ig. — Pour résumer, si j'ai bien compris, la grille permet de régler à volonté la tension anodique pour laquelle s'amorce la décharge, mais pas celle de fin de décharge qui, elle, est constante pour un tube donné. Par conséquent, en réglant la polarisation, nous pouvons doser à volonté l'amplitude de nos oscillations en dents de scie.

Cur. — C'est exact. Et, avec le thyatron, vous pouvez en obtenir qui sont plusieurs fois supérieures à celles d'un oscillateur équipé d'une lampe au néon.

Ig. — Je peux donc considérer que la résistance variable R_3 constitue l'organe de réglage de l'amplitude de mes dents de scie. Quant au condensateur C_2 , je suppose qu'il sert à laisser passer la composante alternative du courant anodique.

Cur. — Tel est, en effet, son rôle. En fait, il doit égaliser les fortes variations du courant anodique pour que la tension entre la grille et la cathode demeure sensiblement constante. Au moment où la brusque ionisation détermine un courant intense, les électrons de l'armature supérieure du condensateur sont aspirés par ce courant, et cette armature se trouve chargée positivement, un excédent d'électrons étant appelé vers l'armature inférieure. Lorsque la décharge s'arrête, le courant anodique devient très faible. Mais à ce moment, le condensateur C_2 se décharge à travers la résistance R_3 en maintenant constante la chute de tension qui rend la cathode positive par rapport à la grille. De cette manière, à condition que la capacité de C_2 soit suffisamment élevée, la tension de la grille par rapport à la cathode ne varie pas pendant toute la durée du cycle de l'oscillation.

Les tops et les tapes.

Ig. — Pourriez-vous, maintenant, me révéler le mystère de la synchronisation ?

Cur. — Bien volontiers, cher ami. Vous savez que le balayage des images à la réception doit être synchronisé avec celui de l'émission. Autrement dit, les instants où commence l'exploration de chaque ligne (ou de chaque image) doivent rigoureusement coïncider dans le temps.

Ig. — Je conçois fort bien que le moindre décalage rendra l'image reproduite aussi méconnaissable qu'un morceau de musique exécuté par un orchestre où chaque instrument a quelques secondes de retard sur son voisin.

Cur. — Pour éviter pareille... cacophonie visuelle, on incorpore dans le signal émis de courtes impulsions (ou « tops ») marquant la fin de chaque ligne, ainsi que des impulsions un peu plus longues (pour les différencier des premières) marquant la fin de chaque image.

Ig. — Et c'est ces impulsions-là que vous appliquez, à travers le condensateur C_1 , à la grille du thyatron ?

Cur. — Exactement. Et on s'arrange pour qu'elles soient appliquées dans le sens positif, c'est-à-dire pour que chaque impulsion rende la grille moins négative pendant un court instant.

Fig. 37. — Forme d'un signal de télévision comportant la partie vidéo (traduction des brillances relatives des lignes successives de l'image) et les tops de synchronisation « lignes » et « images ».

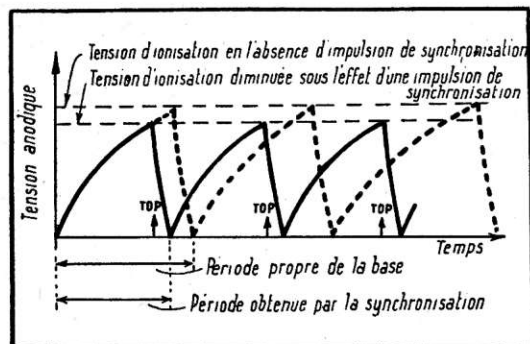
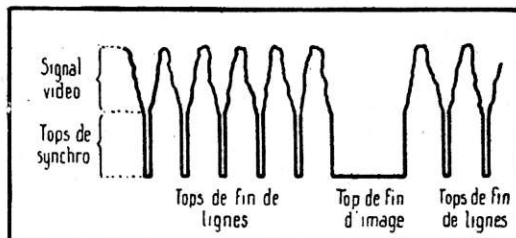
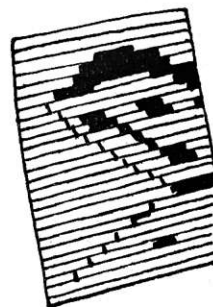


Fig. 38. — Processus de la synchronisation d'une base de temps. L'arrivée des tops positifs sur la grille réduit la tension anodique amorçant l'ionisation et déclenche ainsi la décharge prématurée à l'instant même où les tops parviennent.



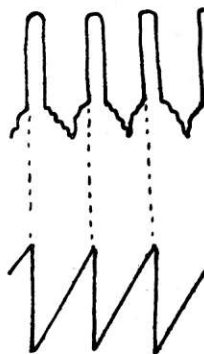
Ig. — Je ne saisis pas très bien ce qui va se passer. Le tube va-t-il amplifier ces impulsions ?

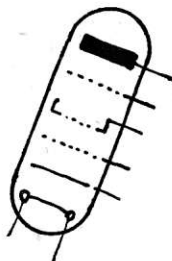
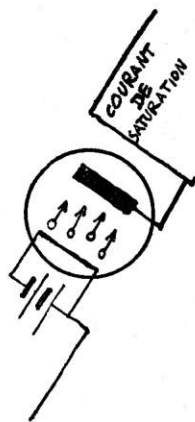
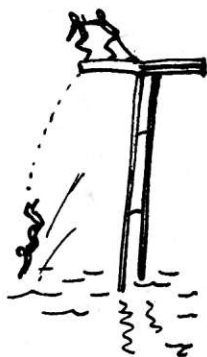
Cur. — Non, Ignorant. Vous oubliez déjà l'action de la tension de la grille sur la tension d'ionisation.

Ig. — Excusez-moi. Evidemment, si la grille devient moins négative grâce à l'arrivée d'une impulsion, la tension anodique d'ionisation deviendra plus faible.

Cur. — Aussi s'arrange-t-on pour que la période propre d'oscillation de la base de temps soit très légèrement supérieure à la durée d'une ligne (ou d'une image, pour la base de temps correspondante), autrement dit, à l'intervalle entre deux impulsions successives. Avant que la tension anodique, communiquée par le condensateur C en charge, atteigne la valeur d'ionisation, une impulsion vient qui rend la grille moins négative et, par conséquent, réduit la valeur de la tension d'ionisation. La décharge se déclenche prématurément, provoquée par l'impulsion de synchronisation.

Ig. — Je crois vous avoir bien compris. Prenons, par exemple, un thyatron ayant un rapport de commande de 20 et dont la grille est polarisée à -15 volts. Sa tension d'ionisation est donc de 300 volts. Si l'impulsion de synchronisation est de $+1$ volt, elle ramène la polarisation à -14 volts. A cet instant, la tension d'ionisation n'est plus que de 280 volts. La décharge commence donc plus tôt qu'en l'absence des impulsions.





Cur. — Je vois que vous avez bien compris.

Ig. — Ce n'était pas difficile. Chez nous, à la piscine, c'est le maître-nageur qui synchronise les plongeurs.

Cur. — ?...

Ig. — Mais oui. Quand ils se préparent à sauter, en hésitant un peu à l'extrémité du plongeoir, le maître-nageur les expédie dans les flots d'une légère mais ferme tape dans le dos... Et ils y vont en décrivant une superbe parabole.

De la diode saturée à la penthode.

Cur. — Dans notre cas, nous avons plutôt affaire à une courbe exponentielle qu'il faut rendre aussi peu courbée que possible.

Ig. — Ne pourrait-on pas, par je ne sais quel moyen, maintenir, à cet effet, tout à fait constant le courant de charge, de manière que la tension aux bornes du condensateur croisse proportionnellement au temps ?

Cur. — On peut, en effet, procéder ainsi. Ne voyez-vous pas, Ignotus, le moyen d'imposer une telle limitation ?

Ig. — Il faudrait remplacer la résistance de charge R par quelque chose qui ne laisse pas passer une intensité supérieure à une valeur donnée... Une lampe, j'entends par là l'espace cathode-anode d'une lampe, ne pourrait-elle servir à cette fin ?

Cur. — Certes. Prenez une diode (de préférence à chauffage direct) qui fonctionne à la saturation, c'est-à-dire de manière que tous les électrons émis par le filament atteignent l'anode. Dès lors, le courant anodique ne pourra pas dépasser la valeur de ce courant de saturation formé par l'émission électro-

Fig. 39. — Courant de plaque d'une diode en fonction de sa tension anodique (pour trois valeurs différentes de la tension de chauffage E_f). On voit qu'au delà d'une certaine tension anodique, le courant n'augmente plus (phénomène de la saturation).

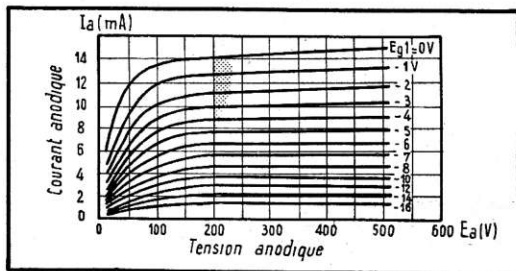
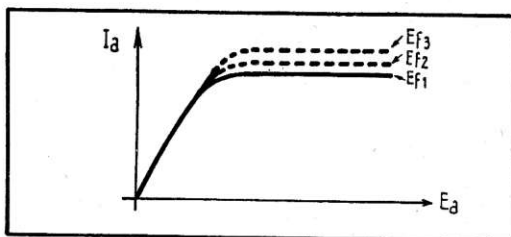


Fig. 40. — Courbes du courant de plaque d'une penthode en fonction de sa tension anodique (pour diverses valeurs de la tension E_{g1} de la grille de commande). Ici encore, au delà d'une certaine valeur de E_a , son accroissement ultérieur n'entraîne pratiquement aucune augmentation de courant I_a .

que totale du filament. Vous pouvez, d'ailleurs, en régler la valeur en modifiant la tension de chauffage entre certaines limites.

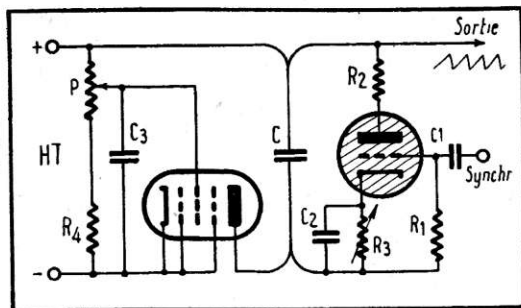
Ig. — Pourquoi donc faut-il en régler la valeur à chauffage direct ?

Cur. — Parce que le phénomène de la saturation y est beaucoup plus prononcé que dans les lampes à chauffage indirect et que, de surcroît, on a la possibilité de régler aisément l'intensité du courant de saturation en variant la tension de chauffage. Cependant, si vous n'aimez pas ces tubes devenus passablement désuets, rien ne vous empêche d'utiliser une penthode normale à chauffage indirect.

Ig. — Travaille-t-elle aussi à saturation ?

Cur. — Le terme serait impropre, mais le résultat est le même. Si vous considérez les courbes de variation du courant anodique en fonction de la tension sur l'anode, vous remarquez que, pour chaque courbe (correspondant à une tension donnée de la première grille), à partir d'une certaine tension anodique, le courant ne varie que très faiblement. Aussi, dans cette région, la penthode

Fig. 41. — Base de temps linéarisée par une penthode utilisée comme résistance de charge.



charge le condensateur à courant constant. Voici, d'ailleurs, le schéma d'une base de temps où une telle penthode remplace la résistance de charge R. Vous remarquerez que la tension de sa grille-écran est réglée à l'aide d'un potentiomètre P qui, en série avec la résistance R_4 , est monté entre les pôles de la haute tension. (Le condensateur C_3 sert au découplage.)

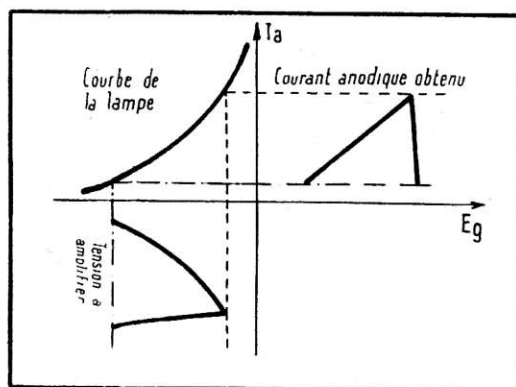
Ig. — Je devine que c'est par la tension de la grille-écran que vous fixez le point de fonctionnement correct de la penthode... Toutes vos diodes saturées et autres penthodes à courant constant me rappellent l'histoire du lit de Procuste. Mais il est dommage qu'il faille utiliser une lampe en plus, rien que pour linéariser la forme des tensions engendrées.

L'art d'utiliser les courbures.

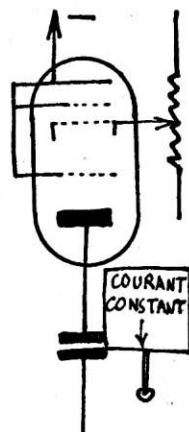
Cur. — Aussi préfère-t-on, le plus souvent, confier cette tâche à la lampe amplificatrice dont on a, de toute manière, besoin pour amener à la valeur voulue l'amplitude de nos dents de scie.

Ig. — Et comment cette lampe redressera-t-elle la courbure de nos tensions ?

Fig. 42. — Linéarisation d'une dent de scie exponentielle à l'aide d'une amplificatrice à pente variable.



Cur. — Tout bonnement en les déformant en sens inverse. Sachez, en effet, Ignotus, que l'habileté suprême dans la vie consiste à tirer profit non seulement des vertus des gens et des qualités des choses, mais même de leurs vices et défauts. Quoi de plus pénible qu'une lampe dont la caractéristique n'est pas





suffisamment droite et qui, de ce fait, déforme les tensions qui lui sont confiées ?... Mais, dans notre cas, ce défaut devient un véritable bienfait de la Providence.

Ig. — Je vois ce qui se passe. Vous avez une lampe dont la caractéristique du courant anodique en fonction de la tension de la grille est courbe. C'est, en somme, une de nos bonnes vieilles connaissances : la lampe à pente variable. Sa pente augmente quand la polarisation diminue. Aussi, plus le signal appliqué est fort, plus il est amplifié. C'est exactement ce qu'il nous faut pour redresser notre courbe exponentielle qui, au fur et à mesure qu'elle monte, se penche de plus en plus.

Cur. — D'ailleurs, voici un petit graphique (fig. 42) qui, d'une façon très éloquente, montre comment notre dent de scie est linéarisée. Pour peu que les courbes de la lampe et de la dent de scie soient symétriques, la compensation de leur courbure sera largement suffisante en pratique. Et, en variant la polarisation, on peut toujours choisir la portion de la caractéristique ayant la courbure requise pour neutraliser celle de la dent de scie...

Ig. — Je suppose que le moment est venu pour vous de m'annoncer que jamais on n'utilise, en télévision, ni bases de temps à thyatron ni lampes amplificatrices de linéarisation ?...

Cur. — Rassurez-vous : les unes et les autres y sont couramment employées.



SEPTIÈME CAUSERIE

Si la précédente causerie traitait principalement des bases de temps utilisant des tubes à gaz (thyratrons), celle que l'on va lire analyse divers montages de bases utilisant des tubes à vide. Leur étude nécessitera, de la part d'Ignotus (et aussi du lecteur), un certain effort d'attention. En effet, par moments, il faudra suivre les variations simultanées de plusieurs tensions et courants, ce qui n'est pas toujours aisé, mais grâce à quoi on assimilera les notions suivantes :

Décharge par tube à vide. — Oscillateur bloqué. — Les phases de son fonctionnement. — Bases à oscillateur bloqué. — Multivibrateur. — Oscillations en créneaux. — Multivibrateur à liaison cathodique. — Formation des tensions en dents de scie.

BASES AVEC TUBES SANS GAZ

La base « modèle Ignotus ».

Ignotus. — Contrairement à une tradition bien établie, en terminant notre dernier entretien, vous m'avez affirmé que les bases de temps à thyatron sont bel et bien employées dans les téléviseurs actuels.

Curiosus. — C'est exact, en dépit de la durée de vie trop courte des tubes à gaz comparés aux tubes à vide.

Ig. — J'ai bien réfléchi à tout cela, et je crois que l'on a tort d'utiliser les thyratrons. Des tubes à vide pourraient aussi bien faire l'affaire. J'ai pu établir un schéma très simple qui va supplanter tous les thyratrons de la création !

Cur. — Je ne demande qu'à le connaître, tout en vous avertissant que, bien avant le vôtre, ont été conçus de nombreux types de bases de temps utilisant des tubes à vide.

Ig. — Décidément, que ne suis-je né il y a cent ans : il ne me reste plus rien à inventer !... Voici, toutefois, la base « modèle Ignotus ». Elle utilise un tube à vide, en l'occurrence une triode, de pente élevée et ayant une courbure très brusque de la caractéristique à la naissance du courant anodique. De la sorte, si la lampe est convenablement polarisée pour que son courant anodique soit juste annulé, une impulsion positive de potentiel sur la grille suffira pour produire un courant anodique d'une certaine valeur.

Cur. — Je vois où vous voulez en venir.

Ig. — Ce n'est pas difficile. Dans mon schéma (fig. 44), comme dans celui du thyatron, j'ai un circuit de charge composé d'une résistance R et d'un condensateur C. Le circuit de décharge est constitué par l'espace cathode-anode de la triode. Normalement, grâce à la résistance R₁ (découplée par C₁), la grille est polarisée juste suffisamment pour qu'aucun courant ne passe. Mais, à travers le condensateur C₂, j'applique à la grille les tops de synchronisation dans le sens positif. A l'arrivée de chaque top, le courant anodique s'établit, en permettant au condensateur C de se décharger rapidement. Qu'en pensez-vous ? Assurément, vous soulèverez quantité d'objections...

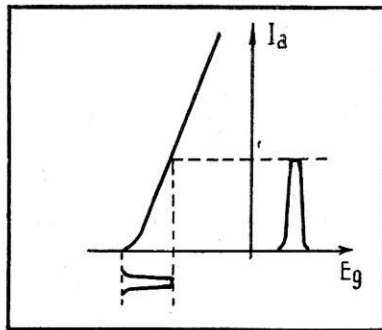
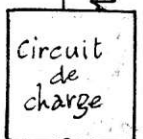
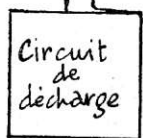
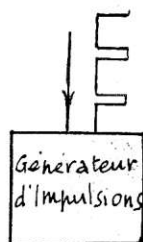
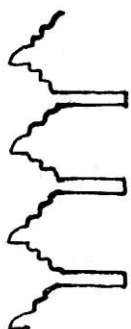


Fig. 43. — Une impulsion positive appliquée à la grille donne naissance à un courant anodique.





Cur. — Non, Ignotus. Votre montage peut fonctionner correctement, à condition que les tops de synchronisation parviennent au récepteur avec une amplitude suffisante. Tel sera le cas d'un récepteur placé dans le voisinage de l'émetteur. Mais, si la distance entre les deux est grande, le signal capté n'aura pas une tension constante, les décharges se produiront avec une vitesse variable, et les images seront déformées. De plus, en l'absence de l'émission, il n'y aura pas de balayage, et, en restant immobile, le spot détruira l'endroit correspondant de l'écran.

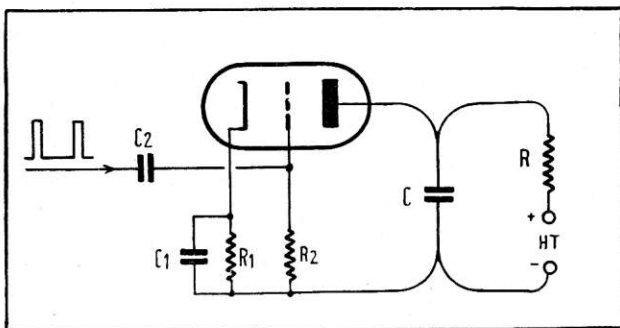


Fig. 44. — Montage de la base « modèle Ignotus » où la décharge de C a lieu d'après le principe de la figure précédente.

Ig. — Si j'ai bien compris, mon idée ne vaut pas grand-chose ?

Cur. — Si, Ignotus, votre montage est bon. Seulement, au lieu de provoquer les décharges en appliquant les tops directement à la grille, il vaut mieux utiliser à cette fin des impulsions positives produites sur place, avec une amplitude constante et bien réglée, que les tops synchroniseront convenablement.

Un vieux schéma dans un rôle nouveau.

Ig. — En somme, vous voulez faire triompher les principes de l'organisation scientifique du travail en séparant nettement les fonctions. Le circuit de charge formé d'une résistance et d'un condensateur fait sa partie du travail. Le tube sert de circuit de décharge. Un mystérieux dispositif agit par des impulsions positives sur sa grille pour déclencher les décharges. Et, enfin, les tops de synchronisation viennent commander la cadence précise des impulsions produites par le toujours mystérieux dispositif.

Cur. — Les choses se passent, en effet, ainsi. Et comme le dispositif en question — appelons-le « générateur d'impulsions » — possède sa fréquence propre, même si le fading fait perdre plusieurs tops successifs, la cadence du balayage ne sera pas trop compromise. Et il se poursuivra même en l'absence de l'émission.

Ig. — Mais comment fabriquerez-vous ces impulsions périodiques ?

Cur. — A l'aide d'un « oscillateur bloqué » ou d'un « blocking », comme disent les snobs ignorant les ressources de leur langue maternelle. En voici le schéma (fig. 45)...

Ig. — Mais, mon cher Curiosus, que me dessinez-vous là ? C'est une vieille connaissance, car je reconnais le plus classique des oscillateurs, avec sa bobine de réaction dans la plaque et le condensateur shunté dans la grille. Vous avez simplement interverti les places du bobinage de grille et du condensateur shunté, mais cela ne change rien, puisqu'ils sont en série. Vous m'en avez, naguère, décortiqué le fonctionnement. Et je sais qu'il produit des oscillations sinusoïdales et non des impulsions.

Cur. — Cela dépend des valeurs des éléments. Pour produire des impulsions, nous utiliserons un condensateur C_3 et une résistance R_3 de grille ayant des valeurs nettement plus élevées que pour un oscillateur sinusoïdal. De même, le couplage entre les enroulements de grille et de plaque doit être très serré.

Ig. — Je ne vois pas pourquoi, dans ces conditions, on n'obtiendrait quand même pas de belles sinusoïdes. Quand le courant s'établit dans le circuit anodique, par induction de L_2 sur L_1 , la grille est rendue plus positive, ce qui ne fait qu'accroître le courant anodique...

Cur. — Je vous interromps, car votre raisonnement, correct jusqu'ici, risque de ne plus l'être si vous poursuivez. N'oubliez pas que le couplage entre L_1 et L_2 est très serré. Aussi la grille devient-elle très rapidement positive. De ce fait, elle attire des électrons émis par la cathode de...

Ig. — Se prendrait-elle pour une anode ?

Cur. — On peut le supposer. Le fait est que ces électrons chargent le condensateur C_2 dont la capacité leur offre un abri idéal.

Ig. — Pourquoi ne s'écourent-ils pas rapidement vers la cathode en formant un courant de grille ?

Cur. — Ils le font, mais lentement, en raison de la valeur élevée de la résistance R_3 . Vous voyez donc que le potentiel de la grille, après une élévation rapide (de a à b sur la courbe), non seulement cesse d'être positif, mais tombe à une certaine valeur négative (en c). Le courant anodique est, à ce moment, nul (de même que le courant de grille). Le tube est bloqué (d'où le nom du montage). Dès lors, rien n'empêche le condensateur C_2 de se décharger à travers la résistance R_3 , en ramenant progressivement à zéro le potentiel de la grille (c à d sur la courbe). A ce moment, le courant anodique reparait...

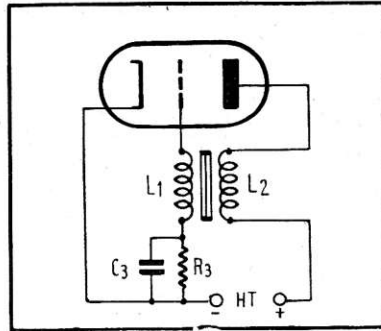


Fig. 45. — Schéma fondamental de l'oscillateur bloqué.

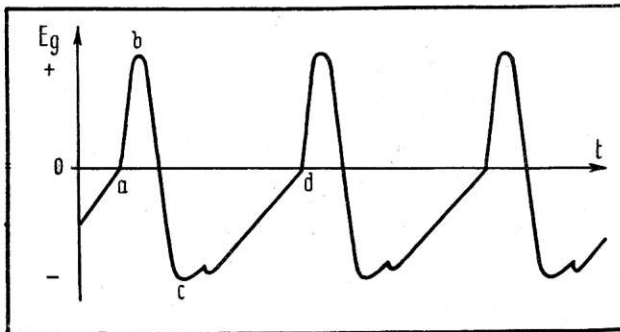


Fig. 46. — Variation de la tension sur la grille de l'oscillateur bloqué.

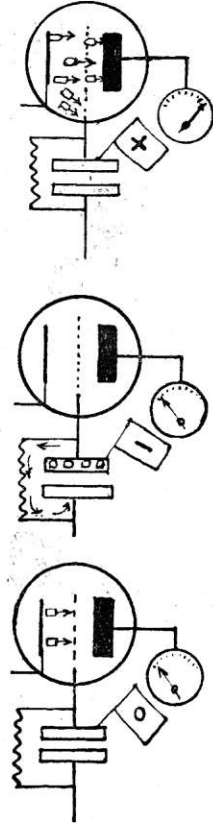
Ig. — ... et tout recommence. En somme, nous avons une rapide lancée positive du potentiel de grille, qui forme ce que vous appelez une impulsion, puis une partie négative beaucoup plus longue et ne servant à rien.

Cur. — Je vois que vous avez bien compris mon explication.

Ig. — Cela n'avait rien de difficile. Car l'interrogatoire au troisième degré des gangsters, tel qu'il est pratiqué par la police de Chicago, se passe exactement de la même façon.

Cur. — Je ne vois vraiment pas ce qu'il y a de commun entre les films policiers qui vous passionnent et l'oscillateur bloqué.

Ig. — C'est pourtant évident. Les policiers assomment le gangster. Quand il revient à lui, il pousse un cri. Aussitôt, pour l'empêcher de crier, on lui assène un nouveau coup sur le crâne. Il reste un moment bloqué, puis il





reprend ses sens, pousse une nouvelle impulsion... je veux dire un nouveau cri, reçoit un coup, tombe sans connaissance et ainsi de suite.

Cur. — Je souhaite, Ignotus, que votre documentation en matière de télévision soit aussi abondante que dans le domaine de la criminologie...

De simplification en simplification.

Ig. — Et comment synchronisez-vous cet oscillateur bloqué ?

Cur. — En appliquant, là encore, les tops positifs sur sa grille, ce qui déclenche, au moment propice, les impulsions dans le même sens.

Ig. — Toujours comme dans la police de Chicago. Quand le gangster est sur le point de reprendre connaissance, on lui asperge le visage avec de l'eau froide pour accélérer le retour à la vie.

Cur. — Faites-moi le plaisir de laisser vos gangsters à Chicago, car je n'en ai nul besoin ! Puisque nous parlons synchronisation, je vous signale que plusieurs méthodes peuvent être envisagées pour en appliquer les tops à la grille de l'oscillateur bloqué : on peut les y amener par le truchement d'un



Fig. 47. — Deux méthodes permettant d'appliquer les signaux de synchronisation : par induction (en a) et par condensateur et résistance (en b).

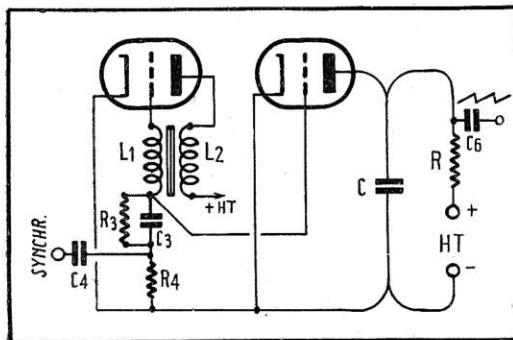
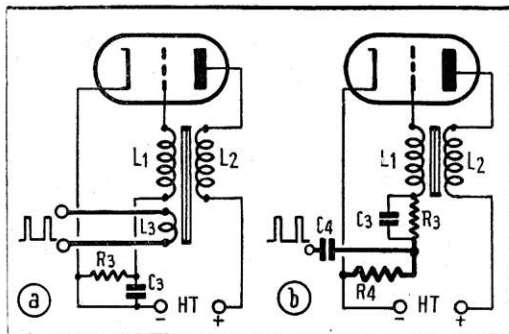


Fig. 48. — Base à décharge commandée par oscillateur bloqué.

troisième enroulement, couplé par induction avec celui de grille, ou bien à travers un condensateur directement à la grille du tube, à moins que ce ne soit au point de jonction de L_1 et de R_3 , ou, enfin, à travers un condensateur C_4 relié au point haut d'une résistance R_4 intercalée dans le retour du circuit de grille.

Ig. — Si j'adopte ce dernier système, l'ensemble d'un oscillateur bloqué avec la lampe de décharge et le circuit de charge se présentera, je suppose, sous la forme du schéma tel que je le dessine (fig. 48).

Cur. — Il est tout à fait correct.

Ig. — Cependant, on ne peut pas le considérer comme très simple.

Cur. — Et il ne l'est pas. Dans la réalisation, on peut, toutefois, remplacer les deux lampes par une seule. Ou, du moins, n'employer qu'une seule ampoule contenant les deux triodes. On en fabrique actuellement pour réaliser une économie de volume et de prix de revient.

Ig. — Cela ne simplifie pas toutefois le montage.

Cur. — Puisque vous y tenez, on peut faire mieux en substituant aux deux lampes une penthode. L'oscillateur bloqué utilisera sa grille-écran comme anode.

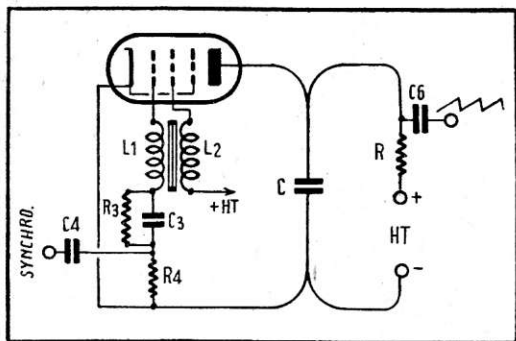
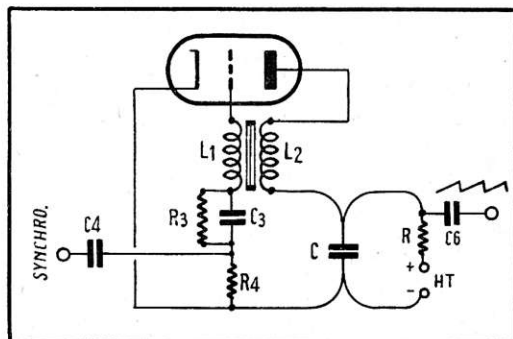


Fig. 49. — Les deux tubes de la figure 48 sont confondus en une seule penthode.

Fig. 50. — La penthode de la figure 49 a perdu deux de ses grilles pour devenir triode.



L'espace cathode-anode servira toujours à la décharge du condensateur C. Et cette décharge, là encore, sera déterminée par les rapides impulsions positives qui surgissent périodiquement sur la grille.

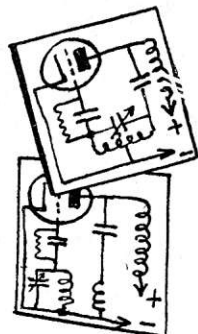
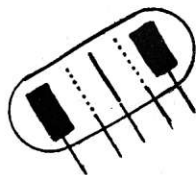
Ig. — Tant qu'à faire, ne pourrait-on pas réduire notre penthode à une simple triode en confondant la grille-écran avec l'anode et en plaçant le circuit de charge en série avec l'enroulement de plaque L_2 ?

Cur. — On le fait souvent. Mais arrêtez-vous là, car, pour peu que cela continue, vous parviendrez à fabriquer d'impeccables dents de scie à l'aide d'une simple ampoule d'éclairage pour lampe de poche...

Entrée et sortie confondues.

Ig. — Ne peut-on pas envisager d'autres modèles d'oscillateurs à impulsions que celui que vous m'avez décrit ? Il existe tant de divers schémas d'oscillateurs sinusoïdaux : Hartley, Reinartz, etc...

Cur. — Certes, ces schémas seraient utilisables, mais introduiraient des complications inutiles. En revanche, on peut se passer totalement de bobines en produisant la réaction à l'aide d'une deuxième lampe inversant la



phase des tensions et permettant de les réinjecter à l'entrée de la première dans le bon sens pour entretenir les oscillations.

Ig. — Cela ne me paraît pas bien clair.

Cur. — Abordons alors la question par un autre bout. Imaginez un amplificateur à deux tubes avec liaison par résistances et capacité. Appliquez sa tension de sortie à sa propre entrée. Qu'obtiendrez-vous ainsi ?

Ig. — Deux serpents qui se mordent la queue.

Cur. — Je ne vous demande pas des analogies zoologiques, mais une analyse physique des phénomènes qui vont se dérouler lorsque vous mettez sous tension un tel montage.

Ig. — Aussi aurai-je recours à la méthode de raisonnement que vous employez habituellement en pareil cas. Admettons qu'au moment de la mise sous tension le courant anodique du tube V_1 augmente. De ce fait, la chute de tension sur sa résistance anodique r_1 augmente et, se déduisant de la valeur de la

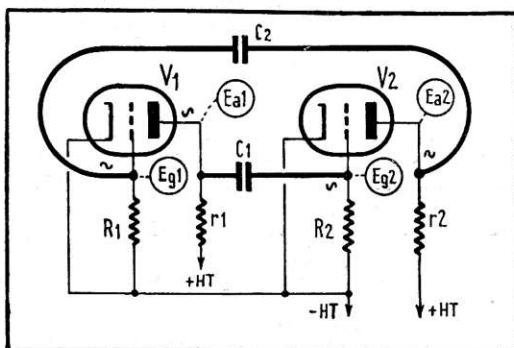
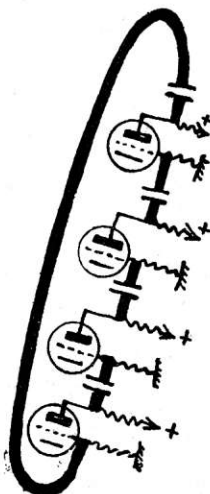
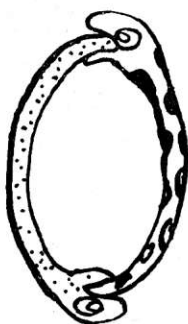
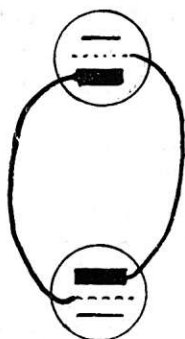


Fig. 51. — Un amplificateur à deux tubes refermé sur lui-même constitue un multivibrateur. Les petites sinusoïdes marquent opportunément les phases des tensions.

haute tension, diminue d'autant la tension Ea_1 qui reste sur l'anode. À travers le condensateur de liaison, cette baisse de tension est transmise à la grille de V_2 en faisant diminuer son potentiel Eg_2 . La grille devenant plus négative, le courant anodique du tube V_2 diminue. Par conséquent, la chute de tension sur r_2 devient plus faible et la tension Ea_2 restant sur l'anode augmente. Par le condensateur de liaison, cette augmentation de la tension est transmise à la grille du premier tube en rendant sa grille plus positive et en accroissant davantage l'intensité du courant anodique...

Cur. — Vous remarquerez que tous ces phénomènes ont lieu simultanément. De plus, il est très important de noter que la tension à la sortie de l'amplificateur ne fait que renforcer les phénomènes qui ont lieu à son entrée. Autrement dit, les tensions de sortie sont en phase avec celles de l'entrée. Et cela est tout à fait normal. Car dans chaque étage s'opère une inversion de phase : quand la grille devient plus positive, la plaque devient moins positive et vice-versa. Donc, avec deux étages, nous retombons en phase.

Ig. — On pourrait aussi, je suppose, en employer 4 ou 6 ou 8 ?

Cur. — Sans doute. Mais seriez-vous à la solde des fabricants de lampes ?

Ig. — Je voudrais, cependant, savoir si le courant du premier tube va croître indéfiniment.

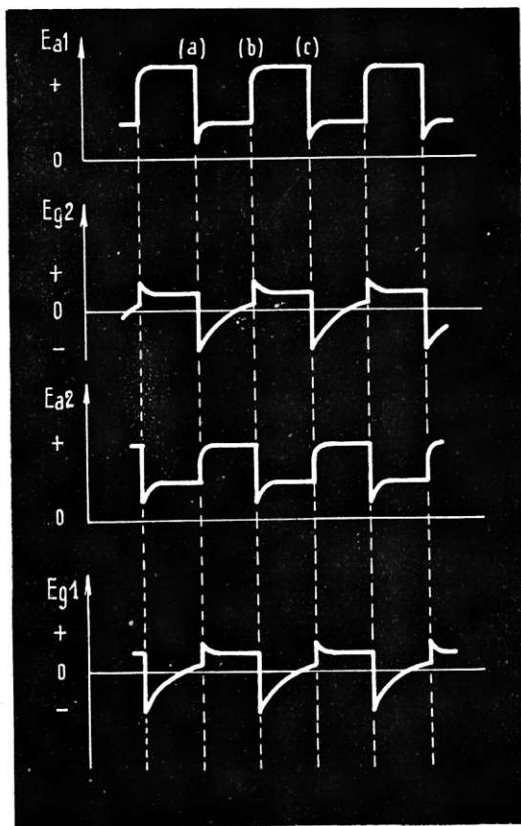
Cur. — Certainement pas ; vous ne risquez pas de faire sauter les fusibles. La rapide montée du courant du premier tube, en rendant très négative la grille du deuxième, réduira à zéro son courant anodique (instant α sur les courbes de Ea_1 , Eg_1 , Ea_2 , Eg_2). Dès lors, rien ne viendra plus accroître le potentiel positif de la grille de V_1 qui gardera sa valeur. Le courant de ce tube restera élevé, et la tension sur son anode faible. Quant au condensateur C_1 qui a été négativement chargé, il se déchargera à travers la résistance R_2 (portion $\alpha - b$ sur la courbe Eg_2).

Ig. — J'avoue que j'ai quelque peine à suivre le déroulement simultané de tant de phénomènes.

Cur. — Je le conçois sans peine. Mais je pense que les courbes que j'ai tracées à votre intention doivent vous rendre la compréhension plus facile.

Ig. — Quand le condensateur C_2 sera déchargé, un courant anodique s'établira et croîtra vite dans le tube V_2 .

Fig. 52. — Cette figure permet de suivre plus aisément les variations simultanées des tensions sur les diverses électrodes du multivibrateur de la figure 51.



Cur. — Très juste. Et, à cet instant (b sur les courbes), le tube V_2 se trouvera dans les mêmes conditions que le tube V_1 à l'instant a.

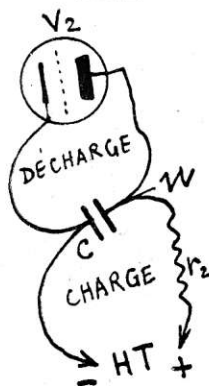
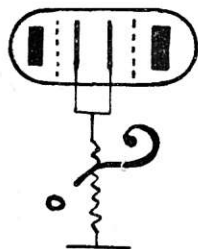
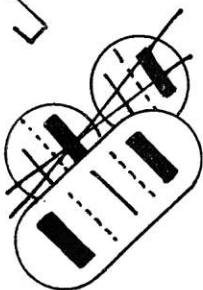
Ig. — Autrement dit, la tension E_{a2} sur son anode tombera; le condensateur de liaison C_2 transmettra cette diminution à la grille de V_1 , dont le courant anodique sera réduit à zéro, ce qui provoquera une augmentation de sa tension anodique en rendant plus positive la grille de V_2 ...

Cur. — Arrêtez-vous, Ignotus, car le multivibrateur, lui, ne s'arrêtera pas. L'oscillateur ainsi nommé produit des tensions périodiques de forme irrégulière. Les deux tubes répètent, avec un intervalle d'une demi-période, rigoureusement les mêmes phénomènes comme vous le prouve l'examen attentif des courbes. L'un et l'autre, à tour de rôle, laissent passer un courant, puis sont paralysés.

Ig. — Cependant, notre multivibrateur ne nous donne pas de tension en dents de scie.

Cur. — En effet; sur ses anodes, par exemple, nous trouvons plutôt des oscillations rectangulaires (ou « en créneaux »). Celles-ci ont beaucoup d'utilisations en télévision et, plus généralement, en électronique; la durée de leurs alternances positives et négatives est identique quand les éléments des deux étages du multivibrateur ont les mêmes valeurs. Mais si elles diffèrent entre





elles, nous détruisons cette belle symétrie. Et l'on peut ainsi obtenir des impulsions de courte durée séparées par des intervalles de temps relativement longs. On peut de la sorte fabriquer les tops de synchronisation.

Retour aux dents de scie.

Ig. — Ne peut-on pas ici, comme dans la base à oscillateur bloqué, remplacer les deux tubes par une seule double triode ?

Cur. — Bien entendu. De plus, on peut, à la liaison entre les deux étages normalement effectuée à l'aide du condensateur C_1 , substituer un mode de liaison par résistance commune R dans les cathodes des deux tubes.

Ig. — Je ne comprends pas comment une résistance peut remplacer un condensateur.

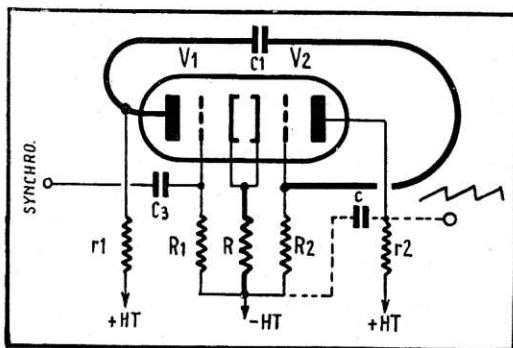


Fig. 53. — Multivibrateur à liaison par résistance commune dans la cathode. En pointillé, la modification permettant d'obtenir des tensions en dents de scie.

Cur. — Pourtant, en raisonnant, vous percerez aisément le mystère de la liaison cathodique. Songez que toute augmentation du courant anodique de l'une des triodes, courant qui — ne l'oubliez pas — traverse aussi la résistance R , accroîtra la chute de tension sur ses extrémités, en rendant plus négative celle qui est connectée à la grille de l'autre tube. De la sorte, son courant anodique diminuera. Le condensateur de liaison aurait dû produire le même effet.

Ig. — Je comprends maintenant. D'ailleurs, je vois sur le schéma que, profitant du fait que la grille de la triode V_1 est libre, vous lui appliquez les tops de synchronisation à travers un condensateur C_3 .

Cur. — Je le fais d'autant plus volontiers que le multivibrateur est un montage très facile à synchroniser.

Ig. — Excusez-moi, Curiosus, mais du moment que votre multivibrateur ne produit pas de tensions en dents de scie, ses autres vertus me laissent bien froid.

Cur. — Puisque vous y tenez tant, à vos dents de scie, vous en aurez, Ignotus. Pour les obtenir, ajoutez un condensateur C (voir la connexion en pointillé) entre l'une des anodes du multivibrateur et le négatif de la haute tension. De plus, rendez la résistance anodique r_2 de la même triode beaucoup plus élevée que celle r_1 de l'autre. Et vous les aurez, aux bornes de r_2 , vos dents de scie.

Ig. — Je suppose que c'est encore une histoire de la charge du condensateur C à travers r_2 .

Cur. — Telle est, en effet, la nature du phénomène. La résistance r_2 étant élevée, aucun courant ne circule au début dans la triode V_2 . Il faut que le potentiel aux bornes de C atteigne une valeur suffisante pour que le courant se déclenche en déchargeant, entre cathode et anode, le condensateur C . Mais alors, c'est une véritable avalanche ! Car, du fait de l'établissement de ce courant, la triode V_1 , est négativement polarisée par l'action de la résistance cathodique commune R . Son courant anodique tombe, la tension sur son anode monte et, à travers C , rend la grille de V_2 plus positive, en accélérant la dé-

charge. Quand C est ainsi déchargé, le courant dans V_2 s'arrête et tout recommence.

Ig. — Est-ce que maintenant, je connais tous les montages engendrant des tensions en dents de scie ?

Cur. — Désolé de vous décevoir. Mais il en existe des quantités. Cependant, avec le thyatron, l'oscillateur bloqué et le multivibrateur, vous en connaissez les principaux. Les autres sont toujours basés sur les principes que nous avons

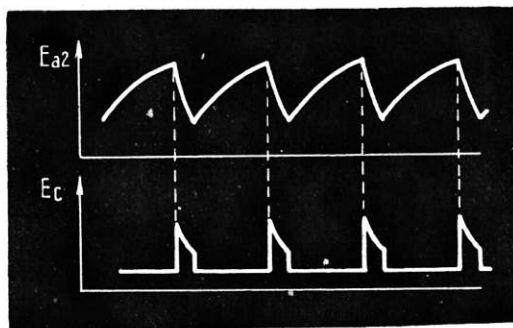
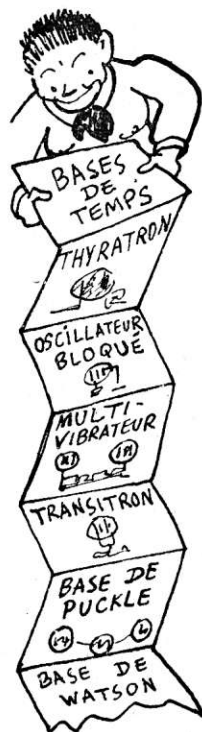


Fig. 54. — L'adjonction du condensateur C indiqué en pointillé dans le schéma de la figure 53 donne lieu aux tensions représentées ci-contre qui apparaissent sur l'anode de droite et sur la cathode.

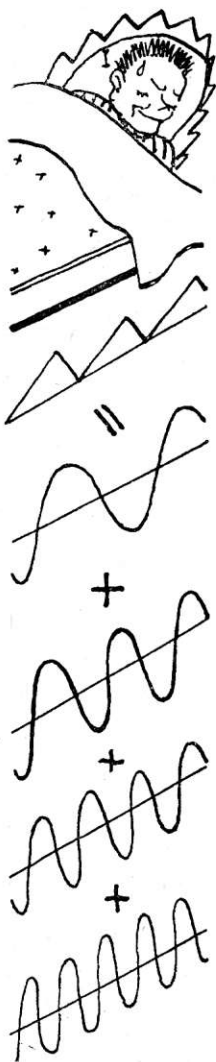
déjà examinés. C'est dire que vous n'aurez pas beaucoup de difficultés pour analyser leur fonctionnement. Et de la sorte, à notre prochain entretien, nous pourrons parler de questions plus gaies que ces bases de temps.



HUITIÈME CAUSERIE

Après avoir passé en revue les principaux modèles de bases de temps, nos amis vont étudier la façon d'appliquer leurs oscillations aux électrodes ou aux bobinages de déflexion. On verra que, dans le cas de la déviation par champs électriques, on est conduit à appliquer des signaux symétriques aux armatures de chaque paire de plaques déflextrices. Quant à la déviation magnétique, la rapidité des variations des courants traversant les bobinages suscite certaines difficultés. Mais tout s'arrange dans cette causerie qui traite notamment de :

L'amplification des tensions en dents de scie. — Obtention des tensions symétriques. — Déphasage par lampe. — Valeur des champs magnétiques de déflexion. — Self-induction des bobinages déflexeurs. — Montée et diminution du courant. — Valeurs des sur-tensions. — Bobines à basse impédance. — Transformateur d'adaptation. — Précautions d'isolement. — La déflexion images. — Oscillations parasites. — Diode d'absorption.



DENTS DE SCIE EN ACTION

Un amplificateur pourvu de toutes les vertus.

Ignotus. — La dernière fois, Curiosus, vous m'avez quitté en me promettant de me parler aujourd'hui de « choses plus gaies » que ces bases de temps qui hantent mes rêves. J'ignore ce que vous entendez par là. Mais le fait est que, en attendant, je ne vois pas exactement comment vous appliquez vos tensions en dents de scie aux dispositifs de déflexion : électrodes dans les tubes à déviation par champs électriques ou bien bobinages dans les tubes à déviation magnétique.

Curiosus. — Vous avez raison, Ignotus. Avoir ces tensions est bien. Mais savoir s'en servir est mieux. Or, telles qu'elles sont, leur amplitude est, en général, insuffisante pour promener le spot lumineux sur toute l'étendue de l'écran fluorescent. Aussi est-on conduit à les amplifier.

Ig. — Voilà une chose facile, puisqu'il s'agit de tensions de fréquence relativement basse.

Cur. — Vous avez parlé trop vite ! La fréquence fondamentale des bases de temps n'est pas bien élevée. Mais du fait que leurs oscillations sont loin d'être sinusoïdales, elles sont très riches en harmoniques... Au fait, vous rappelez-vous encore de ce que « harmonique » veut dire ?

Ig. — Bien sûr. Ce sont des oscillations composantes dont les fréquences sont des multiples de la fréquence fondamentale.

Cur. — Votre mémoire est toujours bonne. Eh bien, nos dents de scie riches en harmoniques nécessitent des amplificateurs capables de « passer » une bande très étendue de fréquences, sous peine d'atténuer ou même d'éliminer des harmoniques d'ordre supérieur, en déformant ainsi les dents de scie.

Ig. — Si j'ai bien compris, un amplificateur qui couperait tous les harmoniques en ne laissant subsister que la fréquence fondamentale, transformerait notre scie en sinusoïde ?

Cur. — C'est bien cela. Mais vous prenez le cas extrême. En général, en atténuant les harmoniques supérieurs, l'amplificateur arrondit légèrement les dents.

Ig. — On obtient donc une scie usée !...

Cur. — Je vous rappelle, d'autre part, que bien souvent on utilise un amplificateur qui altère intentionnellement la forme des dents de scie de manière à transformer en lignes droites les segments de courbes exponentielles.

Ig. — Je vois donc que je me suis bien avancé en prétendant que l'amplificateur des bases de temps est un dispositif très simple.

Cur. — Il l'est en fait. Mais les tâches qu'il accomplit sont multiples : amplifier, ménager les harmoniques supérieurs, linéariser les dents courbées. Et

ce n'est pas tout ! Car, dans le cas de la déflexion magnétique, il doit délivrer de la puissance...

Ig. — ...comme un vulgaire étage de sortie d'un récepteur de radio alimentant un haut-parleur. Heureusement, dans le cas de la déflexion par champs électriques, le problème est bien plus simple, car l'amplificateur n'a à procurer que des tensions, sans aucune intensité, donc pratiquement sans aucune puissance.

A hue et à dia.

Cur. — Oui, il s'agit d'un amplificateur de tension. Mais le problème n'en est pas moins compliqué, dans ce cas, car il faut appliquer aux électrodes de déflexion formant une paire, des tensions opposées en phase : pendant que le potentiel de l'une augmente, celui de l'autre doit diminuer, puis simultanément les deux doivent revenir brusquement à leurs valeurs initiales, et le tout doit recommencer.

Fig. 55. — Forme des tensions appliquées à une paire des électrodes de déflexion.

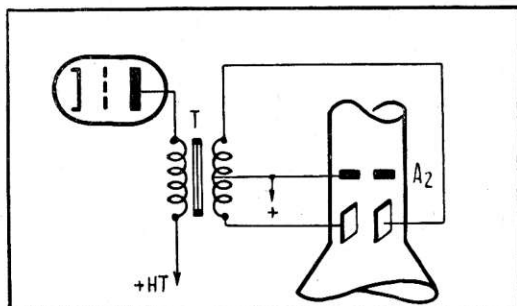
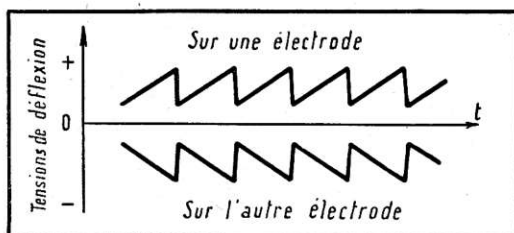


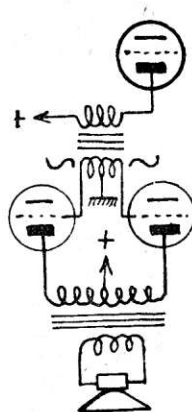
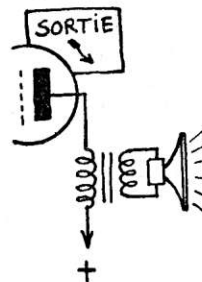
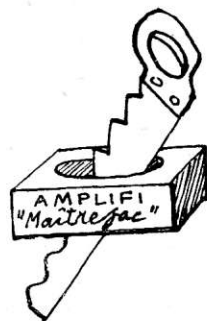
Fig. 56. — Montage rarement employé de liaison par transformateur entre tube amplificateur et électrodes de déflexion. La deuxième anode A2 est reliée à la très haute tension.

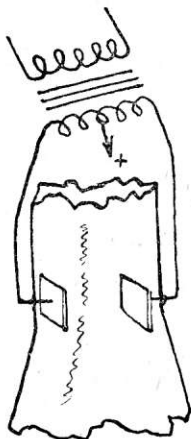
Ig. — En somme, pendant que l'électrode de droite pousse le spot à hue, celle de gauche le tire à dia, et ainsi leurs tensions collaborent amicalement. Mais alors, pour obtenir ces deux tensions, faudra-t-il utiliser, pour chaque paire d'électrodes, un ensemble de deux bases de temps synchronisées et délivrant des tensions identiques, mais de phases opposées ? Quelle complication !!!

Cur. — Rassurez-vous, Ignotus : une seule base suffira pour procurer les deux tensions en opposition de phase. Le problème n'est pas nouveau. Rappelez-vous que nous l'avons déjà examiné et résolu en parlant de l'amplificateur push-pull. Là aussi, il s'agissait d'appliquer aux grilles des deux tubes de l'étage push-pull des tensions identiques, mais en opposition de phase.

Ig. — En effet. Et nous avons trouvé la solution la plus simple qu'est l'emploi d'un transformateur de liaison dont le secondaire comporte une prise médiane.

Cur. — C'est ce que nous pourrions également faire avec le tube à déviation électrique. Le primaire du transformateur serait branché dans le circuit anodique de la lampe amplifiant les tensions de la base de temps. Les deux extrémités du secondaire, sur lesquelles apparaissent des tensions de phases opposées, seraient connectées aux deux électrodes de la même paire. Quant à





la prise médiane, il faudrait la relier à la dernière anode, de manière à ne pas créer de différence de potentiel entre elle et les électrodes de déflexion.

Ig. — Peut-on, avec les tubes cathodiques, utiliser le montage à déphasage par lampe ?

Cur. — Bien entendu. Voici (fig. 57) le schéma normal où la première lampe est l'amplificatrice alors que la seconde ne sert qu'au déphasage. A l'une des électrodes, nous appliquons la tension amplifiée prélevée directement sur l'anode de la première lampe. La tension déphasée à la sortie de la deuxième lampe est appliquée à l'autre électrode.

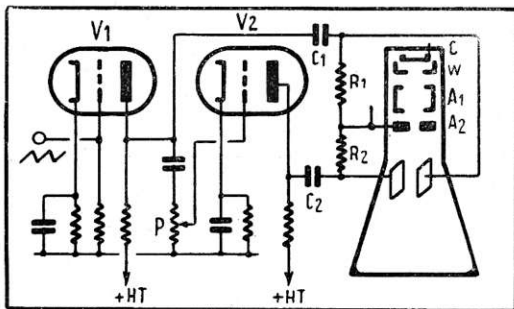


Fig. 57. — Montage permettant d'appliquer des tensions symétriques aux électrodes de déflexion. Le tube V1 sert à l'amplification et V2 à l'inversion de phase.

Et, pour que le gain de la deuxième lampe ne rende pas sa tension de sortie supérieure à celle de la première, le potentiomètre P sert à réduire, dans le rapport nécessaire, la tension appliquée à son entrée. Seules, les composantes alternatives des tensions en dents de scie sont admises aux électrodes de déflexion à travers les condensateurs C_1 et C_2 . Quant à leur potentiel moyen, il est, là encore, égal à celui de la dernière anode du tube cathodique, puisque les deux électrodes y sont reliées par des résistances R_1 et R_2 .

Tout semble facile à Ignotus.

Ig. — Tout cela ne me paraît pas bien méchant. Quand on connaît bien la radio, la télévision ne vous réserve pas de grosses surprises.

Cur. — C'est ce que nous verrons en examinant les montages de déflexion magnétique. Ici, le tube amplificateur doit être capable de délivrer une certaine puissance. Le champ magnétique créé dépend, en effet, tant du nombre de spires que de l'intensité du courant qui les parcourt.

Ig. — Je le sais, Curiosus. Et j'ai été bien content lorsque j'ai appris qu'en pratique on exprime l'intensité d'un champ magnétique par le produit de l'intensité du courant et du nombre de spires. J'aime autant parler d'ampères-tours que de ces unités que l'on appelle gauss, oersted et qui ne me disent rien qui vaille.

Cur. — Vous savez donc qu'une bobine de 1.000 spires parcourue par un courant de 0,12 ampère...

Ig. — ...crée un champ de $0,12 \times 1.000 = 120$ ampères-tours.

Cur. — Vous pourriez, d'ailleurs, obtenir le même champ avec une bobine de 200 spires...

Ig. — ... et un courant de 0,6 ampère. Mais ces chiffres correspondent-ils à quelque chose dans le domaine de la télévision ?

Cur. — C'est l'ordre de grandeur du champ nécessaire pour balayer l'écran d'un tube avec une déviation angulaire de l'ordre de 75° .

Ig. — Si je comprends bien, il faut que le champ magnétique passe de zéro à 120 ampères-tours pour que le spot parcourt l'écran le long d'un diamètre ?

Cur. — Oui. D'une manière plus générale, il faut que le champ varie de cette grandeur pour faire effectuer au spot le trajet voulu. C'est vous dire que, dans le cas d'une bobine de 1.000 spires, l'intensité du courant qui la traverse

doit progressivement augmenter de 0,12 ampère, puis retomber très rapidement à zéro et ainsi de suite.

Ig. — Cela ne doit pas être bien difficile. Il suffit de prendre une lampe suffisamment puissante. On intercale alors les bobines de déflexion dans son circuit anodique...

Cur. — ...et la composante continue du courant anodique crée un champ permanent tel que le spot est dévié hors de l'écran...

Ig. — Qu'à cela ne tienne. On peut, par exemple, assurer la liaison entre

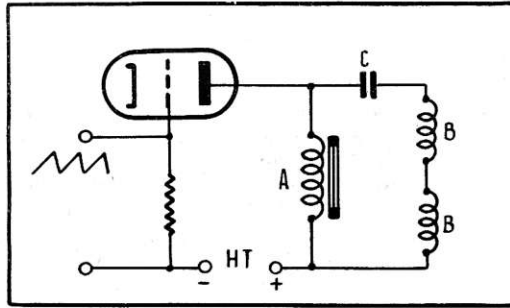


Fig. 58. — Liaison par inductance A entre le tube amplificateur et les bobinages B de déflexion magnétique. Utilisée surtout pour la déflexion verticale (images).

la lampe et les deux bobines de déflexion B, par une inductance A et un condensateur C, celui-ci s'opposant au passage de la composante continue dans nos bobines (fig. 58).

Cur. — Très bien, Ignotus. Mais que faites-vous des phénomènes de self-induction ?

Ig. — Je ne vois pas très bien ce qu'ils ont à faire ici.

Déduction sur la self-induction.

Cur. — Nos bobines, constituées par un total de 1.000 spires, auront une self-induction que l'on peut évaluer à 0,15 henry, par exemple. Les rapides variations de courant vont y susciter des courants de self-induction.

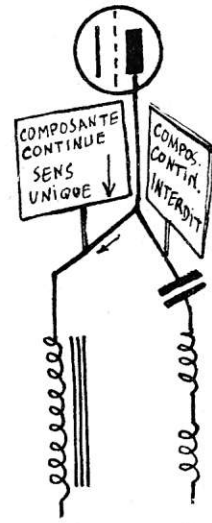
Ig. — En effet, je me souviens de notre vieille formule « self-induction égale opposition ». Quand le courant dans un bobinage varie, la self-induction fait naître un courant induit qui s'oppose aux variations du courant inducteur. Lorsque ce dernier augmente, le courant induit va dans le sens opposé. Mais quand le courant inducteur diminue, le courant induit fait tout ce qu'il peut pour le maintenir, et, à cette fin, il va dans le même sens.

Cur. — Votre excellente mémoire me facilite singulièrement la tâche. J'ajoute que le courant induit se manifeste par une tension apparaissant aux bornes du bobinage. Vous devinez aisément de quoi dépend la valeur de cette tension.

Ig. — Je suppose qu'elle est proportionnelle au coefficient de self-induction L du bobinage.

Cur. — Et vous ne vous trompez pas. Mais elle dépend encore d'autre chose : de la vitesse de la variation du courant ou, ce qui revient au même, du temps dt que le courant a mis à varier de la valeur dl.

Ig. — Evidemment. Si cette variation est très lente, c'est comme si le courant était continu. En revanche, plus les variations sont rapides, plus la self-induction réagit violemment. Vous avez, naguère, à juste raison comparé la self-induction à l'inertie. Eh bien, la comparaison reste toujours valable. Si nous avons une pesante charrette et un cheval qui avance et recule très lentement, tout se passera normalement. Mais si le cheval s'amuse à faire sa promenade alternative à cadence accélérée, au moment où il tirera la charrette rapidement en avant, elle le tirera en arrière. Et quand, entraînée par le mouvement elle aura devant elle le cheval tendant à la faire reculer, elle le poussera en avant. Et le heurt risque d'être violent. En fin de compte, le cheval y laissera sa peau... ou bien la charrette sera démantibulée.



En pleine arithmétique.



Cur. — Revenons-en, si vous voulez bien, à nos bobinages. En supposant que les dents de scie du courant qui les parcourt soient tout à fait linéaires, on peut dire que la tension due à la self-induction est d'autant plus grande que la durée t de la variation I du courant est plus courte.

Ig. — Ce n'est pas que j'aime beaucoup les formules. Mais je crois qu'en désignant par e la tension que leur self-induction fait apparaître aux bornes des bobinages, je peux dire que :

$$e = \frac{L \times I}{t}$$

Cur. — Bravo, Ignotus. Votre formule est tout à fait correcte. Vous pouvez donc faire le calcul de cette tension pour $L = 0,15$ H et $I = 0,12$ A.

Ig. — Mais à quoi est égal le temps t ? Je crois qu'il faudra, d'ailleurs, distinguer deux cas : celui de la montée du courant, qui est d'une durée relativement longue, et celui de sa rapide diminution.

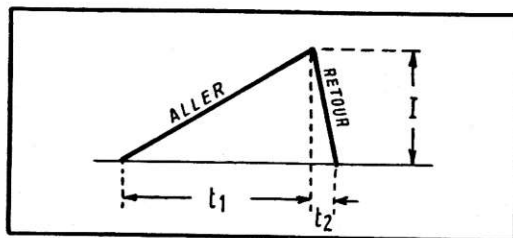


Fig. 59. — Chaque période du courant de déflexion comporte le temps t_1 d'aller et le temps t_2 , beaucoup plus court, de retour.

Cur. — C'est juste. Prenons donc le cas de la déflexion des lignes. Pour 25 images explorées par seconde par 819 lignes, nous avons un total de 20.475 dents de scie par seconde. C'est dire que chacune ne dure que 0,000 048 seconde, soit 48 μ s (micro-secondes). Là-dessus, le temps de l'aller du spot (augmentation du courant) est de 40 μ s et celui du retour 8 μ s. Vous avez ainsi toutes les données numériques. Tâchez de ne pas vous tromper.

Ig. — La tension e_1 apparaissant à l'aller sera donc :

$$e_1 = \frac{I \times L}{t_1} = \frac{0,12 \times 0,15}{0,000\ 040} = 450 \text{ V environ.}$$

Et la tension e_2 apparaissant au retour sera :

$$e_2 = \frac{I \times L}{t_2} = \frac{0,12 \times 0,15}{0,000\ 008} = 2.250 \text{ V}$$

Mais c'est formidable !

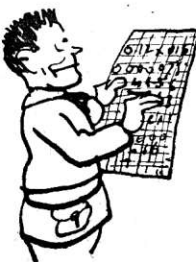
Cur. — Le plus formidable, ce ne sont pas les valeurs des surtensions, mais le fait que vous ne vous êtes pas trompé dans ces calculs...

Ig. — Je crois que vous avez raison d'appeler cela « surtensions ». Je n'aurais jamais cru que des variations relativement faibles, encore que rapides, des courants puissent faire apparaître des tensions de cet ordre.

Cur. — Ce n'est rien, car pour des tubes de plus gros diamètre il faut utiliser des courants plus importants. Et alors, les surtensions atteignent plusieurs milliers de volts. Et même dans notre cas, elles sont, en réalité, beaucoup plus élevées, car la forme véritable des dents de scie donne lieu à des variations de courant plus rapides que dans le cas hypothétique de retour linéaire que nous avons envisagé.

Ig. — Mais n'est-ce pas dangereux ?

Cur. — Les surtensions, dues à de brusques variations du courant dans des



circuits inductifs, constituent le plus grand danger en électricité. Bien des catastrophes ont pour origine ce phénomène. En l'occurrence, nos bobines de déflexion sont pour le moins dans une position délicate. Leur encombrement très limité ne permettra pas d'enrouler les mille spires nécessaires en fil suffisamment bien isolé. Il faut donc se contenter d'un conducteur à faible isolement qui risque de ne pas supporter les surtensions imposées et de « claquer » dans un beau feu d'artifice.

Ignotus a une bonne idée.

Ig. — C'est une bien triste perspective. Ne pourrait-on pas y remédier en réduisant le nombre de spires du bobinage, quitte à accroître d'autant l'intensité pour maintenir constant le nombre d'ampères-tours ?

Cur. — Certes, on pourrait le faire. Mais quel avantage en résulterait-il ?

Ig. — Si vous diminuez par exemple 5 fois le nombre de spires, la self-induction, elle, diminuera 25 fois. De la sorte, malgré le fait que l'intensité doit être accrue 5 fois, la valeur des surtensions diminuera, en définitive, toujours 5 fois. Et, de surcroît, on pourra utiliser un fil mieux isolé, car il n'y aura que 200 spires à loger dans l'espace disponible.

Cur. — Bien raisonné, Ignotus. Vous êtes, aujourd'hui, décidément, en pleine forme !

Ig. — Cependant, je vois une difficulté. Ayant réduit 5 fois le nombre de spires, nous devons augmenter dans le même rapport l'intensité du courant. Or, cela nous conduit à $0,12 \times 5 = 0,6$ ampère. Il faudra prendre Dieu sait quel tube pour obtenir pareille intensité dans le circuit amodique.

Cur. — Il existe un moyen très simple pour y parvenir. Puisque vous avez maintenant 5 fois moins de spires et une self-induction 25 fois plus faible, en appliquant à vos bobines une tension 5 fois plus faible vous obtiendrez encore un courant 5 fois plus fort.

Ig. — Attendez, Curiosus, cela s'embrouille dans ma tête.

Cur. — Réfléchissez, Ignotus. Vous avez maintenant un bobinage dont l'inductance, c'est-à-dire la réactance inductive qu'il oppose au passage du courant

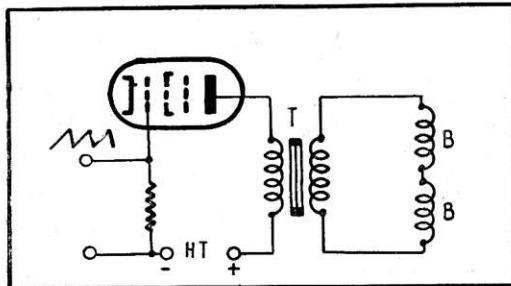


Fig. 60. — Liaison par transformateur T entre tube amplificateur et bobinages de déviation B.

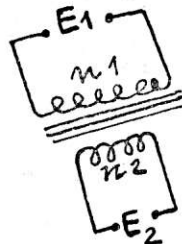
variable, est 25 fois plus faible. Donc, avec la même tension appliquée à ses bornes, vous auriez obtenu un courant 25 fois plus intense. C'est trop. Réduisez donc la tension 5 et vous aurez le courant souhaité.

Ig. — Maintenant, j'ai compris. Mais comment abaisser la tension ?

Cur. — N'avez-vous jamais entendu parler de ce que l'on appelle transformateur ?

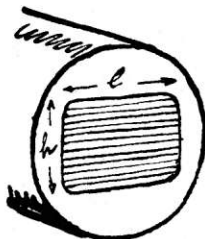
Ig. — Excusez-moi. Je ne pensais pas à cette vieille connaissance. Evidemment, un transformateur abaisseur offre une solution idéale. Nous aurons ainsi au secondaire une tension plusieurs fois plus faible avec une intensité autant de fois plus élevée.

Cur. — Cette liaison à transformateur est utilisée tant pour la déflexion des lignes que pour celle des images. Quant à la déflexion dans le sens vertical (images), on emploie aussi la liaison à inductance ; on remplace même parfois l'inductance A (fig. 58) par une simple résistance.



$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

Autres méfaits des surtensions.



Ig. — Mais n'a-t-on pas, pour la déviation verticale, à redouter les mêmes effets de surtension ?

Cur. — Assurément pas. Et cela pour deux raisons. D'une part, on a besoin d'une variation du champ magnétique un peu plus faible que pour les lignes, puisque les images sont plus longues que hautes, en sorte que le chemin parcouru par le spot dans le sens vertical est plus court que son déplacement horizontal.

Ig. — Cela ne fait quand même pas une grosse différence.

Cur. — Certes pas. Aussi la raison principale des surtensions beaucoup plus faibles est la vitesse beaucoup plus réduite des variations du courant. Pendant que la base de temps lignes engendre ses 819 dents de scie, celle des images n'en produit que 2. C'est vous dire combien la déflexion dans le sens vertical nécessite moins de précautions. Mais les surtensions de la déflexion horizontale compliquent tout, y compris le fonctionnement de l'amplificatrice.

Ig. — Je n'en vois pas la raison.

Cur. — Ne voyez-vous pas qu'elles viennent se superposer à la tension anodique, tantôt en phase, tantôt en opposition de phase. Et cela est vrai quel que soit le montage de sortie. Dans le cas de la liaison par inductance, ces surtensions passent à travers le condensateur C. Dans le cas du montage à transformateur, elles se forment sur son primaire. En voyez-vous le sens ?

Ig. — Au moment où le courant augmente, c'est-à-dire pendant l'aller du spot, le courant de self-induction va dans le sens inverse de celui du courant anodique inducteur, pour s'opposer à son accroissement. Par conséquent, l'afflux d'électrons sur l'anode diminue d'autant sa tension positive. Dans notre exemple, la surtension est de 450 V. Aussi, pour qu'il reste sur l'anode une tension convenable, disons 100 V, il faut que la haute tension soit d'au moins 550 V.

Cur. — Tout cela est bien raisonné. Examinez maintenant le moment du retour du spot.

Ig. — Nous avons alors une brusque diminution du courant anodique. Pour s'y opposer, la self-induction suscite un fort courant dans le même sens, courant qui enlève des électrons à l'anode en la rendant de la sorte plus positive. Ainsi la surtension apparaissant au retour du spot s'ajoute à la tension anodique. Dans notre cas, les 2.250 volts de surtension avec les 550 volts d'alimentation, donneront sur l'anode 2.800 volts.

Cur. — Cette tension élevée entre l'anode et la cathode de l'amplificatrice nécessite l'emploi d'une lampe avec anode bien isolée. De préférence, on utilise des lampes ayant la sortie de l'anode au sommet de l'ampoule.

Ig. — Je me demande ce que devient le fonctionnement de l'amplificatrice avec des variations aussi importantes de sa tension anodique. Il y a là de quoi ébranler les nerfs du tube le plus solide.

Cur. — En vérité, les distorsions qui en résultent ne sont pas trop graves, à condition d'utiliser des lampes dont le courant anodique varie peu lorsque leur tension anodique subit d'importantes variations.

Ig. — C'est-à-dire des tubes ayant une résistance interne élevée puisque celle-ci est, par définition, le rapport d'une variation de la tension anodique à la variation correspondante du courant anodique.

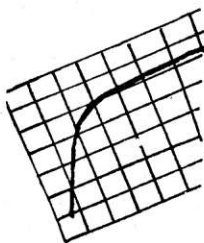
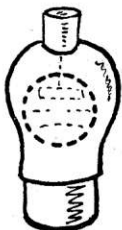
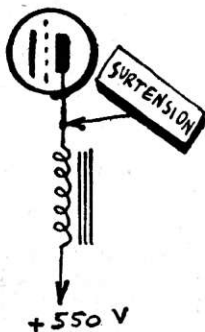
Cur. — Vous n'avez pas cessé de m'étonner aujourd'hui, Ignotus. Qu'avez-vous mangé au déjeuner ?

Ig. — Toute une boîte de sardines.

Cur. — Tout s'explique : c'est le phosphore !... Eh bien, puisque votre cerveau est rechargé à bloc, pouvez-vous me dire quelles sont les lampes ayant une forte résistance interne ?

Ig. — Les penthodes, pardi !... Pour résumer, si j'ai bien compris, pour la déflexion lignes on emploie de préférence une amplificatrice penthode reliée aux bobinages à travers un transformateur abaisseur, le tout bien isolé à cause de ces détestables surtensions.

Cur. — N'en dites pas trop de mal. Vous verrez par la suite qu'on parvient



à les utiliser d'une manière fort ingénieuse pour obtenir la très haute tension alimentant la dernière anode des tubes cathodiques.

Ig. — Comme quoi un vice dont on profite se mue en vertu...

Cur. — Les surtensions en question étant beaucoup moins virulentes dans la déflexion images, une simple triode avec liaison par inductance ou par résistance fait parfaitement l'affaire ; rien n'empêche, toutefois, d'avoir recours à une penthode.

Oscillations amorties.

Ig. — Je ne sais pas si je ne vais pas dire une bêtise. Mais il y a une chose qui m'étonne. C'est le fait que, dans un circuit plein de self-induction, le courant puisse varier aussi vite que c'est le cas lors du retour des lignes.

Cur. — Votre question est très naturelle. Vous savez que nous payons cette brusque variation en subissant la forte surtension qui en résulte. Et nous la rendons possible en composant notre circuit de manière qu'il soit très faiblement amorti. A vrai dire, c'est un véritable circuit oscillant que nous avons là, avec sa self-induction, sa capacité et sa résistance.

Ig. — Je ne vois pourtant ni condensateurs ni résistances.

Cur. — Il n'est point besoin de les dessiner sur le schéma : ces éléments invisibles n'en sont pas moins présents. Pouvez-vous, en effet, imaginer des enroulements dépourvus de résistance ou de capacité répartie ?

Ig. — Excusez-moi, je reconnais qu'aussi bien les bobinages de déflexion que les enroulements du transformateur ont une résistance et une capacité répartie.

Cur. — Si la résistance n'est pas trop élevée, nous sommes en présence d'un véritable circuit oscillant. Et le rapide passage des électrons au retour du spot s'en trouve grandement facilité, puisqu'il se déroulera comme une partie d'oscillation du circuit.

Ig. — Ça, c'est bien ! Mais l'oscillation s'arrêtera-t-elle aussitôt ?

Cur. — Non, hélas ! C'est là le revers de la médaille. Quand on a mis en branle les électrons dans un circuit oscillant, ils ne s'arrêtent qu'au terme de plusieurs oscillations de plus en plus faibles comme un pendule lancé d'une chiquenaude.

Ig. — Mais qu'en résultera-t-il pratiquement ?

Cur. — Rien de bien beau. Tout en s'émoissant, la dent de scie s'enrichira d'une petite sinusoïde parasite venant, après la fin du retour, compromettre le début de l'aller. Le spot, au lieu de s'élaner du bord gauche de l'image à son autre bord d'un seul mouvement et avec une vitesse uniforme, entreprendra au départ une sorte de valse-hésitation : trois pas à droite, deux à gauche, un pas et demi à droite, un à gauche, etc., pour, en fin de compte, se précipiter d'un seul mouvement à droite. Ces petites allées et venues se manifesteront sur l'image par des franges verticales du plus lamentable effet.

Ig. — Dites-moi alors quel est le remède contre ces oscillations parasites qui m'ont bien l'air d'un « accrochage ».

Cur. — Comme en radio : amortir ! c'est-à-dire absorber assez d'énergie pour que le circuit, tout en demeurant à la limite de l'état oscillatoire, ne puisse pas entretenir des oscillations parasites.

Ig. — Et je suppose que vous chargerez de cette absorption d'énergie une résistance branchée en dérivation sur les bobines de déflexion.

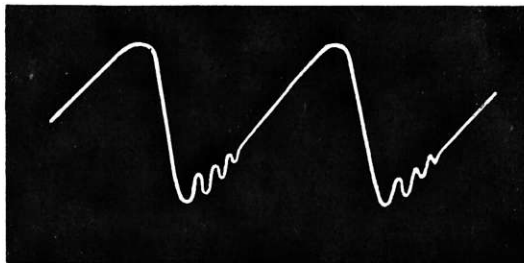
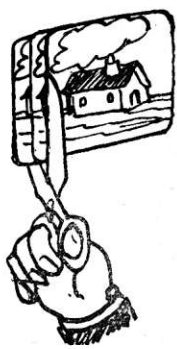
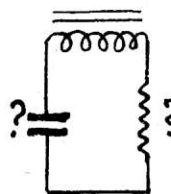
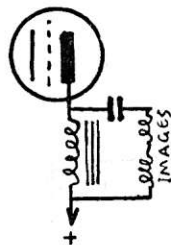
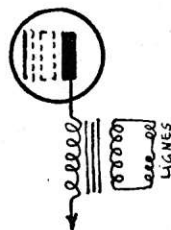


Fig. 61. — Oscillations parasites venant déformer les courants de déflexion.

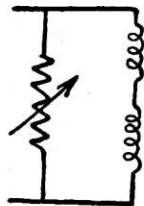


Fig. 62. — La diode D en série avec la résistance R permet d'amortir au bon moment le circuit oscillant pour empêcher les oscillations parasites.

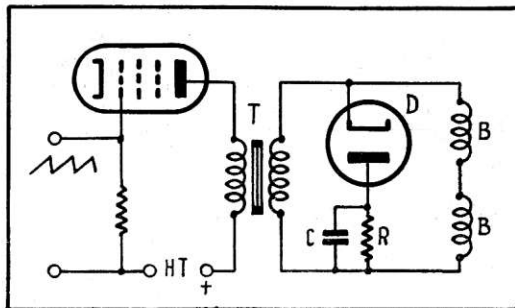
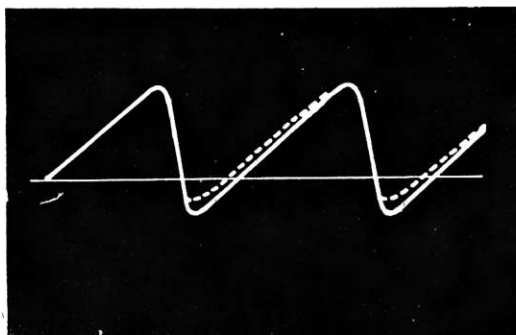


Fig. 63. — Avec une simple résistance d'amortissement l'oscillation aurait l'allure représentée en pointillé. Grâce à l'effet retardataire de la polarisation que la charge de C forme sur R, l'effet d'amortissement intervient pour des amplitudes supérieures.



Cur. — C'est en effet, la méthode la plus simple et la plus économique. En réduisant progressivement la valeur d'une telle résistance, on la fait parcourir par un courant de plus en plus intense. De la sorte, on détermine la valeur juste suffisante pour amortir le circuit et étouffer les oscillations parasites.

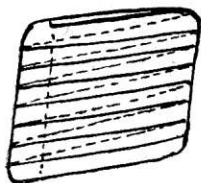
Ig. — Dommage que la résistance absorbe de l'énergie pendant tout le cycle. Ce qui serait chic, ce serait un commutateur très rapide qui la connecterait au moment propice pour étouffer les oscillations parasites, mais qui la débrancherait pendant le retour du spot pour que le circuit soit alors bien désamorti et que, de la sorte, le retour puisse s'effectuer aisément.

Cur. — Rien de plus facile. Ignotez. Ajoutez à la résistance d'amortissement une diode branchée dans le bon sens, c'est-à-dire de manière que, pendant les alternances positives du courant, elle ne soit pas conductrice, mais qu'elle le devienne pendant les alternances négatives. Dès lors, l'effet d'absorption s'exercera à la fin du retour et au début de l'aller, soit pendant la phase « dangereuse » du fonctionnement.

Ig. — C'est vraiment ingénieux, votre diode d'absorption. Mais à quoi sert le condensateur en dérivation sur la résistance, que vous avez branché en série avec la diode ?

Cur. — Pendant chaque passage de courant, le condensateur se charge et, en se déchargeant à travers la résistance, il maintient une légère polarisation négative sur la plaque de la diode. De ce fait, elle ne laisse passer le courant que lorsque la tension sur le bobinage dépasse la valeur de cette polarisation. Grâce à ce retard artificiel, le circuit reste plus longtemps désamorti. Cela permet à l'oscillation de retour d'aller plus loin du côté des valeurs négatives, donc d'assurer un balayage d'amplitude supérieure. Ainsi l'énergie disponible est-elle utilisée avec un meilleur rendement.

Ig. — Par contre, je sens que le rendement de mon cerveau commence à baisser tant il est amorti par toutes les notions qu'il a dû absorber aujourd'hui sans leur opposer la moindre impédance.



NEUVIÈME CAUSERIE

Abandonnant provisoirement les questions de la réception, Curiosus et Ignotus étudieront ci-dessous la façon dont, à l'émission, s'opère la traduction des images en signaux vidéo. Il existe de nombreux modèles de caméras de prises de vues utilisées à cette fin. Au lieu de faire étalage d'érudition en les passant tous en revue, Curiosus n'examinera que les modèles les plus caractéristiques des caméras actuelles. Chemin faisant, il traitera des sujets suivants:

Temps de l'éclairement de l'élément photo-électrique. — Procédé à éclairage permanent et à commutation. — Accumulation des charges. — Iconoscope. — Mosaïque photo-sensible. — Commutateur électronique. — Emission secondaire. — Super-iconoscope. — Image-orthicon. — Multiplicateurs électroniques. — Prises de vues en infra-rouges.

DU COTÉ DE L'ÉMETTEUR

Au royaume des microsecondes.

Ignotus. — Puis-je vous faire un aveu, Curiosus ?

Curiosus. — Ne vous gênez pas, mon ami.

Ig. — J'en ai plein le dos des bases de temps et de toutes les questions de déflexion. Ne pensez-vous pas que nous pourrions changer de sujet de conversation ?

Cur. — Telle était, en effet, mon intention. Nous avons déblayé le terrain pour pouvoir aborder de front les questions essentielles de télévision. Il fallait, cependant, vous expliquer de quelle manière le balayage des images est effectué tant à l'émission qu'à la réception.

Ig. — J'espère donc que nous pourrons maintenant aborder l'étude des récepteurs, car j'ai hâte d'en monter un pour mon propre usage. J'ai même acheté une partie du matériel, soit 10 mètres de fil pour le câblage.

Cur. — Je crains que le reste ne vous coûte plus cher... Mais ne voudriez-vous pas, avant de vous lancer à corps perdu dans la réception, examiner rapidement ce qui se passe du côté de l'émetteur ?

Ig. — Je sais, pour l'avoir lu dans une revue, que les studios d'émission sont éclairés par des projecteurs tellement puissants que les acteurs attrapent des coups de soleil et que leur peau pèle.

Cur. — Votre revue est en retard. C'était exact aux débuts des émissions de télévision. Mais les caméras actuelles de prises de vues sont aussi sensibles que l'œil humain. Et l'éclairage excessif n'est plus nécessaire.

Ig. — A-t-on réussi à élever tellement la sensibilité des cellules photo-électriques ?

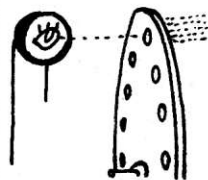
Cur. — A vrai dire, peu de progrès ont été réalisés dans ce domaine. Mais on a appris à tirer meilleur parti des cellules existantes. Au lieu de les éclairer seulement à de courts instants...

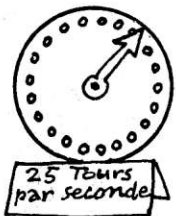
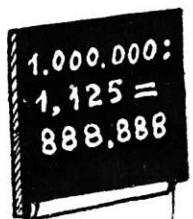
Ig. — Comment cela ?

Cur. — Ne vous souvenez-vous pas du procédé mécanique d'émission que je vous ai exposé au cours de notre deuxième causerie ? Là, notre cellule photo-électrique ne reçoit, à chaque instant, que la lumière provenant d'un élément de l'image, lumière que laisse passer le trou du disque défilant devant la cellule. De la sorte, si l'on pouvait par ce procédé réaliser un balayage à 819 lignes, chaque élément de l'image ne projetterait sa lumière à chaque exploration que pendant environ 0,045 microseconde.

Ig. — Ce n'est vraiment pas beaucoup. Avec 25 images explorées par seconde, cela ne fait que 1,125 microseconde d'utilisation de la lumière de chaque élément pendant la durée d'une seconde.

Cur. — Vous concevez donc fort bien que, théoriquement, un système per-





mettant d'utiliser cette lumière sans interruption doit être autant de fois plus sensible que 1,125 microseconde est contenue en une seconde.

Ig. — Si vous espérez me faire commettre une erreur de calcul, vous en serez pour vos frais. Une seconde, cela fait un million de microsecondes. En divisant par 1,125, j'obtiens 888.000 fois.

Cur. — En réalité, on n'obtient pas un rapport aussi élevé. Cependant, l'augmentation de la sensibilité est encore de l'ordre de 100.000 fois.

Ig. — Et, par le temps qui court, c'est loin d'être négligeable... Mais comment faites-vous éclairer constamment votre cellule par chacun des éléments de l'image ?

Une parmi des millions.

Cur. — Ce n'est pas une cellule que j'utilise, Ignotus, mais des millions de cellules ! Et chaque élément de l'image en éclaire tout un groupe.

Ig. — Vous moquez-vous de moi ?

Cur. — Point ! Vous verrez tout à l'heure que je n'exagère pas et que mes millions de cellules sont loin d'être d'un encombrement excessif. Mais avant d'en prendre une telle quantité, prenons-en une seule (fig. 64) et examinons son fonctionnement. Sa cathode photo-sensible reçoit de la lumière en permanence. Suivant l'éclairement, elle émet une quantité plus ou moins élevée

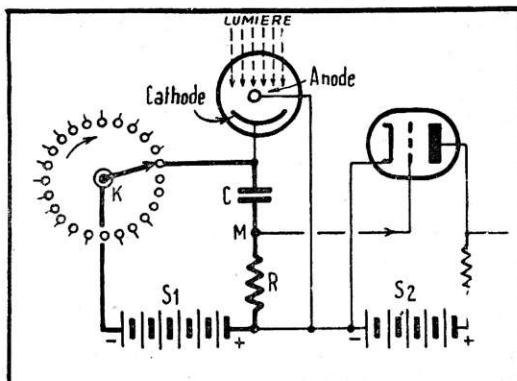


Fig. 64. — Voici comment on peut transmettre les variations de brillance de l'un des éléments de l'image.

d'électrons qui sont attirés par l'anode maintenue à un potentiel positif. De ce fait, l'armature supérieure du condensateur C se trouve chargée...

Ig. — ...plus ou moins positivement, puisque la cathode a perdu des électrons qui sont des charges négatives.

Cur. — Or, le commutateur rotatif K vient, 25 fois par seconde et pendant un très court intervalle de temps, connecter la cathode au pôle négatif de la haute tension. Que se passe-t-il alors ?

Ig. — Je devine que la source de haute tension S_1 débite alors un courant destiné à procurer à l'armature supérieure du condensateur C les électrons qui lui manquent.

Cur. — C'est exact. Par conséquent, il y aura un flux électronique qui, partant du pôle négatif de la source de tension et par le commutateur K atteindra le condensateur C, neutralisera la charge positive de son armature supérieure et, de ce fait, chassera de l'armature inférieure les électrons en excédent qui y ont été attirés par la charge positive de l'autre armature. Ces électrons traverseront la résistance R pour atteindre le pôle positif de la source de haute tension.

Ig. — Je vois fort bien la suite de votre raisonnement. Le courant est plus ou moins intense, suivant l'éclairement de la cellule. Il crée une chute de tension sur la résistance R, en sorte que, en connectant son extrémité M à la

grille d'une lampe amplificatrice, nous pouvons amplifier les tensions proportionnelles à l'éclaircissement. Mais cette grille ne se trouve-t-elle pas à un potentiel positif élevé ?

Cur. — Par rapport à la source S_1 utilisée pour la cellule photoélectrique, oui. Mais non en ce qui concerne la source S_2 servant justement à alimenter l'amplificateur. La cathode et le retour de grille de l'amplificatrice sont tous les deux reliés au pôle négatif de cette source, ce qui est parfaitement normal.

Ig. — D'accord. Mais ce que je vois moins clairement, c'est la façon de capter des images avec votre cellule.

Des millions de cellules ? Impossible !

Cur. — Imaginez donc une surface entièrement recouverte de cellules semblables à celle que nous avons examinée. Supposez que leurs cathodes soient toutes reliées à des contacts fixes successivement parcourus par le commutateur K , 25 fois par seconde. Admettez de surcroît que chacune des cathodes soit connectée à un condensateur C dont toutes les armatures opposées sont connectées au point M d'une seule et unique résistance R et à la grille du tube d'entrée d'un amplificateur. Si nous projetons l'image sur l'ensemble de ces cellules...

Ig. — ...votre système fonctionnera parfaitement. En effet, à tout instant donné, on trouvera au point M une tension dont la valeur sera proportionnelle à l'éclaircissement de la cellule que le commutateur K aura mise en circuit à ce moment-là.

Cur. — Je vois que vous avez compris. Et vous rendez-vous compte du fait que la lumière agit sur toutes les cellules pendant tout le temps, en sorte que les tensions obtenues sont le résultat de l'accumulation des charges dans les intervalles entre deux décharges ? C'est cet effet d'accumulation qui détermine la sensibilité élevée de notre dispositif.

Ig. — Mais il n'est pas réalisable ! Vous ne pouvez pas envisager raisonnablement la mise en batterie de près de neuf-cents milliers de cellules, car tel en serait le nombre pour une analyse à 819 lignes. Vous pouvez encore moins concevoir un commutateur qui, en $1/25^e$ de seconde, saura parcourir près de 900.000 contacts. Tout cela, vous le savez bien, est rigoureusement impossible.

Rien n'est impossible.

Cur. — Et pourtant tout cela a été parfaitement réalisé par Zworykin dans son iconoscope. Le cœur de ce remarquable dispositif est formé par la mosaïque photosensible. Celle-ci a pour support une mince plaque de mica. Sur cette plaque, on a déposé une légère couche d'argent. Puis, en la chauffant, on fait craqueler cette couche, de manière que l'argent se répartisse en fines gouttelettes isolées les unes des autres. Sur ces gouttelettes, on forme alors des surfaces photosensibles en y déposant des vapeurs de césium.

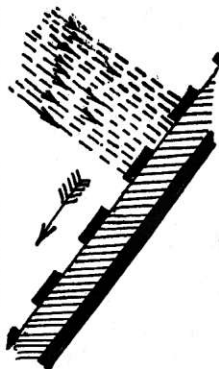
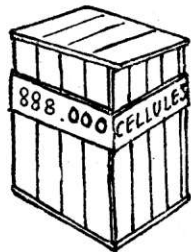
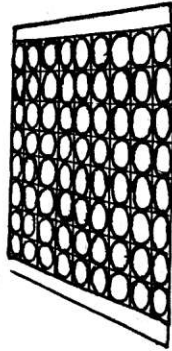
Ig. — Je connaissais les vernis craquelés au four qui sont du plus heureux effet sur les coffrets des appareils de mesure. Mais l'argent craquelé est, pour moi, une nouveauté. C'est donc ainsi que vous obtenez vos millions de cellules !

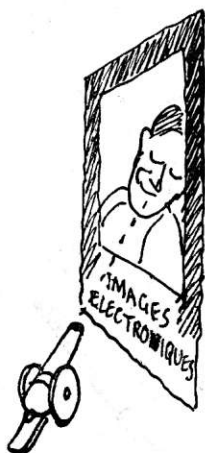
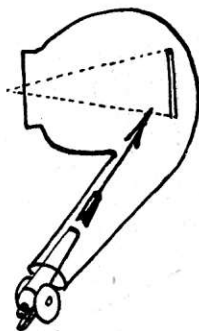
Cur. — Mais oui. Du moins obtient-on ainsi leur partie essentielle : les cathodes. Car les électrons émis sous l'action de la lumière sont attirés par une anode commune.

Ig. — Et les condensateurs individuels de nos cellules ?...

Cur. — Ce problème a été résolu d'une façon très ingénieuse : il a suffi de métalliser l'autre face de la feuille de mica pour que chaque cathode formât, avec cette armature commune, le condensateur individuel de chaque cellule. Vous remarquerez, d'ailleurs, qu'une régularité absolue des cathodes n'est pas obligatoire, puisque plusieurs gouttelettes sont comprises dans la surface d'un seul élément d'image et que, de plus, les capacités des condensateurs individuels sont, par principe, proportionnelles aux surfaces de ces cathodes.

Ig. — C'est vraiment merveilleux ! Et je devine que le commutateur par-





courant les millions des contacts n'est rien d'autre que le faisceau électronique d'un tube cathodique.

Cur. — Vous n'avez aucun mérite à l'avoir deviné puisque vous m'avez vu dessiner le schéma de l'icône.

Ig. — Son ampoule a une forme bien bizarre.

Cur. — Il le fallait bien, car la mosaïque photosensible doit être soumise à la fois à l'action de la lumière et au balayage par le faisceau électronique. Pour qu'un objectif puisse former l'image de la scène à transmettre sur la mosaïque, une paroi de l'ampoule doit être rigoureusement plane. D'autre part, le « canon électronique », c'est-à-dire l'ensemble des électrodes servant à la formation du fin faisceau électronique, est placé dans un tube formant avec le plan de la mosaïque un angle de l'ordre de 45° . Je vous ferai, d'ailleurs, remarquer que la deuxième anode A_2 est constituée tout bonnement par un dépôt métallique recouvrant une partie de la paroi intérieure de l'ampoule.

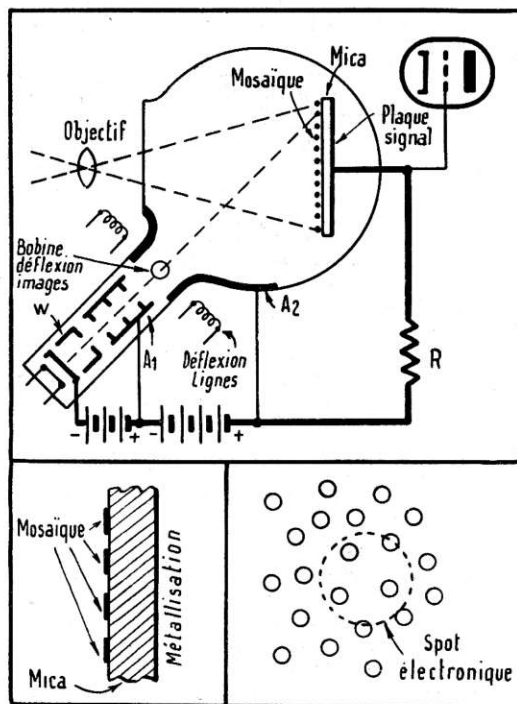


Fig. 65. — Composition d'un iconoscope ; coupe à travers la plaque signal ; répartition des éléments photosensibles de la mosaïque (en réalité, les dimensions du spot sont beaucoup plus grandes par rapport aux gouttelettes de la mosaïque).

Ig. — Je vois que la concentration du spot s'effectue par les champs électriques, alors que pour la déflexion on emploie des champs magnétiques.

Cur. — On aurait pu faire le contraire. Ce ne sont pas là les caractéristiques essentielles de l'icône. Ce qu'il importe surtout de prendre en considération, c'est le fait que toutes les cellules élémentaires de la mosaïque sont constamment soumises à l'éclairement par des rayons lumineux émanant des points correspondants de l'image. C'est dire que sans arrêt des charges se forment grâce à l'émission d'électrons sous l'action de la lumière.

Ig. — Et que deviennent-ils, ces électrons ?

Cur. — Ils sont attirés par l'anode A_2 . Quant aux charges positives accumulées sur la mosaïque, elles forment une véritable « image électronique ». En la balayant, le faisceau électronique vient, une fois par exploration de chaque image, soit tous les vingt-cinquièmes de seconde, neutraliser la charge de chaque élément (comprenant tout un groupe de cellules). Ces décharges

donnent lieu à un courant qui traverse la résistance R et crée à ses bornes une tension...

Ig. — ...qui dépend de l'éclairement de l'élément analysé de l'image. J'ai très bien compris le fonctionnement de votre iconoscope qui, au fond, est très simple.

L'art d'utiliser les défauts.

Cur. — A vrai dire, il est bougrement compliqué, car, en réalité, le phénomène de l'émission secondaire vient passablement compromettre l'apparente simplicité que vous venez de louer.

Ig. — Je me souviens que nous parlions de l'émission secondaire en étudiant les tétrodes. Nous avons vu alors que les électrons, en atteignant l'anode avec une vitesse considérable, en arrachent plusieurs autres dont un certain nombre est attiré par la grille-écran. C'est ce jaillissement de plusieurs électrons sous le choc produit par un électron primaire, que l'on appelle émission secondaire.

Cur. — Décidément, votre mémoire n'est jamais en défaut ! Eh bien, dans l'iconoscope, la mosaïque subit le bombardement d'électrons projetés avec une grande vitesse et qui arrachent de nombreux électrons secondaires. Une partie de ces électrons est attirée par la deuxième anode. D'autres retombent en pluie sur la mosaïque en la rendant légèrement négative. Je vous signale ce phénomène pour vous montrer que si, en première approximation, les choses se passent comme nous l'avons vu, en vérité le fonctionnement est bien plus complexe.

Ig. — Vous m'avez dit que, dans la vie, l'habileté suprême consiste à muer en vertu les vices et les défauts des gens et des choses. L'idée me vient que cette émission secondaire pourrait donner lieu à des applications très intéressantes. Puisqu'un seul électron peut en arracher plusieurs, on doit pouvoir mettre ce phénomène à profit pour obtenir des effets d'amplification.

Cur. — Décidément, mon pauvre Ignotus, vous êtes venu trop tard dans cette vallée de larmes ! Il y a un siècle, vous auriez par avance éclipsé la gloire d'Edison.

Ig. — Et aujourd'hui, hélas, quand mes idées, par hasard, ne sont pas mauvaises, d'autres me les ont volées depuis plusieurs années ! Ainsi donc, cette émission secondaire est bien utilisée pour l'amplification ?

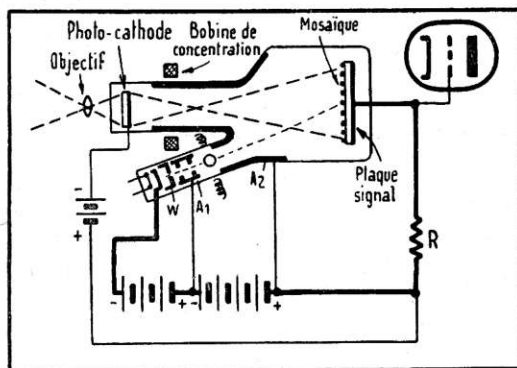
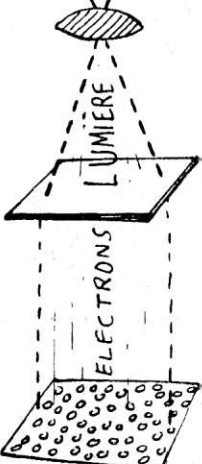


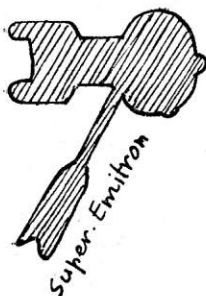
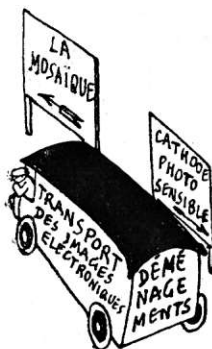
Fig. 66. — Composition d'un super-iconoscope.

Cur. — Mais oui, Ignotus. Et même depuis belle lurette. Ainsi a-t-on, par exemple pu perfectionner l'iconoscope en séparant les fonctions de photo-émission et d'émission secondaire.

Ig. — Comment cela ?

Cur. — Dans le « super-iconoscope » (on l'appelle aussi « super-émitron »), l'image est projetée sur une surface photo-sensible ininterrompue, formée par une couche très mince, et de ce fait semi-transparente, d'argent déposé sur une feuille de mica et sensibilisée à la lumière par une pellicule de césium.





Ig. — Donc pas de craquelage pour former une mosaïque ?

Cur. — Non. La photo-cathode du super-icône diffère de la mosaïque de l'icône justement par ce qu'elle ne comporte pas de ces solutions de continuité qui caractérisent cette dernière. De ce fait, on utilise toute la surface éclairée et on obtient une meilleure sensibilité.

Ig. — Je vois, cependant, sur votre dessin, à droite dans le tube et face à la photo-cathode, une mosaïque qui ressemble comme une sœur à celle de l'icône.

Cur. — En effet, mais c'est une ressemblance trompeuse, car notre mosaïque est sensible ici non plus à la lumière, mais aux rayons électroniques. Ou, en termes moins solennels, nous avons une mosaïque capable de produire une forte émission secondaire sous le choc des électrons.

Ig. — Vous n'allez pas me dire que ce sont les électrons émis par la photo-cathode qui viendront bombarder la mosaïque ?

Cur. — Telle est pourtant mon intention. Vous remarquerez que la deuxième anode A_2 est, ici encore, constituée par un revêtement métallique des parois intérieures de l'ampoule sur une partie de sa surface. Les électrons que les rayons lumineux font émettre à la photo-cathode sont donc attirés par cette deuxième anode. Mais une bobine de concentration, formant une véritable lentille magnétique, les empêche de se jeter dans les bras de cette anode. De la sorte, son potentiel positif ne sert qu'à accélérer le mouvement des électrons qui, dûment orientés par le champ magnétique, vont se précipiter en bon ordre sur la mosaïque.

Ig. — Qu'appellez-vous « en bon ordre » ?

Cur. — Je vous ai parlé tout à l'heure de l'image électronique formée par l'ensemble des électrons arrachés à la surface photosensible et dont la répartition traduit fidèlement les éclaircissements des éléments correspondants. Eh bien, cette « image électronique » est projetée sur la mosaïque comme, dans la chambre noire d'un appareil photographique, l'image est projetée sur le verre dépoli.

Ig. — Décidément, les techniciens de la télévision ne doutent de rien ! Je devine ce qui se passe alors. Chaque électron de la photo-cathode, en tombant sur les grains de la mosaïque, en fait jaillir plusieurs électrons secondaires qui tomberont sur la deuxième anode. Et le faisceau balayeur émanant du canon électronique aura à neutraliser des charges positives autrement importantes que dans le cas du simple icône, car, ici, l'émission secondaire aura opéré une miraculeuse multiplication.

Cur. — Vous avez, mon cher Ignote, parfaitement saisi les traits essentiels du fonctionnement de cet excellent dispositif, bien plus sensible qu'un simple icône.

Un tube de forme simple...

Ig. — Je suppose que, avec votre sadisme habituel, vous allez m'annoncer maintenant que l'on ne s'en sert plus.

Cur. — Rassurez-vous, mon ami. Il est utilisé concurremment avec plusieurs autres modèles de caméras électroniques qu'il serait fastidieux d'examiner en détail. Il en est cependant un qui mérite toute notre attention. C'est l'« image-orthicon » qui est, en raison de sa sensibilité élevée, le tube de prises de vues le plus répandu.

Ig. — Je vois (fig. 67) que l'ampoule de ce tube a une forme moins extraordinaire que celle des divers icônes.

Cur. — En effet. Et c'est là l'un des avantages de ce tube, puisque le balayage se fait par un faisceau électronique perpendiculaire à la surface explorée, ce qui est plus rationnel que l'emploi d'un faisceau oblique.

Ig. — Je constate qu'ici encore il y a, derrière la paroi frontale du tube, une photo-cathode analogue à celle du super-icône.

Cur. — C'est exact. Et elle est maintenue à un potentiel de — 600 volts par rapport à la cible. Celle-ci est constituée par une plaque de verre très, très mince.

Ig. — Aussi mince que le papier à cigarettes ?

Cur. — Plus que cela, car 2.000 plaques de ce verre juxtaposées ne donneraient qu'une épaisseur d'un centimètre.

Ig. — Pourquoi, diable, a-t-il fallu prendre un verre aussi mince ?

... et de fonctionnement compliqué.

Cur. — Pour que les charges se formant sur ses faces puissent, en traversant le verre, se neutraliser en un temps égal à l'intervalle entre deux explorations successives, c'est-à-dire en $1/25^{\circ}$ de seconde.

Ig. — Et d'où viennent ces charges ?

Cur. — Ne m'interrompez pas à tout bout de champ, Ignotus, et je pourrai satisfaire votre curiosité. Du fait que la cible se trouve à un potentiel de 600 volts supérieur à celui de la photo-cathode, elle attire les électrons émis par celle-ci sous l'action de la lumière. Toute l'image électrique est donc projetée sur la cible, les électrons étant maintenus en bon ordre par le champ de la bobine de concentration. En tombant sur la cible, les électrons en arrachent de nombreux électrons secondaires qui sont captés par un écran placé à $1/20^{\circ}$ de millimètre seulement de la cible et porté, par rapport à celle-ci, au potentiel de + 1 V. Constitué par un grillage à mailles très fines, l'écran n'arrête pas les électrons rapides se précipitant de la photocathode sur la cible.

Ig. — En sorte que, si je vous ai bien compris, sur la face gauche se forment des charges positives proportionnelles aux éclairissements des points correspondants.

Cur. — Exactement. Ces charges traversent lentement le verre pour être neutralisées par les charges négatives qui, sur l'autre face, sont déposées sous la forme des électrons apportés par le faisceau électronique de balayage. Toutefois, ici, nous sommes en présence d'un tube « à électrons lents ». Vous remarquerez, en effet, que les électrons émis par la cathode ne sont accélérés que très modérément par la première anode portée à + 220 volts. Une seconde anode, moins positive que la première, et une électrode annulaire qui, au voisinage de la cible, se trouve portée au potentiel nul de la cathode, ne font que freiner le flux électronique. De la sorte, les électrons parviennent sur la cible en fin de course, avec une vitesse presque nulle.

Ig. — Comme ces balles perdues qui, venant de trop loin, ne font qu'effleurer les combattants et que la simple épaisseur d'une veste suffit à arrêter ?

Cur. — De la sorte, on évite toute formation d'émission secondaire sur la face droite de la cible. Le faisceau ne dépose que le nombre d'électrons nécessaire pour neutraliser les charges positives.

Ig. — Et que deviennent les autres ?

Cur. — Ils prennent tristement le chemin du retour comme des candidats qui ont été recalés à un examen. Les tensions croissantes des anodes leur communiquent une accélération. C'est donc avec une vitesse convenable que ces électrons viennent frapper la première cible d'un multiplicateur électronique.

Ig. — Qu'appellez-vous ainsi ?

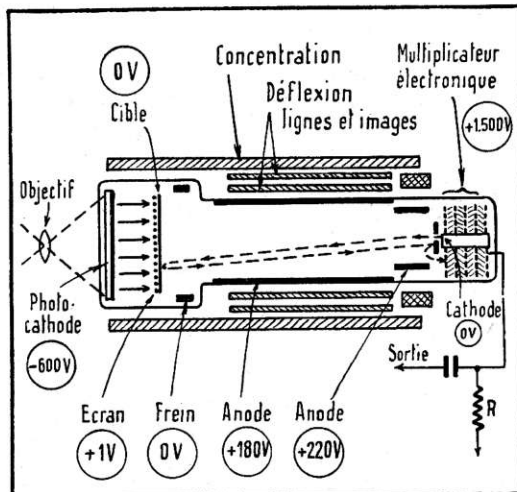
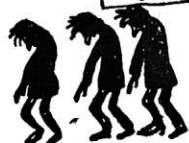
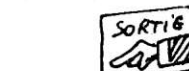
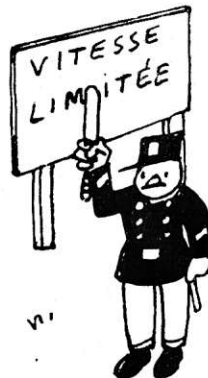
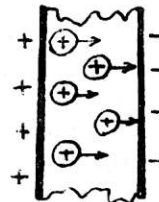
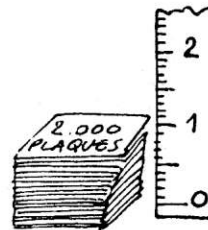


Fig. 67. — Coupe longitudinale d'une image orthicon; les tensions des différentes électrodes sont indiquées dans des cercles.





Un jour aux courses.

Cur. — C'est un dispositif que vous auriez pu inventer facilement, mais que d'autres ont, malheureusement, réalisé avant que vous vinssiez au monde.

Ig. — C'est toujours la même chose... Mais avant de parler de ce multiplicateur, je voudrais résumer pour moi-même ce que vous m'avez expliqué au sujet de l'image-orthicon. Dans une certaine mesure, il rappelle le super-icône. Comme ce dernier, il comporte une photo-cathode ininterrompue dont l'image électrique est transportée sur une cible où l'effet de l'émission secondaire détermine un accroissement considérable des charges. Celles-ci sont neutralisées par le faisceau balayeur qui abandonne le nombre d'électrons nécessaire à cette fin. Ceux qui restent reviennent vers le multiplicateur électronique. Qu'est-ce donc que cet engin ?

Cur. — J'espère que vous n'avez jamais joué aux courses ?

Ig. — Non... Mais je ne vois pas le rapport.

Cur. — Que mon exemple ne vous incite surtout pas à vous livrer à cette funeste manie où l'on finit toujours par perdre et son temps et son argent. Mais supposez que vous arriviez sur le champ de courses avec 10 francs en poche, et que vous misiez cette somme sur un cheval qui gagne la première course, en vous rapportant 50 francs. Au lieu d'écouter la voix de la raison et fuir ce lieu de perdition, vous persévérez dans vos erreurs et misez le total des 50 francs sur un cheval qui arrive encore premier dans la seconde course en vous rapportant 250 francs. Aucune force au monde ne saura, dès lors, vous empêcher de risquer cette fortune sur une tête de cheval qui, dans la troisième course, vous rapporte victorieusement 1.250 francs. Et c'est ainsi qu'au terme de la cinquième course, ayant désobéi à l'appel de votre conscience et piétiné les principes fondamentaux de la morale, vous quittez le champ de courses nanti de la somme de 31.250 francs...

Ig. — Excusez-moi, Curiosus, mais vous me rappelez cet explorateur qui, au cœur de l'Afrique, s'adresse à un nègre en... petit-nègre : « Moi vouloir boire » ; et le nègre de lui répondre : « Si monsieur veut se donner la peine de me suivre... ». Croyez-vous que j'ignore les progressions géométriques ?...

Cur. — Ne vous vexez pas, Ignotus. Si je vous ai conté cette invraisemblable histoire, c'est pour vous rendre compréhensible le fonctionnement d'un multiplicateur électronique. Celui-ci se compose de plusieurs cibles portées à des potentiels progressivement croissants. Un électron, tombant sur une première cible, en fait jaillir, par exemple, 5 électrons secondaires. Attirés et accélérés par le potentiel plus élevé de la cible suivante, ils l'atteignent en en faisant jaillir $5 \times 5 = 25$ électrons secondaires. Le même phénomène se reproduit, à chaque nouvelle cible. En sorte que, pour un très faible courant électronique à l'entrée, on trouve une intensité considérable à la sortie du multiplicateur électronique.

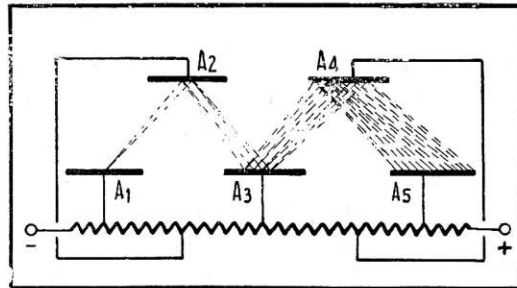


Fig. 68. — Schéma d'un multiplicateur électronique comportant cinq anodes soumises à des potentiels croissants.

Cur. — C'est le cas. Vous pouvez, avec l'image-orthicon, vous contenter de l'éclairage produit par une seule bougie. Avec une lumière plus intense, on peut diaphragmer l'objectif pour augmenter la profondeur du champ de netteté, sans que l'image restituée en devienne obscure.

Ig. — Et c'est un tel dispositif qui est placé autour de la cathode de l'image-orthicon ?

Cur. — Exactement. Il comporte en général 5 étages. La dernière cible est portée à + 1.500 volts environ. Les tensions intermédiaires sont obtenues par un diviseur de tension à résistances incorporé dans ce tube.

Ig. — Je suppose qu'ainsi pourvu d'un gain prodigieux, ce tube de prises de vues doit être caractérisé par une sensibilité extrême.

DIXIÈME CAUSERIE

Après l'étude des différentes caméras de prises de vues, Curiosus retrace ici la composition générale d'un émetteur de télévision. Bien qu'il soit analogue à un émetteur de radio-phonie, il est plus complexe, en raison de la nécessité de moduler l'onde porteuse non seulement par le signal vidéo, mais aussi par les « tops » de synchronisation des fins de lignes et des fins d'images. Les premiers sont de forme simple. Ce n'est guère le cas des seconds. Aussi, Curiosus et Ignotus passeront-ils ci-dessous en revue les sujets suivants :

Schéma général d'un émetteur. — Viseur électronique. — Forme du signal composé. — Différenciation par l'amplitude. — Escamotage des retours du spot. — Forme des tops de lignes et des tops d'images. — Bande de fréquences vidéo. — Emission à bande unique. — Ondes porteuses utilisées. — Spectres des fréquences son et images.

DES TOPS ET DES ONDES

Un émetteur en boîtes.

Curiosus. — A quoi est donc destinée cette immense feuille de papier blanc que vous avez étalée sur la table, Ignotus ? Voulez-vous peindre une affiche ?...

Ignotus. — Non. Mais je suis prévoyant. Et, tel que je vous connais, je m'attends à ce que vous me traciez aujourd'hui le schéma complet d'un émetteur de télévision. Compte tenu de sa complexité, le format de ma feuille n'a rien d'excessif.

Cur. — Vous n'avez pas besoin de connaître dans tous ses détails la composition et le fonctionnement d'un émetteur. Ce qui importe pour vous, c'est la forme des signaux qu'il rayonne. Toutefois, il est utile que vous connaissiez le principe de l'émission en télévision. Voilà pourquoi je vous ai décrit les diverses caméras de prises de vues. Quant au schéma, je vous le tracerai dans un coin de votre feuille, car il sera passablement... schématisé.

Ig. — C'est ce que j'appelle « schéma en boîtes de conserves ». Chacune de vos petites boîtes est, en réalité, un montage souvent complexe. Je reconnais cependant qu'avec ce mode de représentation, on voit plus clairement l'ensemble du dispositif ainsi que la corrélation de ses parties essentielles.

Cur. — Voici donc les « boîtes de conserves » composant un émetteur de télévision. J'ai omis de représenter les diverses alimentations, y compris celle du tube de prises de vues. La caméra, elle-même, est représentée de la façon la plus schématisée. C'est ainsi que je n'ai même pas fait figurer le viseur électronique.

Ig. — Qu'appellez-vous ainsi ?

Cur. — C'est ce qui correspond au viseur optique des caméras photographiques, où il permet de bien viser et cadrer la scène et d'effectuer la mise

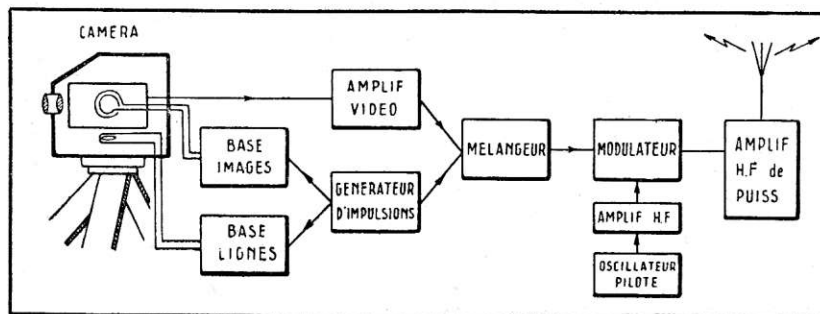
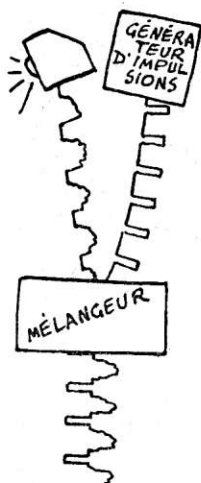
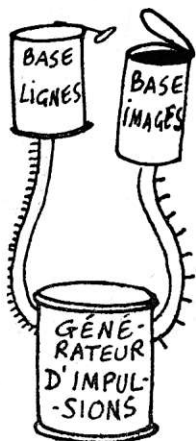
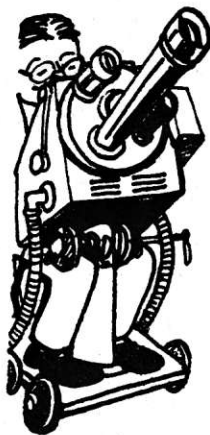


Fig. 69. — Composition très schématisée d'un émetteur d'images.





au point. En télévision, on utilise à cette fin un récepteur rudimentaire incorporé dans la caméra et recevant le signal vidéo directement issu de l'amplificateur correspondant. En observant l'image sur l'écran du petit tube cathodique dont ce récepteur est équipé, l'opérateur de prises de vues voit ce que contemplant au même instant les milliers de téléspectateurs. Il peut donc régler convenablement le cadrage de la scène observée, ainsi que l'objectif et le diaphragme, pour assurer la netteté désirée dans tous les plans de l'image.

Ig. — Je vois que les deux bases de temps de la caméra sont reliées à un générateur d'impulsions. Est-ce un dispositif qui engendre des tops de synchronisation ?

Cur. — C'est bien cela. En fait, il s'agit d'un montage assez complexe, car il produit à la fois les signaux des fins de lignes et les signaux des fins d'images. La fréquence de ces derniers est de 50 par seconde pour une exploration de 25 images par seconde, en deux trames entrelacées. Quant aux tops des lignes, leur fréquence est beaucoup plus élevée : elle est égale au nombre de lignes de chaque image multiplié par le nombre des images explorées en une seconde.

Ig. — Utilise-t-on deux générateurs indépendants pour produire les signaux de ces deux fréquences ?

Cur. — Non. On part d'une oscillation unique dont, selon le cas, on multiplie ou l'on divise la fréquence pour obtenir les signaux désirés.

Ig. — En sorte que la boîte de conserves munie de la modeste étiquette « générateur d'impulsions » est, en réalité, un appareil plein de malices.

Cur. — N'oubliez, toutefois pas, que son rôle ne se borne pas à la commande des bases de temps de la caméra des prises de vues. Ses impulsions doivent encore être incorporées dans le signal vidéo pour assurer la synchronisation de tous les récepteurs.

Ig. — Je suppose que c'est ce qui se passe dans le « mélangeur » où vous amenez le signal de la caméra de prises de vues après son passage dans l'amplificateur vidéo.

Cur. — C'est exact. Vous remarquerez que le signal composé est appliqué à un récepteur de contrôle qui, là encore, est simplifié par rapport aux récepteurs ordinaires, puisqu'il ne comporte pas de partie haute fréquence. Il ne reste plus qu'à traiter le signal composé comme la vulgaire modulation B.F. d'un émetteur radiophonique, en l'injectant dans un étage modulateur, où il fait varier les amplitudes des oscillations H.F. engendrées par un oscillateur-pilote très stable en fréquence. Enfin, après une amplification de puissance, les courants H.F. modulés sont lancés dans l'antenne, d'où leur énergie rayonnera sous forme d'ondes.

La lumière jaillit au-dessus de 25 %.

Ig. — Suivons, si vous voulez bien, l'exemple de ces ondes et quittons l'émetteur pour nous tourner vers le récepteur.

Cur. — Je pense que nous avons tout intérêt à rester provisoirement dans l'espace, entre les antennes d'émission et de réception, pour examiner de plus près la forme du signal composé que portent les ondes.

Ig. — N'avons-nous pas dit que ce signal se compose de la modulation traduisant les luminosités des éléments successivement explorés de l'image ?

Cur. — Vous oubliez qu'à ce signal vidéo, nous ajoutons les tops de synchronisation.

Ig. — En effet. Et depuis que vous m'en avez brièvement parlé, j'ai réfléchi à cette question. Bien des points me paraissent obscurs dans ce domaine. Comment distingue-t-on les tops de synchronisation du signal vidéo ? Comment, d'autre part, différencie-t-on les tops de lignes des tops d'images ?

Cur. — Entre le signal vidéo et les tops, la différence est établie par l'amplitude. Toutes les tensions comprises entre l'amplitude maximum et 25 % de cette amplitude sont réservées à la transmission des luminosités et constituent le signal vidéo proprement dit. L'amplitude maximum correspond au maximum de lumière ; le noir est traduit par le signal ayant 25 % de l'amplitude

maximum. Entre ces deux extrêmes, se place toute l'échelle des teintes grises allant du blanc au noir (1).

Ig. — Et c'est, si je ne me trompe pas, ce signal qui est, dans le récepteur, appliqué au wehnelt du tube cathodique. En faisant varier son potentiel, il modifie donc la brillance du spot entre le maximum et ce minimum que constitue l'absence de toute lumière et que nous appelons le noir.

Cur. — Tout cela est juste. Maintenant, sachez que les signaux de synchronisation sont constitués par de brusques variations d'amplitude passant de zéro à 25 % de l'amplitude maximum et inversement.

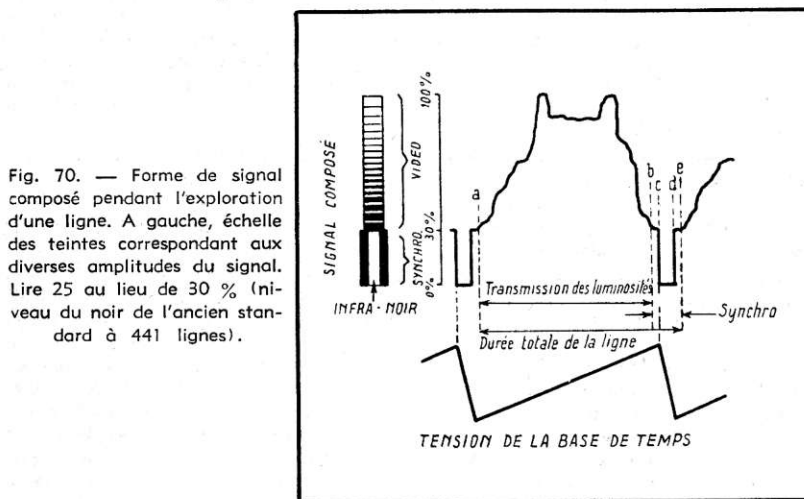


Fig. 70. — Forme de signal composé pendant l'exploration d'une ligne. A gauche, échelle des teintes correspondant aux diverses amplitudes du signal. Lire 25 au lieu de 30 % (niveau du noir de l'ancien standard à 441 lignes).

Ig. — J'espère qu'on ne les applique pas au wehnelt comme on le fait pour les signaux vidéo. Sinon, pour ces signaux, le spot sera plus que noir : infra-noir, si l'on peut dire.

Cur. — On le dit. Et, contrairement à ce que vous supposez, on applique bien les signaux de synchronisation au wehnelt avec le reste du signal composé. Quel inconvénient y voyez-vous ? Le fait que le spot demeure invisible pendant l'émission des signaux de synchronisation constitue, au contraire, un grand avantage.

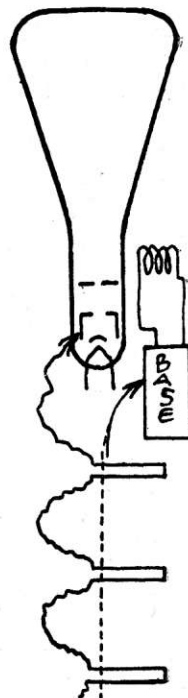
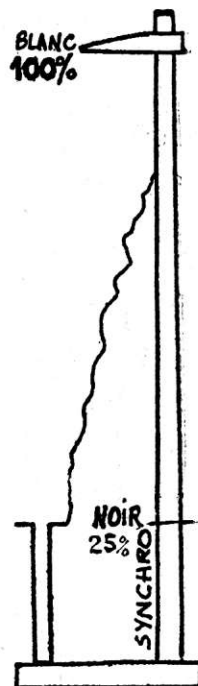
Ig. — Je ne vois pas pourquoi.

Cur. — Décidément, vous n'êtes pas très perspicace aujourd'hui... Songez au mouvement qu'accomplit le spot pendant la durée des signaux de synchronisation.

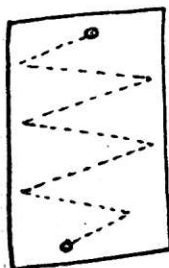
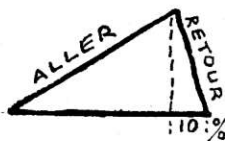
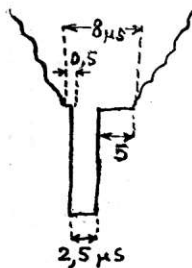
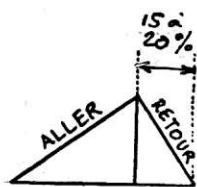
Ig. — Ceux-ci déclenchent son mouvement de retour, soit en fin des lignes, soit en fin des images. Oh ! je comprends maintenant. Evidemment, il y a tout intérêt à ce que ce mouvement rapide de retour ne laisse aucune trace sur l'écran. Voilà donc pourquoi on opère avec des signaux d'amplitude inférieure à celle du « noir » que l'on fait suivre d'un palier au niveau du noir (d-e).

Cur. — Ce n'est pas la seule raison. Cette différence d'amplitudes permet, dans le récepteur, de séparer le signal vidéo des tops de synchronisation, pour pouvoir appliquer ces derniers aux bases de temps correspondantes.

Ig. — Maintenant, toute cette histoire des signaux dans le noir devient pour moi lumineuse. Le signal composé est appliqué au wehnelt du tube catho-



(1) Il en est du moins ainsi dans le procédé de « modulation positive » adopté notamment en France et en Angleterre. Dans le standard anglais de 405 lignes, le noir correspond toutefois à 30 % de l'amplitude maximum et le blanc toujours à 100 %. Mais dans les autres pays européens et aux Etats-Unis on utilise la « modulation négative » où les tops correspondent au maximum de l'énergie rayonnée, le noir à 75 % et le blanc à l'amplitude la plus faible.



dique pour varier la luminosité du spot et pour effacer ce dernier pendant ses rapides retours. D'autre part, séparés du reste, les tops de synchronisation viennent imposer leur cadence aux bases de temps lignes et images.

Signaux des fins de lignes.

Ig. — Quelle est donc la durée des signaux de synchronisation ?

Cur. — En comprenant le palier noir *d - e* qui suit le top, elle doit légèrement dépasser le temps de retour du spot de manière que celui-ci demeure invisible pendant tout ce temps. Selon les systèmes utilisés, les signaux de fin de ligne occupent de 15 à 20 % de la durée totale de chaque ligne. Lorsque nous parlions de l'analyse par 819 lignes, où la durée totale de chaque ligne est de 48 μ s, nous avons admis comme temps de retour 8 μ s. En fait, le retour est un peu plus rapide. Et c'est le temps total alloué au signal de synchronisation avec ses deux paliers noirs (l'amorce *b - c* et le prolongement *d - e*) qui est de 8 μ s.

Ig. — Ainsi donc, le signal de fin de ligne est constitué par un top d'une durée de 8 μ s ?

Cur. — Doucement, Ignotus. La durée du top n'est que de deux et demi microsecondes. Il est précédé et suivi d'un court palier horizontal correspondant au niveau du noir et dont nous avons déjà parlé.

Ig. — Si vous voulez bien, je vais récapituler tout ce qui se passe pendant la durée d'une ligne. Tout d'abord, pendant 80 à 85 % de sa durée, le signal vidéo (*a - b*) transmet les luminosités des points correspondants de l'image en variant entre 25 % et 100 % de l'amplitude maximum. Les bases de temps du récepteur et de l'émetteur produisent la partie montante de la dent de scie. Ensuite, pendant un court instant (*b - c*), le signal se maintient au niveau du noir (25 %), le mouvement du spot se poursuivant toujours dans le même sens. Vient alors le top proprement dit, ramenant brusquement à zéro le signal émis. Cette brusque chute (*c*) déclenche la décharge des bases de temps dont la tension se met à tomber rapidement en ramenant le spot vers l'origine, position qu'il atteint à peu près au moment où le top cesse (*d*). Toutefois, un petit délai de sécurité (*d - e*) est prévu, pendant lequel le spot demeure invisible, avant qu'il apparaisse pour tracer la ligne suivante.

Cur. — Je vois avec plaisir que, plus éloquents qu'un long discours (Napoléon dixit), mes dessins vous ont aidé à saisir parfaitement le mécanisme de l'exploration des lignes.

Ig. — Et du côté de l'émission ? Y applique-t-on également les tops négatifs au wehnelt des tubes de prises de vues, pour faire disparaître le spot ?

Cur. — Bien entendu. De cette manière, pendant son trajet de retour, le rayon électronique ne risque pas de perturber la répartition des charges.

Signaux de fin d'images.

Ig. — Je suppose que, pour synchroniser les bases de temps « images », on emploie des tops de synchronisation identiques à ceux des lignes.

Cur. — Oui et non. Le principe est le même. Cependant, par leur durée, les tops d'images diffèrent de ceux des lignes, ce grâce à quoi on parvient à les séparer dans le récepteur, de manière à aiguiller chaque sorte des tops sur la base de temps correspondante.

Ig. — Comme la durée de chaque période de la base « images » est bien supérieure à celle de la base « lignes », je pense que les tops eux-mêmes sont aussi plus longs pour les images.

Cur. — Ils le sont, en effet. Ici encore, il faut que, pendant toute la durée du retour du spot, celui-ci soit effacé. Or, par rapport à la durée totale de l'exploration de l'image, le temps que le spot met à remonter de sa position de fin d'image, tout en bas, vers celle du début de l'exploration, tout en haut, est de l'ordre de 10 %. C'est dire que, pendant ce temps, le spot décrit plusieurs lignes.

Ig. — Que fait-on pendant ce temps de la base « lignes » ? Arrête-t-on son fonctionnement ?

Cur. — Pour quoi faire ? Il n'y a aucun inconvénient à ce que, pendant la remontée du spot, celui-ci poursuive son mouvement de droite à gauche. De la sorte, le retour s'effectue, comme celui d'un ivrogne rentrant tard dans la nuit, selon une trajectoire en zigzag... invisible, puisque le signal est maintenu à zéro ou, tout au plus, à 25 % de l'amplitude maximum, c'est-à-dire dans le domaine du noir.

Ig. — Nous aurons donc une seule impulsion de fin d'image d'une durée relativement longue ?

Cur. — Oui et non, Ignotus. Car, tout en déclenchant le retour d'image, notre signal ne doit pas laisser en liberté la base des lignes. En effet, si celle-ci est privée de ses signaux habituels de synchronisation, elle produira des oscillations de sa période propre qui est, je vous l'ai déjà dit, légèrement supérieure à l'intervalle entre deux tops de lignes successifs. Il en résultera

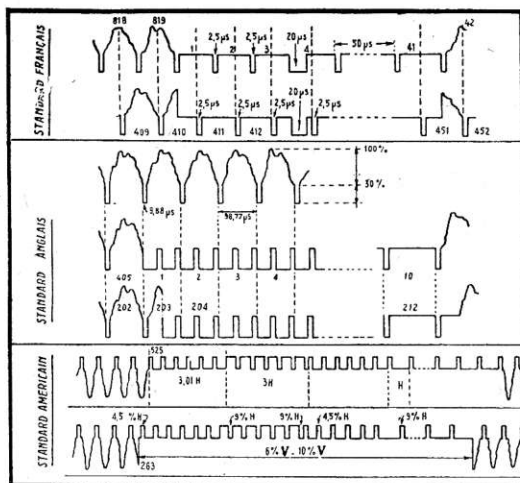


Fig. 71. — Signaux de synchronisation dans divers standards (819 lignes français; 405 lignes anglais; 525 lignes américain). - H, période de la base de temps horizontale. - V, période de la base de temps verticale.

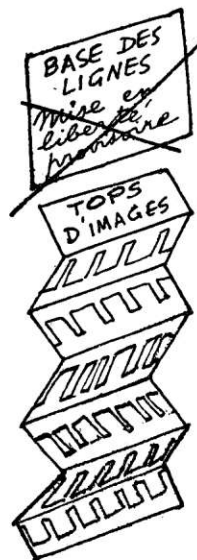
un décalage assez important au terme de plusieurs oscillations qui auront lieu pendant le signal de synchronisation de fin d'image. Aussi, à la reprise du balayage de l'image suivante, la synchronisation des lignes ne pourra pas être rétablie suffisamment vite.

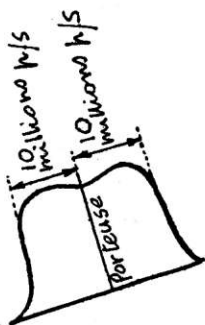
Ig. — Quelle catastrophe ! Comment y remédier ?

Cur. — Ne le devinez-vous pas ?

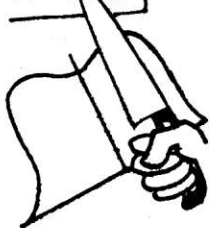
Ig. — Je suppose que l'on maintient les tops de lignes tout en émettant les tops d'image.

Cur. — Décidément, la vérité sort de la bouche des enfants. C'est, en effet, sur ce principe que sont fondés tous les signaux de synchronisation des divers systèmes qui, par ailleurs, diffèrent entre eux par de multiples détails. Alors que les tops de lignes sont, à peu de chose près, les mêmes dans tous les systèmes, une grande variété de formes se manifeste dans les tops d'images. Vous n'avez pas besoin de les étudier à fond. Sachez simplement que la décharge de la base « images » est déclenchée par un top de durée nettement plus longue que celle des tops de lignes. Je vous indique (fig. 71) quelques formes caractéristiques des signaux de fin d'image. Vous noterez que, partout, les tops de lignes se poursuivent. Le cas de la haute définition française est un peu spécial, car là le top de longue durée marquant la fin d'image est unique et dure $20 \mu s$. De plus, je vous signale en passant que l'entre-laçage est correctement assuré, car la trame des lignes impaires s'arrête et reprend toujours sur une demi-ligne.





SERVICE
DE
RADIO
CHIRURGIE



Le moyen de transport.

Ig. — C'est fou le nombre de choses comprises dans un signal de télévision ! Cela me rappelle ces jeux appelés « puzzle » que mes parents m'offraient lorsque j'étais petit garçon et qui, contrairement à leurs espoirs, ne m'ont jamais amusé. Dans une boîte, il y avait quantité de petits bouts d'images qu'il fallait assembler correctement pour reconstituer un tableau.

Cur. — L'onde d'un émetteur de télévision est plus complète que les « puzzles » de votre enfance. Non seulement elle comporte les éléments d'images, mais encore, sous la forme des signaux de synchronisation, le « mode d'emploi », c'est-à-dire la manière de les assembler.

Ig. — Le tout transporté dans une boîte que nous pouvons assimiler à la haute fréquence de l'onde porteuse. Lors de notre premier entretien, vous m'avez montré que le signal vidéo occupait une très large bande de fréquences et que, pour cette raison, son acheminement nécessitait des ondes porteuses de très haute fréquence. Pourriez-vous me donner quelques précisions numériques ?

Cur. — En moyenne définition, c'est-à-dire pour des images analysées par 400 à 625 lignes, le signal vidéo a pour limites de 2,5 à 4 millions de périodes par seconde. En haute définition (800 à 1.000 lignes), il dépasse 10 millions.

Ig. — Vous me donnez le vertige. Quand je songe que ce signal crée, autour de la fréquence porteuse, deux bandes latérales symétriques de modulation ! Cela conduit à un encombrement effarant de l'éther.

Cur. — En fait, la télévision est, en comparaison avec la radiophonie, infiniment plus large en fréquences occupées. On parvient cependant à remédier à cette situation grâce au procédé de l'émission à bande latérale unique.

Ig. — Y supprime-t-on l'une des deux bandes ?

Cur. — Non, car il en résulterait de graves déformations dans l'image transmise. Mais on en coupe la majeure partie, en réduisant ainsi l'encombrement total de l'émission. Ce procédé s'impose plus spécialement dans la haute définition.

Ig. — Et quelles sont, en réalité, les fréquences des ondes porteuses utilisées ?

Cur. — Elles sont comprises dans certaines bandes fixées par des conven-

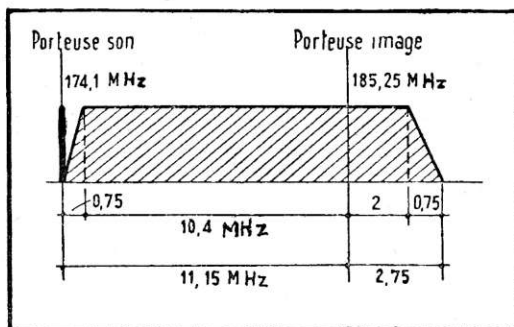


Fig. 72. — Spectres des fréquences occupées par les émissions du son et de l'image des émetteurs de Paris et de Lille.

tions internationales et contenues entre 40 et plus de 200 mégahertz, soit entre 7,5 et moins de 1,5 mètres de longueur d'onde. Et, plus récemment, pour « caser » quantité de nouveaux émetteurs de télévision, il a fallu lui ouvrir la bande allant de 480 à 920 mégahertz, ce qui correspond aux ondes de 32 à 63 centimètres ! Les émetteurs français ont leurs fréquences comprises dans la bande allant de 160 à 216 mégahertz.

Et la parole fut donnée.

Ig. — Mais nos images sont muettes. N'y a-t-il pas moyen d'ajouter à notre puzzle d'images la petite bande de fréquences de modulation sonore pour égayer le tableau ?

Cur. — Il existe, en effet, des procédés permettant de transmettre le son sur la même onde porteuse que l'image. Mais on préfère pourtant utiliser à cette fin un émetteur distinct affecté uniquement à la diffusion de l'accompagnement sonore.

Ig. — Je suppose que sa fréquence est tout à fait différente de celle de l'émetteur d'images ?

Cur. — Au contraire, on le fait fonctionner sur une fréquence aussi voisine que possible de celle de l'émetteur d'images, sans que, toutefois, il y ait superposition de leurs bandes latérales de modulation. Entre les fréquences les plus rapprochées de celles-ci, on ménage un intervalle ne dépassant pas un million de périodes par seconde. Dans les émissions françaises, l'écart total entre porteuses du son et de l'image est de 11,15 mégahertz.

Ig. — Pourquoi pareille promiscuité ?

Cur. — Car de la sorte, comme vous l'apprendrez bientôt, il est possible d'utiliser une antenne commune et d'amplifier les courants porteurs du son et de l'image dans des étages communs du récepteur avant de les séparer.

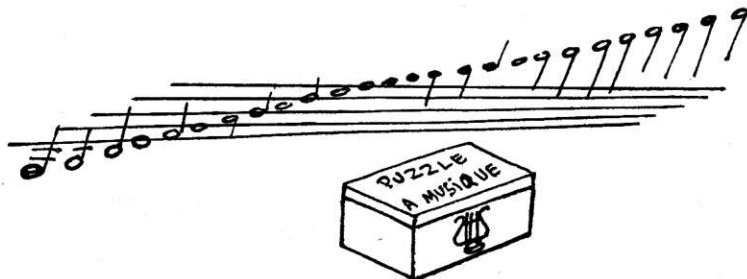
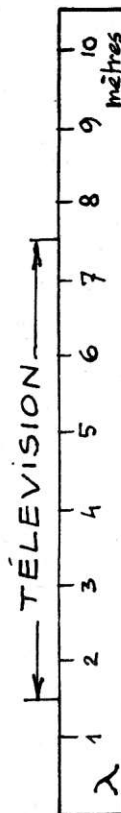
Ig. — Et quel est l'encombrement de l'émetteur du son ? Impose-t-on ici, des limites aussi draconiennes à la modulation que dans la radiodiffusion ordinaire où 4.500 p/s constituent la limite des fréquences admises ?

Cur. — Fort heureusement, il n'en est pas question. Aux fréquences élevées de l'onde porteuse, quelques milliers de périodes en plus ou en moins ne comptent guère. Aussi laisse-t-on passer toute la bande des fréquences audibles, soit jusqu'à 15.000 p/s. Et dans certains systèmes, le son est même transmis en modulation de fréquence.

Ig. — En sorte que, pour le son de la télévision, parler de « haute fidélité » serait justifié ?

Cur. — Parfaitement, à condition que la partie « son » soit bien soignée dans le récepteur.

Ig. — Si j'ai bien compris, c'est le son qui constitue le plus bel ornement de la télévision...



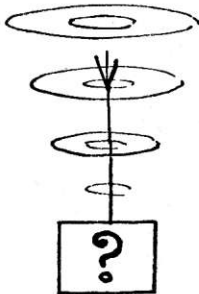
ONZIÈME CAUSERIE

Revenant au problème du récepteur, Curiosus et Ignotus en analyseront la composition dans ses grandes lignes avant d'en étudier en détail les différents étages. Comme pour les récepteurs de radiodiffusion, on distinguera ici les montages à amplification directe de ceux où s'opère un changement de fréquence. Le lecteur suivra attentivement les métamorphoses successives du signal tout en examinant les questions suivantes :

Amplification directe ou superhétérodyne. — Récepteur du son. — Etages H. F. — Sélectivité et séparation son-image. — Réception d'une bande unique. — Restitution de la composante continue. — Séparation et triage. — Amplification H. F. commune son et image. — Séparation son-image dans un superhétérodyne. — Action du glissement de l'oscillateur sur le son.

TÉLÉVISEURS EN CONSERVES

Alternative : direct-super.



Ignotus. — J'éprouve, mon cher Curiosus, la sensation qu'une mère doit ressentir lorsqu'elle abandonne ses enfants avec ciseaux et allumettes en guise de jouets.

Curiosus. — Pourquoi donc, mon pauvre ami ?

Ig. — Car, la dernière fois, nous avons abandonné, quelque part, entre le ciel et la terre, les ondes qui transportent les éléments d'images, les signaux de synchronisation permettant de les disposer dans l'ordre convenable, ainsi que le son qui complète les impressions visuelles.

Cur. — En d'autres termes, vous avez hâte de recueillir toute cette énergie de haute fréquence...

Ig. — ...dans un récepteur de télévision dont je voudrais, enfin, entreprendre la réalisation.

Cur. — Avez-vous opté pour une catégorie déterminée de montage : amplification directe ou changement de fréquence ? Bande unique ou deux bandes ?...

Ig. — Attendez. Je ne savais pas qu'il fallait choisir.

Cur. — La vie, Ignotus, est un choix éternellement recommencé.

Ig. — Ne soyez pas sentencieux, ami, et expliquez-moi de quoi il s'agit. Je suppose que tout récepteur de télévision doit avoir pour but de capter les signaux et d'en dégager les tensions de vidéo-fréquence (qui sont appliquées au wehnelt du tube cathodique) et les tops de synchronisation servant à imprimer la fréquence correcte aux deux bases de temps : lignes et images.

Cur. — En effet, dans ces conditions, vous reconstituez convenablement l'image émise.

Ig. — Ce que vous m'avez dit, il y a peu d'instant, me fait supposer que, comme pour la radiodiffusion, on peut amplifier directement les tensions de haute fréquence recueillies dans l'antenne pour, après leur détection, dégager la composante de vidéofréquence, ou bien commencer par abaisser la fréquence des tensions captées, comme cela se pratique dans les superhétérodynes, afin de les amplifier plus commodément avant la détection.

Cur. — Les deux méthodes sont, en effet, utilisées en télévision. Mais, comme en radiophonie, les montages à amplification directe sont, à l'heure actuelle, à peu près abandonnés, étant éclipsés par le changeur de fréquence.

Ig. — M'en parlerez-vous cependant ?

Cur. — Oui, nous examinerons les deux catégories des montages de manière à vous en donner une idée complète.

De la musique avant toute chose.

Ig. — Je vois qu'une fois de plus vous dessinez des schémas que j'appelle « en boîtes de conserves ».

Cur. — Pour vous donner une idée générale de la composition des téléviseurs, cette représentation est la plus commode. Quand je veux faire connaître Paris à un ami venant de province ou de l'étranger, je ne commence pas par le mener à travers le dédale pittoresque des vieilles ruelles, mais je le fais monter sur la troisième plate-forme de la Tour Eiffel. De là, il a une vaste vue de l'ensemble. Lorsqu'il aura ainsi gravé dans son esprit la configuration générale de la ville, je lui en montrerai en détail les divers quartiers. Nous ne procéderons pas autrement pour analyser la composition des récepteurs de télévision. Si je vous en traçais, dès le début, le schéma détaillé, vous y seriez noyé !...

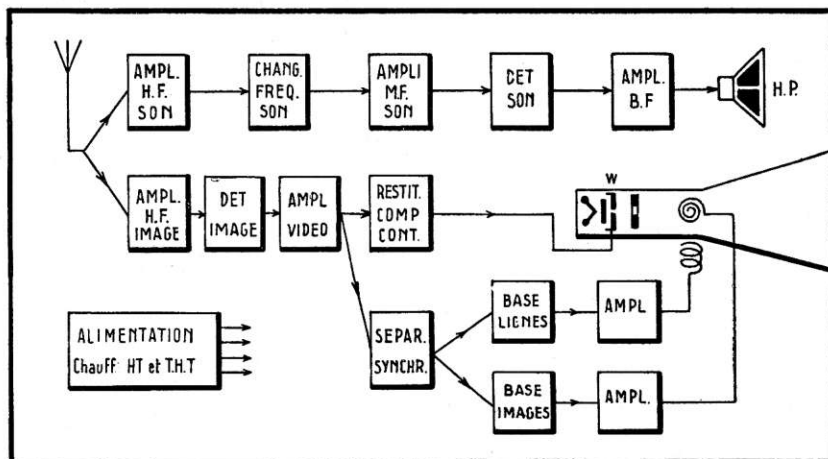


Fig. 73. — Composition d'un téléviseur à amplification directe en H.F.

Ig. — Votre méthode ne me déplaît point, et je n'ai nulle animosité à l'endroit des boîtes de conserves. En examinant leur assemblage censé représenter un téléviseur à amplification directe, je constate que, seule, l'antenne est commune au récepteur du son et à celui d'image.

Cur. — En effet. Et cela n'est pas à négliger. Car en se répandant, la télévision fait pousser sur les toits une véritable forêt d'antennes. Une seule par téléviseur, c'est déjà bien suffisant !...

Ig. — En examinant la partie « son », je constate qu'elle se compose des mêmes éléments qu'un récepteur normal de radiodiffusion : préamplificateur H.F., changeur de fréquence, amplificateur M.F., détecteur et amplificateur B.F. suivi du haut-parleur. En résumé, même dans le téléviseur utilisant l'amplification directe pour la partie « image », le récepteur du son est toujours constitué par un superhétérodyne classique ?

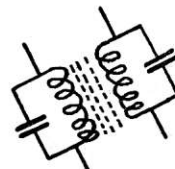
Cur. — Cela est fait souvent. Mais, dans bien des récepteurs, la partie « son » est, elle aussi, montée selon le principe de l'amplification directe. Quant à qualifier notre récepteur de son « classique », c'est pour le moins exagéré.

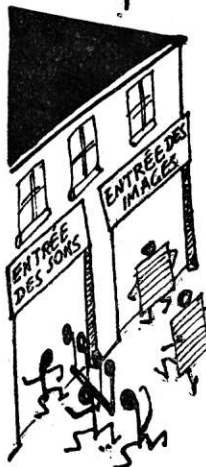
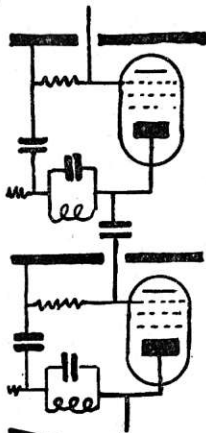
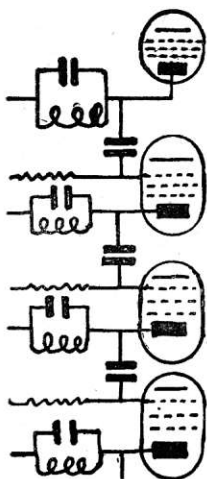
Ig. — Je ne vois pourtant rien d'extraordinaire sur votre schéma.

Cur. — Songez, tout d'abord, que l'onde porteuse a une fréquence de plusieurs dizaines de millions de périodes par seconde. Cela implique un certain nombre de précautions et de particularités dans la partie H.F. De plus, cela permet d'accorder l'amplificateur M.F. sur une fréquence bien plus élevée que ce n'est le cas dans les récepteurs ordinaires de radiodiffusion. Enfin, n'oubliez



$f > 1000 \text{ KHz}$





pas que la gamme des fréquences musicales transmises n'est pas, ici, mutilée comme dans le domaine des ondes moyennes. Par conséquent, nous avons tout intérêt à respecter l'ensemble des fréquences de modulation en conférant à la bande passante de l'amplificateur M.F. la largeur nécessaire et — surtout — en utilisant un amplificateur B.F. et un haut-parleur vraiment fidèles.

Ig. — Aussi paradoxal que le fait paraisse, il semble donc que les techniques de la télévision sont de remarquables spécialistes de la B.F. ?

Cur. — Du moins, devraient-ils l'être...

Quand sons et images s'entremêlent.

Ig. — Voyons maintenant la partie « image ». Je vois qu'elle commence également par l'amplification de haute fréquence.

Cur. — En effet, nous avons, pour commencer, trois ou quatre étages H.F. à circuits accordés. Ce nombre peut vous paraître élevé. Cependant, il le faut pour assurer l'amplification nécessaire, car, aux fréquences mises en jeu, et en raison de la largeur de la bande des fréquences à transmettre, le gain de chaque étage est peu élevé.

Ig. — Dois-je vous croire, Curiosus ? Vous m'avez dit, jadis, qu'il était à peu près impossible de réaliser un amplificateur accordé H.F. à plus de deux étages, en raison du risque d'oscillations spontanées (ou « accrochages ») dues à des réactions parasites entre étages. Et voilà que, froidement, vous me parlez d'amplificateurs à trois ou quatre étages !!!

Cur. — C'est justement en raison de leur gain très faible, que l'on peut en mettre pareil nombre en cascade. Il n'en est pas moins vrai qu'il y a un risque d'oscillations parasites. Aussi la réalisation de ces montages exige-t-elle certaines précautions : blindages entre étages, découplages efficaces, disposition rationnelle des éléments et des connexions, etc...

Ig. — Mais pourquoi utiliser des circuits accordés ? Puisque vous voulez laisser passer une très large bande de fréquences, des liaisons apériodiques feraient aussi bien l'affaire, et le risque d'accrochages serait réduit.

Cur. — Avec des liaisons par circuits non accordés, le gain deviendrait insuffisant. De plus, nous avons besoin d'assurer une certaine sélectivité. Et c'est là un problème assez complexe. En effet, tout en admettant sans affaiblissement toutes les fréquences du signal vidéo, l'amplificateur doit interdire l'entrée dans la partie « image » de l'onde porteuse et des bandes latérales de modulation transmettant le son. Or, entre la modulation vidéo et celle du son, l'intervalle de fréquences est très faible. C'est dire que la courbe de sélectivité du récepteur « image » doit être à la fois large et plate, mais avoir des flancs tombant rapidement. Sinon, le son pénètre dans l'image, et c'est la catastrophe !

Ig. — L'écran du tube cathodique se met-il à vibrer ?

Cur. — Ne dites pas de bêtises, Ignosus. Les fréquences musicales, en se mêlant au signal vidéo, se manifestent dans l'image par des barres horizontales noires ou grises.

Ig. — Que faire pour éviter ce danger ?

Cur. — Conférer à la courbe de sélectivité la forme lui permettant de laisser passer toute la bande de modulation vidéo sans laisser entrer la modulation du son. On y parvient, mais non sans mal. Quelquefois, on fait appel à des montages réjecteurs qui améliorent la séparation son-image.

Ig. — Et comment procède-t-on dans le cas des émissions à bande unique dont vous m'avez entretenu la dernière fois ?

Cur. — En ce cas, la courbe de sélectivité laisse passer un peu plus d'une bande latérale, étant accordée sur celle qui est la plus proche de la porteuse du son. Cela permet d'utiliser une antenne et des étages d'entrée communs. On parvient cependant sans difficulté à maintenir les fréquences de modulation sonore en dehors de la bande passante du récepteur d'images.

Ig. — Vous me rassurez, Curiosus. Mais il y a une autre question qui me tracasse : avec le nombre élevé d'étages accordés que vous avez, le problème de l'accord sur diverses émissions doit être difficile à résoudre.

Cur. — Jusqu'à ces dernières années, il ne se posait guère en Europe. Mais avec l'accroissement du nombre des émetteurs, certains téléspectateurs ont la chance de pouvoir choisir entre plusieurs émissions. Pour opérer ce choix, leurs récepteurs sont équipés de circuits préaccordés sur les diverses fréquences néces-

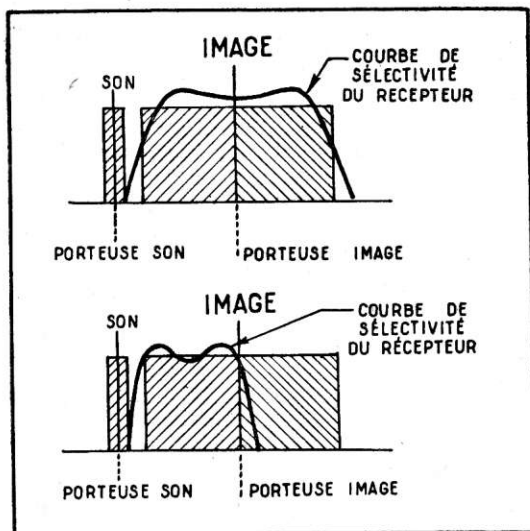


Fig. 74. — Réception des deux bandes latérales de modulation.

Fig. 75. — Réception d'une seule bande.

saires et qui sont commutés soit par des boutons-poussoirs, soit par des contacteurs rotatifs. Il est évident que ces récepteurs, dits « multicanaux », sont de préférence du type superhétérodyne de manière à réduire le nombre des circuits ainsi commutés à ceux qui précèdent le changement de fréquence.

Le soleil a rendez-vous avec la lune.

Ig. — Comme dans tout récepteur qui se respecte, notre haute fréquence finit, ici, par arriver à la détection où, comme le cocon s'ouvre pour laisser apparaître la chrysalide, elle restitue le signal vidéo dont elle s'est chargée dans l'étage modulateur de l'émetteur.

Cur. — Votre poétique comparaison est juste. Et notre signal composite, qui contient à la fois les luminosités de l'image et les tops de synchronisation, éventuellement amplifié, sera appliqué au wehnelt du tube cathodique.

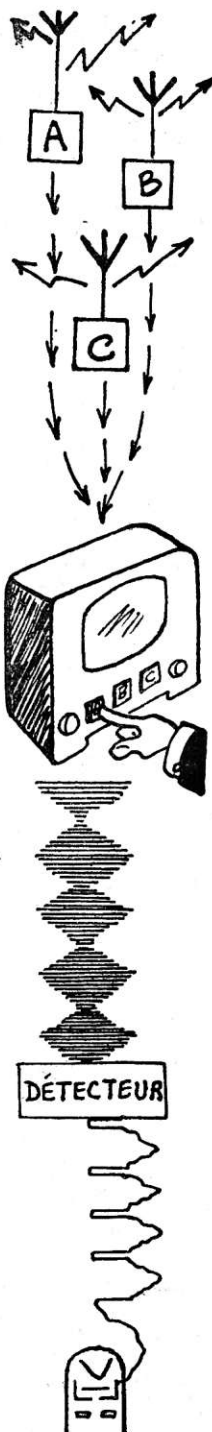
Ig. — Comment, avec ses tops ?!

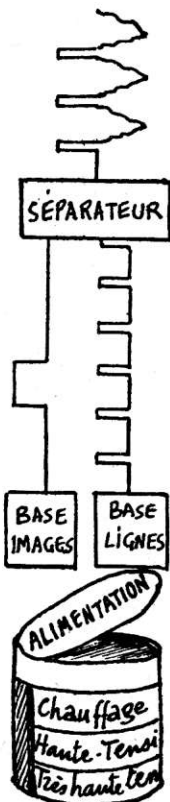
Cur. — Bien entendu. Car, grâce à leur niveau au-dessous du noir, ils effacent le spot juste au bon moment : pendant les retours en fin de lignes et d'images.

Ig. — Vous me l'avez déjà dit en fait... Et qu'est-ce que cette boîte intitulée « Restit. comp. cont. » ?

Cur. — Il s'agit du montage restituant la composante continue de la tension appliquée au wehnelt. Le signal vidéo se compose d'une partie variable qui correspond aux variations de luminosité des divers éléments de l'image, et d'une partie continue qui fixe la teinte moyenne de l'image.

Ig. — Si j'ai bien compris, cette partie continue joue le même rôle que le temps de l'exposition d'une épreuve photographique au moment du tirage. Avec la même composante variable, je veux dire avec le même négatif, on peut obtenir une épreuve plus ou moins claire ou sombre, suivant que le temps de l'exposition était plus court ou plus long.





Cur. — C'est tout à fait cela. Et je peux même vous révéler le secret des plus beaux clairs de lune de la photo (et du cinéma) : ils ont été enregistrés à contre-jour, en plein soleil ! En les tirant exagérément sombres, on obtient l'effet voulu.

Ig. — Comment est monté le dispositif de restitution de la composante continue ?

Cur. — Pas de détails aujourd'hui. Vous avez appris quel est son rôle et saurez désormais le situer dans l'ensemble du montage. Nous en reparlerons plus tard, quand nous étudierons les divers éléments du téléviseur.

Ig. — S'il en est ainsi, le reste de votre schéma ne me fait plus peur. Je vois que le signal vidéo est également appliqué à un « séparateur de synchronisme ». Il s'agit sans doute d'un montage où les tops de synchronisation sont séparés du signal vidéo proprement dit, c'est-à-dire de sa partie qui traduit la luminosité des éléments d'images ?

Cur. — C'est bien cela. Mais, en outre, le « séparateur » en question opère le tri des tops de lignes et des tops d'images...

Ig. — ...pour diriger chaque sorte de tops sur la base de temps correspondante. Et, à la suite de ces bases, je vois les amplificateurs et les bobinages de déflexion. Là, nous sommes en plein pays de connaissance.

Cur. — Plus tard, nous étudierons la composition et le fonctionnement des séparateurs. Mais avez-vous songé que les nombreux tubes qui équipent les divers étages de notre téléviseur ont besoin d'être alimentés ?

Ig. — Voilà pourquoi vous avez réservé la plus grosse de vos boîtes de conserves à l'alimentation. On y trouve un drôle de mélange : chauffage, haute tension et...T.H.T. Qu'est-ce ?

Cur. — Abrégé de Très Haute Tension. Il s'agit de ces quelques milliers de volts que l'on doit appliquer sur l'anode du tube cathodique. Divers moyens permettent de les obtenir, et nous aurons l'occasion de les examiner.

Super et montage direct sur la balance.

Ig. — Depuis un moment, je guigne le schéma que vous avez tracé du téléviseur à changement de fréquence. Et, à vous dire la vérité, je n'y comprends rien !

Cur. — Pourquoi donc, mon pauvre Ignotus ? Excepté la partie du montage qui précède la détection, le reste est sensiblement identique à ce que nous venons d'étudier ensemble.

Ig. — Certes. Mais ce que je ne comprends pas, c'est que la préamplification H.F. et le changeur de fréquence avec son oscillateur sont communs au son et à l'image. Il en résulte peut-être une belle économie, mais comment cela peut-il fonctionner ?

Cur. — Fort bien, je vous assure. Notez, pour commencer, que la bande passante de l'amplificateur H.F. est suffisamment étendue pour englober tant la porteuse du son avec sa modulation que la porteuse de l'image avec ses deux bandes latérales ou au moins avec celle qui est la plus proche de la porteuse du son. Je vous ferai remarquer en passant que bien souvent un étage commun de préamplification H.F. est également utilisé dans les téléviseurs à amplification directe.

Ig. — Je veux bien. Mais comment parvenez-vous à séparer son et image après le changement de fréquence ?

Cur. — Cela n'a rien de sorcier. La fréquence de l'oscillateur, en produisant des battements avec les fréquences du son et de l'image, donnera lieu à deux fréquences différentes que des circuits accordés permettront de séparer sans difficulté.

Ig. — Ce n'est pas bien clair.

Cur. — Prenons donc un exemple numérique. Supposons que le son soit transmis sur 174,1 MHz et l'image sur 185,25 MHz. Ce sont d'ailleurs les caractéristiques des émissions à 819 lignes de Paris et de Lille. Si vous accordez l'oscillateur local sur 149,1 MHz, quelles seront les valeurs des fréquences différentielles obtenues après le changement de fréquence ?

Ig. — Pour le son nous obtiendrons :

$$174,1 - 149,1 = 25 \text{ MHz.}$$

Et pour l'image :

$$185,25 - 149,1 = 36,15 \text{ MHz.}$$

Cur. — Eh bien, si vous accordez respectivement sur ces fréquences les amplificateurs M.F. de la partie « son » et de la partie « image », la séparation sera obtenue sans difficulté. Compris ?

Ig. — Oui, cette fois-ci c'est clair. Mais c'est effarant, des M.F. accordées sur 36,15 MHz !

Cur. — Pourquoi donc ? Quand il s'agit d'avoir quelque chose comme 13 MHz de bande passante, il est difficile d'adopter une valeur beaucoup plus

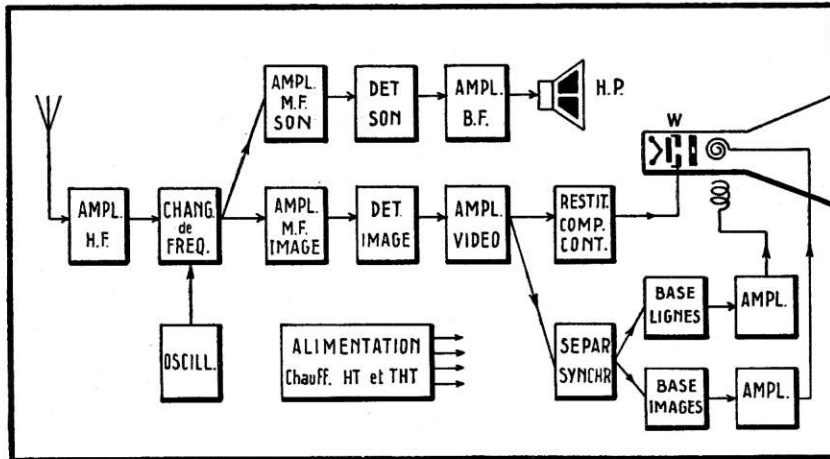


Fig. 76. — Schéma très général d'un récepteur de télévision du type superhétérodyne.

faible. Dites-vous, au surplus, que la courbe de sélectivité de l'amplificateur M.F. doit répondre aux mêmes exigences que celle de l'amplificateur H.F. dans le cas de l'amplification directe.

Ig. — En définitive, que faut-il préférer ?

Cur. — Le plus souvent, le superhétérodyne qui est généralement plus sensible et, à ce titre, est plus indiqué pour la réception d'émetteurs éloignés. Mais, par son principe même, il est enclin à produire des interférences qui se manifestent...

Ig. — ...par des sifflements !

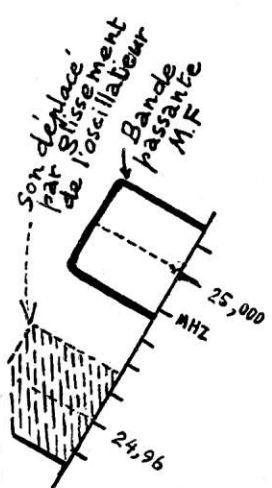
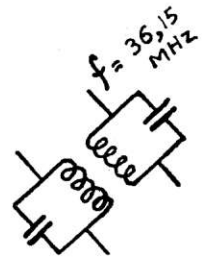
Cur. — En radiophonie, oui. Mais ici, par des sries, des moirages ou autres déformations. En revanche, la courbe de sélectivité désirée est plus facile à obtenir dans un superhétérodyne. Et de la sorte, on sépare plus facilement le son de l'image. Enfin, il faut que l'oscillateur local soit très stable. Si sa fréquence varie un peu, cela n'a guère d'effet sur l'image, mais c'est désastreux pour le son dont la bande passante est beaucoup plus étroite.

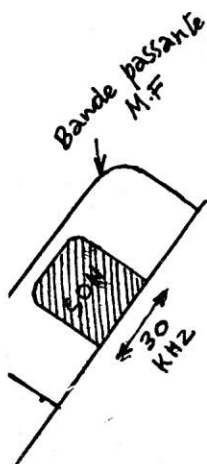
Ig. — Je ne vois pas en quoi cela est désastreux.

Cur. — Si, dans notre exemple, la fréquence de l'oscillateur a passé de 149,1 MHz à 149,14 MHz, la variation n'est que de l'ordre de 26 pour 100.000. Un rien ! Un tel déplacement ne sera pas sensible pour l'image. Mais le son glissera à :

$$174,1 - 149,14 = 24,96 \text{ MHz.}$$

Et si l'amplificateur M.F. son a une bande passante de 15.000 p/s de chaque côté de la porteuse, elle va de 24,985 à 25,015 MHz. Le décalage de l'oscillateur fera passer le son dans la bande 24,945 à 24,975 MHz. Et cette bande sort com-





plètement de l'intervalle de la bande passante de l'amplificateur. C'est dire que le son cessera d'être audible.

Ig. — Quand il s'agit d'une jolie femme qui chante faux, cela ne doit pas être considéré comme une catastrophe. Au contraire ! La télévision réalise le vieux rêve de l'homme : sois belle et tais-toi !

Cur. — Vous déraillez complètement de notre sujet, Ignotus. Plutôt que de vous livrer à des plaisanteries d'un goût douteux, vous feriez mieux de suggérer un remède.

Ig. — Mieux stabiliser l'oscillateur.

Cur. — Certes. Mais, tout en s'y efforçant, on élargit la bande passante de l'amplificateur M.F. son plus que ne le nécessite l'ampleur du spectre des fréquences audibles transmises. De cette manière, on réserve une marge de sécurité aux variations de la fréquence de l'oscillateur.

Ig. — Je n'y aurais pas songé.

Cur. — Ce qui prouve que vous êtes fatigué et qu'il vaut mieux que nous continuions notre conversation une autre fois.

