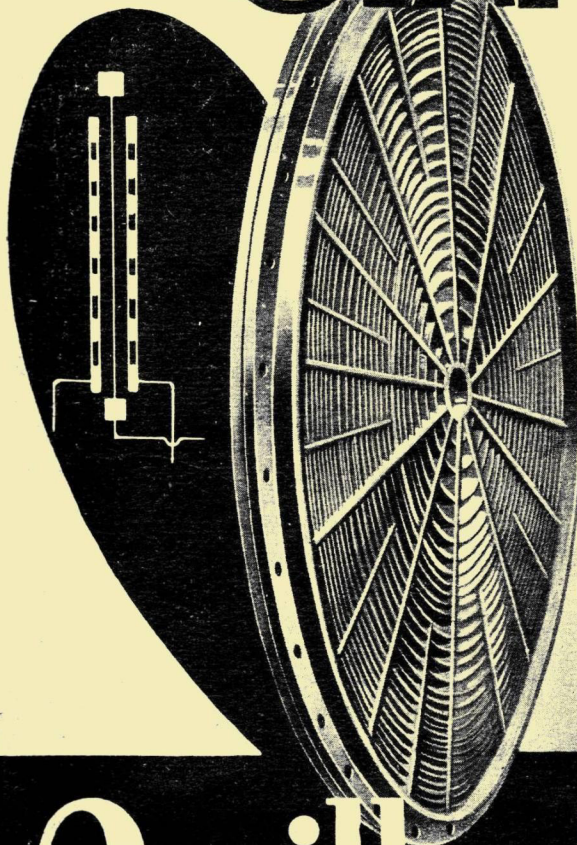


# Le Haut Parleur STATIQUE



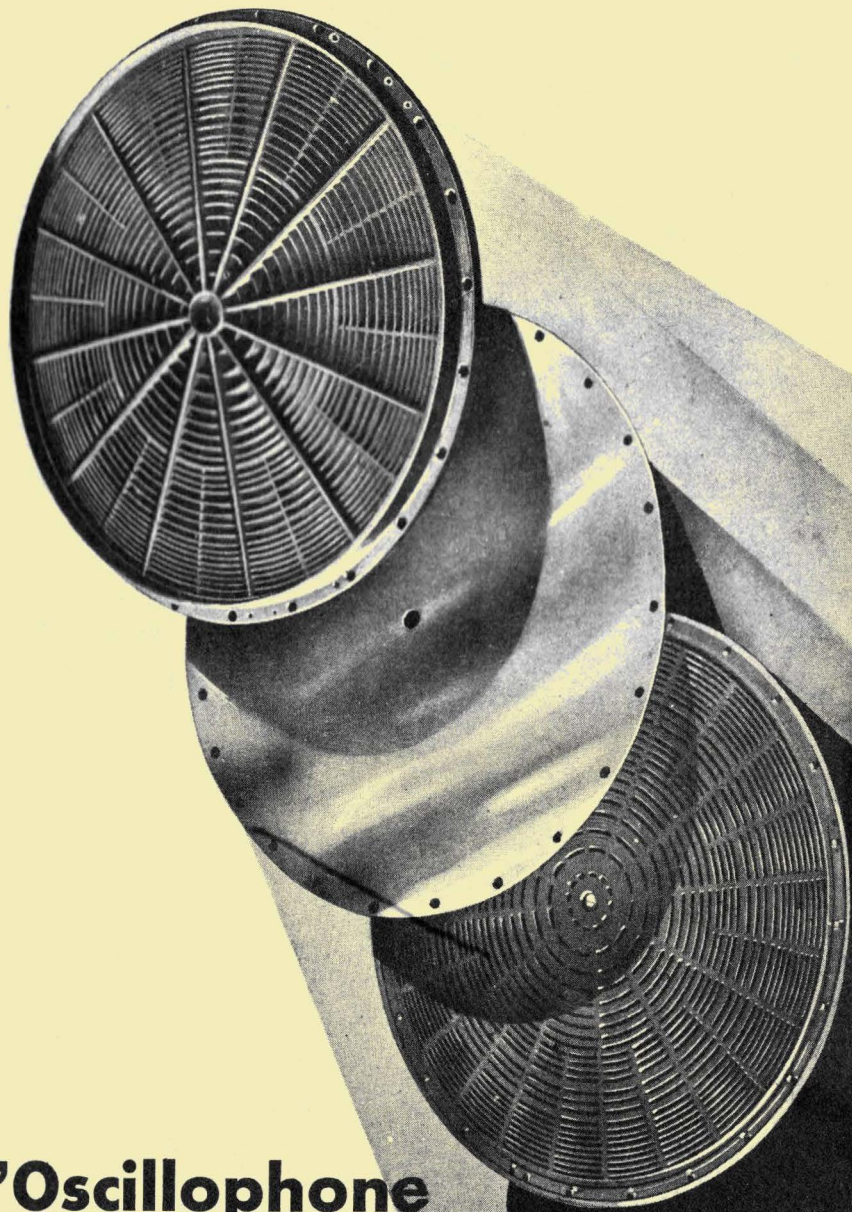
Principe  
Réalisation  
Utilisation  
L'Avenir du  
Statique

par

Roger R.  
CAHEN

# Oscillophone

( LICENCE S<sup>ts</sup> F<sup>ts</sup> OSCILLOPLANE )



# L'Oscillophone démonté

**Roger R. CAHEN**



# **Le Haut-Parleur Statique**



## **OSCILLOPHONE**

(Licence Société Française Oscilloplane)



*Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays y compris l'U. R. S. S.*

*Copyright 1932 by Roger R. Cahen.*

**Société de publications Radio-Électriques  
et Scientifiques**

23, Avenue de la République - PARIS-XI<sup>e</sup>

DU MEME AUTEUR :

Œuvres concernant la Radio

## **Cours de Radiotélégraphie et Phonie.**

*Professé à l'École d'Arts et Métiers de Paris,  
sous le patronage de l'A. E. P.*

Nouvelle édition, 175 pages, 330 figures

Frs **30**

.....

## **Cours de Lecture au Son Morse en 6 Disques**

*Douze leçons de difficulté croissante,  
basées sur une excellente méthode mnémonique.*

Frs **120**

.....

EDITEUR :

**Société de Publications Radio-Électriques  
et Scientifiques**

23, Avenue de la République - PARIS-XI<sup>e</sup>



# INTRODUCTION



Il y a environ un demi-siècle, les travaux presque simultanés de Scott, Cros et Edison montrèrent qu'il était possible de reproduire mécaniquement la voix humaine et les sons musicaux.

Depuis cette époque lointaine, les chercheurs de différents pays se sont appliqués à perfectionner les appareils utilisés à cet effet, l'apparition de la Radiotéléphonie augmentant encore l'intérêt attaché à la question.

Le but commun de ces recherches est d'établir des générateurs sonores absolument fidèles, c'est-à-dire fournissant l'expression complète de la réalité ; il sera atteint lorsque notre oreille ne pourra différencier une émission sonore humaine et une émission sonore reproduite mécaniquement...

Les bases de ce problème complexe ont été posées par les physiiciens. En ce qui concerne les reproducteurs de sons, tout en négligeant les conditions secondaires d'acoustique, il faut tendre vers la réémission intégrale de toutes les fréquences et des harmoniques qui les accompagnent.

Théoriquement, la solution paraît simple, mais que de difficultés soulevées lors de la réalisation...

Les techniciens se butent, au cours des recherches, à des impossibilités quasi-matérielles ou doivent concilier des conditions opposées.

Deux grands ennemis doivent être combattus constamment : l'inertie et la résonance.

Pour les vaincre complètement, il faudrait envisager un reproducteur de sons immatériel, ce qui est naturellement une solution incompatible avec le problème posé.

Nombreux ont été les appareils réalisés qui appartiennent à trois groupes principaux : haut-parleurs magnétiques, dynamiques et statiques.



## Les phénomènes électrostatiques.

Avant d'examiner le principe du haut-parleur électrostatique, il convient de rappeler quelques notions élémentaires d'électricité qui faciliteront sa compréhension.

Les conceptions modernes de la Physique, étayées par des connaissances déjà anciennes, ont établi que l'Électricité est de nature électronique, c'est-à-dire qu'un *courant électrique* s'apparentera à un flux d'électrons mobiles qui s'écoulera à travers les conducteurs et une *charge électrique* sera représentée par une stagnation des électrons à la surface des corps.

Le courant aura lieu par suite d'un phénomène dynamique (de mouvement) et la charge électrique sera caractérisée par un état statique (de repos).

Les physiciens des siècles précédents ont distingué des charges et pôles de noms contraires : « positif » et « négatif ». Cette différenciation est un peu arbitraire et a été introduite afin de simplifier la discussion des expériences, puisqu'il n'existe qu'une seule sorte d'électricité : celle constituée par des électrons. On pourra dire, pour fixer les idées, qu'un corps riche en électrons superficiels porte une charge négative *par rapport* à un autre moins pourvu d'électrons, dénommé positif.

### *Charge électrique*

Elle caractérise l'intensité d'électrisation d'un corps.

La charge peut être positive ou négative, selon la notation ; mais il convient de remarquer qu'aucune charge d'un nom ne peut exister sans que prenne naissance simultanément une charge de nom contraire sur le même corps ou à proximité.

On distingue les corps *mauvais conducteurs* où la charge peut être cantonnée en un point déterminé et les corps *bon conducteurs* où la charge se répartit plus ou moins uniformément lorsqu'on les isole du sol considéré comme neutre (potentiel zéro).

### *Lois des attractions et répulsions*

1<sup>re</sup> loi. — Deux corps chargés d'électricité de même nom se repoussent et deux corps portant des charges de noms contraires s'attirent.

Ce phénomène s'explique facilement, puisque des corps de même état électrique n'ont rien à se céder, tout au contraire, alors que dans le cas où l'un comporte plus d'électrons libres, il tend à se rapprocher de l'autre dans un but d'égalisation comparable à ce qui se passe en hydraulique dans l'expérience des vases communicants.

Autrement dit, l'apparition de charges de noms contraires est un phénomène instable qui tend vers la recombinaison des charges pour redonner un état neutre assimilable à l'équilibre indifférent en mécanique.

2<sup>e</sup> loi. — La force d'attraction ou de répulsion qui s'exerce entre deux corps électrisés est proportionnelle au produit des quantités d'électricité qu'ils recèlent et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare.

Ceci s'exprime à l'aide de la formule de Coulomb :

$$F = k. \frac{m.m'}{d^2}$$

F = force d'attraction ou de répulsion correspondant à des charges m et m' de noms contraires ou de même nom.

k = coefficient dépendant du milieu ambiant (1 pour l'air, dans la plupart des expériences).

m et m' = charges électriques.

d<sup>2</sup> = carré de la distance.

La force attractive ou répulsive est donc fonction directe du produit des charges électriques et varie comme l'inverse du carré de la distance : deux corps porteurs de charges de signes quelconques s'attireront ou se repousseront 4 fois moins à deux centimètres de distance qu'à un centimètre, par exemple.

La loi n'est applicable d'une manière absolue que si les corps ont de faibles dimensions par rapport à la distance qui les sépare.



## Unités

« L'unité de charge électrique est la quantité d'électricité qui, placée à 1 cm. de distance d'une quantité égale, la repousse ou l'attire avec une force d'une dyne. »

« L'unité de différence de potentiel correspond au potentiel d'une sphère de 1 cm. de rayon chargée d'une unité électrostatique de quantité. »

Cette différence de potentiel a lieu lorsque deux charges électriques différentes sont en présence et d'elle dépendra le travail électrique correspondant à l'égalisation, véritable neutralisation.

## Champ électrique

Un champ électrique sera la région d'espace où les forces attractives et répulsives, dont il a été parlé, pourront exister.

Tout le monde sait que des charges électriques peuvent être développées par frottement d'un bâton d'ébonite ou de verre : c'est le cas des corps mauvais conducteurs.

Un champ électrique pourra être entretenu entre deux corps bons conducteurs en les reliant aux pôles d'une batterie de piles ou de toute source de courant en général (Fig. 1).

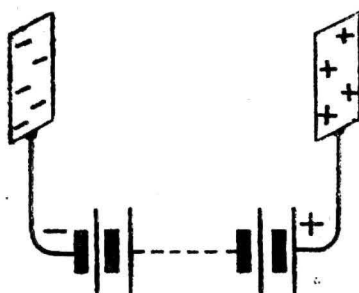


Fig. 1

Un champ électrique existera entre les deux plaques métalliques ; il sera proportionnel à la tension aux bornes du générateur. D'après ce qui a été dit précédemment, les armatures auront tendance à venir à la rencontre l'une de l'autre, et le feront réellement, si la différence de potentiel est suffisante pour les conditions d'expérience.

Certains appareils de mesure de tension électrique sont basés sur ce principe, tels que les voltmètres électrostatiques ou les électromètres à quadrants : une des plaques est mobile et entraîne une aiguille sur un cadran.

Pour mettre le champ électrique en évidence, il suffira d'introduire entre les armatures du condensateur à air ainsi formé, une petite sphère S également porteuse d'une charge électrique (Fig. 2).

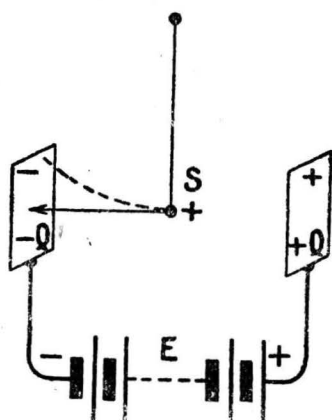


Fig. 2

Chargée positivement, elle viendra en contact avec l'armature négative du condensateur en suivant approximativement une ligne de force électrostatique.

La force qui a opéré ce déplacement sera d'autant plus grande que les charges électriques en présence, le seront aussi. Un milliampèremètre intercalé dans le circuit montrera qu'il ne circule aucun courant.

Si l'on envisage un condensateur de capacité C entre les armatures duquel on entretient une différence de potentiel E, la quantité d'électricité emmagasinée sous forme potentielle sera :

$$Q \text{ Coulomb} = C \times E$$

En admettant que la différence de potentiel soit 1.500 volts entre armatures distantes de 5 millimètres, le champ électrique sera :

$$\frac{1.500}{0,5} = 3.000 \text{ volts par centimètre ou } 3 \text{ kilovolts/cm.}$$

Les lignes de force électrostatiques seront figurées par toutes les trajectoires que pourra emprunter la petite sphère S vers l'une des plaques selon le nom de sa charge. Pour une surface déterminée d'armature, il y aura géométriquement un nombre infini de lignes de force.

L'homogénéité de la répartition des lignes de force sera obtenue dans le cas où les armatures seront parallèles à une distance faible



## CHAPITRE II

### Principe du haut-parleur statique.

Un haut-parleur est un véritable transformateur d'énergie qui permet d'obtenir un ébranlement mécanique de l'air à partir d'un courant électrique variable.

Le problème de la reproduction sonore à grande puissance a été posé bien avant l'apparition de la Radiodiffusion, à l'époque où la téléphonie avec fil prenait son essor. On doit remarquer, néanmoins, que l'extension de la Radiotéléphonie a donné à ce problème toute son ampleur.

Jusqu'ici, les reproducteurs de sons appartenaient à deux catégories dont les principes de base sont relativement comparables : un moteur électromagnétique ou électrodynamique attaque une membrane, généralement conique, en son centre et lui fait remplir un rôle que l'on a comparé ingénieusement à celui d'un piston (pour les notes basses) de faible course et de grand alésage. Ce piston produit des compressions et des dépressions de l'air à une fréquence audible en vue d'obtenir une action mécanique synchrone sur le tympan.

Or, il se trouve que le principe du haut-parleur électrostatique, bien différent, a été exposé sous différentes formes il y a fort longtemps par EDISON vers 1878, par DOLBAER en 1881, par ORT et RIEGER en 1909, etc... à une époque où la Radiodiffusion n'existait pas. Pourquoi ce retard considérable de la technique électrostatique ? Il est simplement dû au grand nombre des difficultés qui ont dû être vaincues ; les méthodes électromagnétiques et électrodynamiques ont conquis de ce fait une avance considérable ces dernières années, à cause de la relative simplicité de leur mise en œuvre.

Tous les techniciens ont reconnu la supériorité de principe de la méthode statique, à quelques exceptions près, mais jusqu'ici n'ont pas accordé un grand crédit aux appareils présentés depuis quelques années.

Cette opinion était judicieuse, mais il serait injuste de la main-



tenir intangiblement, car les toutes dernières réalisations présentent un intérêt indiscutable qui leur confère le premier rang parmi les appareils reproducteurs de sons.

### *Principe du haut-parleur électrostatique*

Nous suivrons, dans l'exposé des particularités du Statique, un ordre identique à celui des recherches qui lui ont donné la valeur actuelle.

Soit une membrane métallique mobile M, mince et de grande surface placée très près d'une armature conductrice fixe A de même surface et qui forme condensateur avec celle-ci. (Fig. 3).

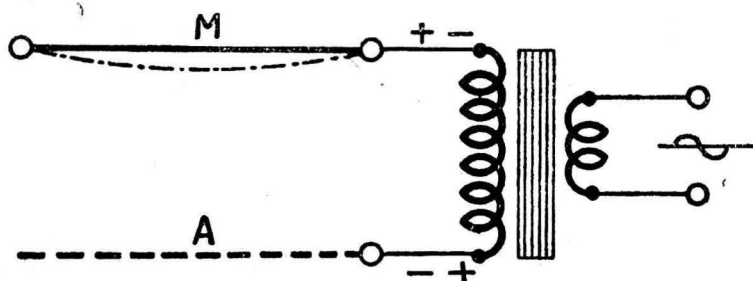


Fig. 3

Si l'on réunit ces deux électrodes respectivement aux extrémités de l'enroulement secondaire d'un transformateur, dont le primaire est en rapport avec une source de courant modulé, elles présenteront alternativement une différence de potentiel dont la valeur dépendra de la tension primaire, du rapport de transformation et de la capacité du système.

Au cours d'une période du courant alternatif d'alimentation, les armatures changeront électriquement de signe : lors de la première alternance la membrane sera, par exemple, positive par rapport à l'armature fixe et négative pendant la seconde alternance, ces deux valeurs de tension étant séparées dans le temps par une valeur nulle.

Première alternance :

- a) aucune différence de potentiel entre les armatures.
- b) différence de potentiel max. : membrane positive.
- c) retour à une différence de potentiel nulle.

Deuxième alternance :

- a) différence de potentiel nulle.
- b) différence de potentiel max. : membrane négative.
- c) retour à une différence de potentiel nulle.

Le même phénomène se reproduira symétriquement à la seconde période et ainsi de suite.

Au moment des différences de potentiel nulles, il n'existe aucun champ électrique entre les armatures, mais lorsqu'une tension positive ou négative entre en jeu, il se produit une attraction électrostatique qui tend à infléchir  $M$  vers  $A$ , la membrane  $M$  étant, seule, suffisamment élastique.

Il y aura donc deux inflexions par période.

La force d'attraction est proportionnelle à la surface en regard, au carré de la tension et inversement proportionnelle au carré de la distance. Par exemple, si les armatures ont 38 centimètres de diamètre, une différence de potentiel de 2.000 volts fournira une force attractive de 500 grammes à un demi-millimètre de distance.

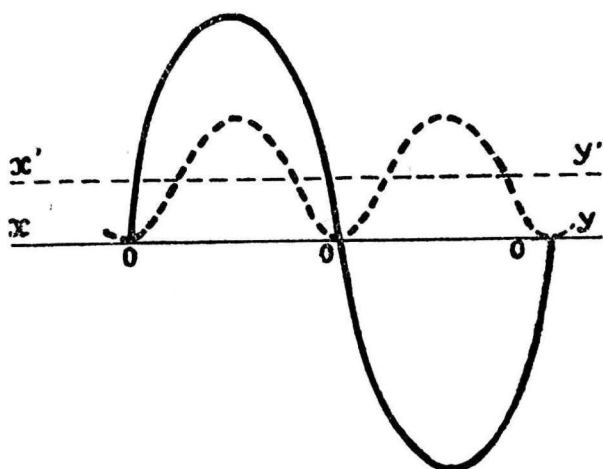


Fig. 4

La figure 4 montre en trait plein une période complète du courant d'alimentation (variation électrique) et en pointillé les deux inflexions (variations mécaniques) de la membrane, qui sont de même sens dans l'espace.

On assiste à un « doublement de fréquence », puisqu'il y a eu deux maxima de fléchissement de même sens et consécutifs.

Pour mieux se rendre compte graphiquement du phénomène, il suffit d'élever l'abscisse  $x$   $y$  en  $x'$   $y'$  et se baser sur cette nouvelle position pour compter les périodes mécaniques en pointillé : il y en a deux pour une période électrique.

Quelles conclusions tirer de cette première expérience ?

1° Il est possible d'obtenir une inflexion de membrane en la

plaçant à courte distance d'une armature fixe et en établissant entre elles une différence de potentiel alternative de valeur suffisante.

2° Le dispositif agit comme un transformateur de fréquence de rapport 2, c'est-à-dire fournit une résultante mécanique de fréquence double de celle d'alimentation électrique.

Si la première conclusion est favorable, la seconde est prohibitive, la fidélité de reproduction sonore exigeant qu'une période com-

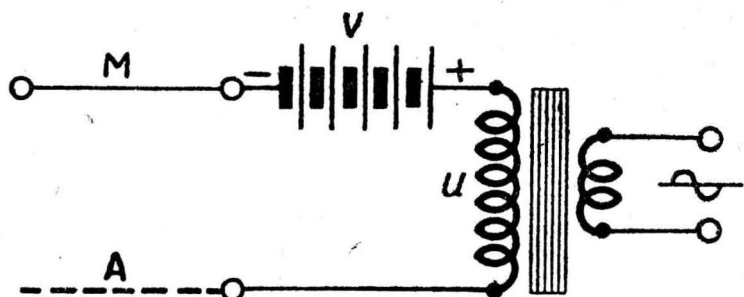


Fig. 5

plète du courant d'alimentation ne donne lieu qu'à une seule période mécanique de la membrane.

La difficulté a été tournée en polarisant à haute tension la membrane par rapport à l'électrode fixe (Fig. 5).

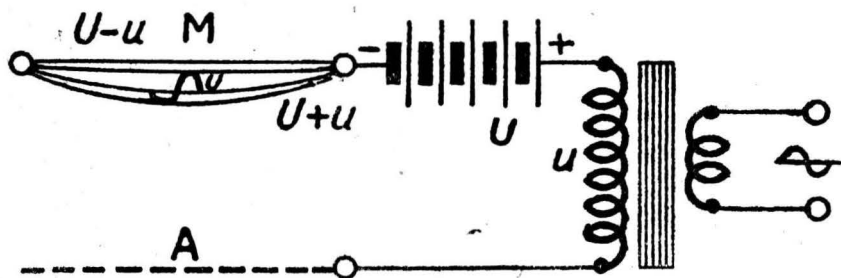


Fig. 6

La membrane M est négative par rapport à l'armature fixe A d'une valeur égale à celle de polarisation U et reste infléchie tant qu'elle est sous tension.

Si une différence de potentiel  $u$  apparaît aux extrémités du secondaire de transformateur, elle s'ajoutera (ou se retranchera, selon l'alternance) à la tension de polarisation.

On obtiendra pour une période complète : U, U + u, U, U - u, U, c'est-à-dire au point de vue électrostatique une vibration double de la membrane autour d'une position initiale déterminée par U (Fig. 6) alors que sans polarisation de base, elle se déplaçait selon la représentation graphique de la figure 7.

Le mode de vibration asymétrique indiqué par la figure 6 se conçoit si l'on se souvient du fait que l'attraction électrostatique est inversement proportionnelle, non pas à la distance des armatures, mais au carré de cette distance.

Lorsque la valeur de la tension entre armatures atteint  $U + u$ , la membrane élastique  $M$  s'infléchit vers  $A$  avec une certaine amplitude ; pour une tension  $U$  de base, elle revient à la position ini-

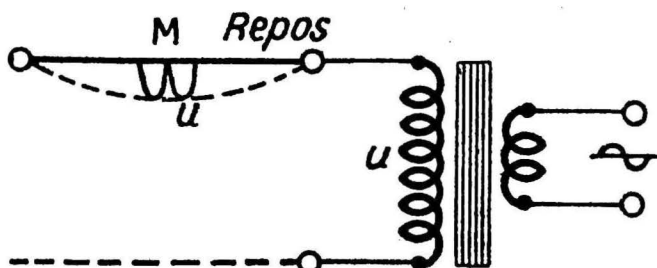


Fig. 7

tiale, mais pour la valeur  $U - u$  elle tend à s'écarter avec une amplitude beaucoup plus grande, car ce mouvement l'éloignant de  $A$ , fait décroître considérablement la force attractive statique qui se compose avec son élasticité naturelle pour assurer ses déplacements vibratoires.

Autrement dit une variation symétrique du courant modulé

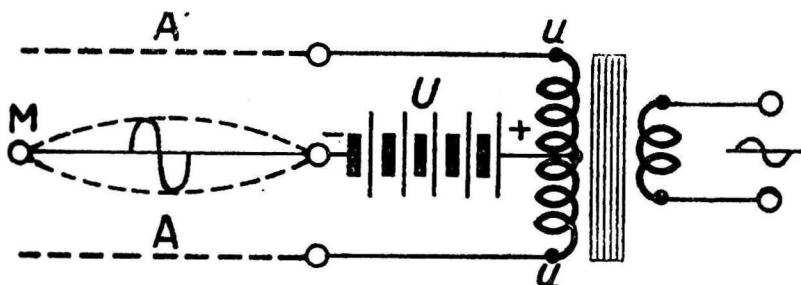


Fig. 8

amène une variation asymétrique de la position de la membrane par rapport à celle imposée par la tension  $U$ .

Il vient naturellement à l'idée, dans le but de compenser cette asymétrie de placer la membrane vibrante  $M$  entre deux armatures fixes conductrices  $A$  et  $A'$  présentant vis-à-vis d'elles une différence de potentiel constante (Fig. 8).

Dans ce cas particulier de montage (nous verrons plus loin qu'il en existe d'autres) ; on utilise un secondaire de transformateur à prise médiane réelle ou figurée.



La membrane M présente une différence de potentiel constante  $U$  avec A et A'. En cas de modulation, son potentiel devient  $U + u$  par rapport à A et  $U - u$  par rapport à A' ; réciproquement, au cours de l'alternance suivante, la membrane est à  $U - u$  par rapport à A et à  $U + u$  par rapport à A'.

A tension maximum constante, il en résultera une vibration symétrique de M autour d'une valeur moyenne qui sera, cette fois, sa position d'équilibre indifférent ou de repos. L'effet sera d'autant plus marqué que  $U$  sera grand par rapport à  $u$ .

Si la tension modulée s'élève, la formule exprimant la force attractive P peut faire craindre une amplitude non proportionnelle du déplacement de la membrane. Cet inconvénient est pratiquement supprimé par l'emploi d'un alliage à grande cohésion moléculaire qui s'oppose à des déplacements exagérés, la membrane tendant vers sa limite d'élasticité.

L'effet est complété par un amortissement dû à l'emploi d'armatures fixes convenablement ajourées ; les « ouvertures » permettent la propagation du son à l'extérieur de l'appareil, alors que les « pleins » assurent la formation d'un matelas d'air jouant le rôle de frein et limitant les grandes amplitudes.

Cette forme d'exécution correspond en principe aux réalisations industrielles de l'heure présente.

Jusqu'ici, nous n'avons envisagé l'alimentation du haut-parleur statique en courant modulé que sous une fréquence constante.

Qu'arrivera-t-il si la fréquence varie tout au long de l'échelle audible ?

Le Statique à une seule armature est doué d'une certaine capacité ; s'il comporte deux armatures fixes symétriques, il est assimilable à un condensateur double dont les éléments peuvent être connectés en série ou en dérivation suivant des dispositions qui seront décrites ultérieurement.

On sait que la résistance présentée par un condensateur au courant alternatif est proportionnelle à :  $\frac{1}{C\omega}$

C étant la capacité et  $\omega$  la pulsation égale à :  $2 \pi f$   
f représentant la fréquence.

Si cette fréquence croît, la pulsation varie dans le même sens et la résistance au courant alternatif du condensateur tend vers un minimum.

Or, on peut dire que les fréquences audibles s'étagent entre

60 et 10.000, si l'on néglige provisoirement les fréquences harmoniques supérieures qui créent le « timbre ».

Un haut-parleur statique, directement alimenté par un amplificateur acheminant toute la gamme des fréquences citées sous une tension constante, fournira une puissance sonore croissant avec les fréquences, puisque sa résistance diminuera d'autant.

C'est ce qu'on exprime en disant que « la charge capacitive » augmente avec la fréquence. On peut donc craindre que le Statique avantage considérablement les notes aiguës avec d'autant plus de facilité que la membrane sera peu inerte.

L'inconvénient a été signalé depuis longtemps et cette remarque a beaucoup contribué à implanter dans les esprits la notion du « mauvais rendement » du Statique pour les basses fréquences.

Diverses méthodes de correction ont été proposées : emploi de membranes à grande surface, accouplement de plusieurs appareils favorisant des bandes successives de fréquences, appareil à membrane divisée...

H. VOGT, l'éminent réalisateur de l'Oscilloplane, a proposé une solution logique :

Etant donné qu'un amplificateur BF à liaisons résistance-capacité est caractérisé par une variation de tension d'utilisation presque rectiligne et constante en fonction de la fréquence (I. Fig. 9), sa liaison avec un Statique fournira une puissance sonore croissante (II. Fig. 9).

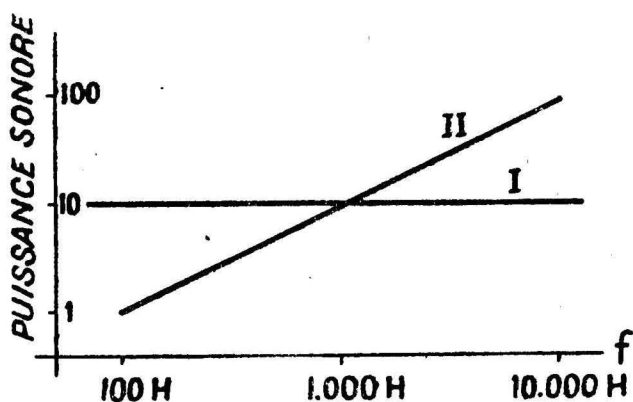


Fig. 9

Pour obtenir une reproduction sonore d'amplitude indépendante de la fréquence, il sera nécessaire d'accoupler le Statique à l'amplificateur, de manière à ce que celui-ci ait une caractéristique décrois-

sante. La figure 10 montre graphiquement qu'à une tension d'alimentation décroissante (I) correspond une puissance sonore constante (II).

La méthode ne sera réellement efficace que si le Statique possède une faible capacité non-dynamique, un amortissement mécanique

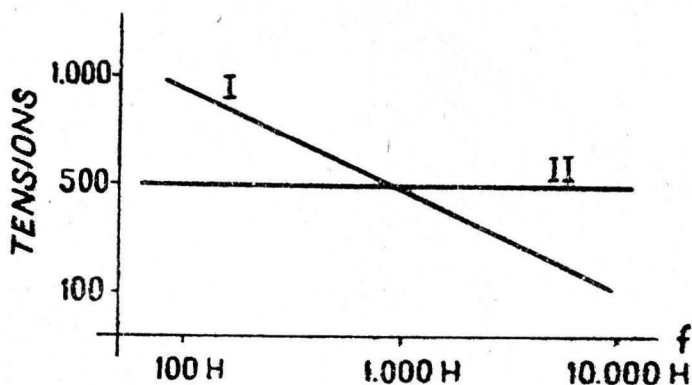


Fig. 10

réduit et une grande amplitude possible de déplacement de la membrane. Cette dernière condition n'est d'ailleurs guère compatible, sans précautions spéciales, avec les nécessités d'isolation.

En principe, un Statique qui atrophie les notes graves n'est pas convenablement couplé avec l'amplificateur chargé de l'alimenter.

Dans le cas d'une liaison par transformateur, le rapport de transformation sera choisi d'autant plus grand qu'on voudra avantager les notes graves, toutes autres conditions égales. Cette méthode n'est pas empirique, comme on pourrait le croire à première vue, puisqu'elle restitue au Statique une caractéristique de reproduction sonore constante qu'on lui a bien souvent refusée.

Nous verrons d'ailleurs plus loin dans quels cas une caractéristique anormale sera quelquefois avantageusement utilisable en l'état actuel de la technique phono et radioélectrique.

La conclusion de ce chapitre, que nous aurions voulu développer davantage, est que le principe de la méthode statique permet de réaliser des reproducteurs de sons absolument fidèles, si l'on sait obvier à quelques difficultés. Nous ne craignons pas de l'affirmer à une époque où les partisans du haut-parleur statique sont encore une minorité.

## Réalisation industrielle du haut-parleur statique « Oscillophone »

La réalisation d'un haut-parleur statique est extrêmement délicate, tant au point de vue électrique que mécanique ; nous nous efforcerons d'évoquer la complexité des problèmes posés en étudiant l'Oscillophone de H. VOGT (licence Oscilloplane). Voici le résultat d'une dizaine d'années de recherches :

### Objectif général

Il s'agissait d'établir un reproducteur de sons statique répondant aux conditions suivantes :

#### Problème à résoudre :

- a) Appareil puissant utilisant des champs électriques modulés relativement faibles.
- b) Constance de reproduction de 60 à 10.000 périodes.
- c) Correction des asymétries de vibration et des déplacements non proportionnels de la membrane.
- d) Affaiblissement des harmoniques.
- e) Incompatibilité de déplacements suffisants de la membrane avec les nécessités d'isolement haute tension.
- f) Membrane légère de grande surface, faible inertie et tension mécanique constante dans le temps.

#### Comment il a été résolu :

- a) Faible distance entre les 3 électrodes. Polarisation élevée
- b) Diminution de l'inertie, correction à l'accouplement de l'amplificateur, possibilité de grandes amplitudes sans claquements.
- c) Système double. Polarisation. Membrane de grande ténacité.
- d) Armatures fixes convenablement ajourées.
- e) Conciliation avec la condition (a).
- f) Etude d'un alliage spécial de faible densité et de grande ténacité sous une faible épaisseur.



- g) Correction du retrait des armatures fixes après moulage.
- h) Protection contre les surtensions.

- g) Etude poussée des matières moulées.
- h) Emploi d'un limiteur de tension efficace. Isolation des armatures et de la membrane.

### Description

L'Oscillophone est essentiellement composé d'une membrane métallique plane tendue entre deux armatures fixes en matière moulée ; il s'agit donc d'un système à trois électrodes.

Le verso de la couverture de cet opuscule donne une idée de la constitution simple du Statique que l'on voit démonté et ouvert comme les feuillets d'un livre.

La membrane est tendue une fois pour toutes entre les électrodes fixes par serrage à la périphérie. Les armatures sont ajourées au moulage pour des raisons qui ont été exposées ; il faut remarquer à ce sujet que les dispositions des nervures n'ont pas été dictées par un souci d'esthétique, mais bien pour corriger le mode de vibration de la membrane. Les armatures sont recouvertes extérieurement d'une étoffe décorée.

L'Oscillophone comporte trois cosses de connexion correspondant à chacune des électrodes : armature I, armature II et membrane M (Fig. 11).

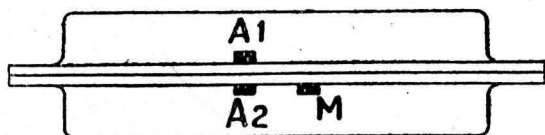


Fig. 11

Des pattes de fixation sont prévues à 120° périphériquement.

*Dimensions.* — Diamètre : 385 mm. ; épaisseur totale : 57 mm. ; (poids : 2 kg. 250).

*La membrane.* — La nature du métal employé conditionne la valeur de l'Oscillophone.

Il était nécessaire d'obtenir un alliage pouvant être laminé à 0,02 mm. sur des largeurs de 450 mm., d'allongement réduit (0,06 %), de résistance de rupture très élevée (celle de l'acier fondu), de faible coefficient de dilatation et assurant une grande constance de la tension dans le temps.

Le choix de H. VOGT s'est porté sur un alliage : aluminium-magnésium-silicium-fer-cuivre.

La membrane ainsi réalisée pèse 10 grammes, faible poids la rapprochant de la membrane théorique, sans masse, donc sans inertie.

Au montage, la distance entre cette membrane et les armatures fixes est d'environ 0,35 mm. à la périphérie et 1,3 mm. au centre ; au cours du fonctionnement l'induction peut s'élever à 37 kilovolts par centimètre pour les régions resserrées, jusqu'à 50 kilovolts au moment des pointes de modulation.

Ces valeurs laissent entendre les difficultés d'isolation qui ont été rencontrées ; dans le but d'éviter les claquements de surtension, la membrane est recouverte d'un vernis à base de cellulose à grand pouvoir isolant.

Elle peut effectuer des vibrations doubles autour de la position moyenne de repos d'une amplitude totale atteignant 2 millimètres sans risque de perforation.

D'ailleurs un limiteur de tension, réglé à la distance explosive correspondant à la tension normale d'emploi la plus élevée, donne toute sécurité à ce sujet. Nous verrons sa constitution plus avant.

*Les armatures fixes.* — Ces armatures, absolument symétriques, assurent plusieurs rôles : soutien et serrage de la membrane, entretien du champ électrostatique, atténuation des harmoniques, contribution à la symétrie du régime vibratoire et acheminement des sons à l'extérieur.

Elles devaient être constituées par des cercles en matière isolante rendus conducteurs sur une face, facilement moulables et surtout ne donnant pas lieu à un « retrait » dans le temps. On devine facilement la raison de cette dernière condition, puisqu'un retrait aurait pour effet de détendre la membrane.

La matière employée est la bakélite mélangée à de la sciure de bois et à des produits de condensation du phénol et du formol, amenés à l'état « C ».

Un traitement thermique final dont la technique est due à H. VOGT, réalise un vieillissement accéléré qui évitera toute déformation ultérieure.

Le coefficient de dilatation linéaire est d'environ 0,000035, c'est-à-dire négligeable.

La face tournée vers la membrane est rectifiée, métallisée colloïdalement, puis recouverte d'un vernis cellulosique. Des études particulières ont dû être faites pour assurer un isolement renforcé au niveau

des arêtes des nervures où des claquements ont tendance à se produire plus particulièrement (pouvoir des pointes).

La nécessité de serrer la membrane à une très faible distance des armatures oblige à « dresser » correctement les assises de celle-ci par rapport au plan général.

Les armatures comportent une ouverture axiale qui sert à les réunir par fixation centrale.

*Atténuation des harmoniques.* — Toute membrane tendue possède une période propre d'oscillation qui dépend de sa nature et de ses dimensions; d'autre part elle peut vibrer sur des harmoniques de sa fondamentale et avantager certaines fréquences.

Soit une membrane M tendue par pincement à la périphérie. Les amplitudes correspondant à la fondamentale sont figurées par la courbe F (Fig. 12).

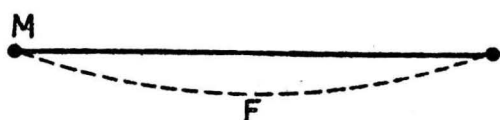


Fig. 12

L'harmonique 2 (fréquence double de la fondamentale) n'est pas à craindre dans le système statique, car elle correspond à un régime de vibration en désaccord avec son principe (Fig. 13).



Fig. 13

L'harmonique 3 est mentionnée à la figure 14.



Fig. 14

On retrouve ainsi des courbes de tension assez analogues à celles des antennes demi-onde excitées sous la fréquence fondamentale et des fréquences harmoniques.

Dans le but de limiter l'amplitude des « ventres » V de vibration au cours de l'excitation sous la fréquence fondamentale ou de l'harmonique 3, H. VOGT a créé des armatures à nervures convenablement réparties. La figure 15 fait comprendre comment le résultat est obtenu: les nervures sont plus larges au niveau des ventres, la portion centrale restant pleine pour annihiler la fondamentale. (Une seule armature est représentée dans un but de simplification.)

L'effet de compensation sera d'autant plus marqué que la membrane sera peu épaisse.

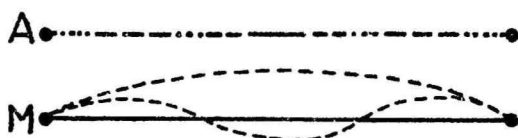


Fig. 15

*Dispositifs de protection.* — Un limiteur de tension a été prévu qui joue en cas de surtension. Deux petites vis en wolfram réunies aux armatures se font face à travers une ouverture faite dans la membrane; si la tension s'élève anormalement, une étincelle éclate entre les vis et empêche une destruction partielle des couches de vernis qui isolent armatures et membrane (Fig. 16).

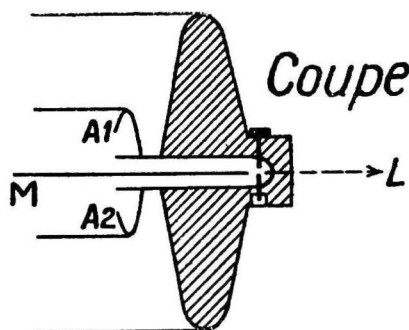


Fig. 16

Les pôles de l'éclateur sont aplatis pour éviter l'amorçage d'arcs.

Enfin, on peut prévoir au cours du montage, une résistance de forte valeur entre les armatures à l'extérieur du Statique, toujours dans le but de limiter les effets destructeurs des surtensions. Elles ne sont pas à craindre dans le cas d'une alimentation normale de l'appareil, c'est-à-dire si l'on se tient dans les limites de tension voulues.

Nous regrettons de ne pouvoir donner ici des détails sur l'étude industrielle complète du Statique; les travaux de H. VOGT représentent dix ans d'efforts et il faudrait y consacrer un livre entier. Les

techniciens tireront comme conclusion que les Statiques type « Oscillophone » ne sont pas des réalisations hâtives et les amateurs comprendront qu'on ne peut fabriquer un tel appareil avec des moyens de fortune comme il l'est possible en se basant sur des principes électromagnétiques ou dynamiques.

Nous avons certes pensé écrire un chapitre supplémentaire qui aurait pu s'intituler « Construction d'un Statique par l'Amateur de Radio ». Nous ne l'avons pas fait avec le sentiment d'éviter des déboires onéreux à ceux qui auraient pu être tentés d'établir un Statique avec des moyens insuffisants.



## Schémas de principe relatifs à la liaison des statiques aux amplificateurs.

Le haut-parleur statique est doué d'une certaine capacité qui peut être décomposée en deux capacités symétriques situées de part et d'autre de la membrane.

La vibration de cette dernière modifiant sa position moyenne n'entraîne qu'une faible variation de la capacité totale apparente qui peut être considérée pratiquement comme constante.

Nous verrons que, d'après le montage, les capacités peuvent être connectées en série ou en dérivation.

Dans le premier cas, on obtient :

$$\frac{I}{C_t} = \frac{I}{C^1} + \frac{I}{C^2}$$

Deuxième cas :

$$C_t = C^1 + C^2$$

L'Oscillophone est assimilable par construction à deux capacités d'environ 1.000 cm. (1,1 millième de Mfd) ; lorsqu'elles seront montées en série, la capacité totale atteindra 500 cm. et en dérivation 2.000 cm.

La liaison à l'amplificateur peut être effectuée par transformateur avec ou sans séparation de circuit par impédance-capacité, et directement avec couplage par résistance.

Il est vraisemblable que le nombre des schémas possibles augmentera avec la généralisation d'emploi du Statique; nous nous bornerons aux méthodes principales

### *I. Montages avec transformateur — Capacités en série*

Ce schéma (Fig. 17) nous est déjà familier, puisqu'il correspond à celui qui a servi de base aux explications de principe du chapitre II à la figure 8.

Les deux armatures sont au même potentiel par rapport à la membrane au point de vue polarisation; l'apparition d'une tension

modulée aux bornes du secondaire du transformateur provoquera alternativement un accroissement de tension pour un élément ( $1.500 + 250 = 1.750$  v. à droite) et une diminution ( $1.500 - 250 =$

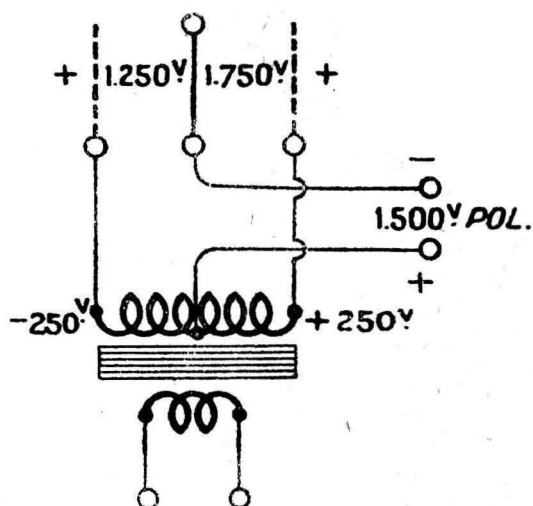


Fig. 17

$1.250$  v. à gauche). A la seconde alternance, l'inverse se produira ( $1.750$  v. à gauche et  $1.250$  v. à droite).

La figure 18 montre comment la tension modulée augmente ou diminue la différence de potentiel entre la membrane et chacune des

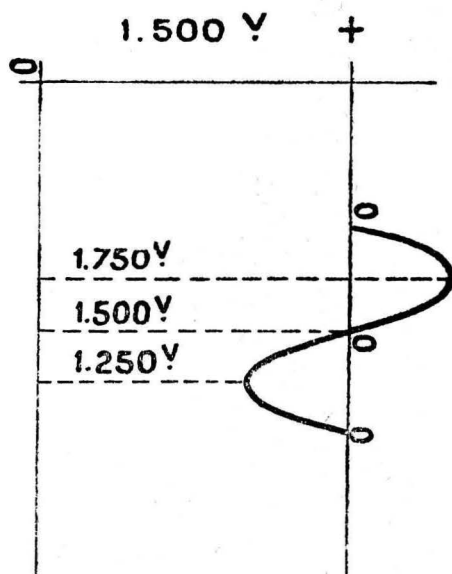


Fig. 18

armatures par addition ou soustraction, vis-à-vis de la polarisation constante.

Nous ne répétons pas que l'accroissement ou la diminution de la différence de potentiel produit un champ électrique dont les effets sont proportionnels au carré de la variation et qu'à ce moment le déséquilibre électro-statique modifie la position de la membrane qui vibre à la fréquence de la modulation.

Il est intéressant d'utiliser une séparation de circuit selon la figure 19, dont l'aspect est familier aux amateurs de Radio.

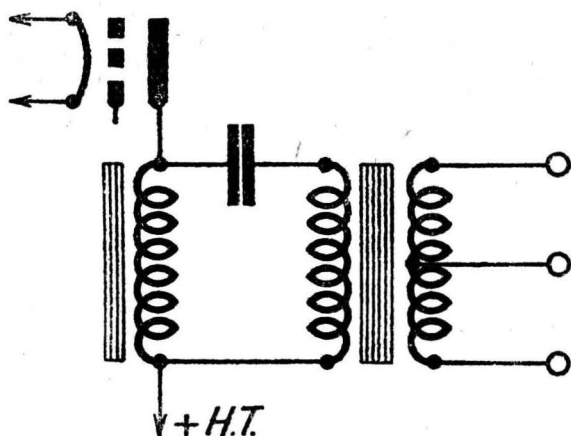


Fig. 19

La prise médiane du secondaire du transformateur peut être remplacée par une prise fictive réalisée à l'aide de deux résistances. (Fig. 20).

Leur valeur doit être très élevée, de l'ordre de 5 à 10 mégohms.

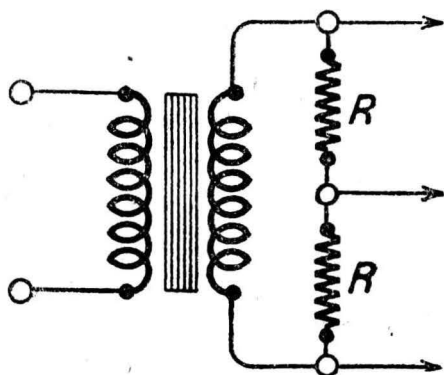


Fig. 20



Il est également possible d'envisager un autotransformateur selon la figure 21 :

## II. Montage avec transformateur — Capacités en dérivation

Les armatures du Statique sont à des potentiels différents par rapport à la membrane. Le transformateur de modulation attaque la

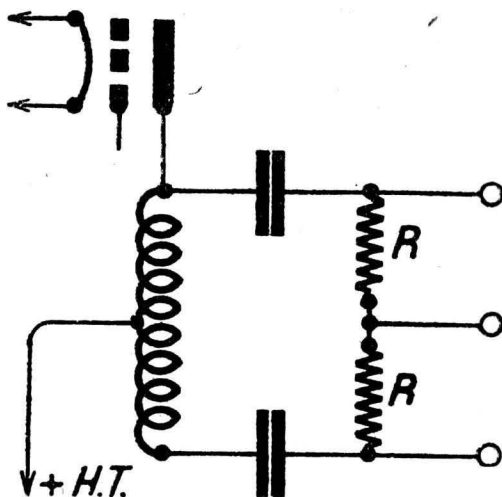


Fig. 21

membrane et le point milieu (Fig. 22). Dans ce cas, le Statique doit être privé de son limiteur de tension.

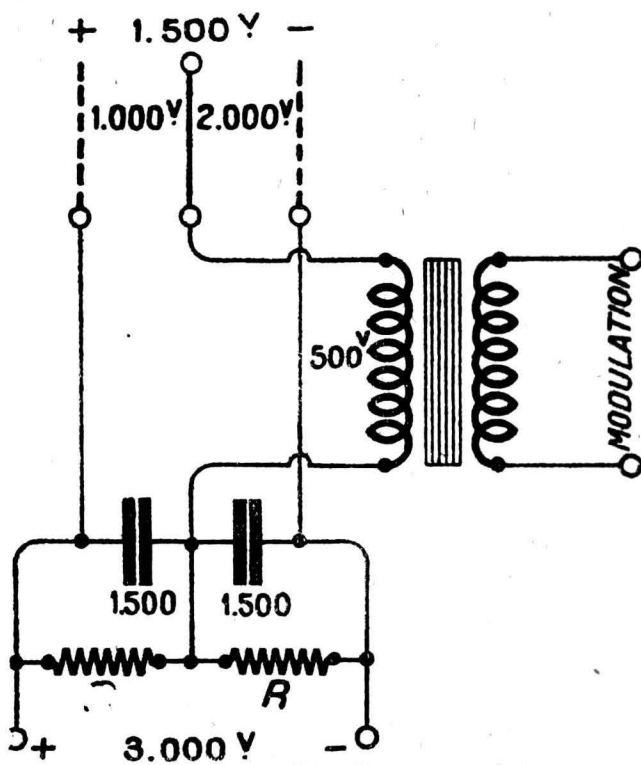


Fig. 22

Le fonctionnement est synthétisé par la figure 23 ; la méthode graphique employée n'est pas la même que celle de la figure 18 dans un but pédagogique.

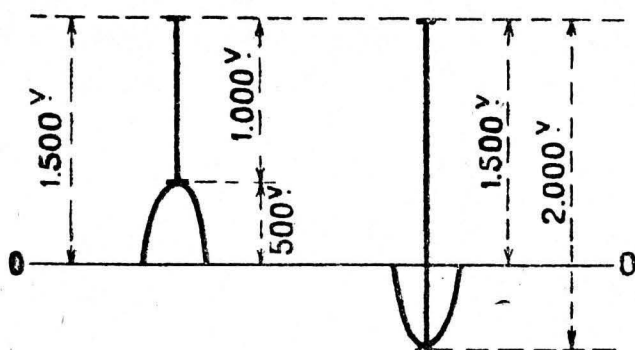


Fig. 23

Les deux résistances placées en parallèle sur le circuit de polarisation ont pour but d'équilibrer les courants de fuite qui n'ayant lieu, par exemple, que pour une capacité, la déchargerait à l'avantage de l'autre dont la différence de potentiel entre armatures atteindrait la tension maximum (3.000 v.) en quelques instants.

Nous verrons plus loin que ces tensions élevées ne doivent pas effrayer les usagers ; elles sont produites très simplement à l'aide de redresseurs « qui ne débitent pas » et sont sans danger.

### III. Montage sans transformateur de sortie Capacités en dérivation

Ce schéma a l'avantage de ne pas introduire de transformateur de sortie (Fig. 24).

Le fonctionnement est basé sur les chutes de tension modulées dans les résistances  $R$  et  $r$  ( $r$  = résistance interne de la lampe de sortie) qui doivent être ajustées à la même valeur.

En fait,  $R$  shunte l'élément  $x$  et  $r$  l'élément  $y$ .

Au cours de la modulation, la résistance interne  $r$  varie autour d'une valeur moyenne ; elle croît à une alternance et décroît à l'autre. La tension instantanée atteint des valeurs proportionnelles.

Mais lorsque  $r$  diminue, l'intensité-plaque augmente, donc la chute de tension le long de  $R$  varie dans le même sens.

Au repos, la membrane présente une différence de potentiel de 750 v. par rapport à chacune des armatures. L'élévation simultanée de tension aux bornes de  $R$  et la diminution aux bornes de  $r$  amène la membrane à  $750 + 250 = 1.000$  par rapport à une armature et à  $750 - 250 = 500$  par rapport à l'autre.

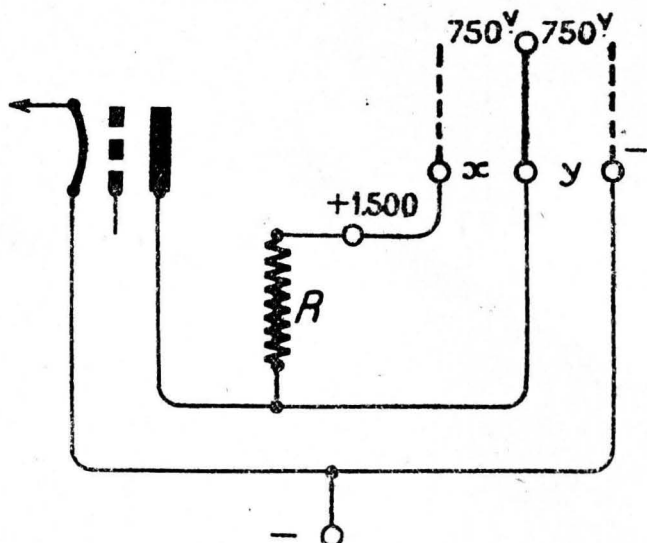


Fig. 24

IV. Montage sans transformateur de sortie  
Capacités en dérivation — Excitation séparée

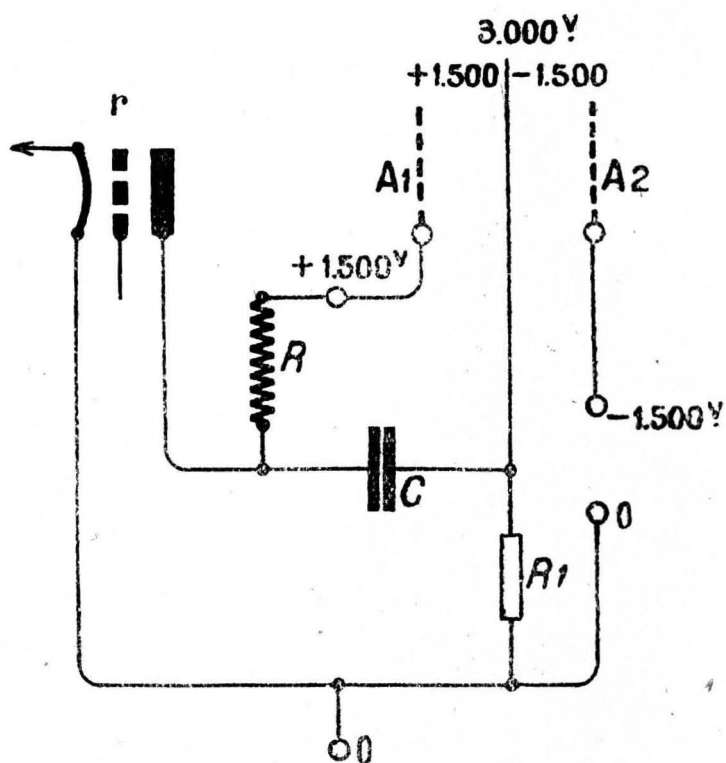


Fig. 24 bis.

Ce schéma est inspiré du précédent avec la différence qu'il introduit une excitation séparée connectée à droite de la figure (24 bis).

Le fonctionnement est presque identique ; la tension entre la membrane M et l'armature A<sup>2</sup> est 1.500 v. grâce à la source de polarisation auxiliaire ; la tension entre M et A<sup>1</sup> atteint la même valeur du fait de celle appliquée à la lampe de sortie. Il existe alors une différence de potentiel constante entre A<sup>1</sup> et A<sup>2</sup>. La résistance R' est élevée, de l'ordre de 2 mégohms.

### Sources de polarisation

Nous avons vu qu'il était nécessaire de faire intervenir une différence de potentiel constante entre armatures ou armatures et membrane.

Les valves fournissent une méthode commode pour obtenir de hautes tensions continues à partir du courant alternatif : il suffit d'élever la tension à l'aide d'un transformateur et de placer en série un espace filament-plaque à conduction unilatérale. Un condensateur de forte capacité convenablement disposé aux bornes se chargera à la tension dite « de crête » si le générateur ne débite pas. C'est le cas des sources de polarisation alimentant le haut-parleur statique.

Il est inutile de redresser les deux alternances ou de prévoir les filtres employés habituellement dans la réalisation des tensions anodiques d'amplificateurs.

### I. Système classique

Ce schéma se dispense de tout commentaire au point de vue principe (Fig. 25).

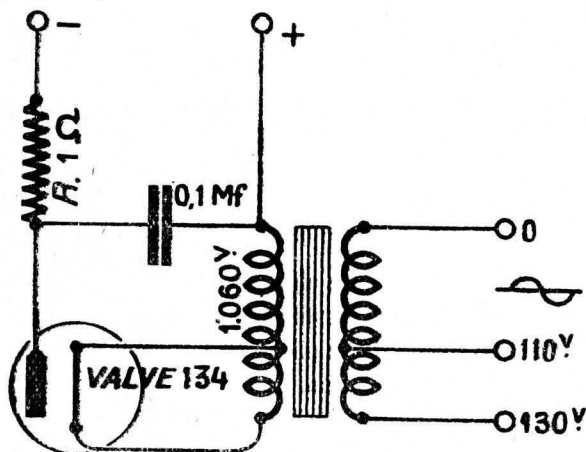


Fig. 25

La résistance R a pour but de rendre non douloureux un contact humain maladroit avec le circuit sous tension.

### II. Système doubleur de tension

Ce montage trouve son emploi dans un schéma précédent où il est nécessaire d'obtenir une polarisation de 3.000 volts.

Il s'inspire des dispositifs doubleurs de tension employés notamment dans certaines installations de rayons X.

Son avantage principal est de ne nécessiter qu'un transforma-

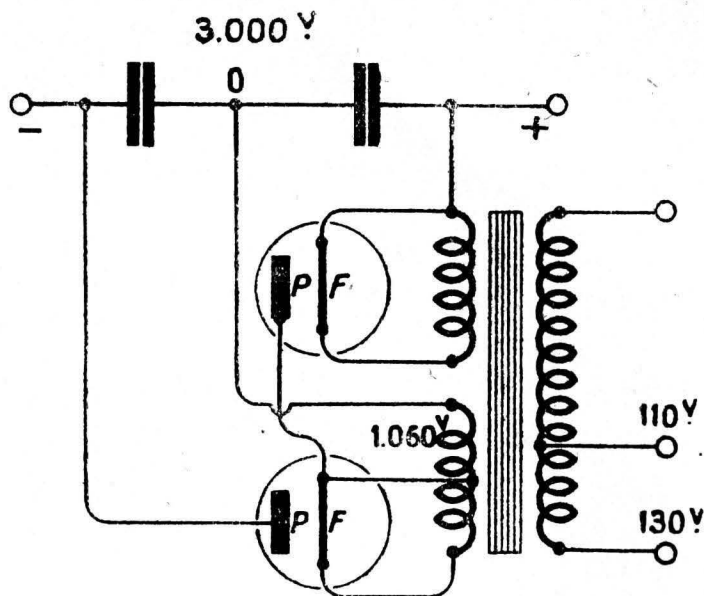


Fig. 26

teur d'environ 1.000 volts. Il comporte deux valves monoplaque qui chargent chacune, dans le sens voulu, deux condensateurs à la tension de crête (Fig. 26).

On comprend comment un transformateur 1.060 v. peut donner une tension maximum de :

$$1.060 \times 1,4142 = 1.499,05 \text{ v.}$$

qui chargera deux condensateurs en série dont la tension entre armatures extrêmes sera le double, soit environ 3.000 volts.

#### *Valve spéciale Philips 506 Os*

Elle a été établie d'après les données de H. VOGT dans le but de simplifier le montage des amplificateurs, car elle permet de supprimer la valve fournissant la tension de polarisation haute tension.

C'est une valve biplaque dont l'une des anodes est réservée au redressement du courant nécessaire à l'amplificateur alors que l'autre, plus petite, est connectée à une borne au sommet de l'ampoule, correspond au circuit de polarisation, cette position assurant l'isolement nécessaire.

La valve « 506.Os » est celle qui convient le mieux aux montages spéciaux effectués pour alimenter un Statique, alors que la valve monoplaque de polarisation ordinaire (134) évite par son adjonction toute modification à un récepteur existant.

## Conditions d'emploi du haut-parleur statique.

Si séduisants que soient le principe et la réalisation du haut-parleur décrit précédemment, il importe de faire remarquer expressément que ce reproducteur de sons ne justifiera les avantages que l'on est en droit d'en attendre que s'il est convenablement alimenté par l'amplificateur et placé « acoustiquement » dans des conditions matérielles satisfaisantes.

Nous examinerons successivement les conditions « électriques » et les conditions « acoustiques ».

### *Conditions électriques*

L'« Oscillophone » étudié ne présente pas les mêmes caractéristiques électriques que les haut-parleurs magnétiques ou dynamiques. La haute résistance qu'il présente vis-à-vis des basses fréquences, due à sa nature « capacitive » en fait l'antithèse des reproducteurs « sélectifs ».

L'allure ascendante de la courbe de reproduction sonore doit être compensée par un dispositif convenable de liaison à l'amplificateur si l'on vise à l'absolu.

Ceci étant entendu, la pratique montre qu'en l'état actuel de la technique, cette précaution n'est pas absolument nécessaire.

Les techniciens savent bien que la plupart des stations de radio-diffusion et nos « lecteurs de sons » phonographiques ont des courbes de reproduction qui s'infléchissent vers les fréquences aiguës.

Il y a certes des exceptions, mais elles ne forment qu'une infime minorité et par définition nous considérons d'abord la majorité.

La limite supérieure des fréquences transmises correctement est très variable, citerions-nous des valeurs absolues qu'elles ne signifieraient pas grand chose, car elles importent moins que la « pente » de la courbe caractéristique pour des fréquences inférieures à celle qui correspond au point de rencontre avec l'abscisse (Fig. 27).

Cette figure représente deux courbes d'intensité de reproduction sonore en fonction de la fréquence. Elles débutent toutes deux à la fréquence  $F^1$  et atteignent une valeur nulle à la fréquence  $F^2$ .

La courbe B montre qu'il existe dans un cas une « pointe » pour la fréquence  $f$ .

Quelle est la meilleure courbe ? La réponse est facile : « A »

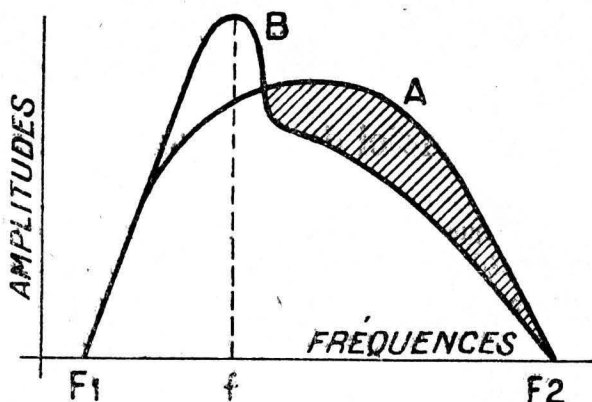


Fig. 27

certainement, pour deux raisons ; la première réside dans l'absence d'une fréquence de résonance et la seconde dans le fait que la « pente » qui précède l'annulation est plus élevée. Cette caractéristique donne le bénéfice de l'aire hachurée.

Ceci explique pourquoi la notion de limite supérieure de reproduction est insuffisante.

La figure 28 indique l'allure de la courbe d'un « pick up » que l'on peut considérer comme indésirable bien qu'il « atteigne » 7.000.

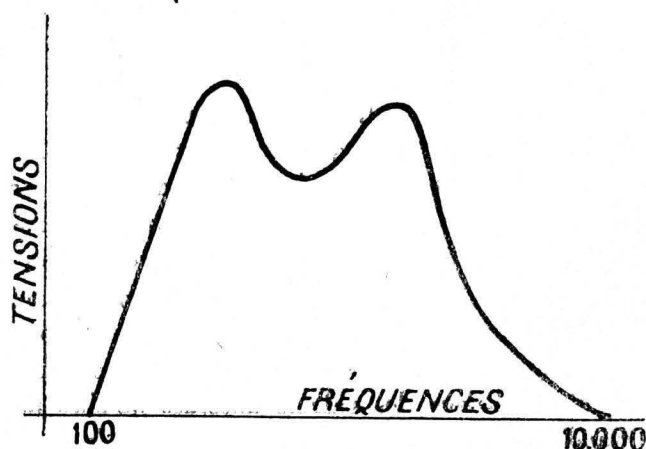


Fig. 28

Les deux maxima sont dûs aux résonances propres de la liaison élastique, puis de l'armature vibrante.

Entre ce mauvais cas et la courbe théorique représentée par une

parallèle à l'abscisse, il existe une infinité de caractéristiques, autant que d'appareils considérés.

Le seul point à retenir est celui qui a été énoncé au début du chapitre : « la technique actuelle défavorise les notes aiguës ».

Or, le principe du Statique introduisant une caractéristique inverse, corrige plus ou moins complètement le défaut cité et cela peut être fort heureux.

Voici un tableau à double entrée qui commente les résultats obtenus avec le haut-parleur statique :

| <i>H. P. Statique</i>   | <i>Poste radiophonique ou pick-up :</i> |   |   |
|---|---|---|---|
| Caractéristiques propres ou voulues du Statique :   | fournissant une amplitude constante     | avantageant les basses fréquences                       | avantageant les fréquences élevées dans un but de correction  |
| Caractéristique avantageant les fréquences aiguës   | Les notes aiguës sont avantagées        | Compromis qui peut être satisfaisant selon les cas      | Exagération arbitraire des notes aiguës<br>Absence des graves |
| Caractéristique corrigée par accouplement à l'amplificateur donnant une amplitude constante | Reproduction parfaite                   | Prépondérance arbitraire des notes basses               | Prépondérance arbitraire des notes aiguës                     |
| Caractéristique corrigée à l'excès avantageant les fréquences basses                        | Les notes basses sont prépondérantes    | Exagération des notes basses<br>Absence de notes aiguës | Compromis qui peut être satisfaisant selon les cas            |

Ce tableau explique pourquoi le Statique fournit d'excellentes reproductions sonores de certaines émissions, alors que le résultat peut paraître moins probant pour d'autres.

Là est le dilemme : Ou les postes récepteurs doivent s'adapter aux caractéristiques défavorables de certaines stations d'émissions, ou, tout au contraire, celles-ci doivent rayonner des amplitudes constantes en laissant le soin aux usagers de perfectionner leurs appareils. La logique réside évidemment dans la dernière proposition, bien qu'on puisse redouter un empirisme qui conduirait à la première. Nous attirons l'attention des ingénieurs qui présideront à l'installation des futures stations radiophoniques sur ce point délicat.

Quelle conclusion tirer ? Le Statique, par son accouplement à l'amplificateur, est un reproducteur de sons à caractéristique variable dont l'emploi est extrêmement général de ce fait. Ce sera une des principales raisons de son succès.



En principe, les montages à « résistance de couplage » donneront une caractéristique assurant une légère prépondérance aux notes aiguës et les montages à transformateur ou auto-transformateur avantageront d'autant plus les notes basses que le rapport de transformation sera élevé. Ces règles très générales sont d'ailleurs liées aux autres constantes du circuit de liaison (résistance interne de la lampe de sortie, valeur de la capacité apparente du Statique, phénomènes de résonance primaire et secondaire, etc...) Ceci dans le cas d'un seul haut-parleur ; si plusieurs Statiques sont alimentés simultanément, le rapport de transformation sera notamment abaissé.

Bien que cela paraisse facile à affirmer nous répétons, d'après nos expériences personnelles, qu'un Statique ne donnant pas des résultats indiscutables est un appareil mal alimenté.

Les détails électriques d'installation seront donnés au chapitre VII.

### *Conditions acoustiques*

La technique de l'Acoustique se perfectionne chaque jour, mais ses lois ne sont pas toujours respectées, volontairement ou involontairement.

Les Ingénieurs du son savent bien quelles difficultés sont rencontrées au cours de l'adaptation acoustique d'une salle existante ; les amateurs, eux, installent leur haut-parleur là où la maîtresse de maison le veut bien, dans un souci d'esthétique fort compréhensible.

Un résumé, même rapide, des lois élémentaires de l'Acoustique nous conduirait hors des limites assignées à cet opuscule.

Nous nous contenterons de fournir quelques conseils pratiques destinés aux amateurs de Radio :

a) Utiliser autant que possible un écran.

b) Au cas où le haut-parleur ferait partie de la face avant d'un meuble, laisser le fond de cette ébénisterie ouvert. Se méfier du phénomène de résonance propre de l'ensemble.

c) Ne jamais placer un haut-parleur dont les deux faces sont actives, contre un mur. L'éloigner suffisamment pour qu'il ne puisse y avoir d'effet d'amortissement.

d) Placer le haut-parleur à la hauteur moyenne, au-dessus du sol, de l'oreille humaine pour augmenter le naturel.

e) Dans le même but, la puissance sonore doit être choisie telle qu'elle corresponde au volume de son normal de l'émission : la voix au volume de la voix, l'orchestre à celui de l'orchestre, etc...

### L'écran acoustique

L'adjonction d'un écran, c'est-à-dire d'une surface plane insonore, perpendiculaire à l'axe du haut-parleur, permet d'atténuer les régimes tourbillonnaires qui se produisent latéralement à la membrane par suite d'actions et de réactions entre les masses d'air ébranlées en sens contraires par les deux faces.

En effet, lorsque la membrane se déplace dans l'espace, la face avant détermine une compression et la face arrière une dépression comparable à une succion. Si l'écran n'existe pas, les deux actions tendent à s'annuler puisqu'elles sont approximativement de même valeur absolue, mais de signes algébriques inverses. L'écran a pour effet d'empêcher cette compensation qui correspond à un état d'équilibre indifférent des masses d'air à ébranler (Figure 29).

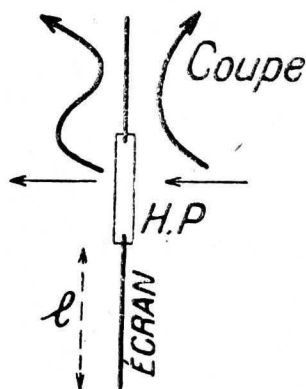


Fig. 29

En théorie, la longueur  $l$  doit valoir le huitième de la longueur d'onde de la plus faible fréquence à reproduire, ce qui conduit généralement à employer des écrans d'environ 1 mètre de côté.

Pratiquement il est possible de diminuer ces dimensions jusqu'à 70 centimètres sans trop perdre le bénéfice du perfectionnement.

L'écran sera constitué en bois épais, par assemblage de feuilles de contre-plaqué à contre-fil, par des matières spéciales insonores, de manière à ne pas introduire de période propre gênante ; le Statique sera fixé à l'aide de pattes disposées à  $120^\circ$  en prenant soin de ne pas l'appliquer exactement contre le bois pour éviter certains phéno-

mènes vibratoires parasites, l'écart étant assuré par une rondelle de feutre ou une simple ficelle faisant le tour.

On a reproché à l'écran de ne pas être esthétique et de pouvoir trouver difficilement place dans certains intérieurs bien qu'il soit possible de tourner la difficulté, surtout dans le cas d'un haut-parleur statique *très plat*.

Nous proposons trois positions principales :

1° En meuble avec face arrière ouverte ou pourvu d'ouvertures latérales (montage classique dit « Midget ») (Figure 30).

2° Encastré dans une cloison ou un mur. (Figure 31).

3° Encastré dans un paravent (Figure 32).

4° Placé selon la bissectrice de l'angle formé par la rencontre de deux murs (Figure 33).

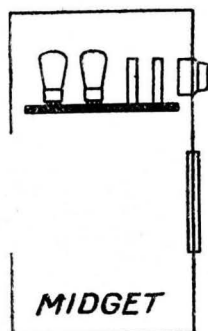
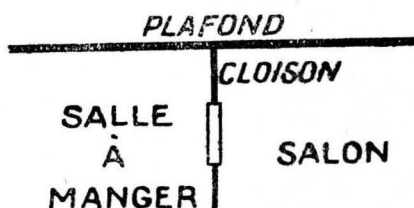


Fig. 30



PORTE

PLANCHER

Fig. 31

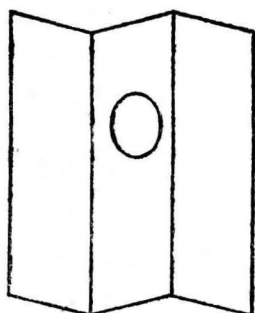


Fig. 32

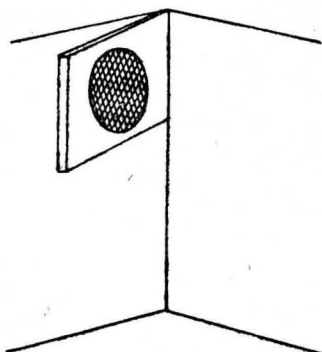


Fig. 33

### *Détermination du nombre de haut-parleurs à employer.*

Il dépend naturellement du volume de son à obtenir et des conditions acoustiques de la salle.

L'amateur de Radio se contentera d'un seul Statique dont la puissance est comparable à celle des autres haut-parleurs.

Les installations de moyenne importance utiliseront 3 Statiques et les cinémas sonores, par exemple, jusqu'à 6 et même plus.

En jouant convenablement sur la position dans l'espace et la prépondérance pour un registre déterminé des Statiques, il est possible de réaliser une véritable architecture sonore analogue à la stéréoscopie en optique.

### *EQUIPEMENT ACOUSTIQUE DES GRANDES SALLES TYPE « CINEMA PARLANT »*

La sonorisation d'une salle de grandes dimensions est un problème complexe qui consiste à placer les haut-parleurs de telle façon que la perception acoustique de chaque auditeur soit exempte d'échos multiples qui en troubleraient l'intégrité.

On comprend facilement l'influence néfaste de l'écho qui est une onde sonore différée par rapport à l'onde directe : il détermine une prolongation du son qui empiète sur le suivant et ainsi de suite.

Les ondes sonores se propagent dans l'air à la vitesse d'environ 330 mètres ; elles se réfléchissent sur les surfaces solides avec une déperdition de puissance d'autant moins importante qu'elles sont plus lisses et plus dures, l'angle de réflexion étant égal à celui d'incidence.

D'autre part, il existe pour notre tympan une durée de persistance des impressions sonores proche de 1/15 de seconde, tout comme pour la rétine dans le domaine optique.

Cette particularité fait que les ondes sonores peuvent parvenir à l'oreille sous la forme *directe* ou *réfléchi*e pendant ce temps, sans donner une impression arbitraire. Si l'écho arrive plus d'un quinzième de seconde après l'onde directe il y a prolongation, traînage et impression défavorable.

Or, au point de vue propagation 1/15 de seconde représente dans l'espace un parcours de 22 mètres environ. Cette distance sera critique c'est-à-dire ne devra pas être atteinte par la différence de parcours de l'onde réfléchiée d'une part et de l'onde directe d'autre part.

Comme il est à peu près impossible d'éviter quelques-uns de ces échos dans les salles anciennes n'ayant pas été construites pour une semblable destination, il devient utile de rendre insonores certaines ré-

gions des parois, notamment le fond de la salle et quelquefois une portion des murs latéraux. Il est rare que l'on ait à insonoriser le plancher (ce qui est réalisé par la présence même des spectateurs) ou le plafond. Le fond de la salle comporte généralement des draperies en quantité suffisante.

La planité de la membrane de l'Oscillophone qui en fait un reproducteur de sons à « front d'onde plan » simplifie beaucoup le problème de la correction d'écho : théoriquement seul le fond de la salle est à considérer et pratiquement la région médiane des murs latéraux.

Les haut-parleurs, prévus en nombre suffisant d'après l'importance de la salle à sonoriser, seront groupés à proximité de l'écran de projection, derrière s'il est perméable au son ou latéralement s'il y a lieu ; ils devront être espacés dans le but d'éviter des réactions.

L'expérience montre qu'on a souvent intérêt à incliner les haut-parleurs sur leur axe horizontal, vers les spectateurs, mais il faut veiller à ne pas défavoriser ceux des balcons.

Le type de l'installation sonore comporte trois groupes d'Oscillophones réglés sur des registres différents (bas, moyen, aigu), ce qui simplifie extraordinairement les problèmes de sonorisation, en ce qui concerne la période propre de salle.

On sait qu'il existe une « période de salle » d'abord par construction, ensuite par utilisation (nombre variable des spectateurs). La possibilité de rendre prépondérante ou de désavantager une bande de fréquence déterminée assurera la possibilité de régler l'acoustique de la salle, une fois pour toutes ou suivant les circonstances, en quelques secondes.

Cet avantage n'échappera point aux professionnels qui ont tous rencontré des cas difficiles ou seule une atténuation sélective de registre aurait apporté une solution rapide et satisfaisante.

La généralisation de l'emploi des haut-parleurs statiques sera un très gros progrès en cinématographie sonore.



## CHAPITRE VI

### Les avantages de l'Oscillophone.

Tout ce qui a été dit précédemment laisse supposer les résultats qui peuvent être obtenus avec l' « Oscillophone ».

1° *Puissance sonore normale*, grâce à une membrane de grande surface et à une polarisation élevée. Emission d'une onde à front plan.

2° *Reproduction sonore constante ou corrigée* pouvant s'adapter à tous les cas et fournissant une audition absolument réelle. Emploi de groupes pouvant être réglés sur des registres différents.

3° *Aucune exagération des notes basses* comme dans les reproducteurs de sons actuels. A noter qu'elles peuvent être favorisées également par le Statique, si le « goût du jour » le demande. La fausse notion de l'*exagération des aiguës* ne doit pas s'implanter davantage.

Le seul défaut du Statique, si l'on peut considérer sa franchise comme telle, est son caractère « impitoyable » ; il souligne les défauts de modulation des stations de radiodiffusion et des lecteurs phonographiques. Ce doit être considéré comme un bien avec l'esprit scientifique le plus large.

Le Statique s'adresse aussi bien aux professionnels qu'aux amateurs qui trouveront en lui un reproducteur de son vraiment *fidèle* en retirant à cette épithète ce qu'elle peut avoir de péjoratif, après un emploi trop souvent inconsideré. Tout commentaire est inutile.



# Les schémas pratiques d'emploi de l'Oscillophone

### *Conditions d'installation*

Il est inutile de répéter que les amplificateurs, liaisons, polarisations doivent être soigneusement étudiées. A ce propos, les industriels qui présentent l'Oscillophone aux usagers attirent expressément leur attention sur le fait que les organes entrant dans la réalisation des dispositifs de liaison ou de polarisation, ne doivent pas être choisis au hasard, mais de préférence parmi ceux qui ont été spécialement mis au point au cours de ces dernières années de recherches. Bien des déboires seront ainsi évités.

En principe, les dispositifs d'accouplement et de polarisation seront intégrés à l'amplificateur ou relativement proches de celui-ci. Des lignes triples sous baguette convenablement établies suivant les règles générales qui régissent les installations électriques, alimenteront à plus ou moins grande distance le ou les haut-parleurs. Il conviendra de ne pas employer de conducteurs torsadés à forte capacité répartie (atrophie des notes aiguës) ou mal isolés (courants de fuite).

Répetons que la haute tension de polarisation est fourni par un redresseur « qui ne débite pas » à cause de sa résistance élevée accrue par une résistance de protection de l'ordre du mégohm : les contacts humains sont naturellement à proscrire, mais ne sont pas dangereux. Les électrisations désagréables seront évitées si l'on prend systématiquement la précaution de décharger les différentes capacités sous tension avant de manipuler les circuits.

Voici maintenant une suite de schémas intéressants, accompagnés d'une note d'interprétation, auxquels nos lecteurs auront intérêt à se reporter pour compléter leurs connaissances pratiques en matière de reproduction sonore par statique.

Les numéros indiqués sur les schémas sont ceux des organes de liaison et lampes conseillés.

# EXCITATEUR OSCILLOPHONE AVEC SELF DE CHOC

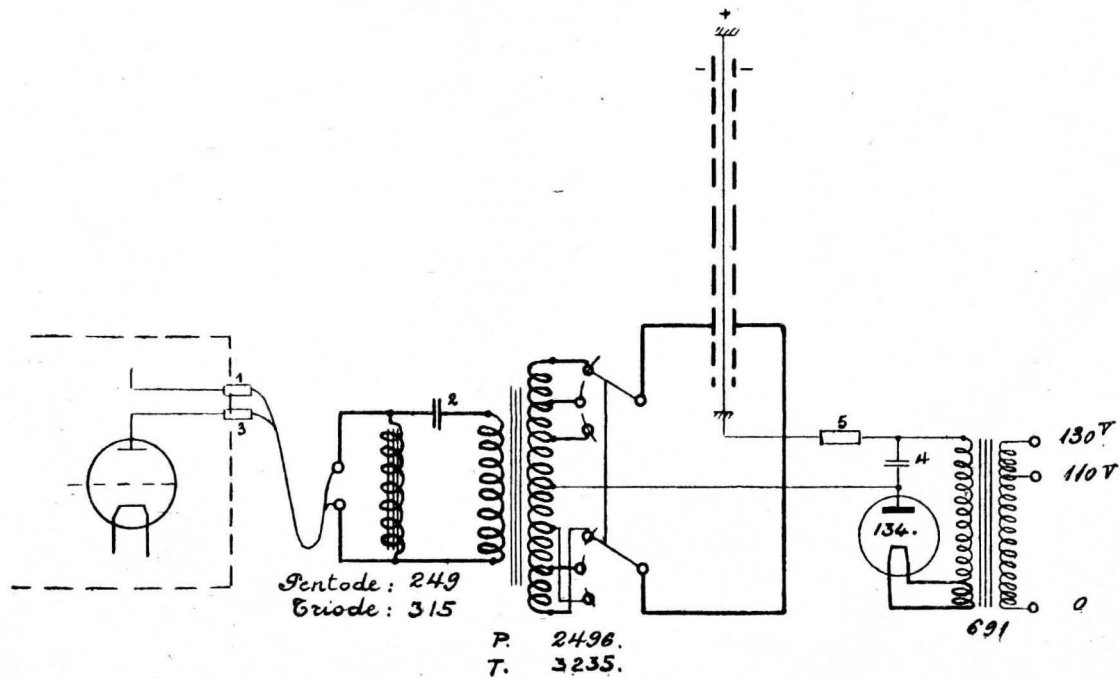


Schéma n° 43



**EXCITATEUR OSCILLOPHONE  
AVEC SELF DE CHOC**

Ce montage dit « à self de choc » comprend une séparation de circuits de l'amplificateur de sortie et de l'Oscillophone.

Il s'agit d'une alimentation par transformateur, capacités en série.

Le primaire du transformateur de modulation est couplé par self-induction et capacité au circuit plaque de la lampe de sortie. Le courant permanent de cette lampe ne traverse pas le primaire, mais seulement l'impédance plaque de faible résistance ohmique ; la composante alternative est seule appliquée au transformateur par l'intermédiaire du condensateur de liaison 2.

Le secondaire de transformateur est à prises variables de manière à pouvoir choisir le rapport de transformation ; une manette permet de choisir tel rapport voulu. Dans le cas de la figure il s'agit naturellement du plus grand rapport, avantageant les notes basses.

On voit à droite le dispositif de polarisation utilisant une valve 134, chargeant la capacité 4 et la résistance de protection 5. (Se reporter aux schémas de principe 17, 19 et 25).

*Exemple d'interprétation des numéros figurés sur le schéma.*

| Lampe de sortie   | Impédance plaque | Transformateur de modulation |
|-------------------|------------------|------------------------------|
| Pentode . . . . . | 249              | 2.496                        |
| Triode . . . . .  | 315              | 3.235                        |

AMPLI OSCILLOPHONE 25 WATTS. 36 WATTS 48 WATTS.

N° des Transfos.

25 WATTS 1443 . 43 . 3618 . 4603 .

36 " 1110 . 110 . 3619 . 4604 .

48 " 1170 . 170 . 3620 . 4605 .

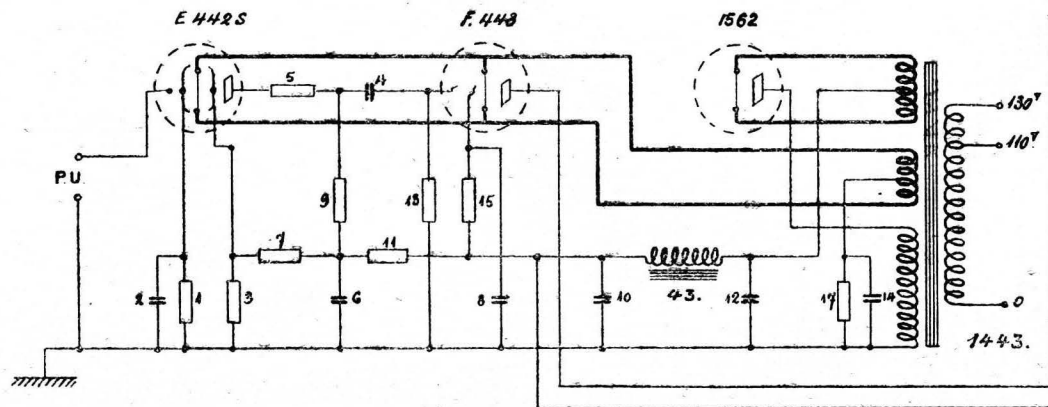
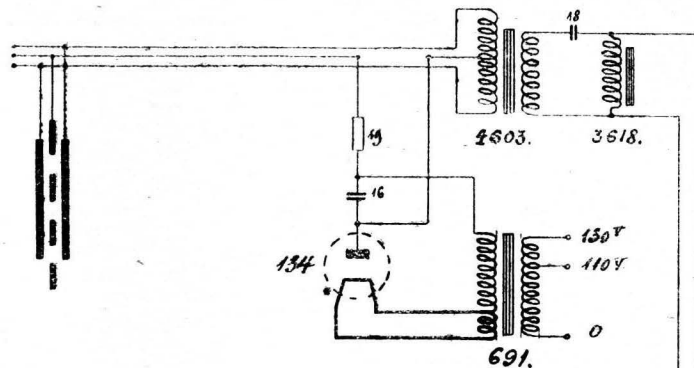


Schéma n° 52

**AMPLIFICATEUR OSCILLOPHONE 25-36-48 WATTS**

*(Cas général d'installation à haut-parleurs multiples pour café, etc...)*

Voici un amplificateur complet à alimentation secteur utilisant des lampes type E.442S. F.443 et une valve 1562 (25 watts).

Les puissances, 36, 48 watts... sont obtenues en choisissant la lampe de sortie ainsi que la valve d'alimentation convenables et en prévoyant une augmentation de débit parallèle du transformateur d'alimentation.

Suivant la puissance, 4, 6 et 8 haut-parleurs sont placés en dérivation sur la ligne interrompue à la partie supérieure de la figure et peuvent être répartis dans une salle d'audition. Il est possible d'ailleurs de n'en prévoir qu'un seul, bien que cela soit illogique dans le cas d'un amplificateur aussi puissant.

La ligne double reliant l'amplificateur à la self 3618 et au transformateur de modulation 4603 peut être aussi longue qu'il est nécessaire puisque la séparation de circuits se trouve près des haut-parleurs.

Ce schéma convient parfaitement aussi à l'alimentation d'un ou plusieurs dynamiques, ce qui peut être très utile.

Pour la partie modulation et polarisation se reporter au schéma précédent (n° 43).



## SCHEMA N° 75

### MONTAGE DOUBLE AVEC TRANSFORMATEURS ET POLARISATIONS SEPARÉES

50, 72 et 96 WATTS

*Capacités en série*

*Type d'installation pour audition en 2 salles différentes (cafés, restaurants, bars, etc...)*

Ce montage peut être très utile dans le cas où la reproduction doit pouvoir être réalisée en deux salles différentes avec le même amplificateur.

Les polarisations de grille de cet amplificateur ont été également prévues en double de manière à permettre l'arrêt d'un groupe sans paralyser l'autre.

On peut n'employer qu'un redresseur de polarisation haute tension si les deux groupes d'Oscillophones se trouvent dans la même salle.

La puissance est naturellement conditionnée par le choix des lampes de sortie alimentant chaque groupe. Rien à signaler au sujet des circuits de polarisation HT et de modulation qui sont déjà familiers.

Cette installation peut être avantageusement employée pour le cinéma parlant et le bar qui y est souvent annexé.

# AMPLIFICATEUR POUR CINEMA PARLANT

A GAMMES DE TONALITES DE 50 A 10000 HERTZ

Gamme de 50 a  
1000 hertz

Gamme de 800 a  
6000 hertz

Gamme de 8000 a  
10000 hertz

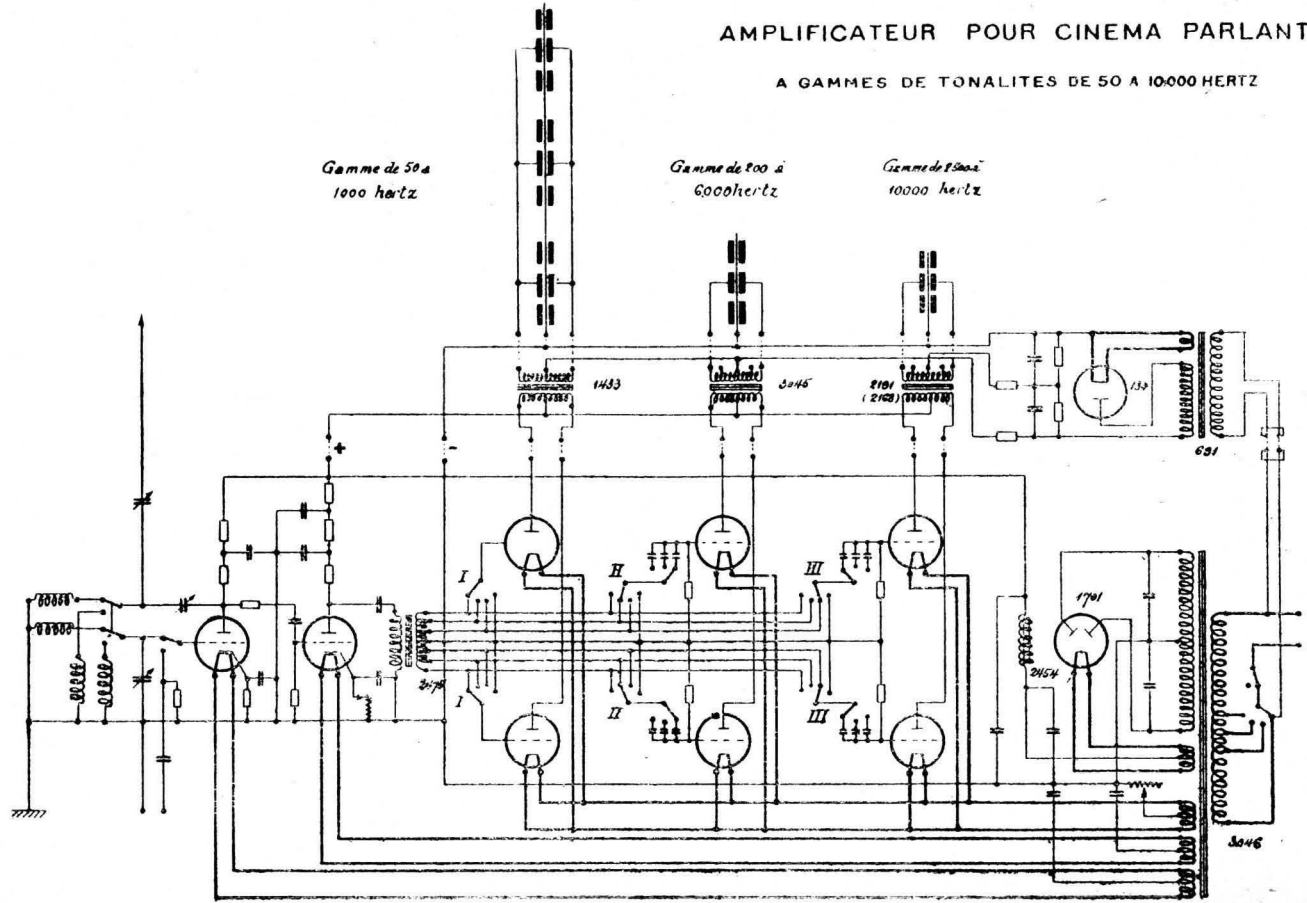


Schéma n° 86

**MONTAGE POUR CINEMA PARLANT A GAMMES  
DE TONALITE DE 50 A 10.000 HERTZ**

*Alimentation par transformateurs. — Capacités en série*

Ce schéma est le plus perfectionné de ceux qui sont employés pour les besoins du cinéma parlant. Il est dû à Hans VOGT.

Un amplificateur puissant peut être alimenté par Radio ou Pick-up, trois groupes de lampes symétriques desservant le même nombre de séries d'Oscillophones correspondant respectivement aux bandes de fréquences avantagées 50 — 1.000 H. 200 — 6.000 H. et 2.500 — 10.000 H.

Ces constantes sont déterminées par le choix de rapports de transformation à l'aide des manettes couplées I/I et II/II, et des valeurs de capacités par la manœuvre de a/a et b/b.

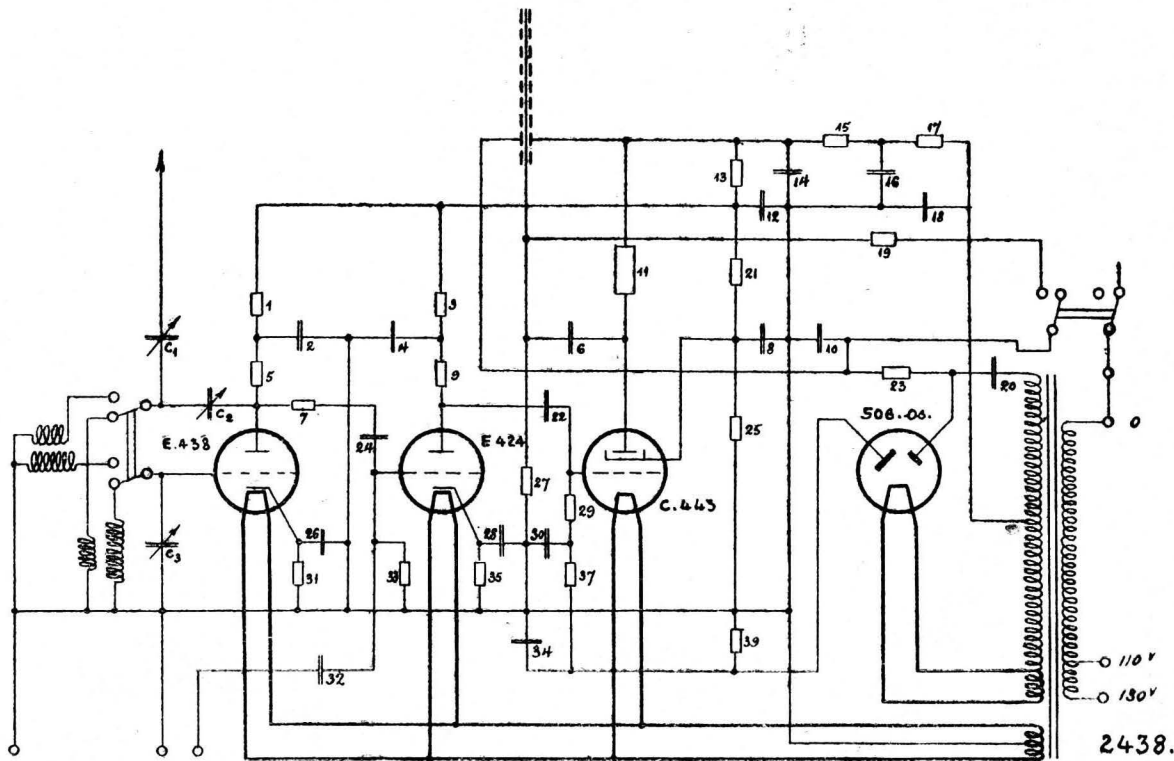
Une seule polarisation pour les trois groupes en haut à droite.

Les résultats obtenus sont réellement remarquables, surtout si l'on s'inspire des règles d'Acoustique citées à un chapitre précédent.

---

*C'est à la Société « Etoile-Film ». 7, Place Ampère, Lyon, que l'on doit la première installation de Cinéma-Parlant réalisée avec Statiques. La Société « Etoile-Film » a acquis les droits d'exclusivité d'emploi du Statique dans le domaine du Cinéma Parlant.*

RECEPTEUR TSF TYPE 6 WATTS



2438.

Schéma n° 36



*RECEPTEUR T.S.F. PICK-UP TYPE 6 WATTS*

*Alimentation par résistance de couplage. — Capacités en dérivation*

Ce montage (H. Vogt) est le type de celui que l'amateur emploiera avec succès. Il correspond à une installation déjà puissante car l'Oscillophone, aussi sensible que la majorité des haut-parleurs existants, s'accommode parfaitement de lampes de sortie courantes.

(Triodes ou pentodes habituellement employées).

Il est caractérisé par l'absence de selfs de filtrage et l'emploi d'une polarisation HT par valve Philips 506.Os à anode auxiliaire.

La puissance des réceptions en Radio dépend naturellement de l'importance de l'antenne ; la reproduction sonore absolument fidèle avec un seul Oscillophone donne la possibilité d'établir un excellent « Midget » bon marché.

La tension appliquée au haut-parleur ne peut croître, au-delà d'une certaine valeur, ce qui évite la possibilité de surtensions.

Le commutateur placé en haut et à droite permet de décharger symétriquement le haut-parleur après fonctionnement.

# RECEPTEUR TSF ET AMPLIFICATEUR PICKUP 25 WATTS

POUR 6 OSCILLOPHONES

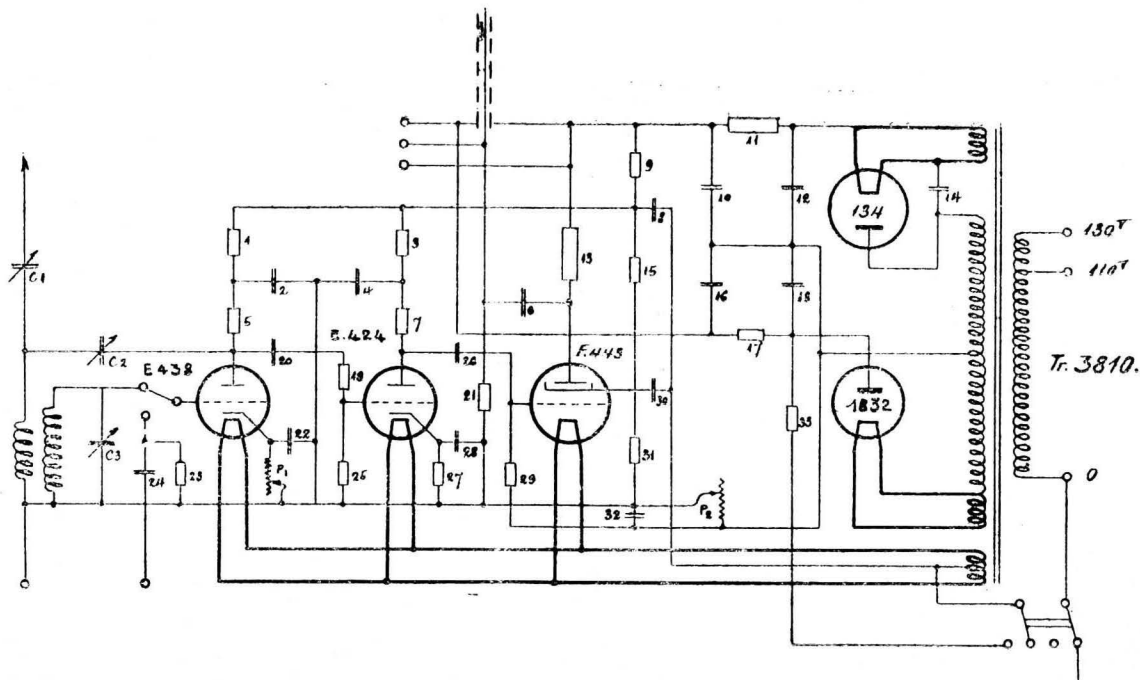


Schéma n° 38

## SCHEMA N° 38

### *RECEPTEUR T.S.F. ET PICK-UP, 25 WATTS DE H. VOGT POUR CAFES, HOTELS, ETC...*

*Montage à alimentation par résistance de couplage  
et capacités en dérivation*

Ce modèle plus puissant peut alimenter jusqu'à 6 Oscillopho-  
nes. La manette de décharge est figurée en bas, à droite.

On voit qu'il s'agit d'une extension du schéma n° 36, à une  
puissance plus grande nécessaire aux besoins des professionnels.

# EXCITATEUR POUR LAMPE DE SORTIE 12 WATTS

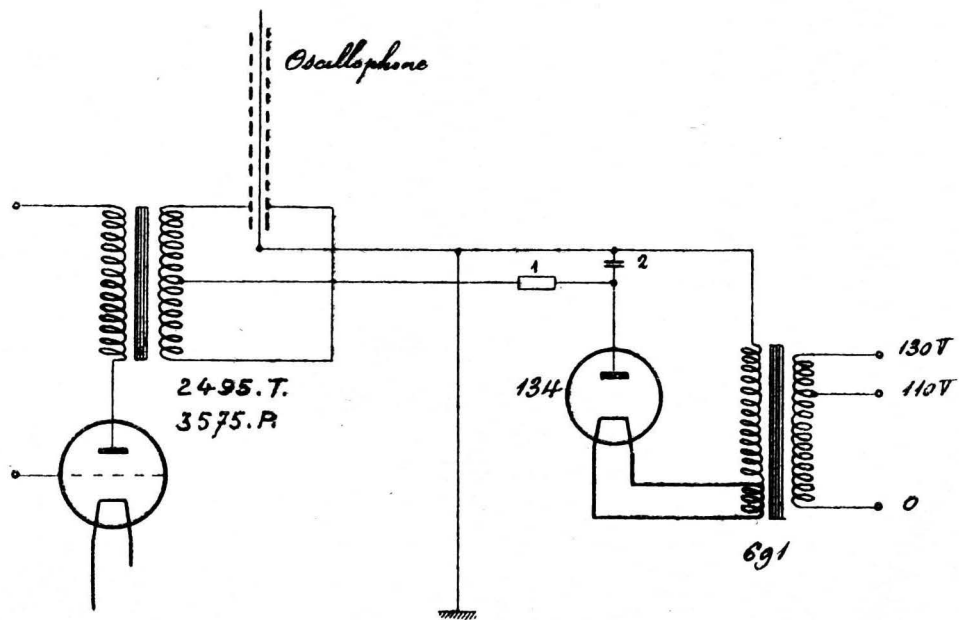


Schéma n° 41

## SCHEMA N° 41

### SCHEMA POUR LAMPE DE SORTIE 12 WATTS

*Montage à transformateur. — Capacités en série.*

Ce schéma indique les caractéristiques des organes dans le cas d'une lampe de sortie 12 watts.

On reconnaît un dispositif qui s'apparente, sauf l'absence de l'impédance plaque de la lampe BF, à celui correspondant au premier schéma décrit (n° 43).

C'est le type de l'installation semi-professionnelle.

# EXCITATEUR OSCILLOPHONE SORTIE PUSH-PULL 24 WATTS

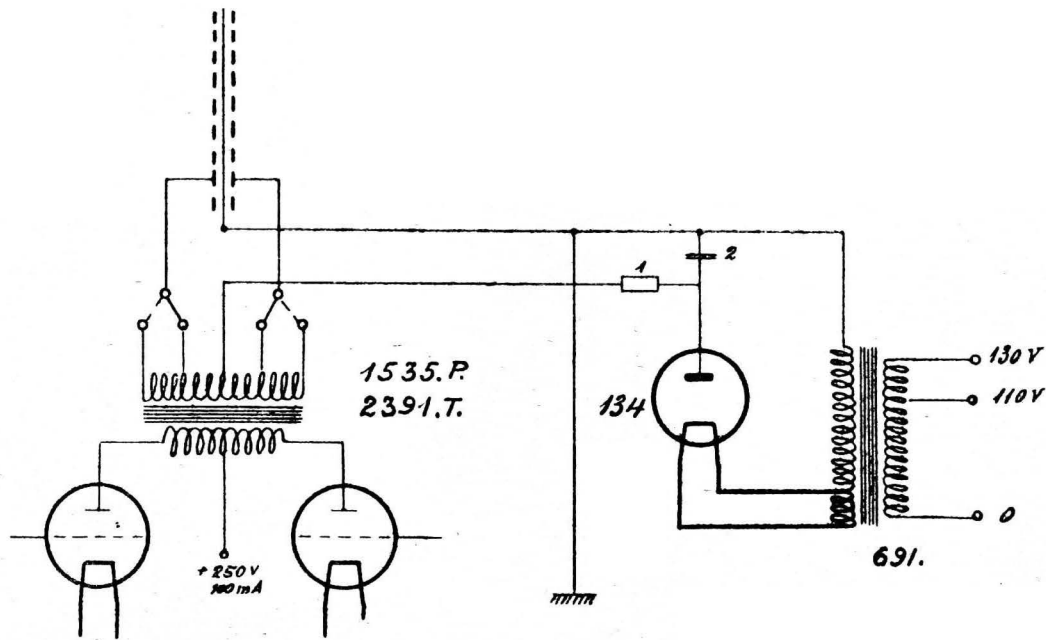


Schéma n° 39

SCHEMA OSCILLOPHONE AVEC LAMPE  
DE SORTIE 24 WATTS

*Montage avec transformateur. — Capacités en série*

Un tel montage donne la possibilité d'alimenter l'Oscillophone à partir d'un amplificateur push-pull. C'est le type de l'adaptation rapide.

A gauche, on voit le transformateur de modulation dont les extrémités du primaire sont connectées aux plaques et la prise médiane au + HT de l'amplificateur.

Le secondaire comporte un fractionnement qui permet d'avantager les notes aiguës ou graves par ajustement du rapport de transformation.

On pourra ainsi obtenir un registre aigu qui semblera arbitraire aux amateurs habitués à l'Electrodynamique, bien que correspondant à la réalité, et un registre grave qui les satisfera temporairement en attendant que leurs tympanes se réhabituent à la normale.

Rien à signaler au sujet de la polarisation HT montée classiquement.

# CONCLUSION



*Nous nous sommes efforcé de donner au cours des chapitres précédents une idée concrète de la méthode électrostatique appliquée aux reproducteurs de sons.*

*Nous avons attendu pour l'exposer qu'une réalisation industrielle viable en soit faite et vienne corroborer objectivement l'intérêt de mettre en jeu un tel principe.*

*Certes, le Statique changera quelque peu les habitudes des usagers, mais il est hors de doute, qu'après une période de transition, un large mouvement se dessinera en sa faveur.*

*Les évolutions de ce genre ne peuvent être brusques pour des raisons fort diverses, et le meilleur exemple qui puisse en être donné est le fait que les haut-parleurs « diffuseurs » ont dû attendre plusieurs années l'instant où ils ont supplanté les haut-parleurs à pavillon.*

*Il faut se défier des jugements préconçus qui prennent la forme de critiques obstinées ou d'enthousiasmes hors de propos car ils sont également nuisibles ; seule la vérité doit compter.*

*Les techniciens et les amateurs éclairés jugeront le Statique d'après l'exposé de ses caractéristiques électriques et acoustiques, et de l'ensemble des travaux qui ont conduit à la réalisation industrielle prise comme exemple.*

*Les autres, c'est-à-dire tous ceux qui préfèrent s'en rapporter subjectivement aux résultats obtenus, devront écouter un Statique convenablement monté et le juger comparativement aux meilleurs haut-parleurs existants.*

*Ils seront certainement surpris par la réalité de la reproduction sonore, si la source (station de radiodiffusion ou lecteur phonographique) est de quelque valeur. L'impression la plus généralement ressentie est celle provoquée par la coexistence dans une même audition*



de notes graves d'une belle ampleur, de notes moyenne non avantageées et surtout de notes aiguës cristallines. Toute la fidélité réside dans cette association.

Le Statique ayant encore une courbe de rendement acceptable vers 10.000 périodes, on peut craindre qu'une telle faculté soit presque inutile puisque les émissions radiotéléphoniques et phonographiques atteignent leur plafond vers 5.000 périodes, du moins à l'heure actuelle.

Cette opinion se révèle inexacte. En effet, le rendement sonore, du Statique étant acceptable à 10.000 périodes, l'est « à fortiori » au niveau de 5.000 : il permettra d'utiliser au maximum les fréquences terminales émises correspondant aux notes aiguës et aux premières harmoniques, assurant de ce fait un timbre plus réel, en attendant qu'il puisse le faire pour les harmoniques supérieures.

Celles-ci seront intégralement transmises ou reproduites un jour qui sera celui de l'apogée du Statique.

Ces raisons nous ont conduit à affirmer que le Statique peut être le haut-parleur de l'Avenir.

R. C.



# TABLE DES MATIÈRES



|   | Pages |
|---|-------|
| INTRODUCTION . . . . .  | 3     |
| CHAPITRE I. — Les phénomènes électrostatiques.  | 5     |
| CHAPITRE II. — Principe du haut-parleur électrostatique . . . . .                             | 11    |
| CHAPITRE III. — Réalisation industrielle du haut-parleur statique. . . . .                    | 19    |
| CHAPITRE IV. — Schémas de principe relatifs à la liaison des Statiques aux amplificateurs . . | 25    |
| CHAPITRE V. — Conditions d'emploi du haut-parleur statique. . . . .                           | 33    |
| CHAPITRE VI. — Avantages résultant de l'emploi de l'Oscillophone . . . . .                    | 41    |
| CHAPITRE VII. — Les schémas pratiques d'emploi de l'Oscillophone . . . . .                    | 43    |
| CONCLUSION . . . . .  | 61    |



---

---

**SOCIÉTÉ PARISIENNE  
D'IMPRIMERIE**  
*27, rue Nicolo, Paris (16<sup>e</sup>)*

---

---

# Les appareils **OSCILLOPHONES**

**"STATIQUES - RÉCEPTEURS T S F - AMPLIS PICK-UP"**

dont les caractéristiques et avantages ont été  
décrits dans cette brochure sont construits par

**RADIO-REM'S**

Étab<sup>ts</sup> **RAYMOND FERRY**

**59, Rue de l'Aqueduc - Paris-X°**

Adr. Télégr. Sectorems 93 Paris

Téléph. : Nord 60-56

Il n'existe qu'un modèle Standard d'OSCILLOPHONE réalisé  
pour répondre aussi bien aux besoins des professionnels qu'à  
ceux des demi-professionnels ou des amateurs.

Il convient naturellement d'envisager une adaptation parti-  
culière à chaque cas envisagé, tant au point de vue nombre d'ap-  
pareils qu'à celui de l'adaptation électrique et acoustique.

Nos Services Techniques se tiennent à votre disposition pour  
vous fournir tous renseignements complémentaires.

## Les installations **OSCILLOPHONES**

*TROUVENT LEUR EMPLOI*

au **CINÉMA SONORE...**

**SALLES de BAL... CAFÉS...**

**HOTELS... RESTAURANTS...**

c'est-à-dire dans tous les Établissements  
où des **diffusions artistiques** peuvent  
être données aussi bien par PICK-UP  
que par T. S. F.

