

Louis BOÉ
Ingénieur-Civil des Ponts

**LES
INSTALLATIONS
SONORES**

30 frs

LES ÉDITIONS DE
LA LIBRAIRIE DE LA RADIO
101, rue Réaumur, PARIS (2^e)

LES INSTALLATIONS SONORES

Du même auteur :

**« NOTIONS DE MATHÉMATIQUES ET DE PHYSIQUES
INDISPENSABLES POUR COMPRENDRE LA T. S. F. »**

Sans le secours des mathématiques, l'amateur de T. S. F. ne peut se faire qu'une idée vague et tout à fait superficielle des phénomènes qui l'intéressent, aussi cet ouvrage doit-il être considéré comme le complément indispensable de toute documentation technique sur la Radio électricité.

Ecrit dans un style d'une grande précision et d'une rare sobriété, le livre de Louis Boë comprend six chapitres : le premier est consacré à l'*Algèbre*, le second à la construction des *graphiques*, et le troisième, à la *Trigonométrie*.

Dans le quatrième chapitre, réservé à l'*Acoustique* l'auteur traite des phénomènes vibratoires et donne d'utiles précisions sur la nature et l'emploi du décibel.

Le cinquième chapitre « Notions fondamentales d'*Electricité* » comporte une étude fort importante sur les propriétés des circuits résonants et antirésonants.

Enfin dans le sixième chapitre, réservé à la *T. S. F.* on trouvera un exposé sur les tubes à vide et quelques calculs d'ordre pratique.

Un volume de 88 pages, 71 figures, Prix 15 francs
(Port et emballage. France 2 frs 50 : Etranger 4 frs.)

Chez le même éditeur :

« LES EDITIONS DE LA LIBRAIRIE DE LA RADIO »
101, Rue Réaumur, Paris (2^e)

Louis BOË
Ingénieur Civil des Mines

LES INSTALLATIONS

SONORES



LES ÉDITIONS DE LA
LIBRAIRIE DE LA RADIO
101, Rue Réaumur, PARIS (2^e)

-- 1939 --

AVANT-PROPOS

Les spécialistes des Installations Sonores — ou du P. A. comme on dit en Amérique — sont extrêmement rares en France. La raison en est fort simple : de bons spécialistes doivent avoir une formation à la fois technique, pratique et musicale, et rien n'a été fait chez nous en vue de donner à qui que ce soit une telle formation.

Effectuer une Installation Sonore présente cependant un réel intérêt, car celui qui, en est chargé, a l'occasion de déployer ses facultés d'observateur, et d'utiliser à des fins constructives ses connaissances théoriques.

Le P.A. d'autre part — et ceci ne gêne rien — est un débouché extrêmement lucratif ; les organisateurs d'une réunion, en effet, ne lésinent jamais sur le prix d'une Installation susceptible de s'adresser à un groupe d'auditeurs nombreux, c'est-à-dire puissants.

Le but de cet ouvrage est de documenter nos lecteurs d'une façon aussi complète que possible sur la question des Installations Sonores.

Nous commencerons tout d'abord par rappeler — pour le préciser — le mode de fonctionnement d'un amplificateur d'audiofréquence ; nous réserverons ensuite un chapitre spécial à l'Acoustique architecturale ; enfin le dernier chapitre sera consacré à la pratique des Installations.

Louis BOË
Ingénieur Civil des Mines.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION. Les principaux types d'Installations sonores ...	7
Composition générale d'une installation	8
 CHAP. I.— MICROPHONES, CELLULES, PICK-UP, HAUT-PARLEURS	
§ a) <i>Appareils d'entrée</i>	9
Microphones à charbon	9
Microphones condensateur	11
Microphones dynamiques et à ruban	11
Microphones piézoélectriques	12
Note sur l'effet directif des microphones	12
Cellules photoélectriques	14
Pick-up	16
§ b) <i>Haut-parleurs dynamiques</i>	17
La Loi de Laplace.....	17
Principe du haut-parleur dynamique.....	17
Adaptation des haut-parleurs	18
Rendement. Baffle	19
Pavillon. — H.P. à chambre de compression	20
 CHAP. II. — LES ELEMENTS D'UN AMPLIFICATEUR..	
§ a) <i>Etage préamplificateur</i>	24
§ b) <i>Etage mélangeur (mixer)</i>	26
§ c) <i>Etage amplificateur de tension</i>	28
§ d) <i>Etage conducteur (driver)</i>	29
§ e) <i>Etage de puissance</i>	31
§ f) <i>Alimentation</i>	33
§ g) <i>Polarisation</i>	34
§ h) <i>Lignes. Transformateurs de lignes</i>	36
§ i) <i>Les dispositifs accessoires</i>	38
Expansion sonore	38
C. A. V. sonore	39
Compensation automatique du bruit	39
 CHAP. III. — DESCRIPTION D'AMPLIFICATEURS	
§ a) <i>Préamplificateurs</i>	41
Préampl. pour courant alternatif	41
Préampl. M.G.	42
Préampl. tous courants.....	43
Préampl. sur batterie	44
§ b) <i>Amplificateurs</i>	44
Le Babyphone.....	44
L'Autodéphaseur	45
Le Bilampe C. R.	47
Le Push-pull 6 V 6.....	48

	Pages
Le Push-pull 6 B 5	49
Le Push-pull triodes	50
Le Cathodyne push-pull	52
Le Varitone push-pull	53
§ c) <i>Amplificateurs à haute sensibilité</i>	54
Le Mixte U. S. A.	54
Le Cellule 30.	57
Le Ferrix 50	57
L'U. T. C. 55	59
L'Impérial 100	61

CHAP. IV. — **ACOUSTIQUE ARCHITECTURALE**

§ a) <i>Puissance rayonnée et Intensité sonore</i>	65
Formules générales	65
Seuil d'audibilité	66
Les décibels	66
Puissances sonores	68
§ b) <i>La réverbération</i>	68
Définition	68
Absorption des parois	68
Temps de réverbération	69
Influence de la réverbération	70
§ c) <i>L'Acoustique des salles</i>	72
Propriétés acoustiques diverses	72
Le choix du revêtement	72
Evaluation de l'intensité sonore. Abaque	73
§ d) <i>La forme des salles</i>	75
Studio	75
Salle de spectacles	76
Théâtre de plein air	77

CHAP. V. — **LA PRATIQUE DES INSTALLATIONS**

§ a) <i>Détermination des puissances acoustiques et électriques</i>	79
Niveau de l'Intensité sonore	79
Puissance acoustique. Abaque	81
Puissance électrique du haut-parleur	82
Puissance modulée de l'amplificateur	82
§ b) <i>Importants détails d'installation</i>	83
Disposition générale d'une installation	83
Liaison microphone — préamplificateur	84
Liaison micr. à charbon — amplificateur	84
Liaison de l'amplificateur au haut-parleur	85
§ c) <i>Effet Larsen. Effet d'écho</i>	87
§ d) <i>Sonorisation d'une salle</i>	88
Salle de spectacle. Cinéma	88
Salle de conférence	90
Eglise	90
§ e) <i>Installations sonores en plein air</i>	91
Place publique	91
Théâtre en plein air	91
Terrain sportifs. Stades	92
Clocher	92
Installation sur automobile	93

APPENDICE. Les lampes à émission secondaire 4696 et EE1 et leur utilisation en amplificatrice autodéphaseuse 95

INTRODUCTION

Par « Installation Sonore », on entend l'ensemble des appareils qu'il convient d'utiliser pour reproduire la musique enregistrée, ou pour recueillir, amplifier et diffuser les paroles d'un conférencier ou les sons d'un orchestre.

Nous ne traiterons dans cet ouvrage que de la transmission directe des fréquences acoustiques, dans un espace limité ; nous ne parlerons donc ni de la T.S.F. ni de la téléphonie.

Les principaux types d'Installations sonores. — On peut diviser les différents types d'Installations Sonores en deux catégories : les Installations en salles fermées et les Installations de plein air.

La sonorisation d'un *dancing* est une des Installations sonores les plus simple : un tourne disque, un pick-up, un petit amplificateur et un bon haut-parleur, en sont les seuls éléments indispensables.

La sonorisation d'une *salle de spectacle* soulève de plus grandes difficultés ; quoique toutes les salles de cinéma soient pourvues actuellement d'une Installation sonore, il ne faudrait pas croire qu'il n'y ait plus rien à faire de ce côté-là : les travaux effectués ces dernières années en vue d'obtenir une meilleure fidélité ne sont pas restés vains, et la modernisation ou le remplacement des amplificateurs de la plupart des cinémas parlants s'imposera dans un avenir plus ou moins prochain.

Le problème de la sonorisation d'une *salle de conférences* peut présenter un double aspect ; ou bien il s'agit seulement d'amplifier la voix du conférencier ; ou bien le haut parleur doit prendre effectivement la place du conférencier absent.

Dans les grandes *cathédrales*, la présence de quelques haut-parleurs est toujours utile si l'on désire que la voix du prédicateur parvienne facilement jusqu'au fond de l'église ; il est d'ailleurs nécessaire, pour obtenir une excellente intelligibilité, de déterminer judicieusement la place à attribuer aux différents reproducteurs sonores.

Pour les *réunions de plein air*, les Installations sonores présentent un intérêt indiscutable, l'emploi de haut-parleurs permettant d'atteindre un auditoire pratiquement illimité. Réunions publiques, campagnes électorales ne peuvent, en Amérique, se passer du P.A. ; n'est-on pas allé jusqu'à dire que, là-bas, le succès d'un parti aux élections dépendait essentiellement du nombre et de la qualité des watts modulés qu'il était capable de mettre en jeu !

Les *terrains sportifs*, les *champs de courses* sont des domaines de choix pour la réalisation d'Installations sonores. Dans les *clochers* même, on pourra voir bientôt de puissants haut-parleurs ; ce sera là, avouons-le, une belle conquête du P.A.

Enfin, il convient de mentionner les *Installations sonores mobiles* ; ces dernières, il faut le reconnaître, sont le plus souvent peu appréciées de ceux sur qui elles déversent leurs watts modulés ; mais là, comme partout ailleurs, le problème se ramène à une *question de qualité* et de discrétion.

Composition générale d'une Installation. — Une installation sonore comprend toujours les éléments essentiels suivants :

1° un ou plusieurs appareils d'entrée : microphones, cellules photo-électriques, pick-up, etc.

2° un amplificateur d'audiofréquence.

3° un ou plusieurs haut-parleurs.

Dans le cas le plus général, l'amplificateur est constitué :

— d'un étage préamplificateur

— d'un étage mélangeur

— d'un ou plusieurs étages amplificateurs de tension

— d'un étage conducteur (driver)

— d'un étage de puissance.

On utilise un étage *préamplificateur* lorsque l'appareil d'entrée (microphone à ruban, par exemple) n'est capable de fournir qu'une tension faible, de l'ordre de quelques millivolts ou de quelques dizaines de millivolts.

L'étage *mélangeur*, le « mixer » des Américains, permet la transmission simultanée de deux auditions ou le passage progressif de l'une à l'autre.

La construction de l'étage *amplificateur de tension* n'offre pas de difficultés spéciales ; un tel étage est, en effet, le plus souvent analogue au premier étage basse fréquence des récepteurs classiques à quatre lampes, plus une valve.

L'étage de *puissance* sera de préférence monté en *push-pull classe A.B.* Pour obtenir le meilleur rendement possible d'un tel étage, il sera sage de prévoir un fonctionnement en classe *A.B.2*, c'est-à-dire en classe *A.B.* avec courant grille. L'étage de puissance devra alors être précédé d'un étage *conducteur*, qui n'est autre que le « driver » des Américains.

Il faudra fournir aux différents étages amplificateurs le courant continu qui leur convient ; ce sera le rôle du *bloc d'alimentation*.

Enfin lorsque les divers éléments de l'Installation sonore seront éloignés les uns des autres, il sera nécessaire de les réunir au moyen de « *lignes* » montées d'une façon appropriée.

Les cinq chapitres de l'ouvrage. — Dans le premier chapitre, nous étudierons le fonctionnement et le rôle des principaux appareils électro-acoustiques susceptibles d'être utilisés : *microphones, pick-up, cellules, haut-parleurs, etc.*

Dans le *deuxième* chapitre, nous indiquerons comment doivent être constitués les *différents étages de l'amplificateur d'audio-fréquence*.

Puis nous donnerons, dans le *troisième* chapitre, toute une série de *schémas d'amplificateurs très modernes*, capables de fournir une puissance modulée maximum, variant, suivant les cas, entre huit et cent watts.

Nous réserverons ensuite, un chapitre spécial, à l'étude de l'*Acoustique architecturale* et dans le cinquième chapitre, nous traiterons de la *pratique des Installations Sonores*.

CHAPITRE I

Microphones - Cellules - Pick-up - Haut-Parleurs

§ A) APPAREILS D'ENTRÉE

Microphone à charbon. — Le microphone à charbon est formé d'un diaphragme et d'une capsule contenant de la grenaille de charbon (fig. 1).

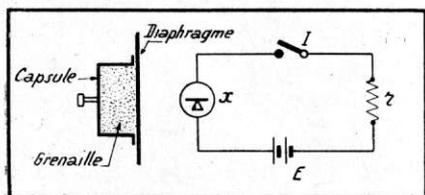


Fig. 1. Microphone à charbon et principe d'utilisation.

La surpression acoustique due à une onde sonore est communiquée à la grenaille par l'intermédiaire du diaphragme, ce dernier étant constitué par une membrane mobile. L'ensemble des granules de charbon est ainsi soumis à des variations de pression qui ont pour effet de modifier la résistance intérieure x du microphone.

Réalisons le schéma de la figure 1, c'est-à-dire montons en série, une source E de courant continu, une résistance extérieure r et un microphone de résistance intérieure x ; le courant i traversant la résistance r sera donné par la formule :

$$i = \frac{E}{x + r}$$

Comme la résistance x varie avec la surpression due à l'onde sonore, il en sera de même du courant i et aussi de la différence du potentiel obtenue aux bornes de la résistance r .

On pourrait songer à amplifier directement les oscillations apparaissant aux extrémités de la résistance r , en montant simplement cette résistance dans l'espace grille-cathode d'une lampe amplificatrice de tension.

Pratiquement, comme la résistance r est assez faible, et comme la résistance de fuite R d'une lampe amplificatrice peut être élevée, il y a

tout intérêt à disposer entre le microphone et la lampe amplificatrice, un transformateur de tension T ; on réalisera alors le schéma de la figure 2.

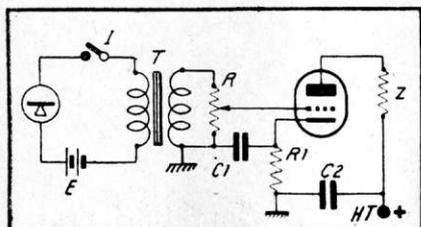


Fig. 2. Liaison d'un microphone à charbon à une lampe amplificatrice.

Le schéma d'utilisation du microphone à charbon à double capsule, est représenté sur la figure 3. On voit qu'il est fait usage d'un transformateur T possédant une prise médiane au primaire. La f.e.m. de la source doit être, suivant le type du microphone, de 1,5 à 4 volts. Un interrupteur I permet de mettre la batterie hors circuit lorsque le microphone est inutilisé.

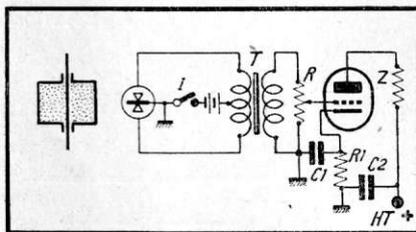


Fig. 3. Microphone à charbon à double capsule et mode de liaison.

La lampe amplificatrice est montée de la façon normale ; la résistance R est de préférence constituée par un potentiomètre dont le rôle est de doser la tension appliquée. La résistance R_1 d'auto-polarisation doit être shuntée par un condensateur de forte capacité (au moins 10 μF) si l'on désire profiter du maximum de sensibilité de l'étage pour les fréquences basses.

Signalons cependant qu'on peut supprimer le condensateur C_1 en modifiant le schéma d'utilisation et en adoptant le schéma de la figure 4.

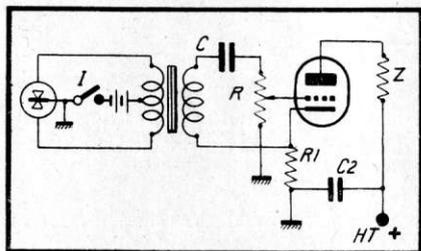


Fig. 4. Autre mode de liaison.

Dans cette figure, comme d'ailleurs dans toutes les autres, lorsqu'il n'y a pas de point de jonction entre deux connexions qui se croisent, il s'agit de deux connexions distinctes, non réunies entre elles.

Le microphone à charbon n'est pas un instrument très fidèle. Un appareil un peu plus perfectionné est le microphone à charbon à deux capsules (fig. 3) ; les deux capsules se trouvent placées de part et d'autre de la membrane mobile et travaillent en opposition ; à la compression de l'une, correspond donc, la dépression de l'autre, et inversement.

On voit par contre qu'il devra être fait usage d'un condensateur de liaison C , qu'on prendra de 20.000 μF au mica. Le potentiomètre R pourra dans tous les cas être de 500.000 ohms.

Le microphone à charbon étant un appareil peu fidèle, il sera préférable de ne pas l'utiliser pour la reproduction de la musique. D'autre part, l'emploi de ce microphone est limité par le bruit de fond qu'il produit en en fonctionnement.

La principale qualité des microphones à charbon est d'être sensible, c'est-à-dire de fournir des tensions alternatives assez élevées ; ces tensions sont de l'ordre du dixième de volt, mais peuvent varier, suivant les appareils, entre $1/20^e$ de volt et 1 volt ; il n'est donc généralement pas nécessaire de faire suivre un microphone à charbon d'un étage préamplificateur.

Microphone à condensateur. — Le microphone à condensateur est constitué tout simplement par un *diaphragme métallique* vibrant tout près d'une *plaque fixe*, métallique elle aussi. Le microphone à condensateur est utilisé *dans un circuit comprenant une f.e.m. E* et une résistance extérieure *r*.

Les variations de surpression acoustique produisent des variations de capacité, qui à leur tour entraînent des variations d'intensité ; il s'ensuit donc des variations de tensions aux extrémités de la résistance *r*.

Les microphones à condensateur, qui se caractérisent par leur haute fidélité ne fournissent que des tensions d'audiofréquence très faibles (de l'ordre de quelques microvolts), aussi l'emploi de ces microphones est-il réservé aux studios d'émission ou d'enregistrement.

Microphones dynamiques — Microphones à ruban. — Les microphones dynamiques se divisent en *microphones du type « moving-coil »* et en microphones à ruban.

Dans le premier cas le diaphragme est solidaire d'un enroulement circulaire (bobine mobile ou moving coil), se déplaçant dans l'entrefer d'un champ magnétique puissant créé par un aimant permanent.

Lorsque sous l'influence de l'onde sonore, l'enroulement se déplace dans le champ magnétique, une force électromotrice d'induction apparaît aux extrémités de la bobine mobile.

On peut réaliser des microphones à bobine mobile très fidèles ; ces microphones sont moins sensibles que les microphones à charbon, et nécessitent généralement l'emploi d'un préamplificateur ; d'autre part de tels appareils sont toujours assez chers.

Le *microphone à ruban* est un microphone dynamique très simple, constitué essentiellement par une *bande d'aluminium* placée dans l'entrefer d'un champ magnétique constant ; ce champ est évidemment créé par un aimant permanent.

On distingue les microphones à ruban de *première classe* qui fonctionnent selon la suppression acoustique, et les microphones à ruban de *deuxième classe* qui fonctionnent selon la vitesse acoustique ; dans ce dernier cas, le ruban vibre librement dans l'atmosphère. Dans les deux cas la vibration du ruban fait apparaître à ses extrémités une force électromotrice d'induction.

La courbe de réponse d'un microphone à ruban de première classe est pratiquement horizontale de 50 à 3.000 cycles-seconde, et croît ensuite légèrement de 3.000 à 10.000 c/s ; la courbe de réponse d'un microphone à ruban de deuxième classe est, elle aussi, pratiquement uniforme au-

dessous de 3.000 c/s, mais de 3.000 à 10.000 c/s elle est décroissante. En constituant un microphone à ruban, dont une moitié fonctionne en première classe et l'autre moitié en deuxième classe, on peut obtenir un appareil très fidèle.

D'une façon générale d'ailleurs, la fidélité d'un microphone à ruban est excellente ; malheureusement les tensions qu'il fournit sont très faibles, aussi nécessite-t-il toujours l'emploi d'un préamplificateur ; de plus, son prix est très élevé.

La résistance intérieure d'un microphone à ruban étant très faible, celui-ci est relié à l'entrée de l'amplificateur par l'intermédiaire d'un ou de deux transformateurs éleveurs.

Microphones piézo-électriques. — Le fonctionnement de ces microphones est basé sur la propriété suivante : lorsque certains cristaux, tel que le *sel de la Rochelle*, sont soumis à une pression, il apparaît aux extrémités d'un axe déterminé, une force électromotrice proportionnelle à la pression appliquée.

Les microphones piézo-électriques sont constitués essentiellement par un *cristal* convenablement taillé, et un *diaphragme* mobile transmettant ses vibrations au cristal au moyen d'une tige.

Les microphones piézo-électriques sont des appareils possédant une assez bonne fidélité et ne coûtant pas trop chers.

Ils ne sont pas très sensibles et doivent donc être toujours suivis d'un préamplificateur. Lorsque le préamplificateur se trouve placé tout près du microphone, ce dernier est monté tout simplement entre grille et masse de la première lampe, comme l'indique la figure 5.

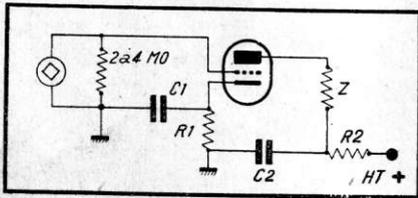


Fig. 5. Mode de branchement d'un microphone piézo-cristal.

Le microphone du type « grille » est un appareil plus perfectionné composé de différentes cellules. Une cellule est constituée par un cadre en bakélite sur lequel est fixé, en deux points, le cristal. Un certain nombre de cellules sont groupées, en série, en parallèle, ou en série-parallèle ; les cristaux sont soumis directement à la surpression acoustique.

Les microphones piézo-électriques du type « Grille » sont très fidèles ; leurs courbes de réponses sont uniformes jusqu'à 6.000 c/s puis croissent légèrement de 6.000 c/s à 10.000 c/s. Du fait de leur faible sensibilité, ils doivent toujours être suivis d'un préamplificateur.

Note sur l'effet directif des microphones. — On dit qu'un microphone possède un *effet directif* lorsque sa sensibilité aux ondes sonores dépend de la position respective du microphone et de la source sonore.

Les microphones à charbon ne présentent pas d'effet directif marqué.

Les *microphones à ruban* de deuxième classe, c'est-à-dire ceux qui fonctionnent selon la *vélocité acoustique*, possèdent au contraire un effet *directif* nettement prononcé. Leur sensibilité est maximum, lorsque la droite perpendiculaire à leur plan est dirigée vers la source sonore ; la sensibilité est approximativement la même que la source sonore se trouve placée devant ou derrière le microphone.

Les *microphones piézo-électriques* peuvent se classer :

— en appareils *non-directionnels* (c'est-à-dire ne possédant pas d'effet directif).

— en appareils *bi-directionnels* (c'est-à-dire possédant un effet directif du même type que les microphones à ruban).

— en appareils *uni-directionnels*.

Les microphones *uni-directionnels* ne sont pratiquement sensibles qu'aux ondes sonores provenant d'une source réelle ou virtuelle située *au devant* du microphone.

Les *microphones dynamiques* à bobine mobile ont un effet directif peu marqué ; ils se rapprochent cependant du type *uni-directionnel*.

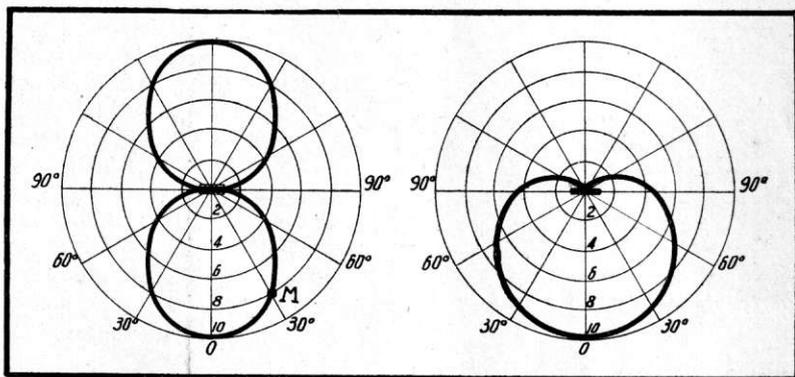


Fig. 6. Diagrammes polaires de microphone *bi-directionnel* (à gauche) et de microphone *uni-directionnel* (à droite).

L'angle de champ d'un appareil *uni-directionnel* est plus ouvert que l'angle de champ d'un appareil *bi-directionnel* ; mais pour un appareil *uni-directionnel* il n'existe qu'un champ (au devant du microphone) tandis que pour un appareil *bi-directionnel*, il existe deux champs (devant et derrière le microphone).

Les graphiques de la figure 6 représentent les diagrammes polaires d'un microphone *bi-directionnel*, et d'un microphone *uni-directionnel*, c'est-à-dire *la valeur relative de la tension aux bornes pour différentes directions*.

Voici comment on doit interpréter ce graphique. Considérons le point d'intersection *M* de la courbe et d'une direction déterminée : 30° par exemple ; ce point se trouve sur le cercle marqué *8* ; cela veut dire que lorsque la source sonore est placée dans une direction faisant 30° avec l'axe, la tension disponible aux bornes du microphone est les $8/10$ de la tension qu'on obtient lorsque la même source sonore est placée dans l'axe du microphone.

Inversement pour qu'une source sonore placée dans l'axe du microphone, puis dans une direction à 30°, produise une tension identique aux bornes du microphone, il faut que les distances respectives de la source au microphone soient dans le rapport de 10 à 8.

Cellules photo-électriques. — Lorsqu'une certaine quantité de lumière tombe sur un corps K , il se produit, d'une façon générale, une modification des propriétés électriques du corps ; c'est ce qu'on nomme l'*effet photo-électrique*.

L'effet photo-électrique peut se manifester de différentes façons ; on distingue :

1° l'effet *photo-émetteur*, lorsque le corps frappé par la lumière, émet des électrons.

2° l'effet *photo-résistant*, lorsque la résistance électrique du corps varie sous l'action de la lumière.

3° l'effet *photo-voltaïque*, lorsque la force électro-motrice d'une pile varie sous l'influence de la lumière.

4° enfin l'effet photo-électrique *des cellules à couches d'arrêt*.

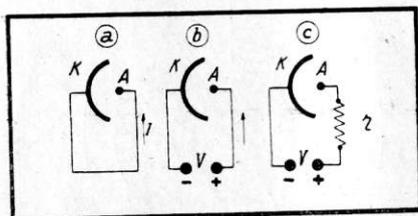


Fig. 7. Principe d'utilisation d'une cellule photo-électrique.

On constitue une cellule *photo-émettrice* en plaçant devant un métal K qui émet des électrons sous l'influence de la lumière, une plaque ou anode A ; celle-ci recueille une partie des électrons, et il s'établit un courant électrique I en sens inverse du sens de circulation des électrons, (fig. 7 a), qu'on peut mettre en évidence au moyen

d'un microampéremètre très sensible.

On divise les cellules photo-émettrices en cellules à vide, et cellules à remplissage gazeux.

En portant à une certaine tension positive V , l'anode d'une cellule, on augmente la valeur de l'intensité I (fig. 7 b).

Si, dans le cas des cellules à vide, on augmente progressivement la tension V , on constate qu'à partir d'un certain moment, l'intensité I n'augmente plus ; on dit qu'il y a *saturation*.

La courbe de la figure 8, relative à une cellule à vide déterminée, nous montre les nombres de microampères obtenus par lumen, en fonction de la tension V . On voit que cette courbe croît lorsque V passe de 0 à 50 volts, mais qu'elle devient horizontale lorsque V est supérieur à 50 volts.

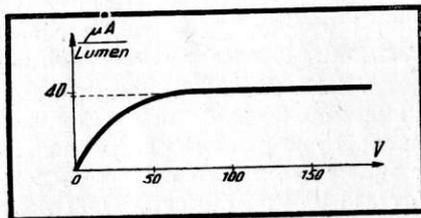


Fig. 8. Courbe caractéristique d'une cellule photo-émettrice (à vide).

Dans le cas des cellules à gaz, le phénomène de la saturation ne s'observe pas.

Si on place une résistance de valeur élevée dans le circuit anodique de la cellule, (fig. 7 c) on obtient aux bornes de cette résistance une chute de tension qui est fonction de l'intensité du flux lumineux qui tombe

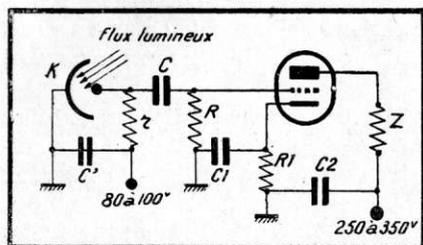


Fig. 9. Mode de branchement d'une cellule photo-émettrice.

sur la cathode *K*. En couplant l'extrémité de cette résistance, par l'intermédiaire d'un condensateur *C* et d'une résistance *R*, à la grille d'un tube à vide, on réalise un étage amplificateur (fig. 9).

On prendra $r = 0,5 \text{ MO}$
 $C = 10.000 \mu\mu\text{F}$ et $R = 1 \text{ MO}$.

Comme le savent nos lecteurs, les cellules photo-émettrices sont utilisées comme « lecteurs de sons » de bandes de cinéma. La cathode *K* est éclairée par une source lumineuse *E*. La piste sonore du film se déroule entre la cathode et la source *E*. L'intensité du flux tombant sur la cellule est donc commandée par le déroulement du film ; (notons que ce déroulement doit s'effectuer d'une façon continue, tandis que le déroulement du film devant l'objectif doit s'effectuer d'une façon saccadée).

La tension alternative disponible aux extrémités de la charge anodique des cellules est peu élevée ; l'emploi d'une lampe préamplificatrice s'impose donc.

Indiquons, à titre de documentation pratique, que les cellules modernes sont constituées par une plaque en argent recouverte d'oxyde de césium.

Le rendement d'une cellule photo-émettrice, c'est-à-dire le rapport entre le nombre des photo-électrons expulsés, et le nombre de quanta de lumière incidents, est très faible ; il est environ de 1 % pour les meilleures cellules à vide.

Le rendement est plus élevé avec les cellules à gaz ; mais celles-ci présentent deux inconvénients : d'une part elles possèdent une certaine inertie, ce qui ne leur permet pas de transformer instantanément les variations de flux lumineux en variations de courant ; d'autre part leur fonctionnement est affecté de distorsion non-linéaire et il n'y a donc pas proportionnalité entre la valeur du courant alternatif d'anode et la variation du flux lumineux.

Donnons maintenant quelques indications sur les autres types de cellules photo-électriques.

Les cellules *photo-résistances* sont basées sur la propriété suivante du *sélénium* : la résistance de ce corps diminue lorsque son éclairage augmente.

Comme détecteur de lumière, les cellules au sélénium sont extrêmement sensibles, et *Fournier d'Albe*, dans son livre « *The Moon Element* », cite l'exemple d'une cellule au sélénium qui, associée à un galvanomètre très

sensible, serait capable de déceler la lumière d'une bougie se trouvant, de la terre, à une distance aussi éloignée que la lune.

L'inconvénient des cellules photo-résistances réside dans leur grande inertie, ce qui les rend inutilisables pour la transmission des signaux d'audio-fréquence.

Les piles *photo-voltaïques* sont employées comme photomètres ; elles ne peuvent être utilisées dans des applications telles que le cinéma sonore, car elles ne sont pas fidèles, présentent une certaine inertie, et provoquent de la distorsion non-linéaire.

Les *cellules à couche d'arrêt* sont constituées essentiellement d'un redresseur à oxyde de cuivre, présentant un effet photoélectrique se manifestant par l'apparition d'une force électromotrice lorsque l'oxyde cuivreux est éclairé.

La sensibilité des cellules à couche d'arrêt est très bonne ; mais elles aussi ne peuvent être utilisées dans les amplificateurs d'audiofréquence, car elles présentent une certaine inertie qui est due à la capacité existant entre leurs deux armatures.

Pick-up. — On peut diviser les différents types de pick-up en pick-up magnétiques, pick-up dynamiques, et pick-up piézo-crystal.

Les *pick-up magnétiques* sont constitués essentiellement d'une bobine et d'un aimant. L'aiguille du pick-up est reliée à une petite masse de métal magnétique placée auprès de la bobine.

Lorsque l'aiguille est soumise à un mouvement vibratoire, elle le transmet à la petite masse de métal, ce qui a pour effet de faire varier le flux magnétique qui traverse la bobine ; il en résulte la production d'une *f.e.m.* d'induction aux extrémités de la bobine.

On distingue les pick-up à basse impédance et les pick-up à haute impédance ; ces derniers sont le plus couramment employés, car pour les mettre en service, il suffit de les placer simplement dans l'intervalle cathode-grille d'une lampe amplificatrice.

Avec les pick-up à basse impédance, on utilise un transformateur élévateur, pour attaquer l'amplificateur.

Du fait de l'inertie de leur équipage mobile, les pick-up magnétiques courants ne reproduisent qu'imparfaitement les fréquences élevées.

On réduit cette distorsion de fréquences, en diminuant la masse de l'équipage mobile ; on a même réalisé des P.U. (microdyne Audax) où l'équipage mobile est uniquement constitué par l'aiguille.

Dans les *pick-up dynamiques*, l'aiguille transmet ses vibrations à une petite bobine mobile placée dans l'entrefer d'un aimant permanent et aux extrémités de laquelle apparaît la *f.e.m.* d'induction. Les pick-up dynamiques ne produisent que très peu de distorsion, et possèdent une courbe de réponse pratiquement horizontale entre 40 et 8.000 c/s ; ils sont du type à basse impédance et sont utilisés avec un transformateur élévateur.

Mentionnons aussi l'existence des *pick-up à ruban* ; l'équipage mobile de ceux-ci est extrêmement léger (50 milligrammes) et est constitué essentiellement d'une bande de bronze phosphoreux portant un minuscule

cône d'aluminium, lui-même terminé par un saphir ; de tels P.U. possèdent une courbe de réponse pratiquement horizontale entre 30 et 15.000 c/s.

Le fonctionnement des *pick-up piézo-crystal* est basé sur le même principe que le fonctionnement des microphones piézo-électriques : des variations de pressions appliquées à un cristal de quartz convenablement taillé font apparaître une différence de potentiel.

La courbe de réponse d'un pick-up piézo-cristal décroît vers les fréquences élevées, mais ces appareils ont l'avantage d'être très légers, et de posséder une impédance élevée (250.000 ohms à 1000 périodes), ce qui permet de les brancher directement entre grille et masse de la première lampe amplificatrice.

En terminant ce paragraphe, indiquons que les tensions fournies par les pick-up magnétiques ou piézo-cristal peuvent varier entre quelques dixièmes de volts et 1 à 2 volts.

§ B) HAUT-PARLEURS DYNAMIQUES

La loi de Laplace. — Le fonctionnement du haut-parleur dynamique est basé sur la loi de Laplace.

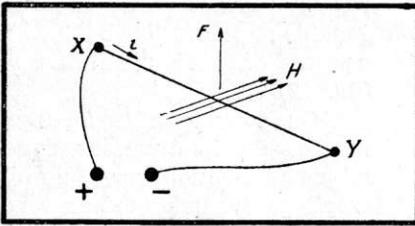


Fig. 10. Action d'un champ sur un courant.

Considérons un champ magnétique H , (créé soit par un aimant permanent, soit par un électro-aimant) et un élément de circuit XY parcouru par un courant d'intensité i , (fig. 10).

La loi de Laplace s'énonce ainsi :

« Le champ magnétique H exerce sur l'élément XY une force F qui est perpendiculaire

au plan défini par le champ H et par l'élément XY et qui est proportionnelle à la valeur de l'intensité i et du champ H .

Le sens de la force est donnée par la règle d'Ampère :

« La force F est dirigée vers la gauche d'un bonhomme supposé étendu sur l'élément XY dans le sens de circulation du courant, et regardant dans le sens du champ H ».

Principe du haut-parleur dynamique. Considérons un aimant ayant la forme indiquée figure 11, c'est-à-dire ayant son pôle Nord entouré d'une pièce circulaire représentant son pôle Sud.

Si nous plaçons une spire, parcourue par un courant électrique, dans l'entrefer de l'aimant, on déduit facilement, de la loi Laplace, que lorsque le courant circule dans le sens des aiguilles d'une montre, la spire est soumise à une force qui

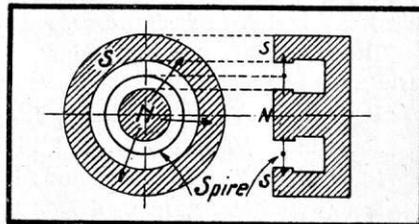


Fig. 11. Principe du haut parleur dynamique.

tend à l'élever, tandis que lorsque le courant circule en sens inverse la spire tend à s'abaisser.

Lorsque le courant qui circule dans la spire est alternatif, la spire est soumise à un mouvement de va et vient ayant même fréquence que le courant.

Pratiquement, on réalise un haut-parleur dynamique, en disposant une série de spires, c'est-à-dire une bobine, entre les pièces mobiles d'un aimant ayant la forme de la figure 11, et en réunissant mécaniquement la bobine mobile à une membrane suspendue élastiquement.

Lorsque la membrane est mise en mouvement, l'air environnant est soumis à une suite de compressions et de dépressions, ce qui se traduit par la reconstitution du son. La figure 12 représente la coupe classique d'un haut-parleur dynamique.

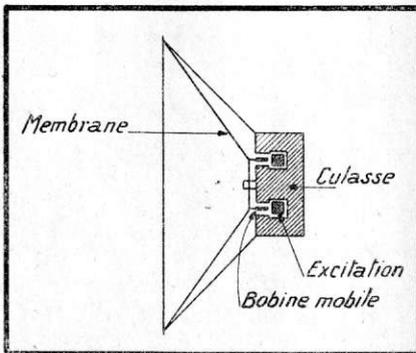


Fig. 12. Coupe d'un haut-parleur dynamique.

On peut diviser les haut-parleurs dynamiques en haut-parleurs à aimant permanent, et haut-parleurs à électro-aimants. Dans le second cas, le flux magnétique est dû au champ produit par une bobine parcourue par un courant d'intensité convenable : une telle bobine se nomme « bobine d'excitation » (fig. 12).

On comparera le fonctionnement du haut-parleur dynamique au fonctionnement du microphone dynamique et on verra

qu'on peut considérer un appareil comme le réciproque de l'autre.

Adaptation des haut-parleurs. — La bobine mobile d'un haut-parleur dynamique n'est pas branchée directement dans le circuit anodique de la lampe de puissance, car il n'y a aucune raison, a priori, pour que l'impédance optimum de la bobine convienne comme impédance de charge de la lampe finale.

On adapte une impédance à l'autre en utilisant un transformateur de liaison dont le rapport du nombre de tours (entre le primaire et le secondaire) est égal à la racine carrée du rapport des impédances.

Il faut savoir que l'impédance de charge d'une lampe de puissance varie avec la nature de cette lampe et avec la classe de fonctionnement.

Pour une 6A 3 ou une 6A 5, l'impédance optimum est de 2.500 ohms.

Pour une EL 5, EL 6, 6L 6 l'impédance doit être de 3.500 ohms.

Pour une 6V 6 de 6.000 ohms

Pour une EL 2, EL 3, 6B 5, 6N 6, de 7.000 ohms.

Dans le cas d'un push-pull, classe AB 1, l'impédance de plaque à plaque devra être :

— Pour deux 6A 3 ou deux 6A 5 : 3000 ou 5.000 ohms suivant le mode de polarisation.

- Pour deux *EL 5* ou deux *6L 6* : 6.500 ohms.
- Pour deux *6V6 G* ou deux *6B 5* : 8.000 à 10.000 ohms.
- Pour une *ELL 1* : 15.000 ohms.

Rendement Baffle. — Pour qu'un haut-parleur rende bien les différentes fréquences acoustiques qu'il doit transmettre, il est nécessaire de le monter sur un *baffle* ou sur un pavillon.

Dans un appartement, le meilleur système à adopter est le baffle ou écran-plan. Il est préférable de ne pas utiliser un écran de forme circulaire, car si le haut-parleur est monté au centre, il peut se produire, pour une fréquence déterminée, des interférences entre l'onde avant et l'onde arrière ce qui se traduit par un affaiblissement de l'onde sonore correspondante.

Ainsi si le pourtour de la membrane mobile est située à 40 cm. du bord de l'écran, on a une atténuation très nette de la fréquence de 425 c/s dans l'axe du haut parleur. Cet inconvénient est supprimé par l'emploi d'un écran de forme rectangulaire ou irrégulière.

On appelle rendement électro-acoustique d'un haut-parleur le rapport entre le nombre de watts acoustiques produits et le nombre de watts électriques appliqués ; c'est là une définition assez vague, aussi définit-on d'une façon plus précise le *rendement pratique* d'un haut-parleur, comme étant égal au rapport de la puissance acoustique, au maximum de la puissance électrique que peut fournir la lampe dans le circuit anodique de laquelle il est monté.

Ce rendement varie d'ailleurs avec les fréquences transmises ; pour un appareil ordinaire ce rendement peut être compris entre 2 et 12 % ; pour des appareils perfectionnés, le rendement peut atteindre 15, 20 ou même... mais très rarement... 30 %.

D'une façon générale, nous adopterons la valeur de 6 % pour un appareil moyen, et la valeur de 10 % pour un bon appareil.

Il ne faudrait pas croire que le son produit par un haut-parleur monté sur écran se propage également bien dans toutes les directions.

Le graphique de la figure 13 représente le diagramme polaire d'un certain haut parleur monté sur écran. Les différentes directions sont indiquées par l'angle qu'elles font avec l'axe du haut-parleur. Il existe un diagramme différent pour chaque

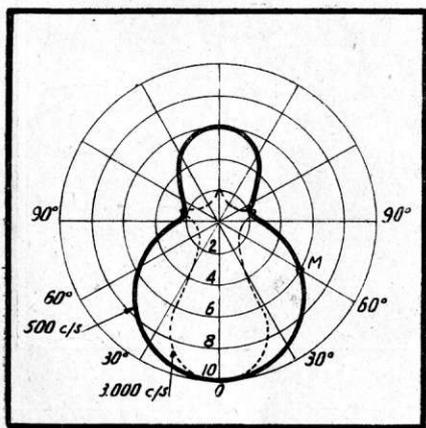


Fig. 13. Diagramme polaire d'un haut-parleur monté sur baffle.

fréquence ; sur la figure, on a tracé les diagrammes des fréquences 500 et 3.000 c/s.

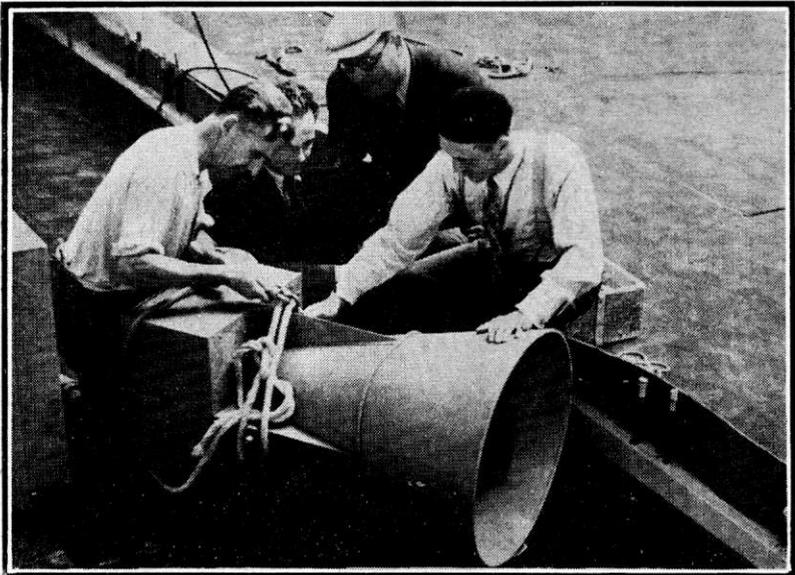
Voici comment on interprétera ce diagramme.

Considérons la direction « 60° » et le diagramme de la fréquence 500 ; le point représentatif se trouve en *M* sur le cercle marqué 6, cela veut dire que si l'on se tient à une distance déterminée du haut-parleur, la *surpression* acoustique produite par le haut-parleur dans la direction « 60° » sera les 6/10 de la surpression produite dans la direction « 0° ».

Comme les pressions et les *distances* varient en sens inverse (voir Chap. IV, §A, page 66), on comprend que pour obtenir la même surpression acoustique, dans une direction à « 60° » et dans une direction à « 0° », il faut que les distances respectives au haut-parleur soit dans le rapport 6/10.

Un examen du diagramme relatif à la fréquence 3.000 c/s nous montre qu'un haut-parleur ponté sur écran possède un effet directif prononcé pour les fréquences élevées, tandis que cet effet est moins accentué pour les fréquences basses.

Pavillon. Haut-Parleur à chambre de compression. — Pour accentuer l'effet directif d'un haut-parleur, c'est-à-dire pour localiser la plus grande partie de l'énergie acoustique dans un angle solide déterminé, on adapte un pavillon au haut-parleur.



Type de haut-parleur à pavillon

On distingue les pavillons à embouchure normale, et les pavillons à petite embouchure.

Les pavillons à *embouchure normale* sont utilisés avec les haut-parleurs dynamiques du type courant : la forme du pavillon est soit quelconque, soit exponentielle.

Les pavillons à *petite embouchure* sont toujours de forme exponentielle, et sont utilisés avec des haut-parleurs à *chambre de compression*.

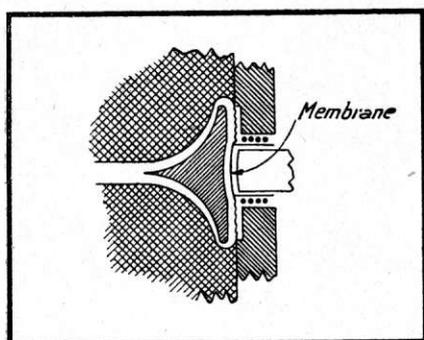


Fig. 14. Coupe d'un haut-parleur à chambre de compression.

normale est du même ordre de grandeur que le rendement d'un haut-parleur sur écran ; le rendement d'un haut-parleur à chambre de pression peut être plus élevé, et atteindre 50 %.

Lorsque l'on désire utiliser un haut-parleur à pavillon il est essentiel de connaître la forme du diagramme polaire qui définit ses propriétés directionnelles.

Le graphique de la figure 15 représente un type de diagramme polaire d'un haut-parleur à pavillon. On interprètera ce graphique, comme il a été indiqué dans le paragraphe précédent, à propos du diagramme de la figure 13.

On voit que les haut-parleurs à pavillon possèdent un effet directif très marqué, même sur les fréquences basses, fréquences qui, comme on le sait, correspondent aux sons de la parole.

La figure 14 représente la coupe d'un tel appareil. La membrane, très légère, est constituée en *duraluminium*. Sous l'action des vibrations de la membrane, l'air est soumis à une suite de compressions et de dépressions qui se propagent vers le pavillon au moyen de canaux à section transversale circulaire, et à section longitudinale exponentielle.

Le rendement d'un haut-parleur à pavillon à embouchure

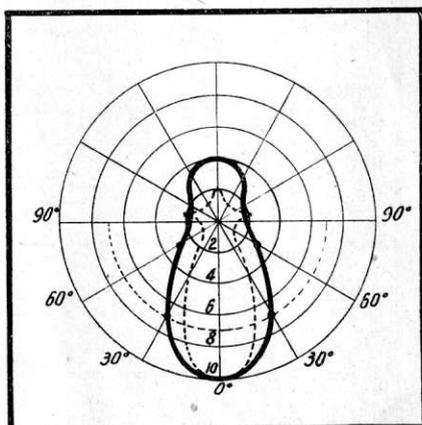


Fig. 15. Diagramme polaire d'un haut-parleur monté sur pavillon.

CHAPITRE II

Les Eléments d'un Amplificateur

Lorsqu'on désire établir d'une façon minutieuse le projet d'un amplificateur, il convient de connaître la *tension* que fournit l'appareil d'entrée, l'amplification pratique, ou *gain*, procurée par les étages amplificateurs intermédiaires, et la *sensibilité* de l'étage de puissance.

Si e est la tension efficace appliquée à la grille de la première lampe, et A le coefficient d'amplification pratique des divers étages intermédiaires, la tension efficace u obtenue à l'entrée de l'étage de puissance est donnée par la formule très simple :

$$u = A \cdot e$$

Si s est le coefficient de sensibilité de l'étage de puissance, la puissance modulée correspondante est :

$$P_m = s \cdot u^2$$

qu'on peut encore écrire :

$$P_m = s \cdot A^2 \cdot e^2$$

Cette formule est valable lorsque le fonctionnement a lieu sans distorsion ; elle n'est qu'approchée lorsque la distorsion est de 5 à 10 %.

Les constructeurs de lampes n'ont pas encore l'habitude de mentionner la valeur du coefficient s ; dans le cas d'un étage constitué au moyen d'une lampe montée en classe A, on pourra le calculer de la façon suivante :

$$s = \frac{S^2 \cdot Z}{\left(1 + \frac{Z}{\rho}\right)^2}$$

Dans cette formule,

S représente la pente de la lampe

Z la charge anodique

ρ la résistance interne

Le coefficient s , comme la pente S , s'exprime en mA/V , ou *millimhos*. Ainsi pour une EL 3 on a : $s = 460$ millimhos. Cela veut dire que lorsque

la grille de l'*EL 3* est attaquée par une oscillation sinusoïdale dont la valeur efficace est de 1 volt, la puissance modulée correspondante est de 460 milliwatts.

Certains auteurs ont l'habitude de définir la qualité d'une lampe de puissance au moyen du « *Guteziffer* » c'est-à-dire du produit $K \cdot S$ appelé en France « facteur de puissance » ; K représente le coefficient d'amplification théorique de la lampe.

On remarquera que le coefficient s serait égal au facteur de puissance $K \cdot S$, si l'impédance de charge Z était égale à la résistance interne. Pratiquement il n'en est jamais ainsi, puisque pour les triodes, Z est égal à 2 à 4 fois la résistance interne, et que pour les pentodes Z est bien inférieur à ρ .

En réalité, c'est le coefficient de sensibilité s qu'il convient d'employer pour caractériser la qualité d'une lampe de puissance, et non le facteur $K \cdot S$. Ainsi, une *EL 3* a un « *Guteziffer* » plus fort qu'une *EL 6*, alors qu'en pratique l'*EL 6* a une sensibilité plus élevée que l'*EL 3*.

§ A) ÉTAGE PRÉAMPLIFICATEUR

On appelle *préamplificateur* un amplificateur de tension d'un ou de deux étages dont le rôle est de fournir, à partir de tensions d'entrée très faibles, des tensions de sortie de l'ordre du volt.

Nous avons vu, dans le chapitre précédent, qu'avec des appareils tels que microphones à ruban, microphones à condensateurs, cellules photo-électriques, microphones piézo-électriques, on n'obtenait le plus souvent que des tensions de l'ordre du centième de volt, et quelquefois moins.

Après ces appareils, il conviendra donc toujours, d'employer un préamplificateur. Un préamplificateur peut constituer un ensemble tout à fait indépendant de l'amplificateur qui le suit, ou au contraire faire bloc avec cet amplificateur ; dans les deux cas le schéma de principe est le même.

Le préamplificateur étant destiné à l'amplificateur de signaux faibles, il faut évidemment éviter sur la grille d'entrée, l'action de tout signal parasite susceptible d'être amplifié et d'affecter la transmission des signaux d'audiofréquence.

Il convient principalement de soustraire l'amplificateur à toute action de l'extérieur, d'éviter toute cause de ronflements et enfin de limiter, autant que faire se peut, l'importance du bruit de fonds de la première lampe.

On réalisera donc le préamplificateur dans un coffret entièrement blindé ; on découplera très soigneusement tous les circuits d'alimentation ; enfin pour diminuer l'importance relative du bruit de fond on placera le potentiomètre de commande de puissance après la première lampe (et non pas avant, comme l'on fait dans un amplificateur ordinaire) ; d'autre part on aura parfois intérêt à utiliser une lampe à écran, fonctionnant avec un faible courant d'écran.

La figure 16 donne le schéma le plus classique d'un étage préamplificateur équipé avec une triode. La tension d'entrée est appliquée entre E et F ,

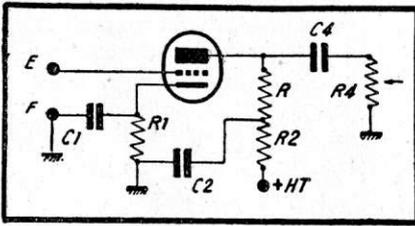


Fig. 16. Schéma classique d'étage préamplificateur.

c'est-à-dire entre E et masse ; la polarisation est assurée automatiquement par la résistance R_1 , shuntée par un condensateur électrolytique C_1 de $10 \mu\text{F}$ (isolé à 25 volts). La résistance de charge est R ; on remarquera la cellule de découplage R_2 , C_2 dont le rôle est d'éliminer toute trace de ronflement ; on prendra C_2 égal, suivant les cas, à 1 ou $4 \mu\text{F}$ (type PTT au papier). Enfin

l'ensemble C_4 , R_4 (condensateur de $20.000 \mu\mu\text{F}$ et potentiomètre de 500.000 ohms) a pour rôle de transmettre à la lampe suivante les oscillations amplifiées.

Une triode qui convient très bien pour être montée en préamplificatrice est la $6K5$; on pourra même, si on désire en tirer le meilleur parti, l'alimenter sous 400 volts et prendre $R = 100.000$ ohms, $R_1 = 3.000$ ohms $R_2 = 50.000$ ohms.

Le gain obtenu sera alors supérieur à 40.

Une $6J5$ alimentée sous 300 volts donnera un gain de 15 environ, si l'on prend : $R = 50.000$, $R_1 = 3.000$, $R_2 = 10.000$

Enfin on pourra utiliser une $EF6$ montée en triode (grille écran et grille supprimeuse reliées à l'anode) en l'alimentant sous 300 volts et en prenant :

$$R = 80.000 \text{ ohms}, R_1 = 3.000, R_2 = 20.000$$

le gain sera de l'ordre de 20.

La figure 17 reproduit le schéma d'un étage amplificateur un peu différent, dans lequel il n'est pas besoin de shunter la résistance de polarisation ; mais alors il convient d'employer l'ensemble de liaison C' , R' ; d'autre part on remarquera que le potentiel F n'est pas fixe par rapport à la masse, cela n'a d'ailleurs pas d'importance lorsqu'on applique entre E et F , soit le secondaire d'un transformateur de liaison, soit un pick-up, soit un microphone piézo-crystal. On prendra, d'une façon générale, $C' = 10.000 \mu\mu\text{F}$ et $R' = 1 \text{ MO}$. Dans le cas d'un microphone piézo-électrique, il y aura intérêt à porter la valeur de R' à 2 à 3 mégohms.

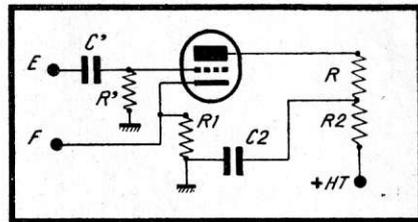


Fig. 17. Autre schéma d'étage préamplificateur.

On prendra, d'une façon générale, $C' = 10.000 \mu\mu\text{F}$ et $R' = 1 \text{ MO}$. Dans le cas d'un microphone piézo-électrique, il y aura intérêt à porter la valeur de R' à 2 à 3 mégohms.

Pour la valeur des autres résistances se rapporter au cas de la figure précédente.

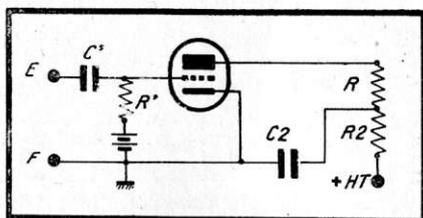


Fig. 18. Etage préamplificateur à polarisation fixe.

On peut aussi adopter, pour le préamplificateur, un système de polarisation fixe comme l'indique la figure 18. Pour une 6K 5 alimenté sous 400 volts avec $R_2 = 50.000$ et $R = 100.000$, la f. e. m de polarisation devra être de 3 volts.

19 donne le schéma d'utilisation d'un tel étage. On démontre qu'il est préférable, à tous les points de vue, d'alimenter l'écran par l'intermédiaire d'une résistance série de valeur élevée qu'au moyen d'un dispositif potentiométrique.

Pour une EF 6, ou 6J 7, alimentée sous 300 volts, on prendra :

$R = 150.000$ ohms

$R_1 = 3.000$

$R_2 = 50.000$

$R_3 = 1$ MO

$R_4 = 0,5$ MO

$C_1 = 10 \mu F$, $C_2 = 1$ à $4 \mu F$, $C_3 = 0,5 \mu F$, $C_4 = 20.000 \mu \mu F$ (mica)

Le gain obtenu sera supérieur à 100.

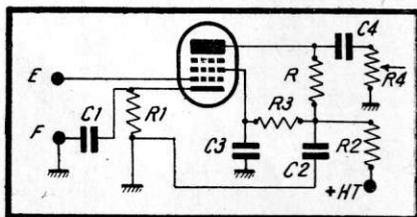


Fig. 19. Etage préamplificateur équipé d'une pentode.

Il est évidemment possible, dans ce cas aussi, d'utiliser un système de polarisation fixe analogue à celui de la figure 18 ; pour les lampes EF 6 et 6J 7 la tension de polarisation devra être de 3 volts.

§ B) ÉTAGE MÉLANGEUR

Généralement un amplificateur est destiné à plusieurs usages et doit pouvoir être attaqué indistinctement par un pick-up, un microphone, une cellule, etc...

On peut évidemment songer à passer d'une audition à une autre au

moyen d'un inverseur, mais il est plus élégant et plus commode de réaliser un étage mélangeur (le *mixer* des Américains) qui facilite le passage graduel d'une audition à une autre et qui permet même la reproduction simultanée de deux auditions différentes.

Ce mélangeur peut être réalisé soit à l'aide de transformateurs spéciaux, soit au moyen d'une lampe double, telle que la *6N 7*, *6F 8* ou *6C 8*.

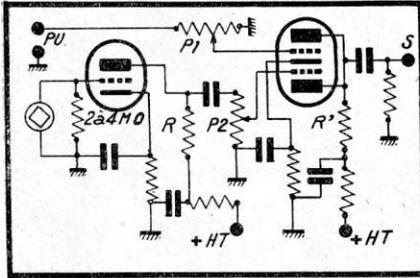


Fig. 20. Etage mélangeur.

mande de la double triode. Les oscillations mélangées apparaissent aux extrémités de la résistance commune de charge R' . Pour une *6N 7*, *6C 8* ou *6F 8* la résistance R' sera de 25.000 ohms. La résistance commune d'auto-polarisation sera de 1.000 ohms pour une *6N 7* ou une *6C 8* et de 1.500 ohms pour une *6F 8*.

On préfère quelquefois séparer les résistances de charge R' et R'' des deux éléments de la lampe mélangeuse. (fig. 21). On dispose alors, entre les deux anodes, deux résistances r' et r'' de 500.000 ohms, et le point commun de ces résistances fournit les oscillations mélangées.

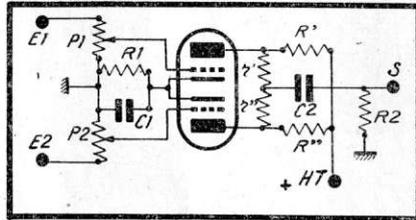


Fig. 21. Autre schéma d'étage mélangeur.

Pour une *6N 7* ou *6C 8* on prendra $R_1 = 1.000$ ohms, R' et $R'' = 50.000$ ohms, $R_2 = 1$ MO, $C_1 = 10 \mu\text{F}$, $C_2 = 10.000 \mu\mu\text{F}$.

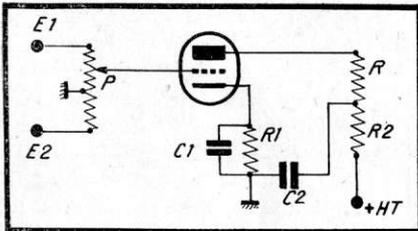


Fig. 22. Liaison sans effet de mélange.

prise médiane reliée à la masse. Un tel montage est quelquefois désigné sous le nom de « fader ».

Lorsqu'on désire pouvoir passer rapidement d'une audition à une autre, sans obtenir d'effet de mélange, on adoptera le schéma de la figure 22. On voit qu'il est fait usage d'un potentiomètre, possédant une

Enfin, on trouvera, figure 23, deux schémas mélangeurs simples pouvant être utilisés, par exemple, lors de l'emploi simultané d'un pick-up et d'un microphone à charbon.

§ C) ÉTAGE AMPLIFICATEUR DE TENSION

La constitution d'un étage amplificateur de tension ne présente pas de difficultés.

Lorsqu'il n'est pas appliqué de contre-réaction à l'étage de tension, on évitera d'employer des lampes à écran, ou des triodes à faible recul de grille, comme la 6F 5.

On pourra à la rigueur employer une 6K 5 montée comme il est indiqué figure 16, et alimentée sous 400 volts.

Mais d'une façon générale les lampes qui conviennent le mieux pour réaliser un étage amplificateur de tension sont la 6J 5, et l'EF 6, cette dernière étant montée en triode (grille écran et grille supprimeuse reliées à l'anode).

La résistance de charge sera prise égale à 50.000 ohms pour la 6J 5 et à 80.000 ohms pour l'EF 6 triode ; la résistance cathodique d'autopolarisation sera de 3.000 ohms. On obtiendra ainsi un gain en tension de 15 environ pour la 6J 5 et de 20 environ pour l'EF 6.

Lorsqu'une contre-réaction est appliquée sur l'étage de tension, on pourra employer, sans que cela soit pourtant obligatoire, une triode du type 6K 5, ou une lampe à écran ; les valeurs des résistances d'anode et d'écran de cette dernière seront celles que nous avons indiquées à propos du montage de la figure 19.

Dans la catégorie « amplificatrices de tension » il convient de classer les lampes « cathodyne » et les lampes déphaseuses.

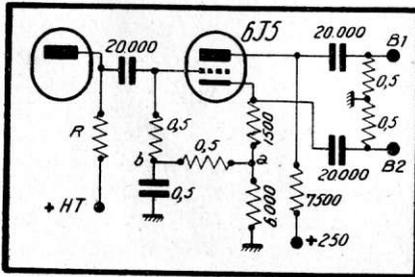


Fig. 24. Déphasage par « Cathodyne B ».

cette cellule qui a pour rôle de porter l'extrémité b de la résistance de fuite de grille à un potentiel constant, n'est d'ailleurs pas indispensable.

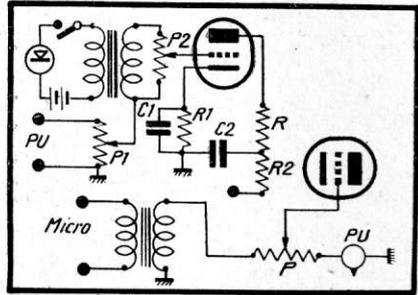


Fig. 23. Deux dispositifs simples permettant d'obtenir un effet de mélange.

Pour un fonctionnement correct du montage cathodyne, il est nécessaire qu'il n'existe aucune capacité parasite entre cathode et masse ; d'autre part il faut que l'isolement soit bon entre la cathode et le filament et que la capacité interne cathode-filament soit aussi faible que possible ; si ces deux dernières conditions ne sont pas réalisées, le montage de la figure 24 risque d'être affecté de *ronflements*. Lorsqu'un étage cathodyne ronfle, la première chose à essayer est de changer la lampe.

Les oscillations obtenues aux points B_1 et B_2 sont déphasées de 180 degrés, et possèdent des amplitudes égales ; elles conviennent donc pour attaquer un étage push-pull.

On peut réaliser un déphasage par lampe, d'une façon toute différente au moyen d'une double triode ; pratiquement cela revient à remplacer la lampe cathodyne, et la lampe amplificatrice qui la précède, par une lampe *6N 7*, *6C 8* ou *6F 8*, dont le premier élément est monté en amplificatrice normale, et le second en tube de déphasage.

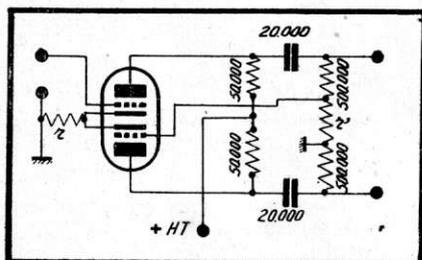


Fig. 25. Déphasage classique.

Le lecteur trouvera exposé, en *appendice*, à la fin de l'ouvrage, le principe du fonctionnement en *amplificatrice autodéphaseuse* des nouvelles lampes à *émission secondaire*.

On emploiera le schéma de la figure 25 ; la résistance r d'autopolarisation ne sera pas shuntée, on prendra, pour une *6N 7* et *6C 8* : $r = 1.000$ ohms et $r' = 28.000$ ohms, pour une *6F 8* : $r = 1.500$ ohms et $r' = 37.000$ ohms. Les valeurs des autres résistances et capacités sont indiquées sur la figure.

§ D) ÉTAGE CONDUCTEUR

Lorsqu'on monte directement après un étage de tension, un étage de puissance à liaison par résistance et capacité, le fonctionnement de celui-ci est affecté de distorsion à la moindre apparition de courant grille.

D'une façon plus précise, il y a distorsion, dès que l'amplitude des oscillations de grille est supérieure à la tension de polarisation ; en effet dès que la grille devient positive, un *courant grille* prend naissance ; ce courant circule dans la résistance de fuite dont la valeur est toujours élevée (100.000 à 500.000 ohms) et ceci a pour effet d'abaisser le potentiel de grille et de la stabiliser, au moment des pointes de modulation à une tension voisine de celle de la cathode.

Pour éviter ce type de distorsion ; il faut adopter un montage dont le fonctionnement ne soit pas, ou soit très peu troublé par apparition de courant grille. C'est ce que l'on peut obtenir en montant un *étage conducteur*, ou « *driver* » comme l'on dit en Amérique.

Un étage conducteur est constitué, soit au moyen d'une lampe « *driver* » montée en classe A, soit au moyen de deux lampes montées en push-pull.

Dans le circuit anodique de ces lampes est placé le primaire d'un transformateur spécial, dont les extrémités du secondaire sont connectées aux grilles des lampes de puissance.

Un tel transformateur doit être capable de fournir une petite *puissance*, puisqu'au moment des pointes de modulation, il doit pouvoir débiter sous tension, le courant d'alimentation des grilles de l'étage de puissance.

Un transformateur « *driver* » est donc bien différent d'un transformateur de tension ; il doit être établi spécialement pour cet usage ; en particulier la résistance en continu de son enroulement secondaire doit être faible.

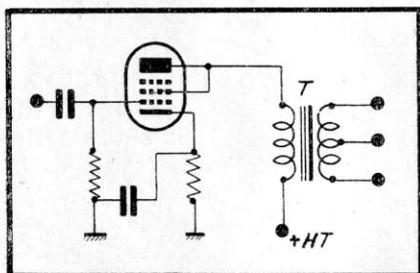


Fig. 26. *Etage conducteur.*

Lorsque l'étage conducteur ne comprend qu'une lampe, on utilise généralement une penthode des types *EL 2*, *EL 3*, *6F 6* ou *6V 6*, qu'on monte en triode (fig. 26). Comme transformateur, on adoptera le *CS 291*

(fabrication *UTC*) que l'on peut trouver chez « *Film et Radio* ».

Lorsque l'étage conducteur est équipé de deux lampes montées en push-pull, on emploie deux *6J 5* ou deux *EF 6*, ces dernières montées en triode (grille écran et grille supprimeuse reliées à l'anode). Comme transformateur on adoptera le *CS 293* (fig. 27).

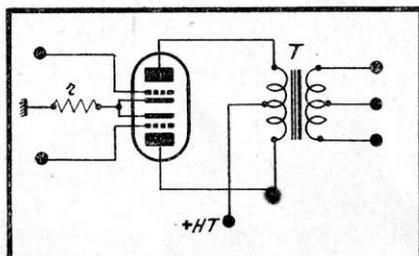


Fig. 27. *Etage push-pull conducteur.*

On peut évidemment faire fonctionner un étage conducteur push-pull, lui-même en classe *AB* et réduire ainsi le plus possible les risques de distorsion dans cet étage. On obtiendra ce mode de fonctionnement en donnant à la polarisation une valeur un peu plus élevée que la valeur normale.

§ E) ÉTAGE DE PUISSANCE

On appelle étage de puissance, l'étage qui alimente le ou les haut-parleurs.

On peut distinguer plusieurs modes de fonctionnement de cet étage ; nous distinguerons :

- le fonctionnement en classe A,
- le fonctionnement en classe A B,
- le fonctionnement avec *contre-réaction*.

Faire fonctionner une lampe en *classe A*, c'est la monter de telle façon que la distorsion par harmoniques soit aussi réduite que possible. Le cas idéal s'obtient lorsque la caractéristique I/U est une droite. Pratiquement un amplificateur classe A est affecté de distorsion lorsque les oscillations appliquées à la grille de commande sont de grande amplitude.

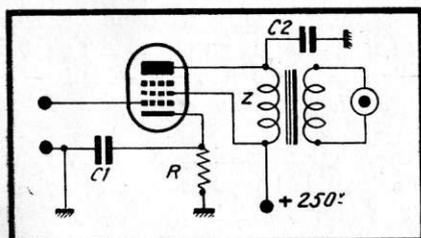


Fig. 28. Etage de puissance classe A.

	R	Z
E L 2	500	8.000
6 F 6	450	7.000
E L 3	150	7.000
6 V 6	250	6.000
E L 6	100	3.500
6 L 6	175	2.500

par *harmoniques impairs* soit aussi réduite que possible ; le fonctionnement d'une seule lampe montée en classe A B est donc affectée de distorsion par harmoniques pairs. Or le montage push-pull élimine les harmoniques d'ordre pair ; pour obtenir un bon fonctionnement en classe A B, on emploiera donc un montage *push-pull*.

Le schéma le plus simple de montage push-pull, utilisant une polarisation automatique, est représenté figure 29.

Le courant anodique moyen de deux lampes montées un P. P. classe A B n'est pas constant ; il augmente au moment des pointes de modulation ; ceci a pour conséquence de faire varier la tension de polarisation pendant le

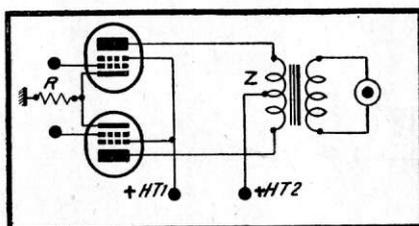


Fig. 29. Etage de puissance, push-pull classe AB.

	HT1	HT 2	R	Z
E L 2	300	300	600	10.000
6 V 6	300	300	250	8.000
E L 6	275	275	120	6.500
6 L 6	300	400	200	6.500
4654	275	375	175	6.500

fonctionnement, ce qui, *entre autres inconvénients*, produit une compression des contrastes. On a donc intérêt à adopter un système de polarisation directe des grilles, comme il est indiqué par exemple fig. 30 ;

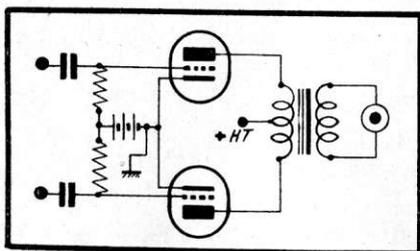


Fig. 30. Etage de puissance à polarisation fixe (par piles).

nous donnerons dans un des paragraphes suivants, les schémas de divers systèmes de polarisation ne nécessitant pas l'emploi de piles.

Le push-pull classe A B permet d'obtenir d'excellentes auditions, malheureusement il nécessite l'emploi de plusieurs tubes. On a donc cherché

un moyen d'améliorer la fidélité du montage simple en classe A ; c'est ce qui peut être obtenu par l'emploi d'un montage à contre-réaction, ou plus exactement d'un montage à *rétroaction inverse*.

Le principe du montage à contre-réaction consiste à prélever une partie des oscillations anodiques de la dernière lampe et à les reporter à l'entrée de cette même lampe ou d'une lampe précédente.

Le calcul et l'expérience montrent qu'en opérant ainsi on réduit la sensibilité de l'amplificateur, mais *qu'à égalité de puissance modulée, la distorsion par harmoniques est considérablement réduite*.

Le schéma le plus simple d'un montage à contre-réaction est donné par la figure 31.

Si V est l'amplitude des oscillations aux extrémités de la bobine mobile du haut-parleur, et α la valeur du rapport

$\frac{R_1}{R_1 + R_2}$, on voit que les oscil-

lations reportées sur la cathode

de la première lampe ont comme amplitude $\alpha \cdot V$.

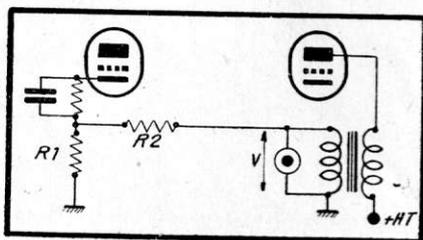


Fig. 31. Schéma de principe d'un dispositif de contre-réaction.

En remplaçant les résistances R_1 et R_2 par des combinaisons de bobines de self-induction, condensateurs et résistances, il est possible d'obtenir un degré de contre-réaction variant avec la fréquence des oscillations transmises. Ce procédé permet donc de modifier la courbe de réponse d'un amplificateur et de l'améliorer lorsque les éléments du circuit antiréactif sont convenablement choisis.

Evidemment on peut prévoir aussi des dispositifs de contre-réaction sur les amplificateurs push-pull ; nous en verrons des exemples dans le troisième chapitre.

§ F) ALIMENTATION

Nous donnons pour mémoire, figure 32, le dispositif le plus simple d'alimentation à partir du secteur alternatif.

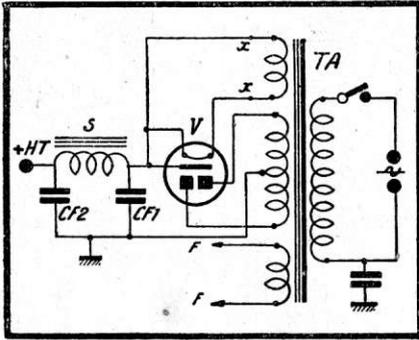


Fig. 32. Schéma classique du bloc d'alimentation.

Le transformateur T_a est le transformateur d'alimentation, la valve V fournit le courant redressé lequel est filtré par l'ensemble : bobine de self-induction S et condensateurs CF_1 et CF_2 .

Le schéma de la figure 32 convient pour l'alimentation des amplificateurs de petite puissance et à la rigueur pour les amplificateurs de moyenne puissance, fonctionnant en classe A, ou classe $AB1$ (c'est-à-dire sans courant grille).

On n'oubliera pas que dans les valves du type $5Y3GB$, $5Z4$, $5V4G$, 1883 , la cathode est reliée intérieurement à une extrémité du filament.

Lorsque l'amplificateur fonctionne en classe $AB2$, le courant anodique moyen varie pendant le fonctionnement. Comme la chute de tension à travers la valve et la cellule de filtrage dépend de l'intensité du courant, on conçoit qu'en utilisant le système d'alimentation ordinaire, l'augmentation de courant provoque un abaissement de la tension d'alimentation du récepteur.

Cette baisse de tension risquant d'avoir des répercussions fâcheuses sur le fonctionnement de l'amplificateur (production de *motorboating* par exemple), on adopte généralement un dispositif d'alimentation légèrement différent, et conforme au schéma de la figure 33 :

1° Le transformateur d'alimentation T_a doit être spécialement calculé afin que les résistances ohmiques des enroulements primaire et secondaire haute tension, soient aussi faibles que possible.

2° La valve employée est une valve à vapeur de mercure (du type 83 par exemple) qui possède la propriété de provoquer une chute de tension indépendante du courant qui la traverse.

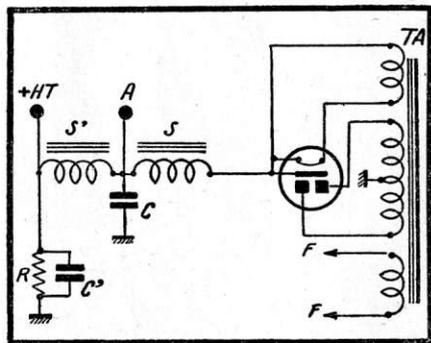


Fig. 33. Filtrage avec bobine en tête de cellule.

3° En tête de la cellule de filtrage, on dispose, non pas un condensateur électrolytique, mais une bobine de self-induction S , ayant une faible résistance en continu.

Dans ces conditions on démontre qu'on obtient au point A une tension approximativement constante, même lorsque l'intensité d'alimentation varie dans d'assez grandes proportions.

Il est d'ailleurs souvent possible, toujours en utilisant le même dispositif, de remplacer la valve à vapeur de mercure par une valve à vide à faible résistance intérieure (par exemple la 83 V ou la 5 V4 G). La régulation ainsi obtenue est un peu moins parfaite, mais ce dispositif est moins susceptible de produire des parasites.

D'une façon générale d'ailleurs, on peut améliorer la régulation en disposant en parallèle, sur la sortie du filtre, une résistance « bleeder » R de 10.000 à 30.000 ohms, (voir figure 33).

La tension disponible en A n'est que sommairement filtrée : on peut cependant l'appliquer, dans bien des cas, aux anodes des deux lampes finales montées en push-pull, mais il est bon de prévoir une deuxième cellule de filtrage S' , C' , pour l'alimentation des écrans et des autres lampes de l'amplificateur.

Avec un filtrage avec bobine en tête de cellule, on obtient une tension d'alimentation sensiblement inférieure à celle qui serait obtenue si la bobine S était supprimée ; cela provient de ce que le condensateur C se charge à la « tension moyenne » au lieu de se charger à la « tension de pointe ».

Pour avoir donc la même valeur en H.T., il faudra, dans le cas de la figure 33, utiliser un transformateur donnant au secondaire une tension sensiblement plus élevée que le transformateur T_a , de la figure 32.

§ G) POLARISATION

Il convient de dire quelques mots maintenant des différents systèmes de polarisation ; nous distinguerons :

- a) la polarisation automatique
- b) la polarisation fixe (par piles)
- c) la polarisation semi-automatique
- d) la polarisation pseudo-fixe
- e) la polarisation fixe par redressement.

Nous ne nous étendrons pas sur les systèmes de *polarisation automatique*, ou *fixe par piles*, dont les figures 29 et 30 donnent les schémas classiques.

La figure 34 reproduit un système de polarisation semi-automatique qu'on peut utiliser avec les amplificateurs fonctionnant en classe A ou AB 1.

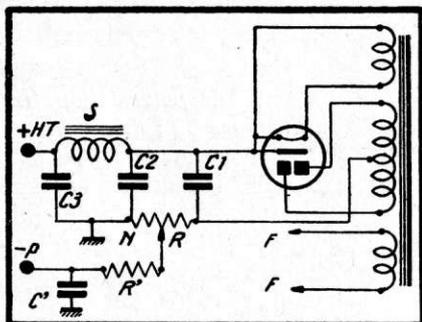


Fig. 34. Dispositif de polarisation semi-automatique.

Le type de polarisation est appelé « polarisation semi-automatique » lorsque le courant qui traverse la résistance R est formée en partie, et en partie seulement, du courant anodique des lampes dont la polarisation est commandée par la tension $-p$.

La figure 35 donne un schéma de polarisation pseudo-fixe ; on utilise dans ce cas, une double diode du type 6H 6, ou EB 4, sur les cathodes de laquelle on applique, par l'intermédiaire d'un pont de résistances, une partie de la tension disponible aux extrémités du secondaire HT.

Les deux anodes de la double diode sont réunies entre elles ; la cellule de filtrage est constituée par une résistance de 200.000 ohms et un condensateur de 0,5 μ F. En disposant entre le point N_1 et la masse, les deux résistances de 200.000 ohms et de 50.000 ohms, on obtient en N_1 et N_2 des tensions de l'ordre de -20 volts, et -4 volts, si la tension efficace appliquée aux cathodes est de 35 volts.

Le filament de la double diode devra être chauffé par l'intermédiaire de l'enroulement de chauffage des lampes de l'amplificateur, et non pas de l'enroulement de chauffage de la valve.

Ce mode de polarisation est qualifié de pseudo-fixe, et non pas de fixe, car, lorsque l'intensité d'alimentation varie, la tension aux bornes du secondaire HT du transformateur, ne reste pas absolument constante, et il

Une résistance à collier R est insérée dans le $-HT$ du secondaire haute tension. On obtient donc au point N une tension négative (non filtrée). L'ensemble R', C' fournit une tension négative filtrée : $-p$, pouvant être utilisée pour la polarisation directe des grilles des lampes de puissance. Le collier de la résistance R permet d'ajuster la tension $-p$ à la valeur désirée.

Ce type de polarisation est appelé « polarisation semi-automatique » lorsque le courant qui

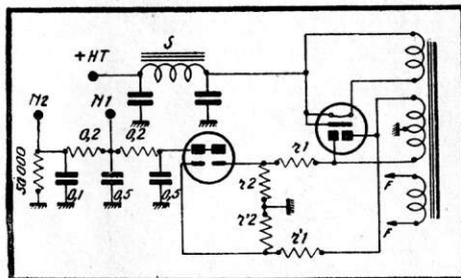


Fig. 35. Polarisation par duo-diode séparée.

s'ensuit de légères variations dans la valeur de la tension de polarisation.

Lorsque l'étage final fonctionne en classe *AB 2*, le dispositif précédent ne peut être employé ; d'une part, en effet, il est bon de rendre tout à fait indépendant la polarisation de l'alimentation, d'autre part le courant grille qui circulerait à travers les résistances de 200.000 ohms et de 50.000 ohms aurait pour effet de provoquer une distorsion par surpolarisation.

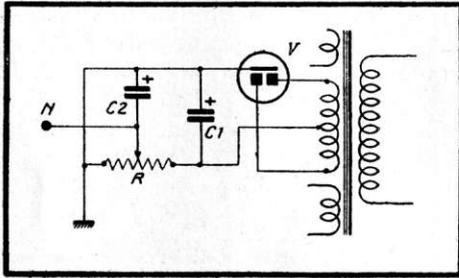


Fig. 36. Polarisation fixe par redressement.

On emploiera alors le dispositif de *polarisation fixe* de la figure 36 ; une valve *V* a ses deux anodes attaquées par un secondaire spécial (2×100 volts), et dans le retour — *HT* de ce secondaire est montée une résistance à collier *R* de 5.000 ohms (4 watts). On amène le collier à la position voulue pour obtenir en *N* la tension négative désirée. Le filtrage est obtenu par l'emploi d'un condensateur

électrolytique *C1* de $16 \mu F$ (200 volts) et d'un condensateur *C2* de $50 \mu F$ (50 volts, type polarisation). On remarquera que ces deux condensateurs ont leur pôle positif relié à la masse.

Comme valve on pourra employer les types *EZ 2* ou *6X 5* et les chauffer au moyen de l'enroulement de chauffage des lampes de l'amplificateur. On pourra aussi utiliser des valves du type *5Y 3* ou *1883*, à condition de prévoir un enroulement de chauffage spécial pour l'alimentation de leurs filaments.

§ H) LIGNES — TRANSFORMATEURS DE LIGNE

Supposons que dans notre installation sonore le préamplificateur soit séparé de l'amplificateur par une assez grande distance. Soit L_1 la dernière lampe du préamplificateur et L_2 la première lampe de l'amplificateur. Croit-on qu'il sera possible de réunir L_1 à L_2 au moyen d'une connexion simple telle que celle représentée sur la figure 37. Non, bien sûr, et voici pour quelles raisons :

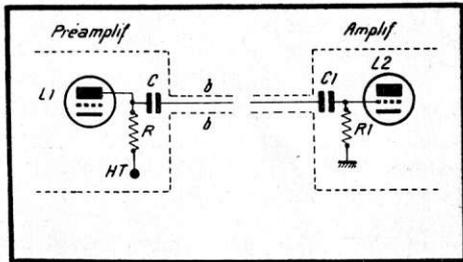


Fig. 37. Liaison simple : préamplificateur-amplificateur.

1° Si la connexion n'est pas blindée elle recueillera divers parasites, qui amplifiés, altéreront profondément la reproduction sonore.

2° Si la connexion est blindée et le blindage réuni soigneusement à la masse, tout se passera comme si entre la ligne et la masse était placée une certaine capacité.

Comme la résistance R est de l'ordre d'une centaine de mille ohms, un petit calcul montre facilement que l'amplification des fréquences élevées sera réduite sensiblement par la présence d'une capacité parasite, et que la fidélité de reproduction sera ainsi altérée.

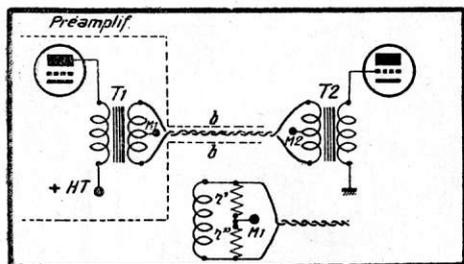


Fig. 38. Liaison par transformateurs de ligne.

Le transformateur T_1 possède un primaire à haute impédance (10.000 ohms par exemple) qu'on monte dans le circuit anodique d'une lampe à faible résistance interne, du type *6J 5* ou *EF 6 triode*, et un secondaire à impédance de ligne (200 à 500 ohms) auquel est connecté la ligne bifilaire de liaison.

Le transformateur T_2 joue un rôle symétrique du transformateur T_1 ; son primaire dont l'impédance est de 200 à 500 ohms est adapté à la ligne, tandis que son secondaire est à haute impédance (50.000 à 120.000 ohms) et est placé dans l'intervalle grille-cathode d'une lampe amplificatrice de tension.

Théoriquement il est préférable de réunir à la masse les milieux M_1 et M_2 des enroulements de ligne des deux transformateurs, mais bien souvent cela n'est pas indispensable ; dans chaque cas particulier, on cherchera, au moyen d'un essai pratique, ce qu'il vaut le mieux faire.

Rappelons que lorsqu'un enroulement ne comporte pas de prise médiane, son milieu électrique peut être donné par le point commun de deux résistances égales montées en série entre les extrémités de cet enroulement.

Les résistances employées r' et r'' devront évidemment avoir une valeur sensiblement supérieure à la valeur de l'impédance de ligne.

Nous étudierons au cinquième chapitre « Pratique des installations » comment doit s'effectuer la liaison microphone-amplificateur et amplificateur-haut-parleur.

On évite ces inconvénients en remplaçant la liaison directe par une liaison au moyen de deux transformateurs de lignes : T_1 et T_2 (figure 38).

Le transformateur T_1 possède un primaire à haute impédance (10.000 ohms par exemple) qu'on monte dans le circuit anodique d'une lampe à faible résistance interne, du type *6J 5* ou *EF 6*

§ 1) LES DISPOSITIFS ACCESSOIRES

Expansion sonore. — Tandis que l'écart entre les pianissimi et les fortissimi donnés par un orchestre peut atteindre 65 décibels, cet écart est toujours réduit lors de la reproduction de la même musique par pick-up ou par film cinématographique.

Cette compression est réalisée afin que l'inévitable bruit de fond qui accompagne toute retransmission ne soit pas trop gênant. Supposons, en effet, que l'intensité du bruit de fond soit inférieure de 50 décibels à l'intensité maxima que peut donner le disque ou la bande ; si l'on ne réalisait pas de compression, l'intensité des pianissimi (qui peut être inférieure de 65 décibels à l'intensité des fortissimi) serait inférieure à l'intensité du bruit de fond. La compression sonore, en augmentant l'intensité relative des pianissimi les rend donc pratiquement audibles.

Mais cette compression *enlève du relief* à la musique enregistrée ; il est donc tout à fait naturel de chercher à rétablir au moment de la reproduction l'intervalle réel entre les pianissimi et les fortissimi ; c'est ce qu'on peut réaliser au moyen de l'expansion sonore.

Un dispositif expanseur de contraste est équipé généralement d'un tube à vide dont on peut faire varier l'amplification en agissant sur la polarisation d'une grille :

grille de commande dans le cas de l'EF 9.

troisième grille dans le cas de l'EH 2 ou de la 6L 7.

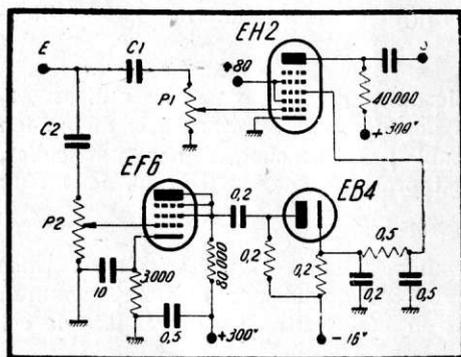


Fig. 39. Dispositif d'expansion sonore.

l'intermédiaire de deux résistances.

Les oscillations d'audiofréquence amplifiées par la triode EF 6 sont détectées par un élément diode de l'EB 4. Le courant détecté a pour effet d'élever le potentiel de la cathode de la diode, et cette élévation sera évidemment maxima au moment des *forte*.

La figure 39 donne un schéma d'expanseur de contraste équipé d'une EH 2, d'une EF 6 triode et d'une EB 4.

La tension d'entrée E est appliquée simultanément, par l'intermédiaire de deux potentiomètres, à la grille de commande de l'EH 2 et à la grille de commande de l'EF 6 triode.

La troisième grille de l'EH 2 est portée à une tension initiale de — 16 volts par

Il s'ensuit une élévation correspondante de la tension de la troisième grille de l'*EH 2* ce qui se traduit par une augmentation de la pente de cette lampe et un accroissement de l'amplification. On obtient donc au point *S* des oscillations amplifiées plus contrastées que celles appliquées en *E*.

Le potentiomètre P_1 permet de régler le niveau général de l'audition et le potentiomètre P_2 le degré de contraste.

La caractéristique de l'expansion de contraste ainsi obtenue est d'être automatique ; malheureusement la compression à l'enregistrement est loin d'être automatique, puisqu'elle est confiée à un opérateur qui n'agit que « de temps en temps » sur la commande de puissance.

En toute rigueur, rien ne prouve donc que la compression et l'expansion ainsi réalisées soient deux phénomènes complémentaires, et que les rapports réels entre les diverses nuances soient rétablies ; il est cependant incontestable que le relief de la musique étant augmenté, l'écoute est plus agréable.

C.A.V. sonore.— Si l'expansion sonore se justifie pour la reproduction musicale, il n'en est plus de même lors de la retransmission d'un discours. Dans ce cas, en effet, l'essentiel est de comprendre clairement les paroles de l'orateur.

Or, il est souvent désirable d'entendre avec une intensité à peu près uniforme la voix du conférencier, même lorsque celui-ci s'éloigne ou se rapproche du microphone.

Pour obtenir ce résultat, il suffit de réaliser un étage amplificateur qui soit soumis à un effet de « C.A.V. sonore », effet qui, comme son nom l'indique, est basé sur le même principe que l'antifading des récepteurs.

On peut réaliser un schéma de C.A.V. sonore présentant de grandes analogies avec l'expandeur de contrastes que nous venons de décrire. On passera de celui-ci à celui-là :

- 1° en inversant cathode et anode de la diode
- 2° en faisant le retour des deux résistances de 0,2 MO non pas à — 16 volts, mais à — 3 volts.

Ces modifications sont si simples à effectuer qu'il est inutile de faire une nouvelle figure.

En faisant un raisonnement analogue à celui indiqué précédemment, on verra qu'au moment des éclats de voix du conférencier, la tension de la troisième grille de l'*EH 2* s'abaissera, ce qui aura pour effet de diminuer l'amplification donnée par cette lampe.

L'emploi d'un étage de C.A.V. sonore peut être utile dans d'assez nombreux cas et son principe doit être bien connu de tous nos lecteurs.

A noter qu'on peut simplement à l'aide d'un inverseur tripolaire passer d'un montage « expandeur » à un montage « C.A.V. » et inversement.

Compensation automatique du bruit.— Lorsqu'on calcule la puissance modulée que doit fournir une installation sonore, on évalue, à l'avance,

plus ou moins exactement, l'intensité du bruit provoqué par les chuchotements, les rires, les conversations du public, etc...

Il peut arriver évidemment qu'à certains moments le bruit causé par le public augmente dans de grandes proportions, et se mette à gêner l'audition.

On peut éviter cet inconvénient en réglant automatiquement la puissance sonore transmise par les haut-parleurs, au moyen de l'intensité du bruit lui-même. Pour réaliser un tel dispositif, il suffit de placer un microphone dans la salle d'écoute, d'en amplifier les oscillations, puis de les détecter, et enfin d'appliquer la composante continue ainsi détectée sur la troisième grille d'une heptode modulatrice (type EH 2 ou 6L 7).

Cependant si l'on opère aussi sommairement qu'il vient d'être indiqué, la tension de polarisation de la troisième grille dépend non seulement de l'intensité du bruit, mais encore de la puissance fournie par le haut-parleur.

Pour éliminer l'influence du haut-parleur, il est nécessaire d'utiliser un *système différentiel*, c'est-à-dire de retrancher de l'intensité totale recueillie par le microphone, le son produit par le haut-parleur.

La figure 40 montre le schéma de principe à employer.

La tension de — 16 volts est la tension initiale appliquée à la troisième grille de l'EH 2, en l'absence de bruit. Du fait de la disposition adoptée pour les diodes, il est

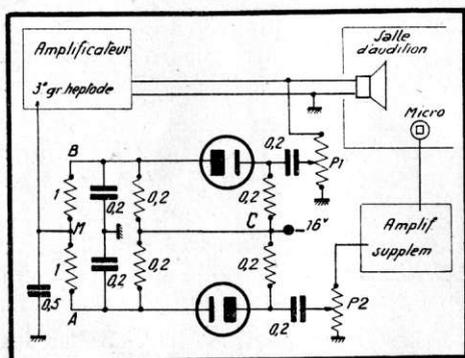


Fig. 40. Dispositif destiné à assurer une compensation automatique du bruit.

facile de voir que la tension de A (par rapport à C) est positive, et que la tension de B est négative. On réglera les potentiomètres P_1 et P_2 de façon qu'en l'absence de bruit dans la salle la tension en M soit légèrement négative par rapport à C, et cela quelque soit la puissance débitée par le haut-parleur.

Lorsqu'un bruit se produira, l'amplitude des oscillations fournies par le microphone augmentera, le potentiel du point A s'élèvera, il en sera de même du potentiel du point M, et il s'ensuivra un accroissement du gain de l'amplificateur et de la puissance fournie par le haut-parleur, d'où une *compensation automatique du bruit*.

Notons enfin qu'en inversant cathode et anode de chaque diode, et en prenant comme tension initiale de la troisième grille de l'heptode — 3 volts au lieu de — 16 volts, on peut obtenir un effet inverse. Dans ce cas, le haut-parleur marchera en sourdine, lorsque la conversation sera bruyante, et l'audition sera normale lorsque le silence s'établira ! Les tubes à vide sont vraiment d'une souplesse inimaginable !

Description d'Amplificateurs

§ A) PRÉAMPLIFICATEURS

Préamplificateur pour courant alternatif. — Le premier préamplificateur que nous allons décrire est celui de la figure 41 ; il est équipé de deux penthodes *EF 6*, la première étant montée comme il est expliqué à propos de la figure 19, la seconde étant utilisée en *triode*.

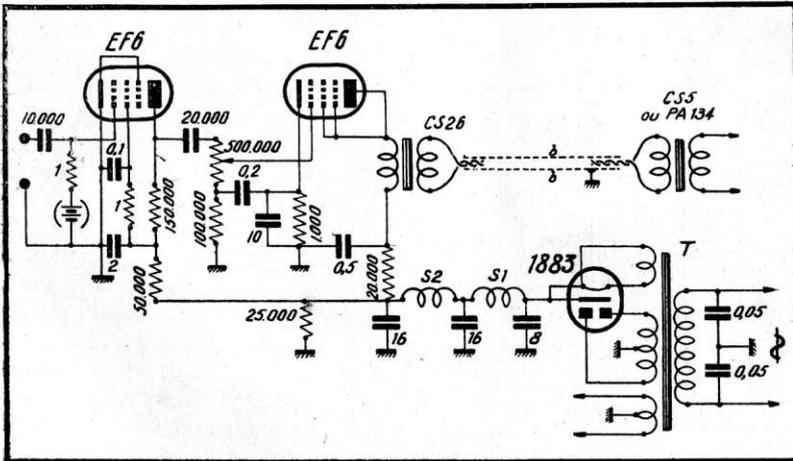


Fig. 41. Préamplificateur fonctionnant sur alternatif.

Le schéma ne présente rien de bien particulier ; on notera cependant l'abondance de *déccouplages*, qui ne sont d'ailleurs pas inutiles si l'on désire avoir un fonctionnement *exempt de ronflement*.

Ce préamplificateur convient particulièrement bien pour un microphone à ruban, ou un microphone piézo-cristal ; si ce dernier est employé, il y aura intérêt à porter à 2 ou 3 MO la valeur de la résistance de fuite d'entrée.

La polarisation de la première EF 6 est obtenue d'une façon fixe au moyen de deux éléments de pile donnant chacun 1,5 volt.

Dans le circuit anodique de la deuxième EF 6, est placé un transformateur de ligne, pouvant être par exemple le CS 26 d'U.T.C. (voir paragraphe H du chapitre II).

Une ligne bifilaire blindée réunit ce transformateur au transformateur d'entrée : ligne sur grille de l'amplificateur principal ; le transformateur d'entrée sera un CS 5 ou mieux un PA.134.

L'utilisation de transformateurs de ligne permet de placer le préamplificateur aussi loin qu'on le désire de l'amplificateur principal.

Dans la partie alimentation nous trouvons un transformateur, (dont le secondaire doit donner 20 mA sous 2×250 volts), une valve 1883, trois condensateurs électrolytiques, et deux bobines S_1 et S_2 ayant un coefficient de self-induction d'une trentaine d'henrys et une résistance en continu de 1.000 ohms environ.

Le préamplificateur sera placé dans un coffret *complètement blindé*, et le blindage qui devra être suffisamment épais, sera réuni à la masse.

La partie alimentation sera bien séparée de la partie amplification ; au besoin on utilisera un écran électrostatique de protection.

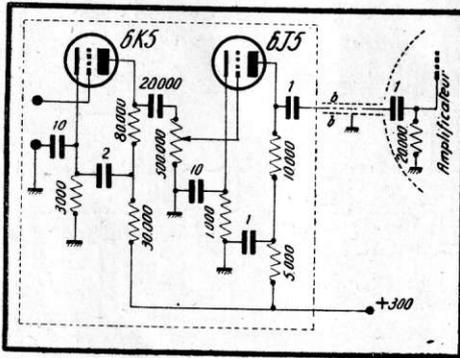


Fig. 42. Préamplificateur M. G.

Préamplificateur M. G. —

La figure 42 reproduit le schéma d'un préamplificateur équipé d'une 6K 5 MG et d'une 6J 5 MG. Le montage de ce préamplificateur ne comporte pas de transformateur de ligne ; il sera donc bon de placer cet appareil à moins de 15 mètres de l'amplificateur ; d'autre part la jonction devra se faire par l'intermédiaire d'un câble blindé à faible capacité dont le blindage sera soigneusement mis à la masse.

Le courant d'alimentation pourra être prélevé sur l'amplificateur principal, ou obtenu à partir d'un petit bloc redresseur équipé par exemple d'une 5 W 4 et suivi d'un filtre à deux cellules.

On remarquera les faibles valeurs 10.000 et 20.000 ohms données aux résistances de charge de la 6J 5 et d'entrée de l'amplificateur, ainsi que

la forte valeur donnée aux capacités de liaison correspondantes, ceci dans le but d'atténuer les effets de capacité du câble.

Préamplificateur tous-courants. — Il est souvent utile d'avoir un préamplificateur pouvant fonctionner aussi bien sur le courant continu que sur le courant alternatif.

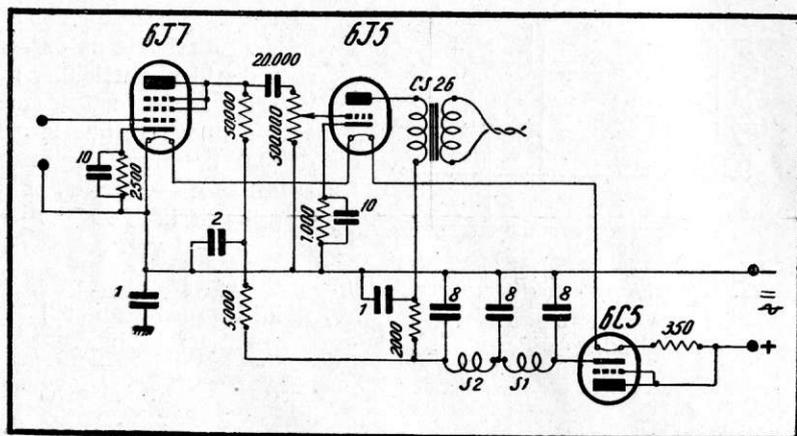


Fig. 43. Préamplificateur fonctionnant sur tous courants.

La figure 43 reproduit le schéma d'un préamplificateur *tous-courants* équipé d'une penthode *6J 7* montée en triode, d'une triode *6J 5*, et enfin d'une *6C 5* montée en valve.

L'alimentation des filaments des trois lampes, se fait en série ; on respectera la disposition indiquée ; en série avec les filaments se trouve une résistance de 350 ohms qui doit pouvoir dissiper de 30 à 35 watts.

Le filtrage est réalisé au moyen de trois condensateurs de 8 μ F et deux bobines S_1 et S_2 ; les bobines *CS 37* d'U.T.C. conviennent très bien pour cet usage.

Ne pas oublier que, puisqu'il s'agit d'un tous-courants, il faut isoler la connexion « — HT » de la borne « Terre » et les réunir par l'intermédiaire d'un condensateur de 1 microfarad.

Dans le circuit anodique de la *6J 5* est disposé le transformateur de ligne ; si le préamplificateur doit être placé assez près de l'amplificateur principal on pourra adopter la disposition de la figure 42, c'est-à-dire utiliser simplement une résistance de 10.000 ohms comme charge de la *6J 5*.

Ce préamplificateur, comme les précédents, devra être placé à l'intérieur d'un coffret entièrement blindé.

Préamplificateur sur batteries. — Dans bien des cas, un préamplificateur fonctionnant sur batteries peut rendre de grands services ; un tel appareil a l'avantage d'être facilement transportable ; de plus sa consommation est insignifiante.

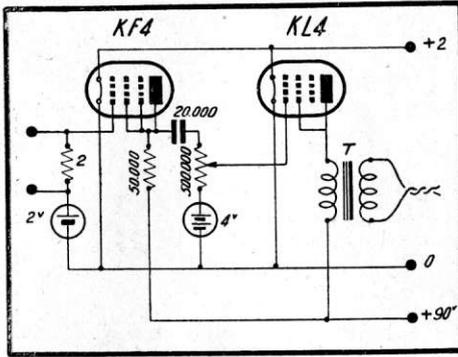


Fig. 44. Préamplificateur fonctionnant sur batterie.

La figure 44 reproduit le schéma d'un préamplificateur équipé avec les lampes européennes *KF 4* et *KL 4* de la série « 2 volts ». Les deux pentodes ont été montées en triode. Le schéma ne présente rien de bien particulier ; on notera que la haute tension est de 90 volts ; que la grille de la première lampe est polarisée à $- 2$ volts, et que la grille de la *KL 4* est polarisée à $- 4$ volts.

Mêmes remarques que précédemment au sujet de l'emploi d'un blindage efficace, et d'un transformateur de ligne.

§ B) AMPLIFICATEURS

Nous allons maintenant donner les schémas de plusieurs amplificateurs ne comportant pas d'étage préamplificateur ; ils pourront donc être employés directement après un pick-up ou un microphone à charbon. Dans le cas d'utilisation d'un microphone piézo-cristal, dynamique, ou à ruban, ils devront être précédés d'un des préamplificateurs qui viennent d'être décrits.

“LeBabyphone”. — La figure 45 représente le schéma d'un amplificateur très moderne et n'utilisant cependant que trois tubes : une *6K 5 M* ou *MG* comme amplificatrice de tension, une *6J 5 M* ou *MG* comme déphaseuse « cathodyne » et une *ELL 1* ; ce dernier tube, qui est formé de deux éléments pentodes, convient particulièrement bien pour équiper l'étage final.

L'étage de tension et l'étage cathodyne sont montés conformément aux indications données au chapitre précédent.

La double penthode *ELL 1* fonctionne évidemment en push-pull classe *AB* ; la polarisation qui doit être de 20 à 22 volts, est obtenue d'une façon automatique par l'emploi d'une résistance cathodique de 600 ohms (2 watts).

L'impédance de plaque à plaque du transformateur de sortie doit être de 14.000 à 15.000 ohms. Il est utile de prévoir un condensateur de shunt de 3.000 à 5.000 $\mu\mu\text{F}$.

On remarquera que dans le circuit commun des deux cathodes sont insérées une résistance de polarisation de 100 ohms, et une résistance de charge de 1.000 ohms. Le signal est appliqué à la grille de la première EL3 par l'intermédiaire d'un condensateur de 50.000 $\mu\mu\text{F}$ et d'une résistance de 200.000 ohms ; les deux grilles sont découplées du circuit des cathodes par une résistance de 200.000 ohms, et un condensateur de 0,5 μF , et le potentiel moyen de la grille de la deuxième EL 3 est fixe par rapport à la masse.

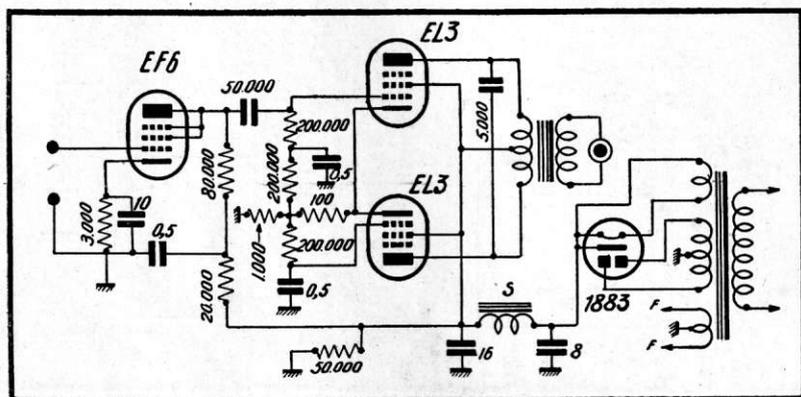


Fig. 46. « L'Autodéphaseur ».

Dans ces conditions si U est la composante alternative appliquée à la première grille, et u_1 et u_2 les différences de potentiel entre grilles de chacune des lampes et la cathode, le calcul montre que l'on obtient :

$$u_1 - u_2 = U$$

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{1 + RS}{RS}$$

R représentant la valeur totale des résistances insérées dans le circuit commun des cathodes, et S la pente du courant cathodique de chaque lampe. En prenant $R = 1.100$ ohms, on obtient $RS = 8,8$ si $S = 8$ mA/V d'où :

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{9,8}{8,8}$$

On voit qu'il existe une dissymétrie entre les deux tensions ; le *push-pull* fonctionnera cependant dans de bonnes conditions car cette dissymétrie n'est que légère ; d'ailleurs un équilibrage exact du push-pull ne sera jamais réalisé puisque c'est à ce déséquilibre même qu'on demande la tension de commande de la deuxième lampe.

Une expérience intéressante et qui peut sembler curieuse, consiste à enlever, pendant le fonctionnement de l'amplificateur, la deuxième *EL 3* ; on constate alors une très forte baisse de l'intensité sonore ; cela s'explique d'ailleurs facilement ; à ce moment-là, en effet, l'ensemble des résistances cathodiques produit un énergique effet de contre réaction vis à vis de la première lampe.

On veillera bien à ce que la haute tension soit effectivement de 300 volts, pour que, entre cathode et anode de *EL 3*, on ait environ 250 volts ; l'impédance de plaque à plaque sera prise égale à 10.000 ohms.

Le secondaire haute tension du transformateur d'alimentation doit pouvoir donner :

75 mA sous 2×375 volts.

La bobine de filtrage *S* sera constituée par un bobinage d'excitation présentant une résistance de 1.800 ohms pour le courant continu.

“Le Bilampe C.R.” — La figure 47 donne le schéma d'un amplificateur équipé des deux penthodes *EF 6* et *EL 6*, d'une valve *1883*, et muni d'un dispositif de contre-réaction.

La tension de contre réaction est prise aux extrémités de la bobine mobile du haut-parleur et reportée sur le cathode de la lampe *EF 6*, au moyen de deux résistances principales de 100 ohms et de 20 ohms.

En série avec la résistance de 100 ohms est placé l'ensemble P_2, C_2 ; le condensateur C_2 a pour effet de diminuer le degré de contre réaction pour les fréquences basses, c'est-à-dire de faciliter la transmission de ces fréquences à travers l'amplificateur. La manœuvre du potentiomètre P_1 permet donc de doser l'amplitude relative des notes graves.

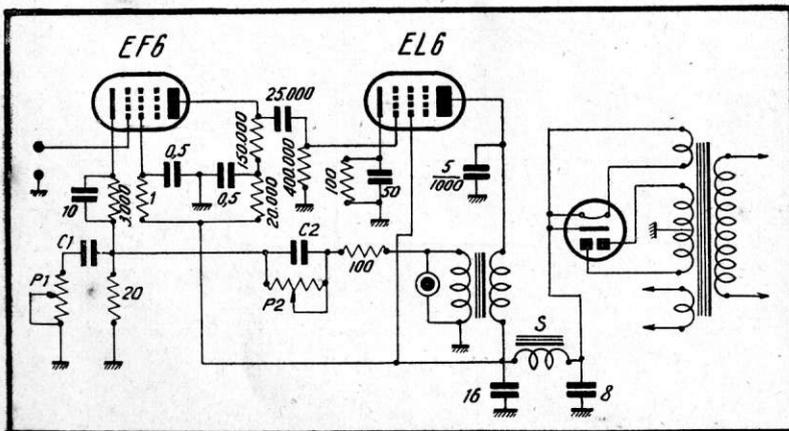


Fig. 47. « Le Bilampe C.R. ».

En parallèle sur la résistance de 20 ohms est placé l'ensemble P_1, C_1 ; le condensateur C_1 a pour effet de diminuer le degré de contre réaction pour les fréquences élevées, c'est-à-dire de faciliter la transmission de ces fréquences à travers l'amplificateur. La manœuvre du potentiomètre P_1 permet donc de doser l'amplitude relative des notes aigues.

On prendra :

- $C_1 = 20 \mu\text{F}$
- $C_2 = 1 \text{ à } 2 \mu\text{F}$
- $P_1 = 50 \text{ ohms}$
- $P_2 = 1.000 \text{ ohms.}$

L'impédance primaire du haut-parleur devra être de 3.500 ohms. On emploiera de préférence un haut-parleur à aimant permanent.

Dans ces conditions, S sera une bobine possédant une self-induction d'une trentaine d'henrys et ayant une résistance en continu de 250 ohms.

Les caractéristiques de transformateur d'alimentation seront, au secondaire :

- $2 \times 280 \text{ volts : } 80 \text{ mA}$
- $3,15 + 3,15 \text{ volts : } 2 \text{ A}$
- $5 \text{ volts : } 2 \text{ A.}$

Le Bilampe $C. R$ peut donner environ 6 à 7 watts modulés (cas d'oscillations sinusoïdales) dans d'excellentes conditions.

“Le push-pull 6V 6”. — Cet amplificateur, décrit figure 48, comporte une valve et trois lampes de la série américaine: une 6N 7M ou MG, deux 6V 6 G.

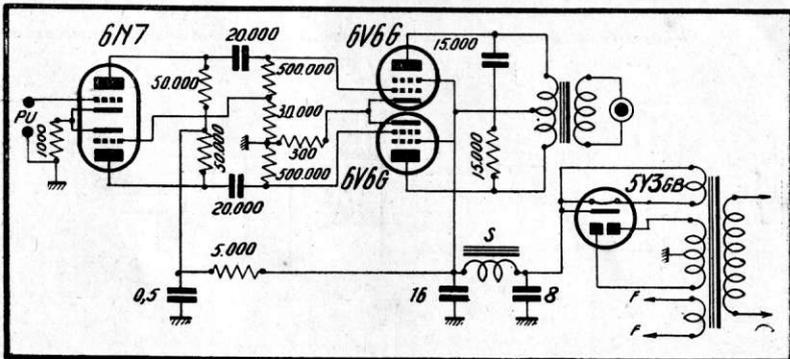


Fig. 48. « Le push-pull 6V 6 ».

La 6 N 7 est une double triode pouvant être utilisée comme amplifi-
catrice de tension en classe A, ou comme lampe de puissance en classe B.

Ici la *6N 7* est utilisée en classe *A* ; elle peut être remplacée d'ailleurs par une lampe du type *6C 8*.

Un élément triode de la *6N 7* est monté en amplificateur de tension normal et le second en déphaseur. A cet effet la résistance de fuite de la première *6V 6* est fractionnée en deux éléments et une partie (le 1/18 environ) de la tension disponible est reportée sur la grille du deuxième élément de la *6N 7*. En admettant que le gain pratique fourni par chaque élément est de 18, on voit que les grilles de deux *6V 6* sont bien attaquées par des oscillations d'amplitude égale, et déphasées de 180 degrés.

Les *6V 6 G* sont comme les *6L 6* des lampes à concentration électronique mais elles consomment moins de courant. Convenablement montées en classe *A B* et alimentée sous 300 volts, un push-pull de *6V 6* peut fournir une puissance modulée de 13 watts dans de bonnes conditions.

L'impédance du haut-parleur, rapportée au primaire, doit être de plaque à plaque de 10.000 ohms ; on remarquera l'ensemble correcteur de 15.000 ohms et de 15.000 $\mu\mu\text{F}$, destiné à éviter certaines résonnances aux fréquences élevées. La résistance cathodique d'autopolarisation de 300 ohms sera du type : 2 watts.

On pourra employer un haut-parleur à aimant permanent ; dans ces conditions *S* sera une bobine possédant une self-induction d'une trentaine d'henrys, et une résistance en continu de 250 ohms. Quant aux caractéristiques du secondaire du transformateur d'alimentation, elles seront les suivantes :

	2 × 320 volts : 100 mA
	3,15 + 3,15 volts : 3 A
	5 volts : 2 A.

“**Le Push-pull 6 B 5**”. — Les doubles triodes *6B 5* à couplage interne ont joui et jouissent toujours, d'une grande vogue, car elles permettent de réaliser des amplificateurs sensibles et fidèles et cela sans aucun artifice de contre réaction.

Les lampes *6B 5* sont munies de l'ancien culot américain, mais on pourra les remplacer par les lampes *6N 6G* à culot octal qui possédant les mêmes caractéristiques.

L'amplificateur « *push-pull 6B 5* » est équipé d'une valve et de quatre lampes :

- une *6K 5* montée en amplificatrice de tension.
- une *6J 5* montée en déphaseuse cathodyne.
- deux double-triodes, à « électrodes flottantes ».

La compréhension du schéma de la figure 49 ne soulève aucune difficulté. La résistance de 140 ohms d'autopolarisation devra pouvoir dissiper 2 watts.

Le haut-parleur sera un type « 15 watts » à aimant permanent, dont l'impédance rapportée au primaire devra être de 10.000 ohms (de plaque à plaque).

La bobine *S* aura un coefficient de self-induction d'une trentaine d'henrys, et une résistance en continu de 300 ohms.

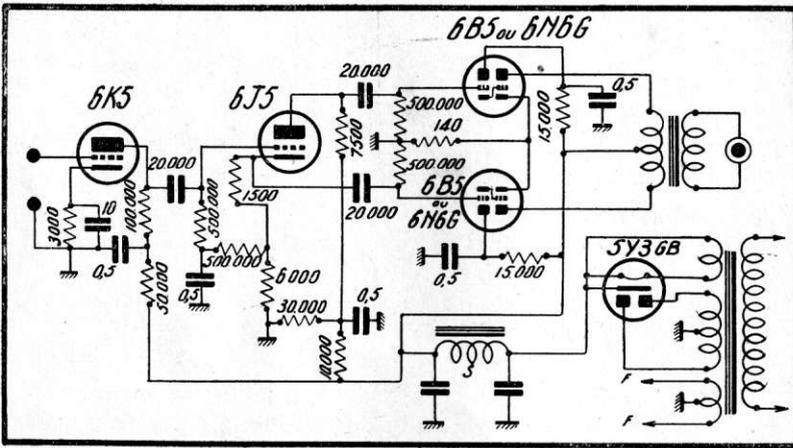


Fig. 49. « Le push-pull 6 B 5 ».

Le secondaire *H T* du transformateur d'alimentation doit pouvoir donner :

110 mA sous 2×400 volts.

Dans ces conditions les anodes des *6B 5* seront alimentées sous 400 volts environ, et l'on pourra obtenir facilement une puissance modulée de 15 à 20 watts.

“Le Push-pull triodes”. — La figure 50 donne le schéma d'un push-pull triodes comprenant :

- une première amplificatrice *6J 5*
- une deuxième amplificatrice et déphaseuse *6F 8*.
- deux triodes de puissance *6A 5* montées en P. P.
- une valve du type *5 Y 3 GB*.

On remarquera la présence avant l'étage de puissance, de deux étages amplificateurs de tension ; ceci est rendu nécessaire du fait de la faible sensibilité des triodes *6A 5*.

La réalisation du premier étage amplificateur est classique ; on montera de préférence le potentiomètre de commande de puissance après ce premier étage.

“Le Cathodyne Push-pull”. — Le montage de la figure 51 peut facilement donner, dans le cas d'oscillations sinusoïdales, une vingtaine de watts modulés, si l'alimentation haute tension est établie conformément aux indications que seront données plus loin.

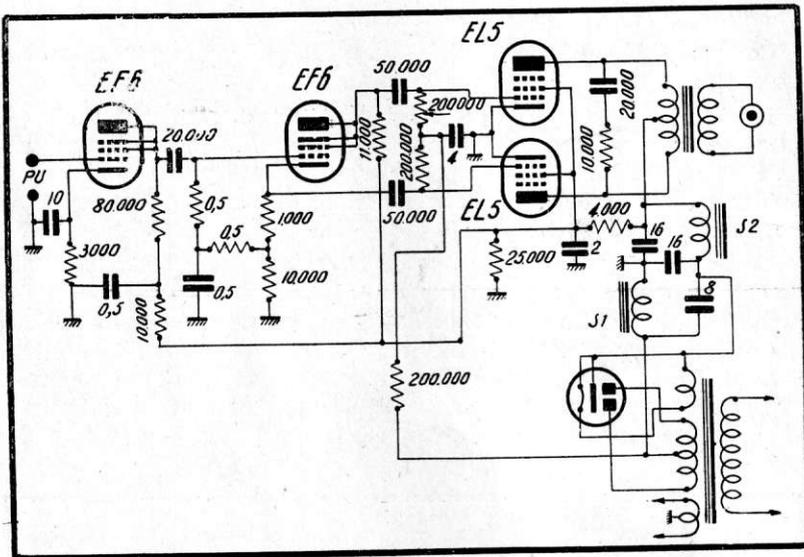


Fig. 51. « Le Cathodyne push-pull ».

L'amplificateur « Cathodyne Push-pull » est équipé d'une première EF 6 montée en triode amplificatrice de tension d'une deuxième EF 6 montée en déphaseuse cathodyne et de deux EL 5 montées en push-pull classe AB.

On remarquera que le filtrage est réalisé au moyen de deux cellules et que la polarisation de deux EL 5 est assurée d'une façon semi-automatique.

On choisira un haut-parleur à aimant permanent du type « 20 watts », dont l'impédance rapportée au primaire est de 6.500 ohms, de plaque à plaque. Sur le primaire on disposera l'ensemble correcteur de 10.000 ohms et de 20.000 $\mu\mu\text{F}$.

La bobine S_1 devra voir une self-induction de 5 à 10 henrys, et une résistance en continu de 200 ohms.

La bobine S_2 devra avoir une self-induction d'une trentaine d'henrys et une résistance en continu de 300 ohms.

Les résistances de 4.000 ohms et de 25.000 ohms seront du type 4 watts.

Comme valve on utilisera de préférence une valve à fort débit et à faible résistance intérieure comme la 83 V ou la 5 V 4 G.

Le circuit spécial est monté, comme l'indique la figure, en parallèle sur le primaire ; le potentiomètre *P* de 20.000 ohms permet de doser l'amplitude relative des graves et des aigus.

Le reste du schéma ne présente rien de bien particulier. Le haut-parleur sera à aimant permanent (type 20-30 watts) ; son impédance rapportée au primaire sera de 6.500 ohms.

On remarquera que la polarisation des *6L 6* est obtenue automatiquement au moyen d'une résistance de 200 ohms (4 watts).

Les deux résistances de 25.000 ohms et de 4.000 ohms seront aussi du type 4 watts.

La bobine *S* aura une self-induction d'une trentaine d'henrys, et une résistance en continu de 300 ohms.

La valve sera comme précédemment une *83 V* ou une *5V4 G*.

Enfin le transformateur d'alimentation devra avoir au secondaire les caractéristiques suivantes :

$2 \times 375 \text{ V} : 150 \text{ mA}$
$3,15 + 3,15 \text{ V} : 3 \text{ A}$
$5 \text{ V} : 2 \text{ A}$

Le condensateur de 8 μF sera isolé à 600 volts, et celui de 16 μF à 500 volts.

Le condensateur de 8 μF sera isolé à 600 volts, et celui de 16 μF à 500 volts.

Cet amplificateur attaqué au moyen d'un pick-up de marque sérieuse permet des auditions d'excellente qualité ; le potentiomètre *P* en particulier, qui permet de doser les graves et les aigus, est d'un manœuvre très agréable et permet à l'auditeur de tirer le meilleur parti de l'écoute d'un disque.

Autres amplificateurs. — Se reporter à l'*appendice* situé à la fin de l'ouvrage.

§ C) AMPLIFICATEURS A HAUTE SENSIBILITÉ

Sous le titre « Amplificateurs à haute sensibilité » nous allons décrire cinq montages d'amplificateurs contenant un étage de *préamplification*, et pouvant donc être attaqués directement par des appareils d'entrée peu sensibles (microphone à ruban, microphones piézo-électriques, etc.).

“**Le Mixte U. S. A.**” — L'amplificateur « Mixte U. S. A. » dont le schéma est représenté figure 53 est équipé :

— d'une *6K 5* montée en préamplificatrice, et pouvant être attaquée par un microphone piézo-cristal.

— d'une *6F 8* montée en mélangeuse et amplificatrice et pouvant être attaquée par un pick-up, un microphone à charbon, ou par la sortie d'un préamplificateur.

— d'une *6F 6* montée en triode « driver ».

— de deux *6L 6 G* montées en push-pull classe *AB*.

— d'une valve *83V* ou *5V4 G*.

La résistance de 3.000 ohms sera du type 4 watts, la résistance « bleeder » de 20.000 ohms sera du type 6 watts ; la bobine *S* aura un coefficient de self-induction d'une trentaine d'henrys et une résistance en continu de 300 ohms.

Le transformateur d'alimentation aura un secondaire les caractéristiques suivantes :

	2 × 375 V :	170 mA
	3,15 + 3,15 V :	4 A
	5 V :	2 A

L'impédance du transformateur de sortie rapportée au primaire sera de 5.000 ohms environ.

“**Le Cellule 30**”.— L'amplificateur de 30 w pour cellule photo-électrique comprend une triode *6K 5* montée en préamplificatrice, une *6J 5* montée en amplificatrice de tension, un push-pull conducteur équipé d'un *6F 8*, enfin un push-pull de *6L 6* montées en classe *AB*.

L'extrémité de la résistance de charge de 400.000 ohms de la cellule photo-électrique sera relié à une tension d'environ 80 volts, ce qu'on obtiendra en ajustant en conséquence le collier curseur d'une résistance de 100.000 ohms montée entre + HT et masse.

La liaison entre la préamplificatrice et la *6J 5* s'effectue par un potentiomètre de 500.000 ohms, et c'est par la manœuvre de ce potentiomètre que l'on doit régler la puissance.

L'attaque des deux éléments de la *6F 8* doit s'effectuer par un transformateur T_1 d'excellente qualité, par exemple le *LS 21* d'*UTC*.

La jonction entre l'étage conducteur et l'étage de puissance s'effectue par le transformateur *P A. 233*.

L'alimentation comprend un transformateur *U T C* : le *PA 428* et une valve *83* à vapeur de mercure.

En tête de cellule de filtrage est placé, non pas un condensateur, mais une bobine de self-induction S_1 , de préférence une *PA. 40* ; on obtient ainsi une excellente régulation au moment des pointes de modulation.

Le courant anodique des *6L6* est prélevé à la sortie de la première cellule ; pour l'alimentation des autres électrodes, on a disposé une deuxième cellule équipée d'une bobine *PA. 48. C.* (bobine S_2).

Le transformateur de sortie T_3 sera un *PA. 2L6* ; qui attaquera deux haut-parleurs à aimant permanent de 15 watts chacun.

« **Le Ferrix 50** ». — L'amplificateur *Ferrix* dont la figure 55 reproduit le schéma est équipé de lampes américaines et de transformateurs Ferrix.

La première lampe est une *6J 7* montée en préamplificatrice et pouvant être attaquée par un microphone piézo-cristal ou un microphone à ruban.

La deuxième lampe est une *6J 5* pouvant être attaquée par la sortie de l'étage précédent ou par un pick-up.

Un potentiomètre *P* à prise médiane permet de passer rapidement de la position « micro » à la position *P. U.* ou inversement.

Nous trouvons ensuite une *6J 5* montée en déphaseuse « cathodyne », qui attaque les deux éléments d'une double triode *6F 8*.

La liaison entre l'étage conducteur et l'étage de puissance se fait au moyen d'un transformateur Ferrix 1706. On remarquera que le secondaire de ce transformateur est formé de deux parties distinctes et que les extrémités *a* et *b* doivent être réunies aux extrémités *a* et *b* d'un enroulement spécial situé sur le transformateur de sortie *T₂* ; on obtient ainsi un effet de contre réaction améliorant la qualité de reproduction.

Le transformateur *T₂*, et les bobines *S₁* et *S₂* constituent le bloc Ferrix *AM 1708*.

L'alimentation est assurée par un transformateur d'alimentation Ferrix *AM 1698* ou *1699* et par une valve à vapeur de mercure *83*.

On remarquera que le transformateur d'alimentation *T_a* comprend deux secondaires supplémentaires dont le rôle est uniquement de fournir avec le concours d'une valve *80*, la tension de polarisation fixe pour les grilles des deux *6L 6*.

La polarisation doit être ajusté vers -25 V ; cela sera obtenu en réglant convenablement le collier curseur de la résistance *P'* de 1.500 ohms.

Le condensateur de polarisation de 8 μ F, sera isolé à 100 volts, et le condensateur de 50 μ F, à 40 volts.

L'amplificateur « Ferrix 50 » permet d'obtenir une puissance de pointe (cas d'oscillations sinusoïdales) de 50 watts. Le transformateur de sortie *T₂* présente au secondaire tout un choix d'impédances diverses permettant de lui adapter facilement un ou plusieurs haut-parleurs à aimant permanent, ou à excitation indépendante.

“L'U. T. C. 55”. — L'amplificateur de 55 watts, représenté figure 56, est équipé de transformateurs *U. T. C.* et des lampes suivantes :

- une *6K 5* montée en préamplificatrice.
- une *6F 8* montée en amplificatrice et mélangeuse.
- une deuxième *6F 8* montée en push-pull « driver ».
- deux *6L 6* montées en push-pull classe AB.
- une valve *83*, valve à vapeur de mercure.

La jonction entre la *6F 8* mélangeuse, et la *6F 8* de l'étage conducteur se fait par l'intermédiaire d'un transformateur *Varitone VT 1*, qui comme on l'a vu précédemment (fig. 52), permet de doser l'amplitude relative des graves et des aigües.

Le transformateur *T₂* est un *PA. 333* à deux secondaires. Le transformateur de sortie *T₃* ; un *PA. 4L6* contient trois secondaires ; un premier secondaire doit être réuni aux extrémités *a* et *b* et fournit la tension de contre réaction ; un second secondaire convient pour attaquer une ligne

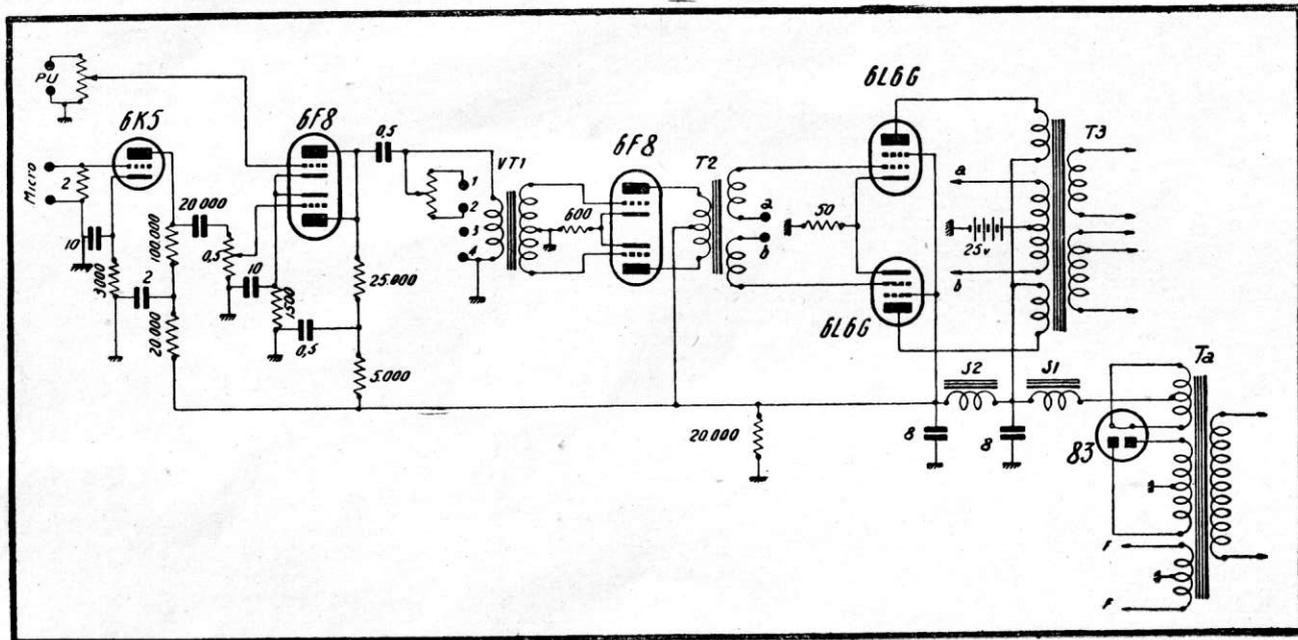


Fig. 56. « L'U.T.C. 55 ».

d'impédance 200 ou 500 ohms, enfin le troisième secondaire est à basse impédance et permet l'adaptation de tout haut-parleur.

La polarisation de l'étage final est assuré tout simplement au moyen d'une batterie de 25 volts.

Le transformateur d'alimentation T_a est un *PA. 428*, la valve, une *83*, la bobine S_1 , une *PA. 40* et la bobine S_2 , une *PA. 48. C.* Ici, comme dans le cas de la figure 54, une bobine de self-induction est placée en tête de la cellule de filtrage.

La résistance de 50 ohms placée dans le circuit cathodique des *6L 6* est destinée à protéger la vie de ces lampes en cas de court circuit de la batterie de polarisation.

L'U. T. C. 55 est un amplificateur simple, puissant et fidèle, capable de plaire aux plus difficiles.

“L'Impérial 100”. — La figure 57 reproduit le schéma d'un amplificateur à 12 tubes pouvant donner une puissance maximum de 100 watts (cas d'oscillations sinusoïdales).

A l'entrée nous trouvons deux pentodes *6J 7* montées en *préamplificatrices* et pouvant être attaqués par un microphone piézo-cristal, par un microphone à ruban etc.

Deux potentiomètres P_1 et P_2 à prise médiane permettent d'appliquer aux deux grilles d'une *6F 8*, soit les tensions alternatives amplifiées par les *6J 7*, soit les tensions fournies par un P. U., microphone à charbon, etc.

La *6F 8* est montée en amplificatrice mélangeuse, elle est suivie d'une *6J 5* montée en déphaseuse cathodyne qui attaque à son tour deux *6F 6* montées en triode « driver ».

La liaison entre l'étage conducteur et l'étage de puissance s'effectue par un transformateur spécial, qui peut être le Ferrix *AM 1711*.

L'étage de puissance comprend quatre *6L 6 G* montées en *push-parallèle*. Le transformateur de sortie pourra être un Ferrix *AM 1713*. Comme dans le montage précédent, un dispositif de contre réaction est utilisé.

L'alimentation est assez simple, et comprend deux valves à vapeur de mercure (*83*.) La bobine S_1 aura une self-induction d'une vingtaine d'henrys, une résistance en continu de 100 ohms et devra être prévue pour un courant de 400 mA.

La bobine S_2 aura une self-induction d'une trentaine d'henrys et une résistance en continu de 200 à 300 ohms.

Sur le schéma de la figure 57, un dispositif de polarisation semi-automatique a été adopté. Cependant si l'on désire pouvoir pousser à fond l'amplificateur, il sera toujours préférable d'utiliser un système de polarisation fixe.

Le transformateur d'alimentation devra avoir au secondaire les caractéristiques suivantes :

	2 × 500 V :	400 mA
	3,15 + 3,15 V :	7 A
	5 V :	6 A

D'une façon générale, pour tirer le meilleur parti de cet amplificateur il faut avoir 400 volts environ aux plaques des 6L 6 et 300 volts aux écrans.

CHAPITRE IV

Acoustique Architecturale

§ A) PUISSANCE RAYONNÉE ET INTENSITÉ SONORE

Formules générales. — La puissance d'un son peut être évalué :

— soit par l'énergie moyenne Pa rayonnée par seconde, c'est-à-dire par la puissance acoustique de la source sonore,

— soit par la surpression acoustique p produite en un certain point de l'espace.

— soit par l'intensité w , ou énergie par seconde, d'un cm^2 de l'onde sonore mobile.

Il existe évidemment des relations entre ces diverses quantités.

Lorsque la surpression acoustique p est exprimée en dynes par cm^2 , c'est-à-dire en baryes, et lorsque l'intensité sonore w est exprimée en watts par cm^2 on a la relation :

$$w = \frac{p^2}{415} 10^{-6} \quad (1)$$

D'autre part, entre l'énergie rayonnée Pa pendant une seconde, l'intensité sonore w , et la surface S en cm^2 de l'onde sonore, on a :

$$Pa = S \cdot w \quad (2)$$

Cette formule n'est évidemment valable qu'à la condition que les différents éléments de l'onde sonore possèdent la même intensité et que le transport de l'énergie sonore s'effectue sans dégradation.

Lorsque la source émet dans toutes les directions, la surface de l'onde sonore peut être assimilée à la surface d'une sphère, et on a :

$$S = 4 \pi d^2$$

d étant la distance de l'onde sonore à la source.

Lorsque la source émet dans un cône d'angle au sommet ω et d'angle solide Ω , la surface S est donnée par la formule :

$$S = \Omega \cdot d^2$$

Ω étant exprimé en *stéradians*.

(Rappelons qu'entre l'angle solide Ω et l'angle ω , il existe la relation :

$$\Omega = 4 \pi \sin^2 \frac{\omega}{2}$$

En éliminant w entre les formules (1) et (2) et en remplaçant la surface S par sa valeur Ωd^2 , on obtient entre p , d et Pa une relation de la forme :

$$\boxed{p \cdot d = k \sqrt{Pa}} \quad (3)$$

k étant une constante facile à déterminer.

Cette dernière formule nous montre que, dans le cas d'une propagation rectiligne, la surpression acoustique p en un certain point de l'espace varie en raison inverse de la distance d de ce point à la source sonore.

Seuil d'audibilité. — Pour qu'un son puisse être perçu par l'oreille, il faut que son intensité soit supérieure à une certaine valeur, qui caractérise le *seuil d'audibilité*, et que nous désignerons par la lettre grecque ε ;

Les valeurs de l'intensité et la surpression correspondante au seuil d'audibilité ε sont pour un son de 1.000 c/s :

$$\begin{aligned} w &= 10^{-16} \text{ watts/cm}^2 \\ p &= 2 \cdot 10^{-4} \text{ dynes/cm}^2 \end{aligned}$$

Les décibels. — Pour évaluer les différentes intensités sonores, on utilise le plus souvent les décibels.

Le *décibel* se définit de la façon suivante : « Le décibel est la dixième partie du bel, et le bel est le logarithme d'un rapport de puissance ». Ainsi lorsque deux intensités sonores sont dans le rapport de 1 à 100, on dit qu'elles diffèrent de 2 bels ou de 20 décibels, car le logarithme de 100 est 2.

Bien noter que le décibel est, non pas une unité, mais un nombre abstrait caractérisant un rapport.

L'emploi des décibels trouve sa justification dans la loi de *Fechner* qui s'énonce ainsi :

« La sensation varie comme le logarithme de l'excitation ». Il ne faut voir là rien d'absolu, mais on adopte la loi de *Fechner*, car on n'a rien proposé de mieux pour la remplacer.

Pour évaluer au moyen des décibels une certaine intensité sonore, il faut évidemment choisir une *puissance de comparaison*, nous choisirons — et c'est ce qui est le plus logique — l'intensité sonore correspondante au seuil d'audibilité.

Pour éviter toute ambiguïté, il est bon de rappeler, toutes les fois qu'on emploie les décibels, la puissance de comparaison choisie ; cela ne présente aucune difficulté même lorsque des abréviations sont utilisées. Ainsi :

$$w = 30 \text{ Db} / \varepsilon$$

veut dire « L'intensité sonore w est de 30 décibels au-dessus du seuil d'audibilité ».

Nous donnons, dans le tableau ci-après, la correspondance entre diverses valeurs d'intensité sonore w , de surpression acoustique p et de Db / ε .

w en watts par cm^2	p en dynes par cm^2	Db / ε	Observations
10^{-2}	2.000	140	Sensation douloureuse.
10^{-3}	630	130	
10^{-4}	200	120	Avion à 3 mètres.
10^{-5}	63	110	
10^{-6}	20	100	Métro entrant en gare.
10^{-7}	6,3	90	Cris à 2 mètres.
10^{-8}	2	80	
$2,5 \cdot 10^{-9}$	1	74	70 phons.
10^{-9}	0,63	70	Bruits d'une foule.
10^{-10}	0,20	60	Conversation à 1 mètre
10^{-11}	0,06	50	
10^{-12}	0,02	40	
10^{-13}	0,006	30	
10^{-14}	0,002	20	Murmure à 1 mètre.
10^{-15}	$6 \cdot 10^{-4}$	10	
$2,5 \cdot 10^{-16}$	$\sqrt{10} \cdot 10^{-4}$	4	0 phon.
10^{-16}	$2 \cdot 10^{-4}$	0	Début de la perception sonore pour un son de 1.000 c/s.

Le *phon* est un décibel particulier, utilisé en *Allemagne*, obtenu en choisissant comme intensité sonore de comparaison, la puissance de $2,5 \cdot 10^{-16}$ watts/cm². On retiendra que 70 *phons* correspondent à une surpression acoustique d'une *barye*.

Il est bon de savoir aussi qu'entre les *pianissimi*, (*ppp*) les *fortissimi* (*fff*) d'un orchestre, il peut y avoir une différence d'environ 65 décibels.

Puissances sonores. — Nous reproduisons dans le tableau ci-dessous l'ordre de grandeur des puissances acoustiques mises en jeu par la voix et les principaux instruments de musique :

Grand Orchestre (pendant les fff) ..	50 à 70 watts
Orgue	15 à 20 watts
Cymbales	10 watts
Voix de chanteur	0,5 watt
Piano	0,4 watt
Violon	0,1 watt
Voix parlée : Forte	1.000 microwats
— normale	10 —
— chuchotée.....	0,1 —

§ B) LA RÉVERBÉRATION DES SALLES

Définition. — Considérons une source sonore placée dans une salle et émettant dans toutes les directions ; une partie des ondes sonores atteint directement l'auditoire, tandis que l'autre partie se dirige vers les parois.

Lorsqu'une onde sonore atteint une paroi, il y a d'une part *absorption* par la paroi d'une certaine quantité d'énergie, et d'autre part *réflexion* de l'énergie sonore non absorbée ; les ondes réfléchies pourront, à leur tour, soit atteindre l'auditoire, soit se réfléchir à nouveau.

L'étude de l'ensemble de ces phénomènes, et de leurs effets sur la sensation sonore, constitue « *La Réverbération* ».

Absorption des parois. — On dit qu'une paroi à un coefficient d'absorption a , que nous prendrons égal à 0,31 pour fixer les idées, lorsque 1 m^2 de la paroi, est équivalent, au point de vue absorption de l'énergie sonore, à une ouverture de $0,31 \text{ m}^2$.

Quand une salle est constituée de surfaces $S_1 S_2 \dots$ dont les coefficients d'absorption sont $a_1 a_2 \dots$, le *coefficient moyen d'absorption* est donné par la formule :

$$a = \frac{a_1 S_1 + a_2 S_2 + \dots}{S_1 + S_2 + \dots} \quad (4)$$

On peut écrire encore la relation précédente, sous la forme suivante :

$$a \cdot S = a_1 S_1 + a_2 S_2 + \dots$$

si S est la surface totale.

Le tableau ci-dessous donne pour différentes fréquences et pour différents matériaux, la valeur du coefficient d'absorption.

	128	512	1024
Plein air, ou ouverture	1	1	1
Auditoire (2 personnes par m ²)....	1	1	1
Feutre de jute (6 mm)	0,43	0,75	0,67
Insulite	0,24	0,28	0,30
Plâtre acoustolithe	0,17	0,28	0,36
Béton	0,15	0,43	0,37
Liège	0,14	0,40	0,25
Bois de pin	0,09	0,10	0,08
Parquet de bois	0,05	0,06	0,09
Briques pleines	0,02	0,08	0,04

Temps de réverbération. — Lorsqu'une source sonore placée dans une salle, cesse brusquement d'émettre, l'oreille perçoit, du fait de la réverbération des parois, un affaiblissement graduel de l'intensité sonore.

On appelle *temps de réverbération d'une salle* le temps que met, après arrêt de la source, l'intensité sonore pour décroître de 60 décibels.

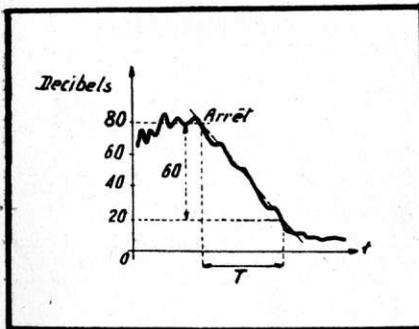


Fig. 58. Graphique montrant comment varie l'intensité sonore dans une salle, après arrêt de la source.

D'une façon générale, l'affaiblissement, exprimé en décibels, est *approximativement linéaire* en fonction du temps, et la figure 58 nous montre comment on peut déterminer expérimentalement ce temps au moyen d'un graphique.

On démontre que le temps de réverbération T est donné par la formule :

$$T = k \cdot \frac{V}{S} \quad (5)$$

V est le volume de la salle en m³

S est la surface totale des parois en m²

et k est un coefficient dépendant de l'absorption moyenne.

En somme le coefficient k représente le temps de réverbération d'une salle cubique (ou sphérique) ayant 6 mètres de côté (ou de diamètre), ou encore le temps de réverbération d'une salle rectangulaire ayant 5 mètres de hauteur et de largeur et 10 mètres de longueur.

Sabine a proposé de prendre : $k = \frac{0,16}{a}$ ce qui donne :

$$T = 0,16 \frac{V}{aS}$$

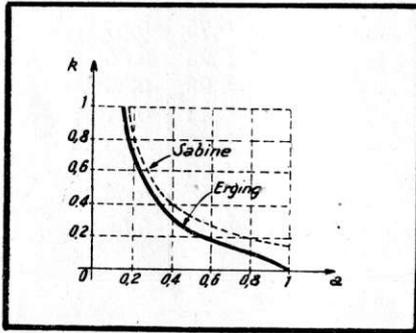


Fig. 59. Graphiques permettant de déterminer le coefficient k .

mais cette formule n'est qu'une approche, et ne doit être utilisée que lorsque a est inférieur à 0,4.

D'une façon précise, on peut connaissant a , déterminer la valeur de k au moyen du graphique de la figure 59, graphique que nous avons construit à partir d'une formule due à Eyring.

Influence de la réverbération.— Nous allons étudier, comment dans une salle, l'écoute est conditionnée par la réverbération, en examinant ce qui se passe, d'abord dans le cas d'un son bref, ensuite dans le cas d'un son entretenu.

Lorsqu'il s'agit de sons brefs, on classe les sons de réverbération en deux catégories : les sons utiles, qui parviennent à l'oreille moins de $1/15^e$ de seconde après le son direct, et les sons de résonance (avec deux n) qui sont perçus plus de $1/15^e$ de seconde après le son direct.

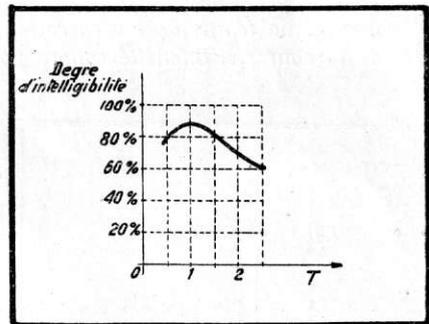


Fig. 60. Graphique montrant comment varie dans une salle de 10.000 m³ l'intelligibilité en logatomes en fonction du temps de réverbération.

Comme le temps le plus petit nécessaire à l'oreille pour différencier deux sons est de $1/15^e$ de seconde, on voit qu'au point de vue subjectif, tout se passe comme si les sons utiles de réverbération venaient renforcer le son direct.

Il est intéressant de connaître le temps de réverbération optimum d'une salle ; ce temps est évidemment supérieur à $1/15^e$ de seconde, car les sons utiles ne forment qu'une partie des sons de réverbération ; cependant

le temps de réverbération ne doit pas être trop grand ; en effet s'il en était ainsi, certains sons successifs seraient perçus simultanément ce qui aurait pour effet de nuire à la compréhension. La courbe de la figure 60 montre, par exemple, comment varie pour la parole, le degré d'intelligibilité en logatomes, en fonction du temps de réverbération, dans une salle de 10.000 m³.

On appelle *logatomes*, une suite de syllabes sans la relation ni signification. On démontre expérimentalement qu'il suffit d'une intelligibilité de 60 à 70 % en logatomes pour qu'il soit possible de suivre le cours d'un exposé.

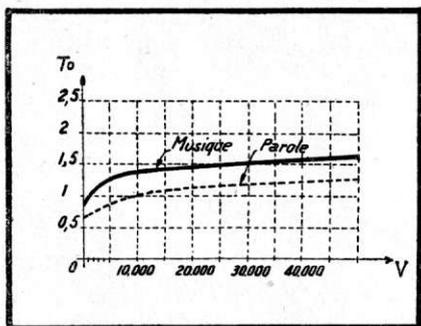


Fig. 61. Graphiques permettant de déterminer, pour la musique et la parole, le temps optimum de réverbération.

Le temps optimum de réverbération T_0 dépend d'ailleurs du volume de la salle, et le graphique de la figure 61, établi expérimentalement, montre quelle est, en fonction de V , la valeur optimum de T_0 .

Il existe plusieurs formules algébriques, liant, d'une façon approximative bien entendu, le temps optimum T_0 et le volume V ; on pourra adopter la suivante :

$$T_0 = 0,03 \sqrt[3]{V} + 0,70$$

(T_0 étant exprimé en secondes et V en m³).

Etudions maintenant, comment varie, lorsqu'il s'agit d'un son *entretenu*, l'intensité sonore sous l'influence de la réverbération.

Supposons qu'une source émette, pendant un temps θ égal à plusieurs secondes, un son avec une puissance P^a (graphique $A B G H$ de la figure 62).

S'il n'y avait pas de réverbération l'intensité perçue serait représentée par le graphique $a b c g h$; le retard t correspond au temps que met le son pour parvenir de la source sonore à l'auditeur.

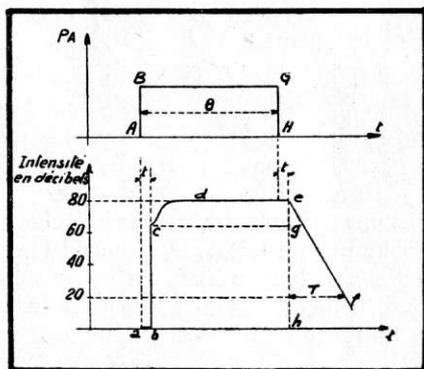


Fig. 62. Diagramme d'intensité sonore dans une salle fermée.

Dès que le son commence à être perçu, la réverbération a pour effet d'augmenter graduellement l'intensité sonore : courbe $c d$ du graphique.

Puis il arrive un moment où l'énergie absorbée, pendant une seconde, par les parois, est égale à la puissance P_a ; il s'établit alors un régime permanent, qui est représenté sur le graphique, par la portion de droite horizontale $d e$.

Enfin, lorsque la source sonore cesse d'émettre l'intensité sonore, exprimée en décibels, décroît linéairement et nous avons vu comment, (figure 58) cette décroissance permettait de déterminer le temps de réverbération.

§ C) L'ACOUSTIQUE DES SALLES

Propriétés acoustiques diverses. — L'ensemble des phénomènes acoustiques qui peuvent se produire dans une salle est très complexe ; outre les sons de réverbération (sons utiles et sons de résonance) il convient de citer les échos, les résonances, les interférences, etc...

Comme nous l'avons dit, les *sons utiles* sont ceux qui parviennent à l'oreille moins de $1/15^e$ de seconde après le son direct, et qui contribuent à la compréhension des sons brefs.

Les sons de réverbération, autres que les sons utiles, constituent les *sons de résonance* (avec deux n). Une certaine résonance, prolongeant le son direct, est toujours appréciée du public, et c'est d'ailleurs ce qu'exprime un auditeur lorsqu'il déclare qu'une salle « possède une bonne acoustique ».

Il se produit un *écho* lorsque par suite d'une forme particulière de certaines parois de la salle, une onde réfléchie se différencie des ondes de résonance en étant reçue plus intensément que celles-ci. Dans une salle d'audition bien étudiée, le phénomène d'écho ne doit évidemment pas se manifester.

Les *résonances* (avec une n) sont dues aux vibrations propres des parois de la salle, de son volume, de son ornementation, etc... On peut par exemple assimiler une salle d'audition à un tuyau fermé gros et court, qui possède une fréquence de résonance propre. Plus la salle sera petite, plus cette fréquence de résonance sera élevée.

Enfin il convient de signaler que des *interférences* peuvent prendre naissance dans une salle, lorsque, pendant l'émission d'un son soutenu, il y a production d'ondes stationnaires. Les ondes qui peuvent interférer, sont par exemple, les ondes réfléchies par cette paroi. Dans ce cas, l'intensité perçue par un auditeur, s'approchant de la paroi réfléchissante, passe par une succession de maxima et de minima. Pratiquement cette expérience est difficile à faire dans une salle de spectacle, car en tous points, la valeur de l'intensité sonore est déterminée par la réverbération des différentes parois.

Le choix du revêtement. — Lorsqu'on se propose, au point de vue acoustique bien entendu, de tirer le meilleur parti d'une salle d'audition, il convient tout d'abord d'éviter les échos, les ondes stationnaires, etc...

puis d'effectuer un revêtement des parois de la salle de telle façon que son temps de réverbération soit aussi proche que possible du temps de réverbération optimum.

A cet effet on procède de la façon suivante :

1° On évalue le volume V de la salle et les surfaces $S_1, S_2, \text{etc...}$ de ses différentes parois.

2° Connaissant le volume V , on déduit du graphique de la figure 61, le temps de réverbération optimum.

3° Ce temps de réverbération permet de déterminer, grâce à la formule 5, la valeur optimum du coefficient k ; de la connaissance de celui-ci, on déduit au moyen du graphique de la figure 59 la valeur optimum a du coefficient moyen d'absorption.

4° On choisit enfin, dans le tableau du paragraphe B de ce chapitre, des matériaux présentant un coefficient d'absorption convenable, et on les dispose de telle façon que la formule 4 soit vérifiée.

Évaluation de l'Intensité Sonore. — Il est intéressant de pouvoir établir la relation existant entre l'énergie P_A rayonnée par seconde par la source sonore, l'intensité sonore w , le volume de la salle, et son temps de réverbération.

Pour procéder à ce calcul, nous ferons *trois hypothèses* : nous admettrons d'abord que la loi de *Sabine* est exacte, ensuite qu'il s'agit d'un son entre-tenu, enfin que l'intensité sonore est la même en tous points de la salle.

Dans ces conditions si w est l'intensité sonore, et S la surface totale de parois exprimée en m^2 , l'énergie sonore atteignant les parois, par seconde, est :

$$10^4 \cdot S \cdot w$$

Si a est le coefficient moyen d'absorption, l'énergie absorbée par les parois est :

$$10^4 \cdot a \cdot S \cdot w$$

Lorsque l'état d'équilibre est atteint, l'énergie absorbée par seconde est égale à la puissance P_A ; on a donc :

$$P_A = 10^4 \cdot a \cdot S \cdot w$$

Remplaçons $a S$ par sa valeur, tirée de la formule de Sabine ; on obtient :

$$P_A = 1,6 \cdot 10^3 \cdot \frac{V}{T} \cdot w$$

V est exprimé en m^3

T est exprimé en secondes

P_A en watts

et w en watts/cm².

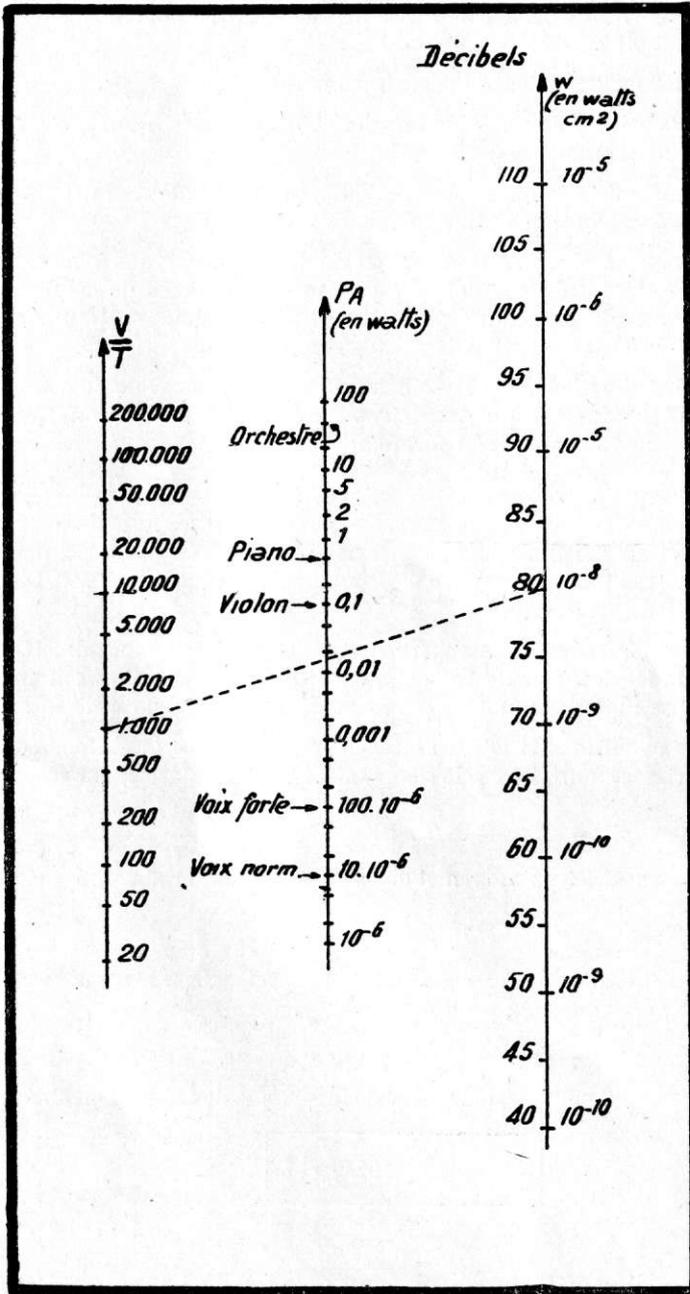


Fig. 63. Lorsqu'on connaît deux des trois quantités : P_A , w et $\left(\frac{V}{T}\right)$ l'abaque ci-dessus permet de déterminer la troisième.
 (Er. A 40 decibels, doit correspondre sur l'abaque 10^{-12} et non 10^{-10} et à 50 decibels, 10^{-11} et non 10^9).

On trouvera, figure 63, cette relation traduite en abaque. Ainsi, on verra que dans une salle de 2.000 m^3 pour laquelle $T = 2$ secondes (ce qui donne $\frac{V}{T} = 1.000$), il faut une puissance de $0,016$ watt pour fournir une intensité de 80 décibels.

Lorsqu'on ne connaît pas le temps de réverbération de la salle, on peut, en première approximation, adopter la formule : $T = 0,08 \sqrt[3]{V}$.

Il est facile de vérifier cette formule dans le cas d'une salle rectangulaire, en admettant que le coefficient moyen d'absorption des parois est de $0,32$.

§ D) FORME DES SALLES

Dans les paragraphes qui précèdent nous avons pu étudier les propriétés acoustiques générales des salles, sans en connaître leurs formes ; nous allons maintenant examiner les problèmes qui se posent lorsqu'il s'agit de construire une salle d'audition.

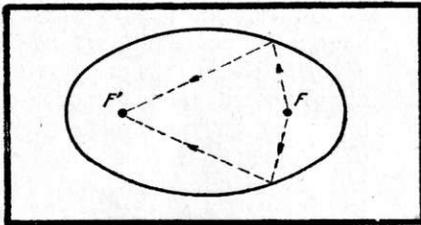


Fig. 64. *Ellipsoïde de révolution.*

Si la source sonore était ponctuelle, et si l'assistance se réduisait à un seul auditeur, la forme idéale d'une salle de spectacle serait un ellipsoïde de révolution (voir figure 64). Tout rayon sonore issu d'un foyer F parviendrait, après réflexion, au foyer F' ; le rendement de la salle serait formidable, et il suffirait de parler à voix basse en F pour être entendu distinctement en F' ; évidemment une telle réalisation ne présente qu'un intérêt documentaire.

Studio. — Dans un studio, on donne aux parois une forme telle qu'il se produise une accumulation d'énergie sonore à l'endroit où se trouve placé le microphone, qu'on peut considérer comme un collecteur d'ondes *punctiforme*.

A ce sujet, il convient de faire remarquer qu'on favorise ainsi la transmission des fréquences basses ; ceci provient de ce que, d'une façon générale, le coefficient d'absorption d'une paroi est plus élevée dans les aigus que dans les graves (se reporter au tableau du paragraphe B). Il faut donc tenir compte de ce phénomène lorsqu'on établit la courbe de fidélité de l'appareil transmetteur.

Dans un studio le temps de réverbération est le plus souvent choisi faible, afin que le son recueilli par le microphone ne soit pas modifié pas

la résonance du studio et puisse rester l'image fidèle du son émis par la source. C'est au rôle de la salle dans laquelle se trouve placée le haut-parleur de posséder une certaine résonance, qui, comme on le sait, contribue à l'agrément d'une audition musicale.

La faible durée de réverbération des studios surprend d'ailleurs les acteurs qui chantent et ceux-ci ont quelques difficultés à rester dans le ton avec l'orchestre. Dans les studios modernes, on obvie à cet inconvénient en augmentant légèrement la durée de réverbération par des combinaisons de parois mobiles.

Salle de spectacle. — Dans une salle de spectacle, le son que l'on perçoit est dû à l'onde directe et aux ondes réfléchies.

D'une façon générale, les ondes réfléchies par le plafond et par les parois voisines de la scène sont les seules qui présentent vraiment de l'intérêt ; on munira donc d'un revêtement absorbant les parois latérales.

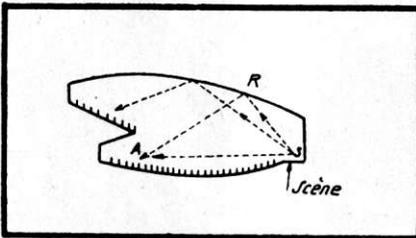


Fig. 65. Coupe d'un théâtre moderne.

le chemin direct $S A$ doit être inférieure à une vingtaine de mètres. Le plafond d'une salle de spectacle ne doit donc pas être placé trop haut. D'autre part, la forme du plafond sera de préférence ovoïdale et Sabine propose de prendre un rayon de courbure égal au double de la hauteur de la salle.

Lorsque dans une salle de spectacle, les rangées de fauteuils d'orchestre se prolongent assez loin sous le balcon (figure 66) l'intensité sonore risque d'être insuffisante au fond de la salle. cet inconvénient peut être évité en constituant la paroi terminale CD au moyen d'une paroi inclinée en avant et possédant un faible coefficient d'absorption.

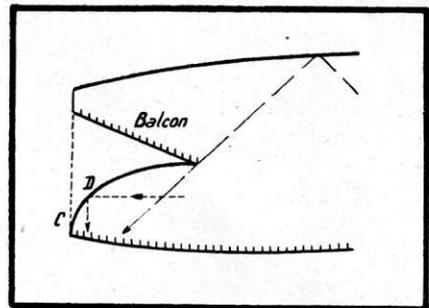


Fig. 66. Utilisation d'une paroi terminale CD inclinée et réfléchissante.

L'inclinaison de cette paroi a pour effet de réfléchir vers les

places du fond de la salle, les rayons sonores provenant de la scène.

Dans tous les cas, la paroi CD ne doit pas être à la fois réfléchissante et verticale, car elle renverrait les ondes sonores vers la scène ce qui se traduirait soit par une trop grande augmentation du temps de réverbération, soit par la production d'ondes stationnaires ou d'écho.

Enfin le revêtement des diverses parois devra être effectué de telle façon que la durée de réverbération de la salle se rapproche autant que possible de la durée optimum de réverbération. (Se reporter, à ce sujet, aux paragraphes précédents).

Théâtre de plein air. — La plus grande partie des sièges dans un théâtre fermé, se trouve réparti sur une surface sensiblement horizontale ; dans

un théâtre de plein air, au contraire, les places sont disposées sur un plan fortement incliné. (figure 67)

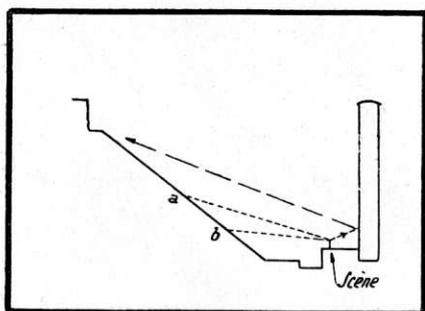


Fig. 67. Théâtre de plein air.

Une telle disposition est adoptée pour des raisons d'ordre uniquement acoustique ; un théâtre de plein air, en effet, n'a pas de plafond ; il est donc nécessaire que l'auditoire perçoive le son direct avec une intensité aussi élevée que possible, et il est évident qu'un élément de surface $a b$ recevra une énergie sonore

d'autant plus élevée qu'il sera vu de la scène sous un angle plus grand.

La disposition des sièges en gradins rapidement ascendants, et de forme semi-circulaires, ne manque pas de frapper les visiteurs du *théâtre antique d'Orange* ; ce vestige de l'art romain se caractérise aussi par l'existence d'un monumental mur vertical, « le plus beau mur de mon royaume » disait Louis XIV, dont le rôle est de protéger le théâtre de l'influence du vent et des bruits extérieurs, et de réfléchir vers les spectateurs une partie des sons provenant de la scène.

Cela nous explique d'ailleurs que les sons d'un orchestre placé dans la fosse, bien au devant de scène, parviennent assez mal aux spectateurs ; lorsque l'attrait principal d'une représentation consiste, non dans le rôle de l'acteur, mais dans la partie orchestrale, il convient donc de placer l'orchestre sur la scène ; c'est là un point dont il n'est malheureusement pas toujours tenu compte.

Quoiqu'il en soit, si l'Acoustique Architecturale est une science nouvelle, l'exemple précédent nous montre qu'elle a, de tout temps, été un art.

CHAPITRE V

La Pratique des Installations

§ A) DÉTERMINATION DES PUISSANCES ACOUSTIQUES ET ÉLECTRIQUE

Niveau de l'Intensité Sonore. — Dans le projet d'une Installation sonore, il s'agit tout d'abord de déterminer le niveau de l'intensité du son qui doit être perçu par les spectateurs

Ce niveau peut être choisi de façons fort diverses. On peut dire par exemple : pour qu'un son soit entendu convenablement, il suffit que son intensité soit supérieure de 10 à 15 décibels aux bruits environnants. Ainsi dans un local calme, (bruit de 15 à 20 Db/ε), on peut entendre une conférencier, même lorsque l'intensité sonore de ses paroles n'est que d'une trentaine de décibels.

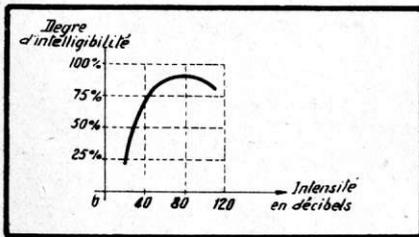


Fig. 68. Graphique montrant comment varie l'intelligibilité en logatomes en fonction de l'intensité sonore.

En réalité, il est préférable d'adopter un niveau plus élevé pour l'intensité sonore, afin d'obtenir une intelligibilité aussi bonne que possible. Le graphique de la figure 68 montre que le maximum d'intelligibilité correspond à un niveau d'environ 80 Db/ε.

Dans le cas d'une audition musicale, il faut tenir compte de ce que, entre les *pianissimi* (ppp) et les *fortissimi* (fff), il peut y avoir une différence de l'ordre de 65 décibels. Si l'on désire que les pianissimi couvrent les inévitables chuchotements de la salle, il faut qu'ils parviennent avec une intensité de 20 décibels ; on en conclut que les fortissimi doivent être reçus avec une intensité de 85 Db/ε.

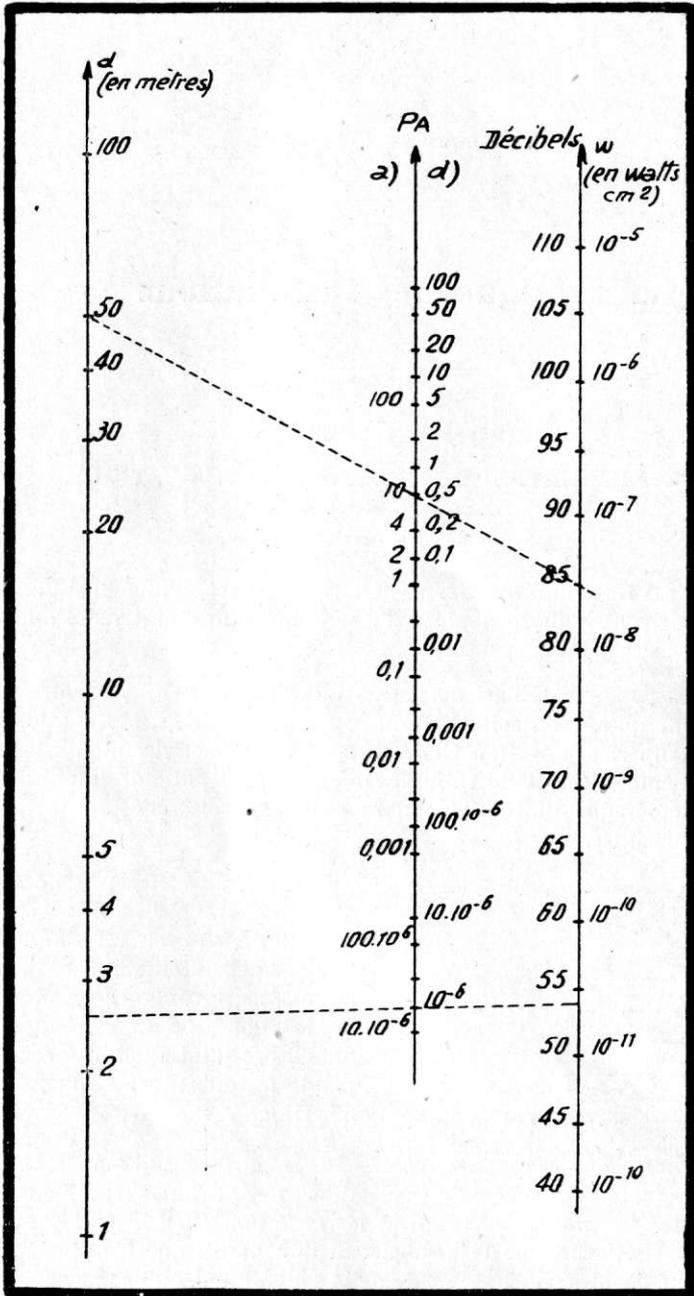


Fig. 69. Cas du plein air. Lorsqu'on connaît deux des trois quantités : P_A , w et d , l'abaque ci-dessus permet de déterminer la troisième.

(Et. A 40 décibels doit correspondre 10^{-12} et non 10^{-10}).

(D'autre part, il faut lire sur l'échelle a) : $100 \cdot 10^{-6}$ et non : $100 \cdot 10^6$).

D'une façon générale, il sera donc bon de prévoir, dans l'avant projet d'une installation sonore, une intensité de 70 à 85 décibels, pour les auditeurs les plus éloignés.

Notons que l'intensité w correspondant à 85 décibels est de $3,2 \cdot 10^{-16}$ watts/cm².

Puissance acoustique. — Après avoir déterminé l'intensité w , il faut calculer l'énergie acoustique P_A de la source sonore. Nous distinguerons quatre cas :

1° *La source sonore est située dans une salle possédant une bonne acoustique* ; on appliquera alors la formule donnant la valeur de la puissance acoustique P_A qui a été établie dans le chapitre précédent. Cette formule est :

$$P_A = 1,6 \cdot 10^3 \cdot \frac{V}{T} \cdot w$$

dans laquelle V représente le volume de la salle en m³ et T le temps de réverbération en secondes.

L'abaque de la figure 63 permet lorsqu'on connaît deux des trois quantités P_A , w et $\left(\frac{V}{T}\right)$ de déterminer immédiatement la troisième.

2° *La source sonore est située en plein air et ne possède aucun pouvoir directif.* Dans le cas où il ne se produit aucune réflexion, la puissance acoustique P_A est donnée par la formule :

$$P_A = 4\pi d^2 \cdot w$$

d étant la distance de la source à l'auditeur le plus éloigné.

L'abaque de la figure 69 permet, lorsqu'on connaît deux des trois quantités P_A , w et d de déterminer immédiatement la troisième. L'échelle à choisir pour P_A est l'échelle a).

Ainsi pour qu'un orchestre se fasse entendre, en plein air, avec une intensité de 85 décibels à 50 mètres, il faut que l'énergie acoustique mise en jeu, soit de 10 watts.

3° *La source sonore a un effet semi directif.* C'est ce qui a lieu pour la voix humaine, ou pour un haut parleur monté sur baffle. Dans ce cas l'intensité sonore w dans l'axe de l'appareil est liée à la puissance P_A par la formule, approximative bien entendu :

$$P_A = 2\pi d^2 \cdot w$$

On pourra utiliser l'abaque de la figure 69 à condition de prendre pour P_A une valeur 10 fois plus élevée que celle indiquée sur l'échelle d), ou une valeur moitié de celle indiquée sur l'échelle a).

Ainsi on trouve que la voix normale (dont l'énergie est de $10 \cdot 10^{-6}$ watts/cm²) donne à 2,5 mètres une intensité de 54 Db/ε.

A une distance 10 fois plus faible, c'est-à-dire à 0,25 m, la surpression acoustique sera 10 fois plus forte (voir paragraphe A du chapitre IV) ; l'intensité sonore sera donc de 20 décibels plus élevée, c'est-à-dire de 74 Db / ε ce qui correspond à une surpression acoustique d'une dyne par cm², c'est-à-dire d'une *barye*. C'est là un résultat qu'il convient de connaître.

4° *La source sonore a un effet directif très marqué.* Lorsqu'on emploiera des haut-parleurs à pavillon « du type à 45° » on admettra que l'intensité sonore w dans l'axe du haut-parleur est liée à la puissance P_A par la formule :

$$P_A = 0,2 \pi d^2 \cdot w$$

Pratiquement, on utilisera l'abaque de la figure 69 ; l'échelle à adopter pour P_A est l'échelle d).

Ainsi pour qu'un haut-parleur à pavillon, dont l'axe est dirigé vers un point situé à 50 mètres, fournisse à ce point une intensité de 85 Db / ε, il faudra que sa puissance acoustique soit de 0,5 watt.

Puissance électrique du haut-parleur. — Nous avons vu au chapitre I, comment on pouvait définir le rendement d'un haut-parleur ; connaissant ce rendement, la formule permettant de déterminer la puissance électrique P_E en fonction de la puissance acoustique P_A est : $P_A = \rho \cdot P_E$ c'est-à-dire : $P_E = \frac{1}{\rho} \cdot P_A$

Rappelons que le rendement est de l'ordre de 6 à 10 % pour un appareil du type normal, qu'il peut atteindre 25 et même 50 % pour un appareil à chambre de compression.

Puissance modulée de l'amplificateur. — Lorsqu'on dit d'un amplificateur qu'il est capable de fournir une puissance modulée de tant de watts, il faudrait toujours ajouter « à condition qu'il s'agisse d'oscillations sinusoïdales ».

Or les oscillations d'audiofréquence relatives à la parole et à la musique ne sont pas sinusoïdales et le rapport entre leur tension efficace et leur tension de pointe est bien inférieur à 0,7.

Dans la plupart des amplificateurs, ce qui détermine le maximum de la puissance modulée, c'est la distorsion due au courant grille. Comme ce courant grille apparaît au moment des pointes de modulation, il s'ensuit que l'amplitude de la tension de grille ne doit pas dépasser la tension de polarisation, et que, pour un amplificateur déterminé, la valeur que peut atteindre la tension efficace d'une oscillation d'audiofréquence est sensiblement inférieure à la valeur que peut atteindre la tension efficace d'une oscillation sinusoïdale.

Finalement la puissance électrique P_E transmise au haut-parleur est notablement plus faible que la puissance modulée P_M indiquée sur les catalogues.

Dans les amplificateurs pourvus d'un étage conducteur et fonctionnant un classe *B 2* ou *AB 2*, l'inconvénient précédent présente moins d'importance, mais n'est cependant pas négligeable.

Connaissant la puissance électrique P_E , on déterminera la valeur qui doit être indiquée pour la puissance modulée P_M par la formule :

$$P_M = N \cdot P_E$$

N étant un coefficient d'adaptation pratique.

On prendra N , compris entre 5 à 10 pour un amplificateur à résistance, et N égal à 2 à 3 pour un amplificateur fonctionnant en classe *B 2* ou *AB 2*.

La formule liant la puissance modulée « catalogue » d'un amplificateur, et l'énergie acoustique fournie en une seconde par le haut-parleur est donc :

$$P_M = \frac{N}{\rho} \cdot P_A \quad (1)$$

Le facteur $\frac{N}{\rho}$ est bien plus élevé pour une petite installation (haut-parleur à rendement médiocre, amplificateur à résistance) que pour une grande installation ; généralement ce facteur est compris entre 100 et 10.

§ B) IMPORTANTS DÉTAILS D'INSTALLATION

Disposition générale de l'Installation. — Supposons qu'une installation sonore doive être équipée d'un microphone à ruban *M1*, d'un microphone piézo-cristal *M2*, d'un pick-up, d'un amplificateur et de deux hauts parleurs, disposés comme l'indique la figure 70. Le microphone à ruban est situé à plusieurs dizaines de mètres de l'amplificateur et il en est de même des hauts-parleurs.

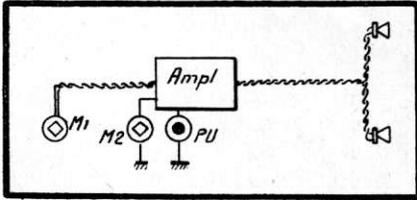


Fig. 70. Exemple de disposition générale d'une installation.

La jonction entre le microphone à ruban et l'amplificateur s'effectuera au moyen de deux transformateurs de ligne : le premier situé auprès du microphone et attaquant une ligne bifilaire, le second disposé à l'entrée de l'étage préamplificateur.

Le microphone piézo-cristal pourra, s'il est placé auprès de l'amplificateur, attaquer directement une lampe préamplificatrice.

En adoptant pour les deux premières étapes de l'amplification, le montage de la figure 57, on pourra mélanger, au son provenant d'un microphone (le microphone piézo-cristal par exemple), soit le son du microphone à ruban, soit la musique du pick-up.

Dans le circuit anodique de l'étage final, on placera un transformateur de sortie présentant au secondaire une impédance de ligne ; on pourra alors disposer sans inconvénients, à une grande distance de l'amplificateur, les différents haut-parleurs ; sur ceux-ci devront être montés évidemment des transformateurs adoptant l'impédance de ligne à l'impédance des bobines mobiles.

Nous avons, au paragraphe *H*, du chapitre *II*, donné des renseignements généraux sur l'emploi des transformateurs de ligne ; nous allons maintenant donner quelques précisions sur les différents types de liaisons qui doivent être employés.

Liaison : Microphone — Préamplificateur. — Lorsque, par suite de la distance entre le microphone et la lampe préamplificatrice, il est fait usage d'une « ligne », celle-ci doit être blindée.

Théoriquement il est préférable de mettre à la masse le milieu du transformateur d'entrée de cette ligne, mais souvent, on peut obtenir un excellent fonctionnement sans effectuer cette mise à la terre.

Il est à remarquer d'ailleurs que la mise à la terre dans une installation volante, peut être parfois plus néfaste qu'utile. En effet au cas où l'un des fils de ligne est relié accidentellement à la masse, une moitié de l'enroulement du transformateur est mis en court-circuit.

Bien que les microphones piézo-électriques soient des appareils à haute impédance, on peut en prenant des précautions spéciales, les relier à l'entrée de l'amplificateur, au moyen d'un câble ayant une trentaine de mètres. Il sera nécessaire d'utiliser un câble blindé à deux conducteurs

et à faible capacité, et d'employer deux lampes préamplificatrices en push-pull comme il est indiqué figure 71.

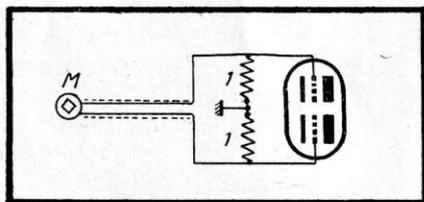


Fig. 71. Branchement d'un microphone piézo-cristal au moyen d'un câble bifilaire à faible capacité.

capacité du cordon n'a pas de répercussion défavorable sur la reproduction des fréquences élevées.

Liaison : Microphone à charbon — Amplificateur. — Nous avons indiqué au chapitre I (figures 2, 3 et 4) comment devait se faire la liaison entre un microphone à charbon et la première lampe d'un amplificateur. Le transformateur d'adaptation doit se trouver aussi près que possible de la lampe d'entrée, tandis que le microphone à charbon peut se trouver assez loin du transformateur (distance maxima : 200 mètres).

Pour éviter tout claquement dans le haut-parleur, lors de la manœuvre de l'interrupteur I , il est nécessaire, avant d'effectuer cette manœuvre, de ramener au début de course, le curseur de potentiomètre R .

Lorsque le microphone est situé à une certaine distance de l'amplificateur, le conférencier peut bien avoir à portée de sa main, l'interrupteur I , mais il ne lui est pas possible de contrôler le potentiomètre.

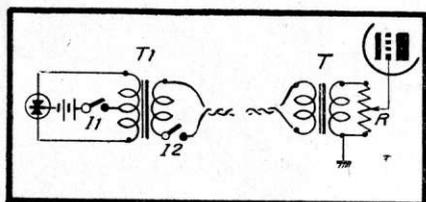


Fig. 72. Branchement pratique d'un microphone à charbon.

Pour que la manœuvre de mise en circuit ou hors circuit du microphone, puisse s'effectuer sans entraîner de claquement dans le haut-parleur, on adoptera le schéma de la figure 72 : ce montage contient un transformateur supplémentaire T_1 et un second interrupteur I_2 .

Les interrupteurs I_1 et I_2 et le transformateur T_1 sont placés auprès du conférencier. Lorsque celui-ci veut débrancher le microphone, il commence par ouvrir I_2 . L'ouverture de I_2 ne provoque pas de claquement, car la ligne n'est parcourue par aucun courant continu. Une fois I_2 ouvert, l'ouverture I_1 n'a plus évidemment aucun effet sur le fonctionnement de l'amplificateur.

Liaison de l'Amplificateur au Haut-Parleur. — 1° Lorsque le transformateur de sortie est placé sur le haut-parleur, l'impédance de ligne est élevée puisque la charge anodique d'une lampe de puissance est de l'ordre de 5.000 ohms, et il est préférable de ne pas situer le haut-parleur à plus de 10 mètres de l'amplificateur.

2° Quand le transformateur de sortie est situé sur le chassis de l'amplificateur, on peut attaquer la bobine mobile du haut-parleur par une ligne à très basse impédance, pouvant atteindre une cinquantaine de mètres, à condition que la section du fil de fonction soit importante (20 /10 par exemple).

Lorsqu'on utilise plusieurs haut-parleurs, il faut disposer les bobines mobiles en parallèles ou en série de telle façon que l'impédance générale soit bien adaptée à l'impédance du secondaire du transformateur de sortie. Un tel transformateur présente généralement d'ailleurs tout un choix d'impédance 3, 5, 8, 16 ohms, etc... permettant de très nombreuses adaptations.

Donnons quelques exemples : En montant en parallèle deux haut-parleurs dont l'impédance de la bobine mobile est de 6 ohms, on obtient une impédance résultante de 3 ohms.

Si nous avons quatre haut-parleurs, de 8 ohms chacun, on peut, en établissant la combinaison série-parallèle de la figure 73, obtenir une impédance résultante de 8 ohms.

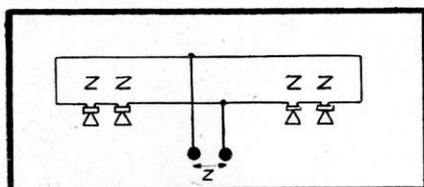


Fig. 73. Branchement série parallèle de quatre haut-parleurs.

Lorsqu'on utilise à la suite d'un amplificateur plusieurs haut-parleurs de type différent, il faut prendre de nouvelles précautions.

Avec deux haut-parleurs de puissances différentes, on peut facilement obtenir des adaptations correctes lorsque les impédances r_1 et r_2 des appareils

sont dans le rapport simple ou dans le rapport inverse des puissances maxima qu'ils peuvent supporter.

Si les impédances sont dans le rapport des puissances, on monte les deux appareils en série et l'impédance résultante est égale à la somme des impédances.

Si les impédances sont dans le rapport inverse des puissances (cas le plus simple à mettre en pratique) on monte les haut-parleurs en parallèle et l'impédance résultante R est donnée par la formule :

$$R = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2}$$

Quand on désire supprimer un des deux haut-parleurs montés en série ou en parallèle, sans modifier la charge de l'étage final, il suffit de remplacer la bobine mobile du haut-parleur inutilisé par une résistance de valeur équivalente.

3° Lorsque les haut-parleurs seront situés à plus de 50 mètres de l'amplificateur, on utilisera deux transformateurs de ligne : le premier placé sur l'amplificateur et le second auprès du haut-parleur. L'impédance de ligne sera de 200 ou de 500 ohms. Il sera inutile de prévoir une ligne blindée et de mettre à la masse le centre de la ligne.

Rappelons qu'avec une combinaison série-parallèle de quatre haut-parleurs, on peut obtenir une impédance résultante, égale à l'impédance de chaque haut-parleur (fig. 73).

N. B. — Il est essentiel lorsqu'on utilise plusieurs haut-parleurs, que les divers appareils vibrent en phase, c'est-à-dire que le mouvement de va et vient de toutes les membranes s'effectue dans le même sens ; s'il n'en était pas ainsi, on pourrait constater la production d'interférences, ce qui se traduirait, dans certains cas, par une réduction de l'intensité sonore.

Pour vérifier la concordance de phase, on fait passer un courant continu dans les bobines mobiles des différents haut-parleurs ; ce courant provoque un déplacement en avant ou en arrière de la membrane ; le branchement est correct si les déplacements des différentes membranes s'effectuent dans le même sens.

§ C) EFFET LARSEN — EFFET D'ÉCHO

Toute vibration sonore atteignant le microphone est, après avoir été amplifiée, restituée par le haut-parleur. Lorsque le microphone se trouve placé dans le champ du haut-parleur, il se produit une réaction du haut-parleur sur le microphone ; l'ensemble se comporte alors comme un générateur basse fréquence, et le haut-parleur engendre un hurlement qui n'a rien d'agréable ; c'est ce phénomène, qu'on appelle généralement : effet *Larsen*.

On évite l'effet Larsen en rendant nulle ou très faible l'action du haut-parleur sur le microphone. Ceci est facile à obtenir lorsque le haut-parleur et le microphone sont situés dans deux salles différentes.

Quand le microphone et le haut-parleur sont placés dans une même salle, il convient de prendre des précautions tout à fait spéciales et en premier lieu d'employer des appareils directs.

Nous avons indiqué qu'un microphone à ruban était insensible aux oscillations se propageant dans son plan, (se reporter fig. 6), qu'un microphone uni-directionnel était insensible aux oscillations lui arrivant sur la face arrière, et que le champ produit par un haut-parleur était minimum dans le plan perpendiculaire à son axe.

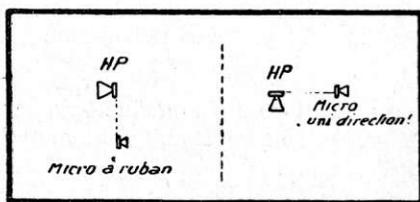


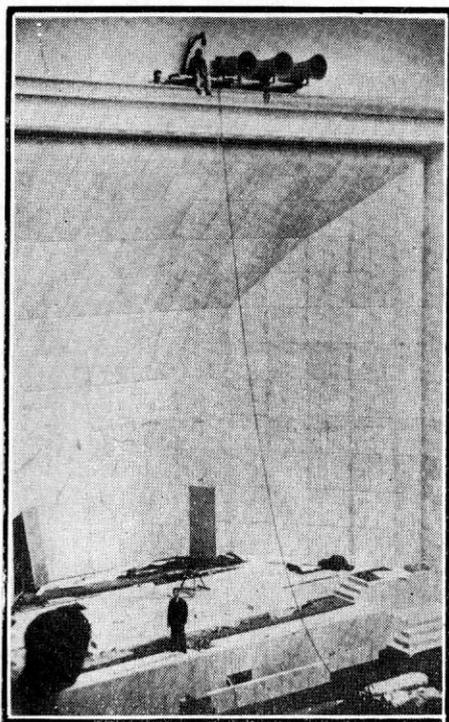
Fig. 71. Dispositions à adopter pour éviter l'effet Larsen.

Quand les ondes sonores émises par le haut-parleur se propagent d'une façon rectiligne (absence de réverbération, cas du plein air), les meilleures positions respectives à utiliser, sont donc celles indiquées par la figure 74.

Dans une salle fermée, il faut tenir compte de ce que le microphone peut être impressionné par les ondes réfléchies par les parois. La meilleure disposition à adopter doit être recherchée au moyen d'essais pratiques. *Les corniches ou les piliers sont des accessoires qui peuvent rendre d'utiles services pour l'élimination de l'effet Larsen.*

Le temps le plus petit, nécessaire à l'oreille pour différencier deux sons, est, rappelons-le, de $1/15^e$ de seconde ; si donc un auditeur est placé

dans le champ de deux haut-parleurs émettant simultanément, et si la différence entre les distances de l'auditeur aux deux haut-parleurs est supérieure à 20 m. le son provenant d'un haut-parleur, sera perçu plus



Installation sonore dans une grande salle de conférences

de $1/15^e$ de seconde après le son provenant du premier haut-parleur, et l'installation produira un effet d'écho.

On évite le phénomène d'écho soit en plaçant les différents haut-parleurs à peu près à la même distance des auditeurs, soit en employant des appareils très directs ayant chacun leur champ d'action bien délimité.

§ D) SONORISATION D'UNE SALLE

Salle de spectacle — Cinéma. — Nous étudierons principalement les trois cas suivants :

- installation de cinéma parlant dans une salle de théâtre
- installation de cinéma parlant dans une salle spéciale pour cinéma
- installation de dispositifs renforceurs dans une salle de cinéma.

Lorsqu'il s'agit d'installer un cinéma parlant dans une ancienne salle de théâtre, possédant une « bonne acoustique », il suffira d'utiliser un ou deux haut-parleurs montés sur baffle, qu'on placera sur la scène à côté de l'écran. L'abaque de la figure 63 permet de déterminer la puissance acoustique P_A lorsqu'on connaît le rapport $\frac{V}{T}$ (volume sur temps de réverbération) et lorsqu'on se donne la valeur de l'intensité sonore désirée (qu'on choisira entre 70 à 85 décibels). Connaissant P_A la formule 1 du paragraphe A de ce chapitre permet de déterminer la puissance modulée P_M de l'amplificateur, (page 83).

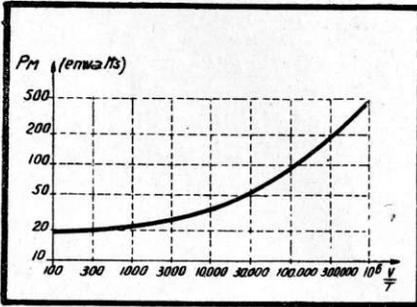


Fig. 75. Graphique permettant de déterminer approximativement la puissance modulée requise.

un temps de réverbération assez court, (emploi de parois à fort coefficient d'absorption) ; on augmente ainsi la compréhensibilité pour les sons brefs, mais on diminue l'amplification sonore due à la réverbération ; cette diminution d'amplification sonore ne présente d'ailleurs aucun inconvénient lorsqu'il s'agit de musique reproduite ; il suffit en effet, pour obtenir l'intensité sonore désirée d'utiliser un amplificateur suffisamment puissant, et pour répartir uniformément cette intensité, d'employer des haut-parleurs directs. Ceux-ci seront placés de préférence au dessus de l'écran, et leurs axes seront dirigés vers les dernières rangées de fauteuils.

Du fait de la faible valeur de son temps de réverbération, une salle de cinéma parlant se prête mal à l'écoute d'un orchestre. Pour améliorer dans ce cas les conditions d'écoute, il suffit de prévoir un ou deux *haut-parleurs renforceurs*, La figure 76 montre comment disposer de tels appareils pour éviter l'effet Larsen, et pour obtenir une bonne répartition de l'intensité sonore.

La figure 75 représente un graphique que nous avons établi en vue de permettre une détermination directe, et *approximative*, de la puissance modulée P_M d'un amplificateur susceptible de fournir une intensité sonore de l'ordre de 80 Db / ε. Pratiquement, après avoir calculé le rapport $\frac{V}{T}$ on pourra donc tout simplement utiliser ce graphique.

Une salle, destinée spécialement au cinéma parlant, est construite de façon à posséder

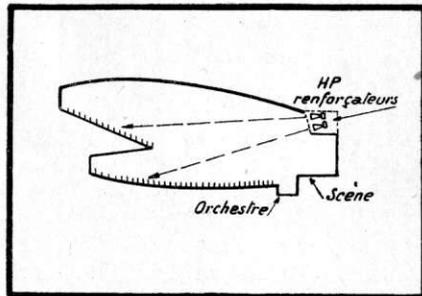


Fig. 76. Utilisation de haut-parleurs renforceurs.

Salle de conférence. — Prenons le cas d'une salle de conférence de grandes dimensions, dans laquelle il est nécessaire de renforcer la voix du conférencier, au moyen d'un ou plusieurs haut-parleurs. On est, à peu de choses près, ramené à l'exemple précédent ; une intensité sonore assez modeste suffit d'ailleurs généralement ; la figure 77 montre une bonne disposition pouvant être adoptée.

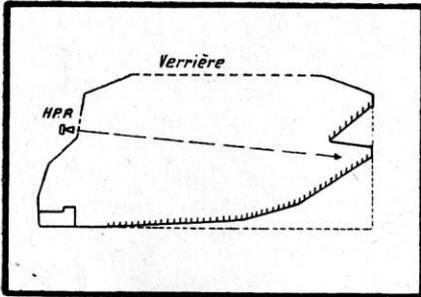


Fig. 77. Grande salle de conférences.

Eglise. — Dans une grande église, il est souvent utile de disposer quelques haut-parleurs afin que la voix du prédicateur atteigne facilement les assistants les plus éloignés.

Quoique cela ne soit pas indispensable, on emploiera de préférence des haut-parleurs directifs.

La figure 78 représente le plan d'une église dans laquelle sont disposés trois haut-parleurs directifs H_1 , H_2 , H_3 : les axes de deux de ces haut-parleurs sont dirigés vers le fond de l'église et l'axe du troisième vers le chœur. D'autre part on remarquera, qu'entre le microphone et les différents haut-parleurs se trouvent des piliers, cette disposition a été évidemment adoptée en vue d'éviter l'effet Larsen.

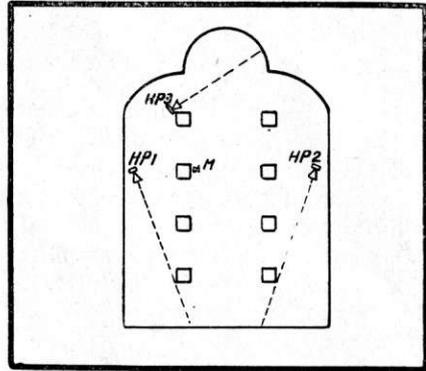


Fig. 78. Emploi de haut-parleurs dans une église.

L'auditoire d'une église étant calme, il n'est pas nécessaire que l'intensité sonore fournie par les haut-parleurs soit très élevée ; généralement un amplificateur de 20 à 30 watts de puissance modulée sera bien suffisant.

On peut désirer aussi renforcer la voix d'un chanteur se trouvant à l'orgue. Lorsque l'orgue est situé au fond de l'église, ce qui le cas le plus fréquent, on utilisera deux haut-parleurs montés sur baffle qu'on placera au-dessous ou à côté de l'orgue, et dont les axes seront dirigés vers le chœur.

Indiquons enfin, que lorsque un harmonium est insuffisant dans une cathédrale pour accompagner un important groupe de chanteurs se trouvant

près du chœur, on pourra utiliser avec succès l'orgue *Hammond* ; (l'orgue Hammond est un appareil électro-acoustique susceptible de fournir jusqu'à 300 watts modulés).

§ E) INSTALLATIONS SONORES EN PLEIN AIR

Il est généralement plus aisé d'effectuer une installation sonore en plein air que dans une salle fermée, car en l'absence de parois réfléchissantes c'est-à-dire de réverbération, l'effet *Larsen* peut être évité facilement.

Place publique. — Prenons un exemple, et supposons qu'il s'agisse de sonoriser une place publique ayant comme dimensions 20×45 mètres.

On emploiera un *haut-parleur directionnel* du type « à 45° » qu'on placera d'un côté de la place, à une dizaine de mètres au-dessus du sol, et dont on dirigera l'axe vers l'autre extrémité de la place.

En admettant que la distance maxima d soit de 50 mètres, et que l'on veuille obtenir une intensité sonore de 85 décibels, l'abaque de la figure 69 indique que la puissance acoustique requise est de 0,5 watt.

Si l'on utilise un haut-parleur dont le rendement est de 7% et si l'on prend $N = 3$ (amplificateur à étage *conducteur*) on obtient approximativement pour la puissance modulée de l'amplificateur :

$$P_M = 20 \text{ watts.}$$

Théâtre de plein air. — Nous avons vu chapitre précédent que l'acoustique d'un théâtre de plein air devait être étudié d'une façon tout à fait spéciale, pour que la voix de l'acteur puisse atteindre facilement les spectateurs les plus éloignés.

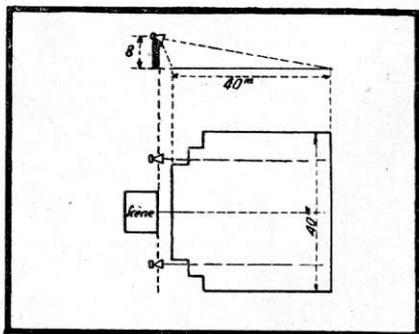


Fig. 79. Sonorisation d'un théâtre de plein air.

Il n'en est plus de même lorsque l'on a la possibilité d'utiliser des haut-parleurs renforceurs. La figure 79 donne un exemple de sonorisation de théâtre de plein air constitué d'une manière extrêmement simple.

La surface à sonoriser est un carré de 40 sur 40 mètres. Deux haut-parleurs directs sont placés de chaque côté de la scène, à huit mètres environ au-dessus du sol et on dirige les axes de ceux-ci vers le fond du théâtre.

Du fait de la directivité des haut-parleurs utilisés (voir figure 15) le son est ainsi réparti à peu près uniformément.

Pour éviter l'effet Larsen, on déterminera soigneusement la place à assigner aux microphones sur la scène ; ceux-ci seront bien entendu d'un type directif, et les décors situés de part et d'autre de la scène joueront le rôle d'écrans entre haut-parleurs et microphones.

Un amplificateur d'une puissance modulée de 30 à 40 watts sera suffisant pour produire une intensité sonore de 80 décibels. Comme haut-parleurs on prendra deux appareils du type 12 à 15 watts.

Terrains sportifs-Stades. — Considérons maintenant un terrain sportif ayant comme dimensions 80 sur 120 mètres, bordé par une tribune principale T , et par deux tribunes auxiliaires T_1 et T_2 disposées comme l'indique la figure 80.

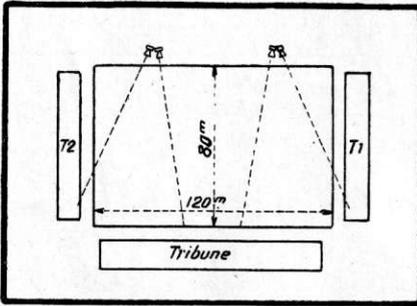


Fig. 80. Installation sonore sur un terrain de football.

Le bruit de foule sur un terrain sportif peut être très élevé ; aussi il est bon de prévoir une intensité sonore de 85 décibels.

La distance entre les haut-parleurs et la tribune étant de 100 mètres environ, on trouve au moyen de l'abaque de la figure 69, que la *puissance acoustique* fournie par chaque haut-parleur devra être de 2 watts.

Pour l'ensemble des 4 haut-parleurs cela donne 8 watts ; on prendra donc un amplificateur pouvant fournir 120 à 150 watts modulés.

Dans les *stades*, il est assez difficile d'effectuer de bonnes installations sonores, à cause des grandes étendues de surface à couvrir ; on a récemment proposé d'utiliser de puissants haut-parleurs dont la partie inférieure est *enterrée*, comme le représente la figure 81.

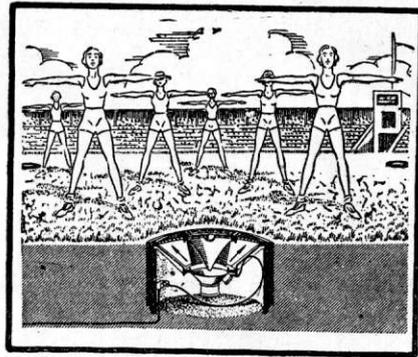


Fig. 81. Installation de haut-parleur souterrain dans un stade.

Clocher. — Tout village peut maintenant avoir un carillon dans son clocher. Il suffit pour cela de quelques disques, d'un amplificateur de 80 à 100 watts, et de quatre bons haut-parleurs directionnels du type 15 à 20 watts.

Les haut-parleurs seront disposés en croix, dans le clocher, et les axes de ceux-ci seront légèrement inclinés sur l'horizon (voir figure 82).

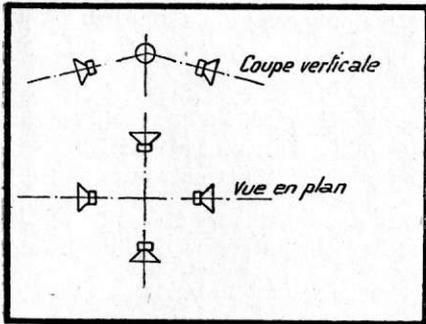


Fig. 82. Disposition de quatre haut-parleurs dans un clocher.

Dans le premier cas un électro-aimant M fait vibrer une lame de ressort qui provoque alternativement la fermeture des contacts K_1 et K_2 . L'enroulement secondaire est donc traversé par un courant alternatif qui est redressé par une valve V et filtré par une cellule du type classique.

Dans le second cas (figure 84) le redressement de la tension secondaire est réalisé en plaçant sur le vibreur, le jeu supplémentaire de contacts K_3 et K_4 ; la tension anodique est obtenue après filtrage entre les bornes C et D .

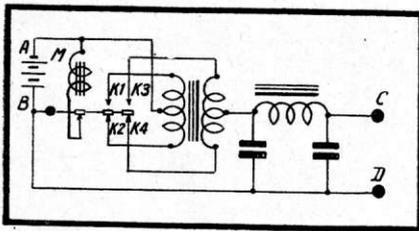


Fig. 84. Autre type de vibreur.

Lorsque le premier schéma est adopté, il est nécessaire d'employer comme valves, des tubes du type $EZ 2$ ou $6X 5$, qui sont chauffés au moyen de la batterie et qui sont prévus pour pouvoir supporter une tension de 400 volts entre le filament et la cathode. Nous devons cependant faire remarquer que le débit maximum de ces valves n'est pas très élevé, et qu'il faudra donc, si l'on désire alimenter un amplificateur assez puissant, prévoir deux valves en parallèle.

Installation sur automobile.

— Une installation sonore sur voiture automobile nécessite, comme toute autre, une alimentation en courant continu sous haute et basse tension. Comme source d'énergie, l'auto dispose de la batterie de bord qui est suivant les cas, 6 ou 12 volts. Une telle batterie permettra donc le chauffage des filaments des différents tubes de T. S. F. de la série 6,3 volts.

On peut, à partir de la basse

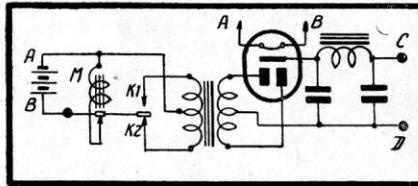


Fig. 83. Alimentation par vibreur pour installation sur automobile.

On peut, à partir de la basse tension (6 ou 12 volts), obtenir une tension continue de 250 volts par l'emploi de dispositifs à vibreur dont les figures 83 et 84 donnent deux schémas de principe.

On peut, à partir de la basse tension (6 ou 12 volts), obtenir une tension continue de 250 volts par l'emploi de dispositifs à vibreur dont les figures 83 et 84 donnent deux schémas de principe.

Pour obtenir un bon rendement, il sera très utile que le dernier étage de l'amplificateur fonctionne en classe *B* ou en classe *A B*. On emploiera par exemple deux *EL 5* ou deux *EL 6* qu'on polarisera de façon à avoir, au repos, pour l'ensemble des tubes, un courant cathodique total de 80 mA. Comme haut-parleur, il est essentiel d'employer un ou plusieurs haut-parleurs à *aimant permanent* du type 12 à 15 watts, à *effet directif*, qui seront placés sur le toit de la voiture.

Il sera utile, surtout si l'amplificateur est précédé d'une lampe préamplificatrice, d'éviter que *les parasites* du moteur n'altèrent le fonctionnement de l'amplificateur. On prendra donc les précautions suivantes :

1°) On placera l'amplificateur, ou tout au moins les étages de tension de celui-ci, dans un coffret métallique destiné à servir de blindage.

2°) On munira de filtres les connexions reliant la batterie à l'amplificateur.

3°) On placera un condensateur de quelques microfarads, entre le châssis et le côté « batterie » de la bobine d'allumage.

4°) On placera enfin un condensateur de 0,5 à 1 μ F entre la dynamo et le châssis.

APPENDICE

LES LAMPES A ÉMISSION SECONDAIRE 4.696 ET EE 1 ET LEUR UTILISATION EN AMPLIFICATRICE AUTODEPHASEUSE

Principe de construction. — La lampe 4.696 construite par *Minivatt-Dario* comprend, (voir fig. 1), quatre électrodes principales :

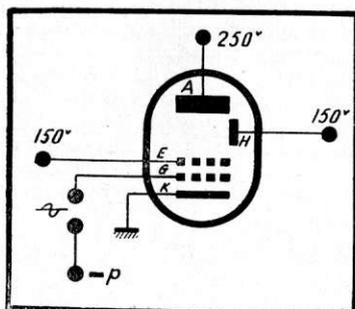


Fig. 1. Représentation schématique de la lampe 4.696

une cathode *K*
une grille de commande *G*
une anocathode, ou cathode froide, *H*
une anode *A*
et trois écrans (dont une grille-écran *E*).

Les électrons émis par la cathode, et dont le nombre est commandé par la tension de la grille de commande, tombent sur l'anocathode *H* après avoir traversé la grille écran *E*. Sous l'action du choc de ces électrons, ou électrons *primaires*, sur l'anocathode, un certain nombre d'autres électrons ou électrons *secondaires*, sont libérés de l'anocathode et sont dirigés au moyen d'un champ électrostatique convenable vers l'anode *A*.

Comme un électron primaire peut donner naissance à plusieurs électrons secondaires, on conçoit que le phénomène de l'émission secondaire permette une augmentation considérable de la pente de la lampe ; pratiquement on peut obtenir facilement des pentes de l'ordre de 10 à 14 mA/V.

Caractéristiques générales. — Voici les caractéristiques de la 4.696 :

Chauffage	6,3 V, 0,6 A
Tension anode	250 V
Tension grille écran	150 V
Tension anocathode	150 V
Tension de polarisation :	-2,5 -2,62
Courant d'anode en mA	8 6,5
Courant d'anocathode	6 5
Courant d'écran	0,7 0,5 à 0,6

Applications. — La résistance interne de la 4.696 est relativement faible : 100.000 ohms environ ; de plus cette lampe est du type à pente fixe ; il ne saurait donc être question de l'employer comme amplificatrice *HF* ou *MF* sur les récepteurs de radiotéléphonie.

Par contre la 4.696 est toute indiquée pour être utilisée :

- 1° comme amplificatrice *HF* ou *MF* dans les récepteurs de *télévision*.
- 2° comme amplificatrice de tension dans les amplificateurs de *vidéo*fréquence.
- 3° et enfin comme amplificatrice simple, ou comme amplificatrice *autodéphaseuse*, dans les amplificateurs d'audiofréquence.

La lampe *EE 1* possède des caractéristiques identiques à la 4.696, sauf en ce qui concerne la résistance interne qui est de 50.000 ohms.

Utilisation en amplificatrice autodéphaseuse. — La partie gauche du schéma de la figure 2 donne le mode d'emploi de la 4.696 en *amplificatrice autodéphaseuse*. On remarquera tout d'abord que la charge anodique est de 8.000 ohms et que la charge de l'anocathode est constituée des deux résistances de 15.000 et 30.000 ohms, dont la résultante, au point de vue composante alternative, est de 10.000 ohms.

Comme le nombre d'électrons secondaires quittant l'anocathode H est sensiblement supérieur au nombre d'électrons primaires arrivant sur cette électrode, il s'ensuit que le courant résultant I_H d'anocathode circule en sens inverse du courant I_A d'anode. Il y a évidemment, d'une part une différence d'intensité entre ces deux courants, et d'autre part une différence entre les pentes du courant anodique et du courant d'anocathode ; l'on démontre que la pente du courant d'anocathode est approximativement les 4/5 de la pente du courant d'anode ; dans ces conditions, on voit qu'il suffit de placer dans le circuit d'anocathode une résistance égale aux 5/4 de la résistance anodique pour obtenir aux points s_1 et s_2 des oscillations d'amplitude égale et déphasées de 180 degrés.

On remarquera de plus que le retour de la résistance de 15.000 ohms s'effectue non à la masse, mais sur la cathode K de la lampe. Il s'ensuit une plus grande précision dans l'obtention de la tension de polarisation automatique, et la possibilité de soumettre le tube 4.696 à un effet de contre réaction. Pour cela il suffit de ne pas shunter (ou de ne schunter qu'en partie) la résistance R d'autopolarisation.

Comme la polarisation d'une telle lampe est assez critique, on prendra comme résistance R une résistance à 2 colliers de 300 à 400 ohms (type modèle réduit). On commencera par ajuster le premier collier de façon à ce que l'anocathode soit bien portée, au repos, à 150 V. Le réglage du deuxième collier est moins critique : son rôle est de permettre de faire varier le taux de contre-réaction.

Un autre procédé permettant d'obtenir une constance aussi bonne que possible du courant anodique consiste à appliquer au circuit de grille de commande une *contre-polarisation* d'une dizaine de volts et à placer dans le circuit cathodique une résistance *fixe* de valeur convenable : 1.000 ohms, lorsque le schéma utilisé dérive du schéma de la figure 2.

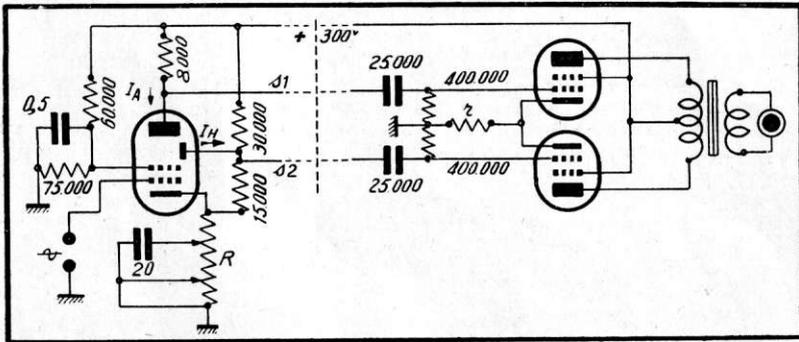


Fig. 2. Schéma d'utilisation de la 4.696 dans un amplificateur push-pull, classe AB₁

L'ensemble de la figure 2 montre comment peut être réalisé un excellent amplificateur d'audiofréquence constitué d'un push-pull classe AB₁ de 2 lampes de puissance, attaqué par une amplificatrice autodéphaseuse.

Pour deux EL2, qu'on peut d'ailleurs remplacer par une ELL 1, la résistance commune d'autopolarisation r sera de 600 à 660 ohms.

Avec des EL 3 N, on prendra $r = 200$ ohms.

On pourra aussi faire suivre la 4.696 de deux EL 5, ou mieux de deux 4.654 (dont les caractéristiques, voisines de celles de l'EL 5, ont été spécialement étudiés pour l'amplification de puissance) ; dans ce cas on prendra $r = 175$ ohms.

Enfin il est encore possible d'utiliser deux EL 6 ; la résistance r sera alors de 100 ohms, et il sera bon de monter un dispositif supplémentaire de contre-réaction entre le bobine mobile du haut parleur et la cathode K de la lampe à émission secondaire.

SOMMAIRE DE QUELQUES OUVRAGES EN VENTE A LA « LIBRAIRIE DE LA RADIO »

COMMENT ALIGNER UN RÉCEPTEUR MODERNE, par Roger R. CAHEN

Chapitre I. Généralités — *Chapitre II.* Les Mesures : Détermination des maxima en haute et basse fréquence — *Chapitre III.* Les Appareils : l'Hétérodyne modulée ; l'Étalonnage de l'Hétérodyne en G.O. et P.O. ; l'Étalonnage en O.C. ; le Voltmètre à lampe — *Chapitre IV.* L'Alignement en commande unique — *Chapitre V.* L'Alignement d'un récepteur à amplification directe — *Chapitre VI.* L'Alignement des superhétérodynes : Alignement de l'amplificateur M.F. ; des circuits d'accord et de changement de fréquence ; Méthode du condensateur séparé Alignement en G.O. ; en O.C. ; Détermination d'une self oscillatrice. Conclusion.

Un ouvrage de 62 pages, 30 figures, prix 10 frs (*port et emballage* : France 2 frs 50 ; Etranger 4 frs).

LE DÉPANNAGE MÉTHODIQUE DES RÉCEPTEURS MODERNES, 3^e Edition

par Roger R. CAHEN

Chapitre I. Le Dépannage — *Chapitre II.* Vérifications mécaniques. — *Chapitre III.* Vérifications statiques — *Chapitre IV.* Appareils nécessaires aux vérifications statiques — *Chapitre V.* Vérifications dynamiques — *Chapitre VI.* L'Hétérodyne modulée HRC2 — *Chapitre VII.* Le Dépannage, Ordre des Vérifications — *Chapitre VIII.* Les Pannes symptomatiques, fonction par fonction — *Chapitre IX.* La commande automatique de volume — *Chapitre X.* Le dépannage de la C. A. V. — *Chapitre XI.* L'Outillage du dépanneur. — *Chapitre XII.* Les Mesures — *Chapitre XIII.* Tableaux de brochage des lampes européennes et américaines. Conclusion.

Un ouvrage de 72 pages, 43 figures et nombreux tableaux, prix 15 francs (*port et emballage* : France 2 frs 75 ; Etranger 4 frs).

LA RÉCEPTION DES ONDES COURTES, par Edouard CLIQUET, FSZD

Chapitre I. Généralités sur les Récepteurs d'Ondes courtes : Les qualités des récepteurs ; les récepteurs à amplification directe (le couplage d'antenne, l'amplification haute fréquence, les caractéristiques des selfs, le blindage, la détection, l'amplification basse fréquence et l'alimentation ; les récepteurs à changement de fréquence (l'amplification haute fréquence, le changement de fréquence, l'amplification moyenne fréquence, la détection et l'amplification, basse fréquence, les filtres moyenne fréquence à quartz, les dispositifs étouffeurs automatiques de parasites : Lamb, simplifié, les oscillateurs M.F. de battement).

Chapitre II. Les Récepteurs de radiodiffusion sur Ondes courtes : les gammes de radio-diffusion sur O.C. ; un récepteur à amplification directe. (étude du schéma, réalisation, réglage, quelques variantes au montage primitif) ; un récepteur à changement de fréquence (étude du schéma, réalisation).

Chapitre III. Les récepteurs de Trafic sur Ondes courtes : les gammes allouées aux amateurs ; les récepteurs de bande ; un récepteur de bande à amplification directe (étude du schéma, réalisation, réglage, étalonnage ; transformation d'un récepteur ordinaire en récepteur de bande ; un récepteur de trafic à changement de fréquence (étude du schéma, réalisation, réglage).

Chapitre IV. Les antennes de réception pour Ondes courtes : principe des antennes anti-parasites ; différents types (doublet, de la G.E., double doublet de la R.C.A., toile d'araignée) ; Renseignements pratiques sur le montage des antennes.

Chapitre V. Toute une série de schémas de récepteurs.

Un ouvrage de 128 pages, 104 figures, prix 20 francs (*port et emballage* : France 3 frs ; Etranger 4 frs 50).

PRATIQUE ET THÉORIE DE LA T.S.F., 6^e Edition, par Paul BERCHE.

Contre 1 fr. 50 en timbre-poste, demander à la « Librairie de la Radio » la table des matières minutieusement détaillée de ce remarquable ensemble de vulgarisation que les meilleurs techniciens ont qualifié de « Classique de la Radio ».

Un ouvrage de 1120 pages, 1064 figures ou tableaux, prix 100 francs (*port et emballage* : France 7 francs ; Etranger 13 frs).

LE TRAFIC D'AMATEUR SUR ONDES COURTES, par Edouard CLIQUET, FSZD.

Chapitre I. Législation française de l'Emission d'Amateur : Conditions techniques et d'exploitation des postes privés ; Conditions essentielles d'autorisation et d'usage des stations d'Amateurs (caractéristiques techniques, Certificat d'opérateur, condition d'exploitation, taxe annuelle de contrôle, postes des 4^e et 5^e catégories) ; échange de communications entre stations d'amateurs de pays différents (échanges autorisés, non autorisés, cas spéciaux) ; formalités à remplir pour l'obtention d'une autorisation (formule 706 ; délivrance des certificats d'opérateur (programme des examens).

Chapitre II. Ce que tout amateur-émetteur doit connaître : les signaux Morse (alphabet, lecture au son, manipulation, écoute au son, tableau de traduction) ; le code Q ; les abréviations ; les signaux de service ; le code R.W.T. ; le code R.S.T. ; les préfixes de nationalité ; les préfixes des stations d'amateurs. (classement par pays, par continent, par ordre alphabétique) ; Répartition des districts par pays.

Chapitre III. Comment trafiquer ? : les différents modes de trafic, en télégraphie, en téléphonie. (alphabets anglais, allemand, espagnol ; le cahier d'écoute ; les cartes Q.S.L.

Chapitre IV. Renseignements pratiques divers : répartition des longueurs d'onde au-dessous de 200 mètres ; répartition des stations américaines (amateurs) ; Le code Z ; les indicatifs des navires français ; le code Risafmone ; concordance de l'heure dans le monde ; où adresser ses Q.S.L. ? ; les diplômes étrangers pour amateurs-émetteurs (le W.A.C., le W.B.E., le H.B.E., le D.S.M., le W.A.Z., le W.A.S.) ; planisphère des fuseaux horaires.

Un ouvrage de 110 pages, tableaux et schémas, prix 20 francs. (Port et emballage : France 2 frs 50 ; Etranger 4 frs).

« MANUELS DE SERVICE », par A. PLANÉS-PY et J. GÉLY.

N° 1) **Traité d'Alignement Pratique des Récepteurs à Commande Unique**, 9^e Edition.

Chapitre I. Explication des termes — *Chapitre II.* Ce qu'il faut pour aligner un appareil. — *Chapitre III.* L'Alignement des récepteurs à amplification directe — *Chapitre IV.* Pour comprendre l'alignement des superhétérodynes — *Chapitre V.* L'Alignement des superhétérodynes : la moyenne fréquence — *Chapitre VI.* L'Alignement des superhétérodynes : les circuits d'accord et d'oscillation. — *Chapitre VII.* Quelques considérations sur les bobinages. Complément : Adaptation des bobinages.

Un volume 125 pages, nombreuses figures, prix 40 frs (port et emballage : France 3 frs 50 ; Etranger 5 frs).

N° 2) **L'Hétérodyne Modulée Universelle** « Eco » type « A.W. 3 », 5^e Edition.

Chapitre I. Caractéristiques de l'Appareil. — *Chapitre II.* Schéma ; Eléments de montage — *Chapitre III.* Réalisation et câblage — *Chapitre IV.* Etaonnage. *Chapitre V.* L'Hétérodyne A.W. 3 sur secteur alternatif. — *Chapitre VI.* L'Hétérodyne H.S. 3 à fréquences fixes et à sélection d'harmoniques. Appendice.

Un ouvrage de 133 pages, 50 figures, prix 33 frs (port et emballage : France 3 frs 25 ; Etranger 5 frs).

N° 3) **Contrôle et Vérification Pratique des Lampes**, Lampemètres et Mesures, 3^e Edition.

Chapitre I. — Exposition — *Chapitre II.* Description du lampemètre Universel « UM5 » — *Chapitre III.* Réalisation de l'Instrument — *Chapitre IV.* Contrôle, Vérification et mesures des tubes — *Chapitre V.* Autres emplois du lampemètre « UM5 », Appendice.

Un ouvrage de 83 pages, 15 figures, 15 tableaux, prix 30 frs (port et emballage : France 3 frs 25 ; Etranger 5 frs).

N° 4) **L'Antenne Anti-parasites « Doublet »**, type « A.W.D. », 2^e Edition.

Constitution. Antenne. Coupleur d'antenne. Descente. Coupleur du récepteur. Installation. Appendice. Compléments.

Un ouvrage de 30 pages, nombreux schémas, prix 16 frs (port et emballage : France 2 frs 50 ; Etranger 4 frs).

N° 5) **Mesures Pratiques des Tensions Alternatives**. Voltmètres à redresseur et à lampes, 2^e Edition

Chapitre I. Mesures courantes — *Chapitre II.* Les voltmètres à lampes — *Chapitre III.* Le voltmètre à lampes RV.4 — *Chapitre IV.* Le voltmètre à lampes MV3 — *Chapitre V.* Usages du voltmètre à lampes.

Un ouvrage de 138 pages, 62 figures, prix 33 frs (port et emballage : France 3 frs 25 ; Etranger 5 frs).

Contre 1 fr. 50 en timbre-poste, demander à la « Librairie de la Radio » la table des matières détaillée de chacun de ces « Manuels ».



S. E. T. S. F.

LIBRAIRIE DE LA RADIO

101, Rue Réaumur, PARIS - 2°

Tél. : Opéra 89-62

C. Ch. post. Paris 2026-99

I. - Editions de la "LIBRAIRIE DE LA RADIO" PRIX	Prix de Port et d'Emballage		
	France, Colon. et Protectorat	Etranger	
Pratique et Théorie de la T. S. F., (Paul Berché)	100	7	13
Apprenez à nous servir de la règle à calcul (P. Berché)	10	2	4
Le dépannage méthodique des récepteurs modernes (R. Cahen)	15	2.75	4
Comment aligner un récepteur moderne (R. Cahen)	10	2.50	4
Les Situations de la T. S. F.	3	2	3.50
L'Indicateur du Sans-Filiste (R. Domine)	6	2.75	4
La Réception des ondes courtes (E. Cliquet)	20	2.75	4.50
Le Trafic d'amateur sur ondes courtes (E. Cliquet)	20	2.50	4
L'Emission d'amateur sur ondes courtes (E. Cliquet)		En préparation	
Notions de Mathématiques et de Physique indispensables pour comprendre la T. S. F. (L. Boë)	15	2.50	4
La Construction des petits transformateurs (M. Douriau)	30	3.25	5
Les Installations sonores (L. Boë)	30	3.25	5
Tubes cathodiques et oscillographes (R. Cahen)		En préparation	

II. - Ouvrages recommandés par la "LIBRAIRIE DE LA RADIO"			
La T. S. F. à la portée de tous (H. Denis) : TOME I	15	2.75	4.50
TOME II	15	3.25	5
Les deux tomes	30	5	7
La Télévision pratique (H. Denis)	15	3.25	5
Ce qu'il faut savoir en électricité (P. Tharrion) :			
TOME I : Lois générales	20	3.25	5
TOME II : Magnétisme, Induction, Machines	20	3.25	5
TOME III : Courants alternatifs monophasés	18	2.75	4.50
TOME IV : Courants alternatifs polyphasés		En préparation	
TOMES I, II, III réunis	58	5	8
Règle à calcul Electro-Henmi 29 cm. (modèle de bureau)	200	5	10
Règle à calcul Electro-Henmi 15 cm. (modèle de poche)	190	5	10
Calcul Radio-électrique (J.-N. Lombas). 1. Règle à Calcul. (Edition Populaire)	25	2.75	4.50
Calcul Radio-électrique (J.-N. Lombas). 2. Règle de dépannage	15	2.50	4
Manuels de service (A. Planès-Py et J. Gély) :			
1° Traité d'alignement pratique des récepteurs et Adaptation des Bobinages	40	3.50	5
2° L'hétérodyne modulée universelle « Eco » type A. W. 3	33	3.25	5
3° L'antenne antiparasite « Doublet »	16	2.50	4
4° Contrôle et vérification des lampes-Lampemètre	30	3.25	5
5° Mesures pratiques des tensions alternatives	33	3.25	5

III. - Autres ouvrages en vente à la "LIBRAIRIE DE LA RADIO"			
L'Art du dépannage et de la mise au point (L. Chrétien)	18	3.25	5
L'Art des mesures pratiques en T. S. F. (L. Chrétien)	18	3.25	5
Radiodépannage et mise au point (De Scheppe)	27	3.25	5
Pour poser soi-même la lumière électrique (L. Michel)	7.50	2.50	4
Pour poser soi-même les téléphones priés (L. Michel)	7.50	2.50	4
Les redresseurs de courant (de Eigneux)	12	2.50	4
Les ardoèmes (Lugny)	6	2.50	4
Les résistances en T.S.F.	6	2.50	4
Les condensateurs (Lugny)	5	2.50	4
La construction des récepteurs de télévision (Aschen)	19.20	2.75	4.50
Mesures du Radiotechnicien (H. Gilloux)	18	2.75	4.50
Electricité-Radio-télévision (El Kerkhi et R. Labadie)	10	2	4
Cinéma sonore (Vellard)	75	5	7
Les cellules photo-électriques (V. K. Zworykin)	72	3	10

LA LIBRAIRIE DE LA RADIO se charge de procurer à ses clients tout ouvrage radiotechnique édité en France ou à l'étranger ne figurant pas dans la liste ci-dessus

IL N'EST PAS FAIT D'ENVOI CONTRE REMBOURSEMENT

LA LIBRAIRIE DE LA RADIO est Agent de Vente agréé du Service Géographique de l'Armée.