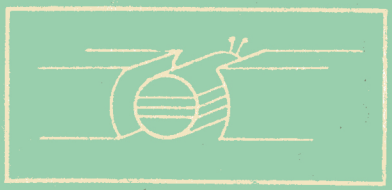
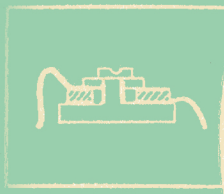
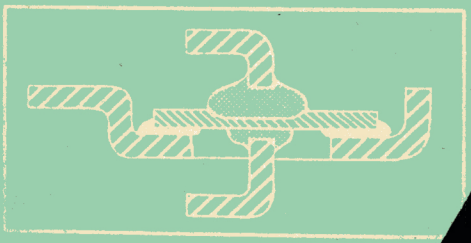
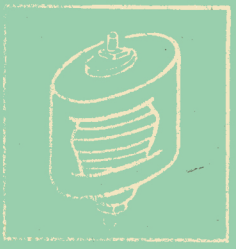








COURS DE TECHNOLOGIE RADIO

TOME II

Matériels basse fréquence et d'exploitation radio

MICHEL BIBLOT

Eyrolles
EDITEUR-PARIS

COURS
DE
TECHNOLOGIE RADIO

TOME 2

MATÉRIELS BASSE FRÉQUENCE
ET D'EXPLOITATION RADIO

Cours de Technologie Radio

(*en 2 volumes*)

En vente — Tome I.

Matières d'œuvre et pièces détachées, 152 pages, 15,5 × 24,5, 1960.

COURS

DE

TECHNOLOGIE RADIO

TOME 2

MATÉRIELS BASSE FRÉQUENCE

ET D'EXPLOITATION RADIO

par

Michel BIBLOT

Inspecteur Technique à la Radiodiffusion-Télévision Française

ÉDITIONS EYROLLES

61, Boulevard Saint-Germain - PARIS 5e

1960

C. 1960 EYROLLES

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 11

PREMIERE PARTIE

Matériel basse-fréquence

CHAPITRE PREMIER. — Bobinages à noyau de fer pour basse fréquence 15

A. — Transformateurs d'alimentation 15
Généralités sur la construction des transformateurs - Ecran électrostatique - Caractéristiques des transformateurs d'alimentation - Normes C.-98-1 applicables aux transformateurs.

B. — Selfs de filtrage 23

C. — Transformateurs B. F. 24
Généralités - Principaux types de transformateurs B. F. - Caractéristiques particulières aux transformateurs B. F.

CHAPITRE II. — Haut-parleurs et écouteurs 31

A. — Haut-parleurs électromagnétiques dits à « palette » 31

B. — Haut-parleurs électrodynamiques 32
Constitution - Théorie élémentaire du fonctionnement - Caractéristiques des « H. P. dynamiques ».

C. — Haut-parleurs spéciaux 39
H. P. coaxiaux à une ou deux bobines mobiles ; H. P. jumelés ; H. P. triaxiaux ; H. P. à pavillons multi-cellulaires ; H. P. à double membrane ; H. P. extra-plats à moteur inversé ; H. P. pour interphone ; H. P. à membrane exponentielle.

D. — Haut-parleurs ioniques ou ionophones 40

E. — Haut-parleurs électrostatiques ou à condensateurs 41

F. — Moteurs à chambre de compression 42

G. — Normes françaises 98-2 applicables aux H. P. électrodynamiques. 43

H. — Données numériques sur les H. P. dynamiques 45

I. — Ecouteurs électromagnétiques 49

J. — Ecouteurs électrodynamiques 49

K. — Ecouteurs électrostatiques 50

CHAPITRE III. — Lecteurs phonographiques dits « Pick-up » 51

I. — Système électrodynamique 52

II. — Système électromagnétique 54

III. — Système piézoélectrique 56

IV. — Corrections des courbes de réponse des lecteurs 59

V. — Principaux facteurs altérant la lecture 60

VI. — Caractéristiques des éléments entrant dans la construction des tourne-disques 62

VII. — Les disques et leur enregistrement 65

CHAPITRE III. — Les microphones 68

Microphone à charbon 69

Microphone électromagnétique 70

Microphone électrodynamique 70
a) Microphones à bobine mobile ; b) Microphones à ruban.
Microphone électrostatique 75
Microphone piézoélectrique 76

DEUXIEME PARTIE

Tubes électroniques et transistors

CHAPITRE PREMIER. — Les tubes électroniques 81
I. — Différentes sortes de filaments 81
A) Filaments à chauffage direct - B) Filaments en tungstène thorié - C) Cathodes à chauffage indirect - D) Cathodes froides.
II. — Différents types de lampes 87
A) Ballon verre, culot isolant rapporté - B) Tubes tout verre - C) Verre métal - D) Tout métal.
III. — Description des différents éléments constituant les lampes 88
Grilles - Plaques - Getter - Ballon - Assemblage des éléments.
IV. — Principaux types de tubes électroniques normalisés 92
Série européenne - Série américaine - Code des appellations : des lampes transcontinentales ; des lampes à culot américain ou octal ; des tubes à rayons cathodiques et cathoscopes ; des cellules photoélectriques ; des stabilisateurs de tension - Caractéristiques générales des différents types de tubes électroniques - Construction d'une lampe moderne - Principaux types de tubes électroniques recommandés - Tubes électroniques à faible tension anodique.

CHAPITRE II. — Transistron (France) - Transistor (U.S.A.) - Criston (Mazda) 104
Principe - Fonctionnement - Présentation - Caractéristiques - Fabrication des transistors - Applications.

CHAPITRE III. — Supports des tubes 108
Matériaux utilisés - Pertes et résistance des contacts - Supports antivibratoires - Normalisations applicables aux supports de tubes électroniques 98-7.

TROISIEME PARTIE

Matériel annexe

CHAPITRE PREMIER. — Antennes et cadres 115
A. — Antennes normales pour la réception des ondes courtes, petites ondes et grandes ondes 115
Introduction - Rappels - Utilisation de la terre comme antenne - Différents types d'antenne de réception pour postes fixes - Antennes pour voitures.
B. — Antennes pour T.V. ou F.M. 118
a) doublet ; b) antennes trombonnes ou repliées au folded.

C. — Prise de terre 119
Construction.
D. — Cadres 120
1°) Cadres à haute impédance ; 2°) Cadres à basse impédance ; 3°) Cadres blindés ; 4°) Cadres à noyau magnétique.
E. — Antennes fictives 123

CHAPITRE II. — Contacteurs ou commutateurs 124
Généralités - Types - Utilisations - Caractéristiques des commutateurs rotatifs - Matériaux utilisés - Normes 98-8 applicables aux commutateurs - Exemple de réalisation industrielle.

CHAPITRE III. — Fils et câbles 129
Généralités - Normalisations - Fils de cuivre émaillés - Exemples de réalisations commerciales - Code des couleurs des fils de câblage.

QUATRIEME PARTIE

Outillage de contrôle électrique

CHAPITRE PREMIER. — Appareils de mesure 137
Généralités 137
Classification des appareils 137

CHAPITRE II. — Appareils de dépannage 143

CHAPITRE III — Climatisation des appareils de mesure 148

CHAPITRE IV. — Normalisation des appareils de mesure 151

CINQUIEME PARTIE

Normalisations et rappels

CHAPITRE PREMIER. — Normalisations - Spécifications et règles techniques 157
Observation préliminaire.

CHAPITRE II. — Propriétés minima que doivent présenter les récepteurs radiophoniques 160
Normes françaises C. 122 160

CHAPITRE III. — Matériel radioélectrique - Normes N.F.C. 49 actuellement C 92-110 166
Règles de sécurité des appareils radiophoniques et amplificateurs reliés à un réseau de distribution électrique 166
A) Règles de construction - B) Protection contre le toucher - C) Protection contre un usage négligent - D) Raccordement aux réseaux - F) Fusibles.
Vérification des règles de sécurité 167

CHAPITRE IV. — Rappels sur le montage et le câblage des appareils radioélectriques 169

Disposition des éléments - Section et isolement des conducteurs à utiliser - Câblage - Ebénisterie.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

TOME II

Liste restreinte des ouvrages, revues spécialisées, publications et documentations techniques de marques commerciales auxquels les lecteurs pourront se reporter avec profit .. 175

INTRODUCTION

Cet ouvrage constitue le deuxième tome de notre Cours de Technologie Radioélectrique, le précédent étant principalement consacré au petit matériel radio électrique d'usage courant.

La première partie est consacrée au matériel propre à la basse fréquence : transformateurs d'alimentation et B.F., haut-parleurs, microphones, lecteurs de disques.

La deuxième partie est consacrée aux tubes électroniques, leur importance justifiant leur traitement comme une partie distincte du matériel radioélectrique courant.

La troisième partie est consacrée à l'outillage de contrôle électrique. Elle comprend l'étude des appareils de mesure proprement dits et celle des appareils de dépannage. Nous avons abordé dans ce chapitre l'étude de la tropicalisation ; en effet, c'est pour les appareils de mesure qu'elle est la plus difficile à réaliser ; les principes retenus sont donc applicables à d'autres matériels radioélectriques. Le lecteur ne s'étonnera pas de trouver également un développement assez important de la normalisation, celle-ci étant peut-être, pour les appareils de mesure, plus nécessaire que pour tout autre matériel. Les praticiens du dépannage ont, depuis très longtemps, demandé ces normalisations dont l'absence leur a créé souvent bien des difficultés.

Nous espérons, avec ce cours de technologie radio, avoir contribué à combler une lacune dans les ouvrages consacrés à la radioéelctricité pratique ; nos lecteurs seront juges de notre travail.

MICHEL BIBLOT.

PREMIERE PARTIE

MATÉRIEL BASSE FRÉQUENCE

CHAPITRE PREMIER

BOBINAGES A NOYAU DE FER POUR BASSE FREQUENCE

A. — TRANSFORMATEURS D'ALIMENTATION

Généralités sur la construction des transformateurs.

Constitution du circuit magnétique :

Pour éviter les pertes par échauffement et par rayonnement, on utilise des tôles au silicium dont les pertes sont de 2,6 à 3 watts/kilogramme/50 p.s. pour une induction maximum de 10 000 gauss.

Les tôles au nickel commencent à être utilisées professionnellement.

Les tôles de transformateurs sont obtenues par laminage ; on réalise des tôles, dont l'épaisseur peut atteindre 20 microns. Pour les transformateurs B. F., on utilise des tôles anhyster, permalloy ou mumétal. Ces tôles sont fragiles et quelquefois instables mécaniquement. Elles ne supportent ni les chocs, ni les efforts de cisaillement ou de flexion. Le traitement thermique final est effectué sur les tôles découpées. Le montage de ces tôles doit être fait avec beaucoup de soin pour éviter de les plier, ce qui les rendrait inutilisables. Pour éviter les courants de Foucault, l'une des faces des tôles est rendue isolante par oxydation ou par collage d'une mince feuille de papier de soie.

Formes des noyaux. — On utilise des tôles dont les profils sont : droits, en L, en U, en E et même, dans certains cas, en forme de tore. Ces différentes formes sont obtenues mécaniquement à l'aide de presses à découper.

Bobinages :

Ils sont réalisés en fil émaillé, bobiné à spires jointives. Les différentes couches sont isolées entre elles par des feuilles de papier.

Pour réduire l'espace perdu, on utilise quelquefois des fils méplats ou même carrés.

Isolement des bobinages. — Les papiers utilisés dans ce but jouent un double rôle :

a) ils augmentent la rigidité diélectrique ;

b) ils assurent la régularité mécanique du bobinage.

L'épaisseur du papier a une grande influence sur la qualité des transformateurs B.F. On utilise des papiers calibrés spéciaux, imprégnés d'huile. Les différents enroulements sont isolés par plusieurs couches de papier.

Prises sur les bobinages. — Les prises sur les enroulements sont constituées par des lames de clinquant, ou des tresses, ou des fils souples soudés sur les bobinages.

Bobinages à deux colonnes. — Le circuit magnétique comporte, dans ce cas, deux noyaux. Chaque enroulement du transformateur est scindé en deux parties égales, bobinées sur chacune des deux colonnes. Ce procédé a les avantages suivants :

a) économie de cuivre par réduction de la spire moyenne ;

b) réduction des selfs de fuite pour les transformateurs B. F.

Fractionnement des bobinages. — Il n'est pas utilisé dans les transformateurs d'alimentation de faible puissance. On le pratique dans les transformateurs B. F. de grande qualité, sous forme de bobinages en « galette » ou en « sandwich » (fig. 1, 2).

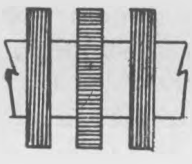


Fig. 1. — Bobinage en « galette ».

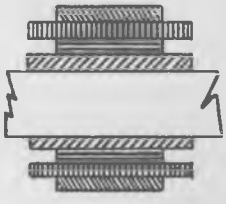


Fig. 2. — Bobinage en « sandwich ».

Le fractionnement des bobinages réduit considérablement les selfs de fuite.

Ecran électrostatique.

Généralités :

La capacité primaire-secondaire, existant entre ces bobinages, produit entre eux un couplage statique qui est très gênant.

Transformateur d'alimentation. — Cette capacité parasite assure la transmission des parasites véhiculés par le secteur.

Transformateur B. F. — Le couplage capacitif entre primaire et secondaire provoque le déséquilibre du transformateur et modifie sa courbe de réponse.

Dans les transformateurs pour étage push-pull, fonctionnant avec contre-réaction, le couplage capacitif peut être plus marqué entre le secondaire et l'une des extrémités du primaire. Ce phénomène peut provoquer un accrochage. En effet, la tension ramenée par ce déséquilibre capacitif est en opposition de phase avec celle due au couplage magnétique. Il se produit donc une réaction provoquant un accrochage sur une fréquence pouvant d'ailleurs être inaudible.

Rôle de l'écran électrostatique :

Pour diminuer fortement le couplage capacitif primaire-secondaire, on insère, entre les deux, un écran électrostatique (fig. 3). Le principe de l'écran est très simple : les capacités du primaire et du secondaire par rapport à l'écran se trouvant en série, la capacité de couplage devient donc plus petite que la plus petite des capacités.

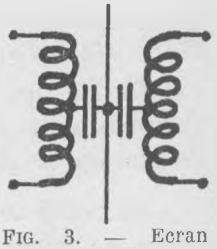


FIG. 3. — Ecran électrostatique.

Construction des écrans électrostatiques :

a) *Transformateurs d'alimentation :* Ils sont constitués par une couche de fil isolé dont une extrémité est reliée à la masse.

b) *Transformateurs B. F. :* L'écran est constitué par une feuille métallique formant un circuit électrique ouvert (les deux bords de la feuille de métal doivent être isolés l'un par rapport à l'autre).

On utilise, bien entendu, une feuille de métal non magnétique, tel que clinquant ou cuivre, de quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur.

Dans les transformateurs B. F., l'écran est isolé de la masse métallique et des enroulements, et réuni à une borne extérieure, pour être connecté à la masse modulation.

Imprégnation :

Les normes applicables aux transformateurs prévoient la protection des enroulements contre l'humidité. Cette protection est assurée, par imprégnation pour les petits transformateurs et par bain d'huile pour le matériel industriel. Dans les transformateurs à rigidité diélectrique élevée, on emploie la bakélite ou le compound (mélange de résine et de vaseline). La paraffine est déconseillée, car elle présente souvent des traces d'acide qui produiraient des oxydations et même des ruptures dans les bobinages. La résine est également déconseillée pour l'imprégnation du fil fin, car, en refroidissant, elle provoquerait des tensions mécaniques par suite du retrait, ce qui amènerait la rupture du fil.

Rayonnements magnétiques :

Comme la valeur de l'induction dans le circuit magnétique est élevée, la faible perméabilité magnétique des noyaux est la cause d'un rayonnement magnétique important à l'extérieur du transformateur.

Ce phénomène est très gênant dans les transformateurs d'alimentation, car les blindages habituels sont inopérants contre un champ magnétique à 50 p/s.

Diminution du rayonnement magnétique. — Pour diminuer le rayonnement magnétique extérieur, il faut :

a) utiliser des tôles de bonne qualité, par exemple des tôles dites « 2,6 watts » ;
b) limiter l'induction maximum à 8 000 gauss ;
c) réduire les entrefers ;
d) inverser les couches de tôles consécutives.

Influence des champs extérieurs. — Pour éliminer l'influence des champs extérieurs, il convient de :

a) blinder le transformateur à l'aide d'un blindage à forte perméabilité magnétique, mumétal par exemple ;

b) disposer une spire en court-circuit à l'extérieur du transformateur à protéger dans le plan des spires du bobinage. Le courant induit dans cette spire, par le champ perturbateur, provoquera un champ de sens contraire au champ inducteur parasite (Loi de Lenz). Le champ, dû à la spire, viendra réduire le champ extérieur ;

c) disposer perpendiculairement les transformateurs ou selfs fixés sur le même châssis pour diminuer le couplage entre eux.

Caractéristiques des transformateurs d'alimentation.

Primaire :

Il est généralement prévu pour les tensions suivantes : 115, 130, 150, 200, 220 volts, 50 périodes. Certains modèles sont prévus pour une fréquence de 25 périodes ; leur section magnétique étant plus importante, leur prix est plus élevé.

La distribution de ces différentes tensions est faite par l'intermédiaire d'un fusible.

La puissance à fournir est de l'ordre de 40 watts pour un récepteur normal.

Le nombre de spires par volt dépend de la section magnétique utile du noyau. Pour une puissance de 40 watts et une section de 7,6 cm^2, il faut environ 8 spires par volt.

La section du fil de cuivre utilisé doit être suffisante pour éviter l'échauffement des bobinages par effet Joule.

Pour limiter les pertes, il faut éviter d'avoir beaucoup de volts par spire ou peu de spires par volt et par cm^3 de fer.

Le problème est donc complexe, puisque tous ces facteurs dépendent les uns des autres.

Le nombre de spires par volt et la section magnétique du noyau déterminent l'induction magnétique. L'induction maximum dans le circuit magnétique est imposée par la qualité des tôles utilisées. On a :

B = 10 000 gauss pour des tôles spéciales destinées à la réalisation des transformateurs d'alimentation de qualité moyenne ;

B = 12 000 gauss pour des tôles de bonne qualité.

Secondaires :

Les deux demi-enroulements H. T. doivent être très bien isolés et parfaitement symétriques. De cette symétrie dépend la tension de ronflement.

Les enroulements de chauffage seront en fil de forte section. L'enroulement de chauffage valve sera très bien isolé, en vue de l'utilisation d'une prise H. T. sur cet enroulement. Pour réaliser un appareil de qualité, on utilisera un enroulement de chauffage comportant un point-milieu.

Nombres de spires :

A titre d'exemple, pour une section magnétique de 8 cm² et pour des tôles dont l'induction maximum est de 10 000 gauss :

— Le primaire comportera 627 spires pour l'enroulement 110 volts ;

— Les secondaires demi-haute tension comporteront chacun 1 900 spires;

— Le secondaire chauffage-valve, 5 volts, 14 spires et demie ;

— Les secondaires chauffage, 6,3 volts, 17 spires.

Rendement :

On démontre que le rendement est maximum quand les pertes dans le fer sont égales aux pertes dans le cuivre. Le rendement normal d'un transformateur d'alimentation est de 80 % environ.

Résistance des enroulements en courant continu :

— Primaire ..... 20 à 150 ohms ;
— Secondaire H. T. enroulement total ..... 100 à 500 ohms ;
— Secondaires chauffage .... résistance inférieure à 1 ohm.

Normes C-98-1 applicables aux transformateurs.

I. — **Caractéristiques définissant les transformateurs d'alimentation :**

Ces caractéristiques sont les suivantes :

1°) La valeur efficace des tensions nominales des différentes prises de l'enroulement primaire ;

2°) La valeur efficace de la tension nominale et du courant nominal de chauffage de la valve ;
3°) La valeur efficace de la tension nominale et du courant nominal de chauffage des tubes ;
4°) La composante continue de la tension en charge et du courant nominal de l'enroulement à haute tension ;
5°) La puissance consommée ;
6°) La fréquence nominale.

La valeur de ces caractéristiques doit être spécifiée par le fabricant de transformateurs.

II. — **Règles de construction :**

Les transformateurs d'alimentation doivent être construits de façon à fournir un service normal et à conserver leurs propriétés caractéristiques, malgré les effets de l'humidité et de la durée, sous réserve d'un montage correct et d'une utilisation normale.

Les extrémités des enroulements sont reliées à des cosses préparées pour recevoir les connexions externes. Une cosse non connectée est laissée disponible à proximité des cosses reliées à l'enroulement primaire, dans le but de faciliter la fixation du conducteur d'alimentation.

Toutes les parties métalliques apparentes doivent être protégées contre la rouille par un vernis, une peinture ou tout autre procédé analogue.

L'enroulement de chauffage des tubes doit être tel, qu'une variation de ± 0,3 ampère du courant de chauffage n'entraîne pas une variation de tension supérieure à ± 0,1 volt.

L'enroulement H. T. doit être tel que :

a) la différence entre la tension efficace à vide et la tension en charge n'excède pas 8 %, la tension à vide étant celle que l'on mesure, lorsque la valve et le condensateur d'entrée d'une capacité de 16 µF restent seuls en circuit ;
b) la différence entre les tensions efficaces fournies en charge par chaque moitié du secondaire (entre le point-milieu et chaque extrémité de l'enroulement) n'excède pas 3 %.

III. — **Essais :**

Les essais comprennent :

— La vérification des caractéristiques, l'essai diélectrique, la mesure de l'isolement, l'essai de surtension, l'essai d'échauffement.

a) *Tolérances sur les valeurs des caractéristiques :*

Enoncé des Caractéristiques	Tolérances (volts)
Tension de chauffage de la valve	± 0,1
Tension de chauffage des tubes	± 0,1
Tension redressée de l'enroulement à haute tension -	± 10

b) *Essai diélectrique.*

c) *Essai d'isolement* : L'essai est effectué en courant continu : la tension d'essai est de 500 volts, elle est appliquée successivement entre chaque enroulement et l'ensemble des autres enroulemnts réunis pour l'essai entre eux et la masse.

L'isolement doit être au moins égal à 100 mégohms.

d) *Essai de surtension :* Les enroulements secondaires étant à circuit ouvert, on applique pendant une seconde à l'enroulement primaire une tension qui ne peut être inférieure à 2,5 fois la tension nominale de cet enroulement, et dont la fréquence est approximativement égale au triple de la fréquence nominale.

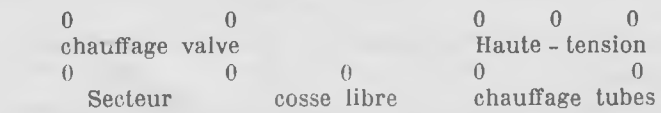
Pendant la durée d'application de la tension, il ne doit se produire ni percement d'isolant, ni contournement, ni crépitement superficiel, ni court-circuit entre spires des enroulements.

e) *Essai d'échauffement :* Le transformateur est laissé en charge pendant quatre heures. L'échauffement est donné par le tableau suivant :

Nature de l' isolant	Limite d'échauffement (en degrés C)
Enroulements isolés au coton, à la soie, au papier ou à toute autre matière analogue et non imprégnés.	50
Enroulements en fil émaillé	70
Enroulements isolés au coton, à la soie, ou papier ou à tout autre matière analogue imprégnés	60

Disposition des cosses :

La disposition normalisée des cosses d'un transformateur d'alimentation est la suivante (*U. T. E.*) :



Pour les anciens transformateurs, le code était :

Noir	Normale pour le primaire.
Noir à stries jaunes	Prise intermédiaire primaire.
Noir à stries roses	Fin de l'enroulement primaire.
Rouge	Extrémités de l'enroulement H. T.
Rouge à stries jaunes	Prise médiane de l'enroulement H. T.
Jaune	Extrémités du chauffage de la valve.
Jaune à stries bleues	Prise centrale du chauffage de la valve.
Vert	Extrémités du premier enroulement de chauffage des tubes.
Vert à stries jaunes	Prise médiane du premier enroulement de chauffage des tubes.
Brun	Extrémités du deuxième enroulement de chauffage des tubes.
Brun à stries jaunes	Prise médiane du deuxième enroulement de chauffage des tubes.
Ardoise	Extrémités du troisième enroulement de chauffage des tubes.
Ardoise à stries jaunes	Prise médiane du troisième enroulement de chauffage des tubes.

B. — SELFS DE FILTRAGE

La constitution des selfs de filtrage est identique à celle des transformateurs d'alimentation, mais le circuit magnétique comportera un entrefer pour éviter la saturation par le courant continu. On ménagera cet entrefer en interposant, entre les deux parties du circuit magnétique, une bande de carton mince ou de papier « kraft ».

C. — TRANSFORMATEURS B. F.

Généralités.

Toutes les considérations générales qui viennent d'être exposées s'appliquent aux transformateurs B. F.

Rappel :

Si U_1 est la tension appliquée au primaire comportant N_1 spires ;

U_2 la tension recueillie au secondaire comportant N_2 spires ;

N le rapport de transformation

On a (fig. 4) :

$$N = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2} = \sqrt{\frac{Z_2}{Z_1}}$$

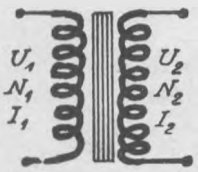


Fig. 4. — Transformateur B. F.

On utilise également comme rapport de transformation l'inverse de celui défini ci-dessus.

Le rendement d'un transformateur est défini par le rapport :

$$\eta \text{ (éta)} = \frac{\text{P secondaire}}{\text{P totale fournie}}$$

Remarque : Un transformateur joue le rôle d'adaptateur d'impédances. En effet, l'impédance du secondaire « vue » à travers le primaire est :

$$Z_2 = N^2 Z_1$$

Cette remarque est à l'origine de nombreuses applications des transformateurs B. F. : adaptation de l'impédance de la bobine mobile d'un haut-parleur, par exemple.

Rôles des transformateurs B. F. :

1°) Transformateurs d'adaptation d'impédances ;
2°) Transformateurs élévateurs ou abaisseurs de tension ;
3°) Transformateurs dits « translateurs » permettant l'élimination d'une tension continue superposée à une tension alternative ;
4°) Transformateurs de déphasage.

Influence d'une composante continue :

Si on superpose à la tension alternative appliquée au primaire une composante continue, celle-ci risque de provoquer la saturation du circuit magnétique.

Cette saturation entraîne des distorsions de la tension alternative recueillie au secondaire comparables à celles dues à un tube amplificateur mal polarisé, dont le point de fonctionnement serait situé à l'origine du palier de saturation.

Si l'on ne peut éliminer cette composante continue, on ménagera un entrefer dans le circuit magnétique pour retarder l'apparition de la saturation.

Principaux types de transformateurs B. F.

1°) **Transformateurs d'entrée** (fig. 5) :

Ce sont des transformateurs élévateurs de tension et d'impédance, destinés à la liaison entre un micro ou une ligne à basse impédance et l'entrée d'un amplificateur. L'élévation de la tension appliquée permet la réduction du souffle de l'étage d'entrée. La puissance nominale de ce type de transformateurs est négligeable.

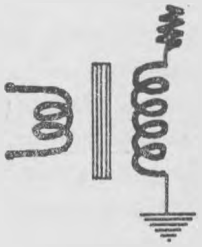


FIG. 5. — Transformateur d'entrée.

2°) **Translateurs :**

Ce sont des transformateurs de rapport 1/1, destinés à l'élimination d'une composante continue. Ils sont également utilisés pour passer d'un étage symétrique à un étage dissymétrique ou inversement.

3°) **Transformateurs de liaison** (fig. 6) :

Ce sont des transformateurs légèrement élévateurs de tension destinés à la liaison entre deux étages. Leur puissance nominale est négligeable. Ils sont prévus pour fonctionner avec une composante continue au primaire.

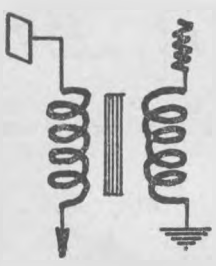


FIG. 6. — Transformateur de liaison.

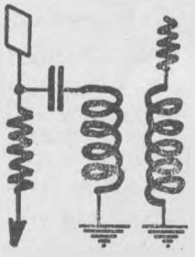


FIG. 7. — Transformateur de liaison sans courant continu primaire : C = 2 µF, R = 50 000 ohms.

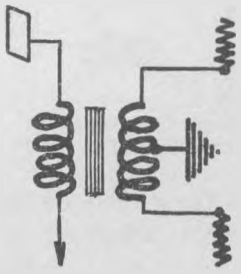


FIG. 8. — Transformateur déphaseur de couplage.

4°) **Transformateurs de liaison sans composante continue :**

Ces transformateurs sont prévus pour fonctionner sans composante continue au primaire. On obtient l'élimination de la composante continue en intercalant un condensateur en série, dont la valeur est donnée par le constructeur. La courbe de réponse est déterminée en tenant compte de cette capacité. La figure montre les valeurs des éléments pour un transformateur Millerioux (fig. 7).

5°) **Transformateurs déphaseurs de couplage** (fig. 8) :

Ce sont des transformateurs dont le secondaire comporte un point-milieu permettant d'obtenir deux tensions déphasées de 180° pour l'attaque d'un étage symétrique. Leurs caractéristiques sont les mêmes que celles des transformateurs de liaison, mais il faut de plus avoir un enroulement secondaire, parfaitement symétrique par rapport au point-milieu.

6°) **Transformateurs de sortie pour une anode** (fig. 9) :

Ce sont des transformateurs abaisseurs d'impédance destinés à l'adaptation de l'impédance de la bobine mobile du haut-parleur à l'impédance de charge du tube de sortie utilisé.

Ces transformateurs doivent être prévus pour une composante continue, de valeur assez élevée. L'intensité anodique d'un tube

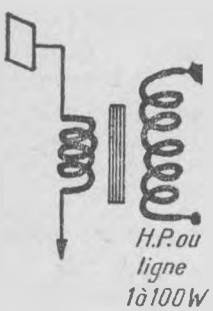


FIG. 9 — Transformateur de sortie pour une anode.

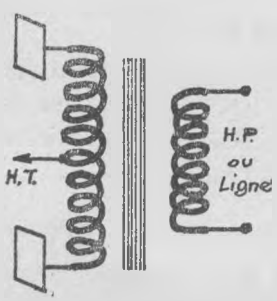


FIG. 10. — Transformateur de sortie push-pull.

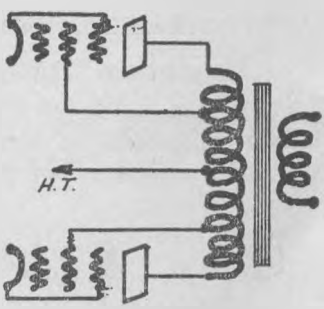


FIG. 11. — Transformateur de sortie haute fidélité.

de puissance, destiné à un récepteur ou un amplificateur B. F. de faible puissance, est comprise entre 40 et 60 milliampères. La puissance nominale de ces transformateurs est comprise entre 1 et 100 watts modulés, ce dernier chiffre correspondant à une puissance rarement atteinte pour un seul tube de puissance.

7°) **Transformateurs de sortie push-pull** (fig. 10) :

Ces transformateurs fonctionnent sans saturation magnétique, la composante continue étant de sens opposé dans les deux demi-enroulements. Ils nécessitent des enroulements parfaitement symétriques. La capacité de couplage statique entre primaire et secondaire doit être également parfaitement symétrique par rapport à chaque extrémité de l'enroulement primaire.

8°) **Transformateurs de sortie haute fidélité** (fig. 11) :

Ce sont des transformateurs de sortie comparables à des transformateurs de sortie push-pull normaux, mais comportant deux prises symétriques destinées à l'alimentation des écrans des deux tubes du P. P. Les transformateurs de ce type sont prévus, en principe, pour fonctionner avec des tubes à faisceaux dirigés genre 6 . V. 6, 6 . L . 6, 6 . A . Q . 5, etc.... Ce montage permet d'obtenir une distorsion harmonique très faible et une bande passante très large.

9°) **Transformateurs « Driver » :**

Ce sont des transformateurs déphaseurs de couplage prévus pour fonctionner avec un courant-grille au secondaire. Ils sont utilisés lorsque les tubes du push-pull fonctionnent avec courant-grille. Leur puissance nominale est de l'ordre de 300 milliwatts.

10°) **Transformateurs de modulation :**

Ce sont des transformateurs destinés à un étage haute fréquence modulé par la plaque. Ils sont prévus pour fonctionner avec des courants continus primaire et secondaire importants (fig. 12).

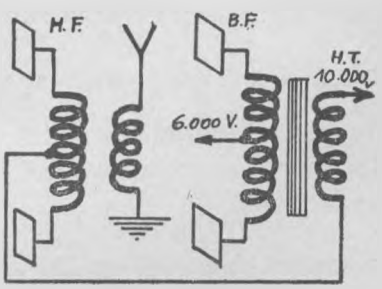


FIG. 12. — Transformateur de modulation.

Leur rigidité diélectrique doit être très élevée, car ils fonctionnent avec des différences de potentiel alternatives pouvant atteindre plusieurs milliers de volts. Leur isolement est obtenu par un bain d'huile, car les tensions continues appliquées au primaire et au secondaire peuvent s'élever à 10 000 et même 15 000 volts.

Suivant les cas, ce type de transformateurs est élévateur ou abaisseur d'impédance. La construction des transformateurs de modulation est similaire en partie à celle des transformateurs H. T., mais le circuit magnétique doit être réalisé à partir de tôles ayant de très faibles pertes par hystérésis, puisque la fréquence de la « modulation » peut atteindre 15 000 cycles.

Leur puissance nominale peut être supérieure à 100 kW.

Le prix des transformateurs de modulation est très élevé.

Caractéristiques particulières aux transformateurs B. F.

Distorsion linéaire :

Il y a distorsion linéaire, si le gain de l'étage, dont fait partie le transformateur, est variable en fonction de la fréquence. Aux fréquences basses, l'impédance primaire diminue, le gain de l'étage également.

Aux fréquences aiguës, les selfs de fuites ne sont plus négligeables et sont donc la cause d'une diminution de gain.

Distorsion non linéaire :

La distorsion non linéaire ou harmonique apparaît lorsqu'il y a création d'harmoniques de la fréquence fondamentale appliquée à l'étage. Cette distorsion est surtout constatée dans les transformateurs de puissance, particulièrement aux fréquences basses. Cette distorsion est d'autant plus importante que le circuit magnétique est plus près de la saturation.

Courants continus primaire et secondaire :

Les enroulements et les circuits magnétiques sont prévus en fonction des composantes continues susceptibles de leur être appliquées.

Protection contre les champs extérieurs :

Pour les transformateurs d'entrée, la tension parasite induite, due aux champs extérieurs, peut atteindre des valeurs gênantes. Un ensemble de blindages en mumétal peut réduire cette tension de 98 %.

Adaptation d'impédances :

Les transformateurs d'adaptation doivent avoir un rapport de transformation très précis. Ils nécessitent également une absence de distorsion linéaire ou harmonique. Leur puissance nominale est négligeable.

Résistances des enroulements en courant continu :

— *Transformateurs de liaison* :	Primaire ..	300	à	2 000 ohms
	Secondaire .	2 000	à	20 000 ohms
— *Transformateurs déphaseurs* :	Primaire ..	500	à	200 ohms
	Secondaire .	100	à	500 ohms
— *Transformateurs de H. P.* :	Primaire ..	200	à	500 ohms
	Secondaire .	0,05	à	20 ohms

Code des couleurs :

Le code des couleurs suivant a été proposé par le S. P. I. R.

Primaire :		*Secondaire :*	
Plaque	bleu	Grille	vert
H.T.	rouge	Masse ou polarisation ...	noir
Prise médiane ..	marron	Prise médiane ...	jaune

Rendement :

Le rendement en puissance d'un transformateur B. F. est compris entre 50 et 90 %.

Isolement :

La tension d'essai est de 2 V + 1 000 volts avec un minimum de 1 500 volts. V est la tension maximum applicable aux transformateurs en service normal.

Puissance maximum :

Cette puissance est, en général, donnée à 400 cycles pour une distorsion harmonique inférieure à 5 %.

Stabilité et étanchéité :

Pour soustraire les bobinages à l'influence des agents atmosphériques (humidité, poussières, etc...), les transformateurs peuvent être étuvés et imprégnés. Les transformateurs tropicalisés sont protégés entièrement par un boîtier métallique étanche avec sorties des enroulements sur bornes de porcelaine ou perles de verre.

Prix :

Les prix sont très variables en fonction de la qualité des tôles utilisées, de la réalisation des bobinages, de la protection de l'ensemble, etc...

Si l'on prend comme unité un transformateur de qualité courante, un transformateur de grande qualité vaudra dix à vingt fois plus et même davantage.

Exemples de transformateurs B. F.

1°) **Transformateurs marque L. I. E., type A. Y. 35 - Push-pull 6 L 6 :**

Poids : 2 600 grammes.
Puissance : 20 watts.
Distorsion linéaire : $\pm$ 0,75 db entre 30 et 12 000 cycles.
Distorsion non linéaire : < 3 % à 30 cycles
0,2 % à 1 000 cycles
Impédances secondaires : 1,2 — 2,5 — 5 — 7,5 — 10 — 15 — 20 — 25 — 30 — 50 — 125 — 200 — 250 — 333 — 500 ohms.
Impédance primaire : 6 600 ohms.
Rendement à 1 000 cycles : 85 %.

Ces transformateurs sont destinés à la réalisation d'un ensemble de grande qualité.

2°) **Transformateurs « M. B. C. Alter » type R. S. 2 :**

Ces transformateurs sont destinés à un ensemble de qualité courante.

Puissance : 4 watts.
Impédance primaire : 7 000 ohms avec prise à 5 000 ohms.
Impédance secondaire : 3 ohms.
Distorsion linéaire : $\pm$ 1 db entre 150 et 5 000 cycles.

3°) **Transformateurs « C. S. F. » type Hi-Fi G. P. 300 :**

Ces transformateurs sont étudiés pour les montages push-pull équipés de tubes genre E. L. 84.

Self de fuite : 30 mH.
Self primaire : 200 H à 50 cycles.
Impédance primaire : 8 000 Ω.
Impédance secondaire : (H. P.) 2,5 ou 10 Ω.
Distorsion linéaire : $\pm$ 1 db entre 15 et 4 000 cycles.
Puissance : 10 à 15 watts.

CHAPITRE II

HAUT-PARLEURS ET ECOUTEURS

Généralités.

Les haut-parleurs « H. P. » et les écouteurs sont des moteurs transformant une énergie électrique en énergie mécanique, laquelle à son tour est transformée en énergie acoustique. Alors que les haut-parleurs nécessitent une excitation assez importante, les écouteurs, au contraire, ont une sensibilité suffisante pour transformer de faibles courants B. F. en sons.

Les premiers H. P. étaient constitués par le montage d'un pavillon, sur la membrane d'un écouteur. Bien entendu, ce procédé ne donnait que de très mauvais résultats. La tâche du H. P. est de transformer de l'énergie électrique en énergie mécanique, en ébranlant la couche d'air en contact avec sa membrane. Cette transformation ne se fait pas sans pertes ; le rendement est, en général, très faible : 5 à 20 % au maximum. De plus, ce rendement varie avec la fréquence, ce qui est contraire à une reproduction fidèle. L'inertie propre à tout système mécanique va introduire également des distorsions dans la reproduction des transitoires (claquements, pincements de cordes, percussions, etc....) La résonance de l'ensemble mobile est aussi une source d'altération dans la reproduction des sons.

A. — HAUT-PARLEURS ELECTROMAGNETIQUES DITS « A PALETTE »

Ces H. P. ne sont plus utilisés, car ils donnent une reproduction des sons de très mauvaise qualité. Leur réalisation est conforme à la figure 13 et leur fonctionnement identique à celui des écouteurs électromagnétiques qui seront étudiés plus loin.

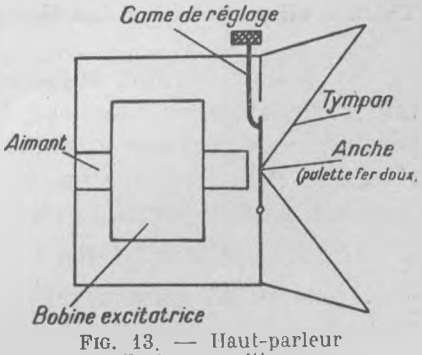


FIG. 13. — Haut-parleur électromagnétique.

B. — HAUTS-PARLEURS ELECTRODYNAMIQUES

Constitution.

Ces « moteurs » comportent essentiellement (fig. 14) :

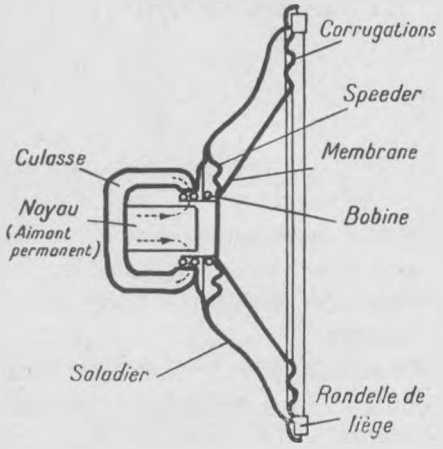


FIG. 14. — Haut-parleur électrodynamique à aimant permanent.

1°) Un circuit magnétique, constitué, soit par un aimant permanent, soit par un électro-aimant dans l'entrefer desquels règne un champ magnétique radial H ;

2°) Une bobine mobile, légère, formée de quelques spires de fil conducteur parcouru par le courant basse fréquence ;

3°) Un diaphragme ou membrane solidaire de la bobine mobile ;

4°) Une suspension de membrane appelée spider utilisant un matériau souple ;

5°) Un saladier, en acier ordinaire, servant à l'assemblage des différents éléments ;

6°) Une culasse dont le rôle est d'éviter la dispersion du flux magnétique, à l'extérieur du circuit magnétique.

Théorie élémentaire du fonctionnement (*).

La bobine mobile, supposée réduite à une seule spire de longueur l, se déplace parallèlement à l'axe des pièces polaires N.-S. (fig. 15). La force qui s'exerce sur la spire est donnée par la loi de LAPLACE :

$$F = 0{,}1\ H\ i\ l$$

Si le courant parcourant la bobine est de la forme $i = I \sin \omega t$, la force F sera proportionnelle et de même fréquence que i.

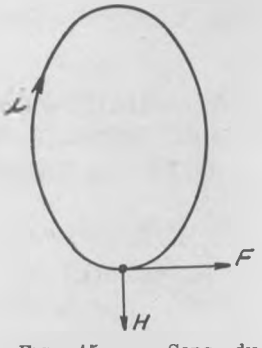


FIG. 15. — Sens du déplacement de la membrane.

* L. CONTURIE. — Acoustique appliquée (Eyrolles).

La règle des trois doigts de la main droite donne le sens de la force qui est appliquée à la bobine mobile. Si la spire représentée est dans le plan de la figure 15, la force F est perpendiculaire à ce plan. Si la membrane reproduit fidèlement les variations de cette force, le H. P. donnera, sous forme sonore, un reflet exact du courant *i*. Le courant *i* étant supposé issu d'un ensemble parfait (microphone, chaîne d'amplification), il y aura similitude absolue, au niveau près, entre le son de la source sonore d'origine et le son rendu par le H. P. Malheureusement, ce tableau idyllique est loin de peindre la réalité. De nombreux facteurs sont la cause de l'altération des sons reproduits.

Caractéristiques des « H. P. dynamiques ».

1°) **Circuit magnétique :**

a) *H. P. à excitation.* — On utilisait, jusqu'à ces dernières années, un électro-aimant pour produire le champ magnétique, la bobine de cet électro-aimant étant parcourue par un courant continu, fourni par la H. T. redressée du récepteur ou de l'ampli.

— *Appareils « tous courants ».* — On utilise une bobine d'excitation ayant une résistance de 3 000 à 4 000 ohms, que l'on branche directement en parallèle sur la H. T., généralement avant filtrage.

— *Appareils type « alternatif ».* — L'excitation est utilisée comme self de filtrage ; sa résistance est comprise entre 1 000 et 2 000 ohms, les valeurs les plus courantes étant 1 500 et 1 800 ohms. La bobine d'excitation se branche alors directement en série dans la ligne H. T.

b) *H. P. à aimant permanent.* — Les aimants « Ticonal » permettent maintenant l'obtention de champs magnétiques importants et stables. Les aimants « Ferroxdure » utilisés sur certains H. P. ont l'avantage d'une plus grande légèreté, pour des qualités comparables aux aimants Ticonal :

— Induction rémanente ..... 4 000 gauss ;
— Champ coercitif ..... 2 000 oersteds ;
— Produit B × H maximum ... $2{,}6 \cdot 10^6$ à $3{,}3 \cdot 10^6$.

Ils présentent de plus la possibilité d'être moulés d'une seule pièce, ce qui diminue considérablement les flux de dispersions externes.

La qualité et le rendement d'un H. P. sont étroitement liés à l'intensité du champ magnétique dans l'entrefer. On réalise actuellement des champs atteignant 15 000 gauss et même 21 000 gauss pour certains H. P.

2°) **Entrefer :**

La théorie complète des H. P. montre que l'entrefer doit être court et étroit (*). Mais, il faut que cet entrefer soit utilisé au maximum, c'est-à-dire que la totalité des spires doit couper constamment le flux magnétique (fig. 16, 17, 18) (**).

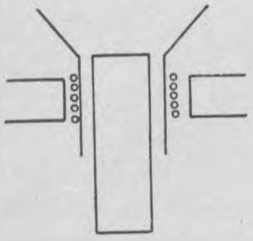


FIG. 16. — Mauvaise utilisation du flux permanent dans les basses fréquences.

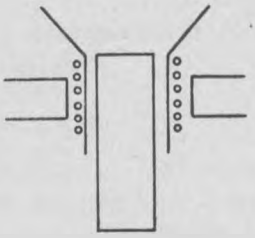


FIG. 17. — Poids de la bobine mobile trop élevé.

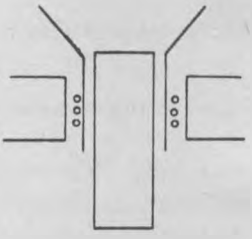


FIG. 18. — Bonne utilisation du flux permanent.

— Dans la figure 16, les spires quittent le flux dans les fréquences basses, pour lesquelles l'amplitude du déplacement de la bobine mobile est la plus grande.
De ce fait, ces fréquences sont mal rendues ; de plus, les fortissimo sont atténués ; il y a donc compression de la dynamique.

— Dans la figure 17, il y a en permanence des spires en dehors du flux, dont le poids et la résistance électrique sont nuisibles au bon fonctionnement du H. P.

— Dans la figure 18, les inconvénients ci-dessus disparaissent, l'entrefer étant plus long que la bobine mobile.
Les spires se trouvent toujours dans l'entrefer ; la reproduction intégrale de la dynamique du volume sonore est donc possible. Le flux magnétique étant mal concentré, il faut un aimant beaucoup plus puissant, donc plus coûteux.

(*) L. CONTURIE déjà cité page 32.
(**) R. GEFFRÉ. — Toute la Radio (décembre 1949).

3°) **Membrane :**

Généralités. — La membrane est constituée par différentes matières : carton toilé souple, matière plastique (nylon par exemple), aluminium pour les H. P. de petit diamètre, destinés à la reproduction des fréquences élevées (10 000 à 15 000 cycles). Ce dernier type de H. P. est appelé « tweeter ».

Pour obtenir un H. P. parfait, il faudrait que sa membrane ne soit pas fixée sur son pourtour et que sa bobine mobile ne soit pas suspendue. Pour se rapprocher de la première condition ci-dessus, la membrane est fixée par collage sur le bord du saladier, à l'aide d'un ou plusieurs plissages ou corrugations.

La deuxième condition est remplie d'une façon convenable, en utilisant un spider en toile vernie, toile bakélisée ou nylon. Pour en augmenter la souplesse, il comporte une ou plusieurs corrugations.

La vibration de la membrane, par suite de son inertie, peut subsister après que le courant l'ayant produite aura cessé. Pour éviter cette distorsion des phénomènes transitoires, il faudrait amortir le mouvement de la membrane.

Amortissement de la membrane. — Les mouvements de la bobine mobile dans le champ magnétique régnant dans l'entrefer font apparaître à ses bornes, une f. c. é. m. d'induction produisant un courant dans le circuit. D'après la loi de Lenz, l'action du champ sur ce courant tend à s'opposer au phénomène qui lui a donné naissance, c'est-à-dire au déplacement de la bobine mobile La valeur de ce courant est liée à la résistance ramenée par le secondaire du transformateur de sortie ; celui-ci étant abaisseur d'impédance, plus la résistance shuntant le primaire sera faible, plus la résistance ramenée aux bornes de la bobine mobile sera faible. La résistance shuntant le primaire est la résistance interne du tube de sortie. On a donc intérêt à utiliser un tube ayant une résistance interne peu élevée.

Un triode, de puissance genre 6 . A . 5, a une résistance interne de l'ordre de 1 000 ohms.

Un penthode ou tétrode à faisceaux dirigés. genre 6 . V. 6 a une résistance interne atteignant 50 000 ohms.

L'utilisation des triodes paraît donc souhaitable ; toutefois, une contre-réaction convenable permet d'obtenir, avec des penthodes, des résultats comparables.

Différents diamètres de membranes. — Dans le langage usuel, on désigne un H. P. par la valeur arrondie (exprimée en cm) du diamètre de sa membrane.

Les types de H. P. courants sont :

6 cm ; 8 (Audax) ; 9 (Musicalpha) ; 10 (diamètre exact : 104 mm) ; 12 (127 mm) ; 17 (165 ou 166 mm) ; 19 (195 mm) ; 21 (200 ou 212 mm) ; 24 cm (245 mm).

Pour le cinéma, on utilise des 28 et 34 cm. Il existe également des membranes elliptiques dont les dimensions dépendent des constructeurs ; par exemple :

— *Audax :* 100 × 140 mm ; 128 × 189 mm ; 164 × 244 mm.
— *Musicalpha :* Les appellations sont : 10-14, 12-19, 16-24.
— *Véga :* 165 × 270 mm.

Comportement de la membrane. — Le déplacement de la membrane, pour une même puissance, est inversement proportionnel au carré de la fréquence. Aux fréquences basses, la membrane vibre tout entière. Le déplacement pour un 21 cm, excité par une puissance de 0,5 watt à 100 p/s, dépasse assez largement un centimètre.

Aux fréquences élevées, le mouvement est beaucoup plus complexe. La surface vibrante est limitée aux régions de la membrane proches de la bobine mobile, d'autant plus près que la fréquence est plus élevée. La directivité est très marquée dans l'axe de la bobine.

4°) **Bobine mobile et spider :**

La bobine doit être légère et indéformable. L'enroulement doit être aussi peu résistant que possible, ses spires seront immobilisées par un vernis. L'équipage mobile doit être parfaitement centré par rapport au noyau ; le spider doit assurer la suspension de la membrane et le centrage de la bobine mobile. Pour éviter la pénétration de poussières ou de limailles métalliques dans l'entrefer, il doit être rendu étanche par un vernis cellulosique ou bakélite (à moins qu'il ne soit en nylon), ce qui assure également une protection hygrométrique.

5°) **Choix du diamètre de la membrane :**

Un H. P. de petit diamètre est inapte à reproduire les fréquences basses, car il faudrait que le déplacement de la bobine soit de plusieurs centimètres pour une puissance appliquée relativement faible, ce qui est mécaniquement impossible. La reproduction des fréquences situées au-dessous de 500 cycles nécessite un H. P. de grand diamètre dont, malheureusement, l'équipage mobile trop lourd ne permettra pas une bonne reproduction des fréquences élevées.

La reproduction des fréquences situées au-dessus de 6 000 à 8 000 cycles nécessite un H. P. de petit diamètre, ayant une membrane très souple et une bobine mobile très légère.

Certains H. P., dits « tweeters » sont utilisés spécialement pour la reproduction des aiguës, celle des graves et du médium étant assurée par un H. P. de grand diamètre.

La solution la plus simple et la moins onéreuse consiste à utiliser un H. P. de diamètre moyen, 21 à 24 cm, comportant une membrane légère et un spider très souple, ainsi qu'un aimant aussi puissant que possible.

6°) **Fréquence de résonance de l'équipage mobile :**

Une résonance dans la courbe de réponse des « H. P. dynamiques » se produit généralement entre 30 et 100 cycles. Cette résonance est d'autant moins marquée que la charge de la membrane, autrement dit la résistance mécanique aux mouvements de la membrane, est plus grande. Cette charge très faible (la membrane se comportant à la manière d'un piston non guidé par un corps de pompe) entraîne une résonance très marquée dont il convient d'abaisser le plus possible la fréquence pour en diminuer l'influence. Il est à remarquer que, pour les H. P. de petits diamètres, la fréquence de résonance est élevée : 225 cycles pour un H. P. de 9 cm Musicalpha, par exemple.

7°) **Baffle :**

La membrane accomplit un mouvement alternatif d'arrière en avant, ce qui se traduit par une compression et une dépression du volume d'air en contact avec la membrane. Pour les vibrations rapides, l'inertie de l'air neutralise l'opposition de phase, entre l'onde avant et l'onde sonore arrière.

Pour les vibrations lentes, il n'en est pas de même ; ces ondes se trouvent en opposition de phase et ont tendance à s'annuler ; on note donc un affaiblissement très important dans la reproduction des fréquences basses. Le baffle consiste à allonger le trajet acoustique de l'une à l'autre face de la membrane. Comme l'onde sonore est d'autant plus longue que la fréquence est plus basse, pour être efficace, le baffle devra être plus grand que la longueur d'onde correspondant à la fréquence la plus basse à reproduire. Ainsi, pour 34 cycles, le bord de l'écran devra être à :

$$\lambda = \frac{\text{Vitesse du son}}{\text{Fréquence}} = \frac{340}{34} = 10 \text{ mètres du H. P.}$$

Pour réduire cette dimension prohibitive, on utilise différents procédés :

a) baffle en forme de coffret ;

b) labyrinthe acoustique allongeant le trajet de l'onde arrière ;

c) baffle infini absorbant complètement l'onde arrière ;

d) utilisation d'une conque.

8°) **Puissance nominale ou puissance modulée :**

L'indication de cette puissance est donnée pour une fréquence déterminée. (Les normes françaises prévoient 400 cycles). Il est donc indiqué de choisir toujours un modèle plus puissant que celui qui semblerait convenir. Cette puissance, pour un type de H. P. donné, est limitée par le déplacement maximum possible de la bobine mobile. Cette puissance varie suivant les marques, en fonction du diamètre de la membrane : de 1 watt pour un 9 cm à 8 watts pour un 24 cm de qualité moyenne.

9°) **Culasse :**

Son rôle est d'éviter les fuites magnétiques qui sont généralement nuisibles particulièrement sur un téléviseur par suite de leurs influences sur le cathoscope. Le circuit magnétique est fermé par une culasse souvent hémisphérique, diminuant considérablement la dispersion du flux magnétique à l'extérieur de l'entrefer.

C. — HAUT-PARLEURS SPECIAUX

Haut-parleurs coaxiaux à une ou deux bobines mobiles :

Il existe des haut-parleurs de grands diamètres possédant, en leur centre, un deuxième petit cône destiné à la reproduction des aiguës.

Haut-parleurs jumelés :

Ils consistent en deux haut-parleurs de même diamètre maintenus face à face par leur saladier. Leurs membranes sont collées entre elles suivant leur grand diamètre et ne possèdent aucune attache avec les saladiers. Leurs seuls points de suspension sont les deux spiders. Cet ensemble n'a pas de fréquence de résonance propre. La réponse aux transitoires est très améliorée par rapport à un H. P. dynamique normal.

La bande de fréquences reproduites avec un affaiblissement très faible s'étend de 30 à 15 000 p/s. Leurs saladiers sont très largement découpés, de manière à utiliser une surface de membrane maximum.

Haut-parleurs triaxiaux :

Ils utilisent trois moteurs et trois membranes de dimensions différentes, placés sur le même axe.

Haut-parleurs à pavillons multi-cellulaires :

Ils comportent, au centre de leur membrane, un cône à plusieurs cellules destiné à la reproduction des aiguës.

Haut-parleurs à double membrane :

Leur équipage mobile est rendu solidaire de deux membranes de dimensions différentes. La plus grande sert à la reproduction des fréquences basses, la plus petite à celle des fréquences aiguës.

Haut-parleurs extra-plats à moteur inversé :

Ils utilisent des aimants Ticonal annulaires, ce qui permet d'obtenir une profondeur totale qui n'est que de 39 mm, au lieu de 69 mm pour un H. P. de même marque et d'un même diamètre de 17 cm. Le moteur est disposé au centre de la membrane. L'encombrement de ce type de haut-parleurs est donc très réduit, ce qui en permet l'emploi dans des appareils de faibles dimensions.

Haut-parleurs pour interphone :

Ils servent à la fois de haut-parleurs et de microphones et sont utilisés pour la construction des interphones.

Haut-parleurs à membrane exponentielle :

On démontre que, si la forme de la membrane répond à une courbe exponentielle, le rendement des haut-parleurs est meilleur, la reproduction des aiguës améliorée. De plus, il se produit une fréquence de coupure vers les fréquences basses, d'autant plus basse que le diamètre d'ouverture de la membrane est plus grand. Ces haut-parleurs permettent une puissance admissible plus grande, atteignant 12 watts pour un 24 cm. Leur courbe de réponse est satisfaisante entre 40 et 16 000 p/s. Les membranes exponentielles permettent des distorsions moindres des phénomènes transitoires.

D. — HAUT-PARLEURS IONIQUES OU IONOPHONES

L'invention de ces haut-parleurs est due à M. Klein et la réalisation industrielle aux établissements Audax.

Principe :

L'ébranlement des molécules de l'air est effectué par l'intermédiaire d'ions positifs issus d'une cathode chaude. Ces ions sont, par ailleurs, accélérés au rythme de la modulation à reproduire.

Ces haut-parleurs comportent une électrode de platine soudée dans l'axe d'un tube de quartz, dont l'extrémité est recouverte

d'une couche émettrice (phosphate d'aluminium, graphite, platine et irridium précipités). Le tout est scellé à la base d'un pavillon exponentiel, formant l'intérieur d'une chambre vide d'air. Une électrode cylindrique ceinture l'ensemble.

Si on applique, entre les deux électrodes, une tension H. F. élevée, l'action conjuguée des effluves et des pertes diélectriques échauffe le tube de quartz et libère des ions de la couche émettrice.

Si la tension haute fréquence est modulée, les ions bousculent les molécules de l'air avec une intensité proportionnelle à la modulation, d'où naissance d'ondes sonores sans passer par l'intermédiaire d'un équipage mobile.

La courbe de réponse est pratiquement droite entre 25 et 15 000 p/s, et même plus, puisque ces appareils permettent l'émission d'ultra-sons. N'ayant pas d'inertie mécanique, on peut obtenir une reproduction fidèle des signaux transitoires. Malheureusement, dans l'état actuel des choses, le fonctionnement des haut-parleurs ioniques s'accompagne d'un bruit de fond assez gênant.

E. — HAUT-PARLEURS ELECTROSTATIQUES OU A CONDENSATEURS

Principe :

Le haut-parleur, comme le micro électrostatique, comporte deux armatures : l'une, très rigide ; l'autre, très mince (épaisseur de l'ordre de 25 microns) en aluminium ou en duralumin. L'armature mince est très fortement tendue, à une distance d'environ 25 microns de l'armature rigide. Le condensateur ainsi formé est mis en série avec une tension continue de quelques centaines de volts, laquelle lui est appliquée à travers une résistance très élevée (10 mégohms par exemple).

La tension basse fréquence est appliquée aux bornes de cette résistance. La tension continue joue le rôle du champ magnétique dans les H. P. dynamiques. L'emploi de ces haut-parleurs, pour la reproduction des aiguës, est actuellement assez répandu. Certains modèles commerciaux utilisent des feuilles d'or comme armature.

Les types très récents comportent une électrode constituée par une mince feuille de plastique, métallisée sur une de ses faces.

L'armature rigide reste de constitution identique. Ces H. P., appelés cellules électrostatiques, permettent une très bonne reproduction des fréquences élevées, avec de très faibles distorsions de fréquence ; aussi les emploie-t-on pour la reproduction des aiguës, dans les récepteurs comportant une gamme modulation de fréquence.

F. — MOTEURS A CHAMBRE DE COMPRESSION

Ils sont utilisés uniquement pour les sonorisations, là où une puissance acoustique importante est nécessaire.

Principe :

Il a été vu dans l'étude des H. P. dynamiques que, la charge ramenée sur la bobine mobile étant très faible, le rendement était très médiocre.

Pour remédier à ce défaut, la bobine mobile d'un moteur à chambre de compression attaque une membrane souple en aluminium, de petit diamètre ; cette membrane comprime l'air dans

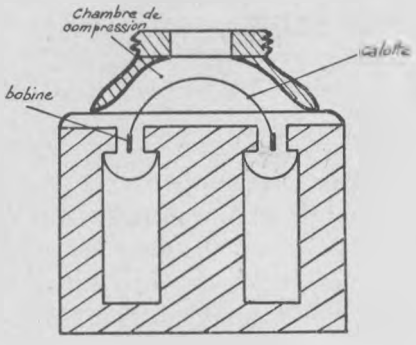


FIG. 19. — Vue en coupe d'un moteur à chambre de compression.

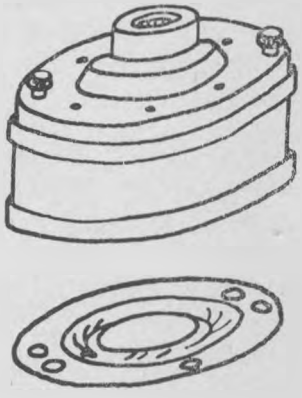


FIG. 20. — Moteur à chambre de compression et sa membrane.

une chambre de compression. De cette façon, on ramène une charge très importante sur la bobine mobile et le rendement s'accroît considérablement ; il peut atteindre : 40 % à 800 cycles ; 20 % à 6 000 cycles.

Ce principe permet la réalisation d'ensembles robustes, tolérant des pointes de puissance atteignant 25 watts (fig. 19, 20).

Ce moteur, accolé à un pavillon exponentiel ou « trompette », permet d'obtenir des portées acoustiques supérieures à 1,5 Km.

Ses qualités sont inférieures à celles de bons H. P. dynamiques montés sur un baffle correct. Son rendement important permet d'obtenir des portées très grandes pour des puissances relativement faibles. Une puissance de 7 watts donne une portée atteignant presque 2 km.

Il est utilisé pour la sonorisation de manifestations publiques en extérieur, ainsi que pour la sonorisation des gares, aérodromes, foires, etc...

Un constructeur anglais vient de réaliser un moteur à chambre de compression de très faibles dimensions, destiné à la reproduction des aiguës.

Tendances actuelles. — On note actuellement un développement des H. P. à aimants Ticonal, à champ élevé et à aimants ferroxdure. Les spiders sont en nylon verni ou en carton spécial tropicalisé. Les membranes sont très souples, réalisées en orlon recouvert de silastics.

Les tweeters électrostatiques reviennent sur le marché, sous forme de tweeters séparés ou de H. P. dynamiques, jumelés avec une cellule électrostatique au centre de leur membrane.

G. — NORMES FRANÇAISES 98-2 APPLICABLES AUX H. P. ELECTRODYNAMIQUES

Caractéristiques définissant les H. P. dynamiques :

a) Puissance d'excitation maximum ;
b) Puissance d'excitation nominale ;
c) Résistance de la bobine d'excitation ;
d) Résistance de l'enroulement primaire du transformateur ;
e) Courant continu nominal que peut supporter le primaire du transformateur ;
f) Impédance, mesurée à 400 cycles, du primaire parcouru par le courant continu nominal, le secondaire étant relié à la bobine mobile ;
g) Champ moyen dans l'entrefer.

Règles de construction :

Les haut-parleurs doivent être construits de manière à assurer un service normal et à conserver leurs propriétés caractéristiques, malgré les effets de l'humidité et de la durée. Toutes dispositions utiles seront prévues pour empêcher la limaille de pénétrer dans l'entrefer. Toutes les parties métalliques doivent être protégées contre la rouille, par une peinture ou un vernis ou tout autre procédé de protection.

Essais :

a) *Essai diélectrique.* — Une tension d'épreuve continue égale à 2 000 volts est appliquée, s'il y a lieu, entre le primaire et l'enroulement d'excitation.

La même tension est également appliquée entre ces deux derniers, réunis entre eux et à l'ensemble des autres enroulements, d'une part, et la bobine mobile réunie au secondaire et à la masse, d'autre part.

b) *Essai d'isolement.* — L'isolement mesuré en continu, avec une tension de 500 volts, entre les différentes parties énoncées ci-dessus, doit être au moins égal à 50 mégohms.

c) *Essai d'échauffement.* — Après quatre heures de marche, l'échauffement de l'excitation et du transformateur doit être au plus égal à 65° C.

Disposition des cosses :

La disposition normalisée des cosses d'un H. P. dynamique à excitation est :

0	0	0	0	0
Excitation entrée	Plaque	Masse	H. T.	Excitation sortie

Code des couleurs des connexions des anciens H.P. :

Trois cas sont à considérer suivant le montage.

1° *Une lampe de sortie.*

Vert	Primaire transformateur H. P. et anode.
Marron	Haute tension +.
Blanc	Secondaire transformateur H. P. (bobine mobile).
Noir	Enroulement d'excitation, arrivée H. T.
Jaune	Départ haute tension.

2° *Etage de sortie symétrique (push-pull).*

Vert et marron ..	Primaire transformateur H. P. et anodes.
Rouge	Haute tension +.
Blanc	Comme ci-dessus en 1°.
Noir	
Jaune	

3° *Haut-parleur avec prise sur bobinage d'excitation.*

Transformateur avec une lampe de sortie (1°) ou push-pull (2°).

Noir	Enroulement d'excitation, arrivée H. T.
Jaune	Départ haute tension.
Gris	Prise.

H. — DONNÉES NUMERIQUES SUR LES HAUT-PARLEURS DYNAMIQUES

D'après une étude de MM. Chavasse et Lehmann (« Les conditions de la vérification acoustique des haut-parleurs », Annales des Télécommunications, tome 8, n° 7, de juillet 1953)

1°) Rendement en fonction de la fréquence :

Les mesures sont effectuées en chambre sourde, le haut-parleur étant monté sur un baffle carré de 2 mètres de côté. On mesure la puissance acoustique rayonnée P_a en maintenant constante la puissance électrique fournie P_e.

$$\eta = \frac{P_a}{P_e} . 100$$

Pour les H. P. normaux, on obtient :

H.P. 12 cm	300	cycles	0,015 %
	1 000	»	0,16 %
	8 000	»	0,013 %
H.P. 21 cm	300	cycles	0,04 %
	1 000	»	1,83 %
	8 000	»	0,086 %
H.P. 28 cm	300	cycles	0,107 %
	1 000	»	2,48 %
	8 000	»	0,104 %

2°) **Réponse en régime transitoire :**

La réponse d'un H. P. en régime transitoire est liée à l'inertie et à la résonance de l'équipage mobile. La décroissance du son, après coupure brusque de l'alimentation de la bobine mobile, donne une idée quantitative de la qualité du haut-parleur essayé en régime transitoire. Le temps correspondant à cette décroissance est généralement de quelques centaines de millisecondes. En tout état de cause, ce temps devrait être inférieur à la constante de temps de l'oreille qui est de l'ordre de 100 millisecondes. Certains spécialistes indiquent une durée maximum d'une milliseconde, résultat qui semble très difficile à obtenir pratiquement.

3°) **Distorsions non linéaires :**

Un haut-parleur dynamique, étant incapable de restituer fidèlement des signaux transitoires (signaux carrés, par exemple), entraîne des distorsions non linéaires : distorsion harmonique et intermodulation.

a) *Distorsion harmonique.* — La distorsion harmonique d'un H. P. dépend à la fois de la fréquence de la tension sinusoïdale pure appliquée et de la puissance d'excitation.

A titre d'exemple, un H. P. de bonne qualité, dont la puissance nominale est de 5 W et la fréquence de résonance de sa membrane de 40 cycles, donne naissance pour cette fréquence à une distorsion de :

— 8,4 %	pour une	puissance	d'excitation de	1 W
— 43,8 %	»		»	2 W
— 66,5 %	»		»	5 W
— 80 %	»		»	10 W

Entre 100 et 2 000 cycles pour sa puissance nominale, ce H. P. entraîne une distorsion harmonique comprise entre 2,5 % et 3 %.

b) *Intermodulation.* — Si on applique au haut-parleur deux fréquences sinusoïdales F_1 et F_2, il reproduit non seulement ces deux fréquences, mais donne naissance à des fréquences : $nF_2 \pm mF_1$. Les fréquences de premier ordre $F_2 \pm F_1$ et de second ordre $2F_2 \pm F_1$ et $2F_1 \pm F_2$ sont les plus importantes, les autres pouvant être négligées. Par définition, le taux d'intermodulation est :

$$T\ \% = 100 \sqrt{\frac{P_{2_{-1}}^2 + P_{2_{+1}}^2 + P_{(2\cdot2)-1}^2 + P_{(2\cdot2)+1}^2 + \cdots}{P_1^2 + P_2^2}}$$

Dans cette formule, P_1, P_2, P_{2-1}, P_{2+1} ..... sont les pressions acoustiques produites par le H. P. relatives aux fréquences F_1, F_2, $F_2 - F_1$, $F_2 + F_1$ .....

A titre d'exemple, si on applique à un H. P. dynamique deux fréquences différant entre elles de 100 cycles et de même amplitude, le taux d'intermodulation, variable en fonction de la fréquence

$$F = \sqrt{F_1 F_2},$$ est compris entre 5 et 10 %.

4°) **Distorsion linéaire :**

On sait que la courbe amplitude-fréquence d'un haut-parleur n'est pas linéaire ; indépendamment de l'organe moteur, elle est également liée à la forme de la membrane (conique ou exponentielle) et au baffle sur lequel est monté le H. P. La courbe amplitude-fréquence d'un H. P. à chambre de compression et pavillon exponentiel est très accidentée. Si l'on prend comme référence le niveau acoustique rendu à 1 000 cycles, la partie utilisable de la courbe de réponse s'étend entre 700 et 5 000 cycles. La variation du niveau acoustique rendu entre 100 et 8 000 cycles est supérieure à 40 db. Pour un H. P. dynamique de qualité courante à membrane conique, on observe une courbe déjà plus régulière ; sa partie utilisable s'étend entre 100 et 9 000 cycles. Généralement, la réponse d'un bon H. P. à membrane conique entre 30 et 10 000 cycles s'inscrit dans moins de 30 db.

Les H. P. à membrane exponentielle possèdent de meilleures qualités de reproduction, puisque leur courbe de réponse entre 25 et 12 000 cycles s'inscrit avec une variation maximum de l'ordre de 12 db.

5°) **Directivité :**

La directivité dans l'axe d'un H. P. caractérise, pour une fréquence donnée, son efficacité en fonction de l'angle.

La directivité s'observe à partir de 5 000 cycles environ. La courbe de directivité pour cette fréquence affecte une forme cardioïde plus ou moins régulière.

Pour un H. P. à chambre de compression, on n'observe pratiquement qu'un lobe avant dont l'angle est inférieur à $\pm$ 10 degrés ; au contraire, la directivité d'un H. P. à membrane exponentielle

est moins marquée. La zone couverte (à 15 db) à l'avant du H. P. s'étend entre ± 60 degrés. Dans les mêmes conditions, cet angle est de ± 40 degrés pour un H. P. à membrane conique.

6°) **Variation de l'impédance totale en fonction de la fréquence d'excitation :**

A l'impédance électrique de la bobine mobile s'ajoute l'impédance cinétique correspondant au système mécanique constitué par la bobine et la membrane. Cette impédance totale est sensiblement constante entre 25 et 1 000 cycles (10 ohms environ pour un H. P. normal) avec toutefois une augmentation pour la fréquence de résonance. A partir de 1 000 cycles environ, l'impédance totale croît régulièrement pour atteindre à 12 000 cycles quatre fois la valeur correspondant à 1 000 cycles.

Tableau résumant les caractéristiques des principaux haut-parleurs

Types	Courbe de Réponse	Qualités de Reproduction
H. P dynamiques	-30 - 16 000 cycles -résonnance dans les basses fréquences	- distorsions linéaires - distorsions harmoniques - transitoires assez bien rendus
H. P à palette	-présentant de nombreuses résonnances -type de H. P. abandonné	- distorsions diverses très importantes
H. P électrostatiques	-bonne reproduction des aiguës au-dessus de 6 000 à 8 000 cycles	- reproduction que certains qualifient de métallique. - bonne reproduction des transitoires
H. P piézoélectriques	-reproduction des aiguës au-dessus de 6 000 cycles -courbe présentant des irrégularités assez marquées	- distorsions linéaires - sensibilité à la chaleur - longévité variable - pas de tension de de polarisation
H. P ioniques	-courbe de réponse droite -reproduction des fréquences ultra-sonores -(appareil complexe)	- très bonne reproduction des transitoires - distorsions faibles - bruits de fond importants.

I. — ECOUTEURS ELECTROMAGNETIQUES

Description.

Ils comprennent un aimant en fer à cheval ou d'une forme dérivée, tel qu'il puisse se loger dans un boîtier de 40 à 60 mm de diamètre. Ce boîtier est soit en métal, soit en bakélite ou toute autre matière plastique. Les deux pôles de l'aimant reçoivent chacun une bobine de fil de cuivre très fin, comportant un très grand nombre de spires. Ces bobines sont montées en série, de façon à ce que leurs champs s'ajoutent. Au-dessus des pôles de l'aimant, est placé un disque de fer doux, de 2 à 3/10 de mm d'épaisseur. Cette membrane prend appui sur les bords du boîtier contre lequel elle est serrée par le pavillon. Le pavillon, généralement en ébonite, est percé d'un trou en son milieu.

Fonctionnement.

Le courant, parcourant les bobines, produit un champ : $H = 1.25 \frac{N}{l} I$ qui exerce sur la membrane une force d'attraction proportionnelle au carré du champ dans l'entrefer. Si l'électro-aimant n'était pas polarisé, l'écouteur rendrait une fréquence double de celle du courant appliqué. Ce type d'écouteur a une courbe de réponse comprise entre 50 et 5 000 cycles très approximativement, l'inertie de la membrane ne lui permettant pas de restituer des fréquences plus élevées. La reproduction des sons est d'assez mauvaise qualité, du fait des résonances de la membrane métallique.

J. — ECOUTEURS ELECTRODYNAMIQUES

Leur constitution est la même que celle des H. P. du même nom. On réalise certains de ces écouteurs avec des dimensions très réduites pour les appareils de surdité par exemple. Leurs qualités de reproduction sont supérieures à celles de l'écouteur électromagnétique.

K. — ECOUTEURS ELECTROSTATIQUES

Leur constitution est la même que celle des cellules électrostatiques. Ils présentent l'inconvénient de nécessiter une source de tension continue relativement élevée. Leur utilisation est extrêmement peu répandue.

CHAPITRE III

LECTEURS PHONOGRAPHIQUES DITS « PICK-UP »

Ces appareils mettent en œuvre les principaux systèmes de reproduction suivants :

I. — *Système électrodynamique.*

II. — *Système électromagnétique.*

III. — *Système piézoélectrique.*

IV. — *Correction des courbes de réponse des lecteurs.*

Ce chapitre contient également l'étude des points suivants :

V. — *Principaux facteurs alternant la lecture.*

VI. — *Caractéristiques des éléments entrant dans la construction des tourne-disques.*

VII. — *Les disques et de leur enregistrement.*

Généralités.

Un lecteur phonographique est un appareil destiné à extraire, d'un enregistrement de sons sur un disque, une f. é. m. B. F. La vibration sonore peut également être enregistrée sur film. Le lecteur comporte alors essentiellement une cellule photo-électrique (enregistrement cinéma ou Philips-Miller).

L'enregistrement peut également être effectué sur un fil ou une bande magnétique. Le lecteur est alors une tête magnétique, constituée par un circuit magnétique sur lequel se trouve un bobinage. L'appareil utilisant ce procédé est un magnétophone.

I. — SYSTEME ELECTRODYNAMIQUE

Description.

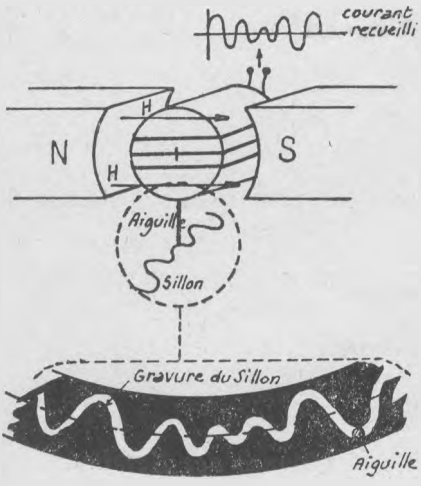


Fig. 21. — Lecteur électrodynamique.

Le lecteur électrodynamique, comme le graveur du même type, a un principe analogue à celui d'un appareil de mesure à cadre mobile. Un cadre rigide est placé dans le champ d'un aimant puissant, de telle sorte que, dans sa position de repos, le plan des spires soit parallèle aux lignes de force d'un champ magnétique produit par un aimant fixe N. S. (fig. 21).

Ce cadre peut pivoter autour de son axe, en entraînant ou en étant entraîné par un burin de gravure ou une aiguille pour la lecture. Un système élastique maintient l'équipage mobile dans la position de repos définie ci-dessus. Un autre système permet d'obtenir l'amortissement voulu.

Théorie élémentaire du fonctionnement.

Dans le cas du lecteur, la force qui s'exerce sur l'aiguille est transmise au cadre qui se déplace dans le champ H. Une f. é. m. d'induction e prend naissance dans le cadre. D'après la loi du flux coupé, on a :

$$e = -10^{-8}\ \mathrm{H}.l.\mathrm{V}$$

avec l : longueur des conducteurs coupant le champ H ;
V : vitesse de déplacement des conducteurs.

La f. é. m. engendrée par le lecteur est donc, à chaque moment, proportionnelle à la vitesse du mouvement qu'avait le burin lors de la gravure du « phonogramme ».

La reproduction est donc théoriquement fidèle.

Caractéristiques des lecteurs électrodynamiques.

Courbe de réponse des lecteurs « dynamiques » :

La courbe de réponse de ce type de lecteur accuse une résonance entre 4 000 et 6 000 cycles. Cette remontée est due à la résonance du système mécanique ; pour un amortissement convenable, cette résonance peut être assez réduite. La bande de fréquences reproduites s'étend de 60 à 12 000 voire 15 000 cycles.

Fidélité :

Les distorsions linéaires (ou réponse amplitude-fréquence) sont faibles.

La souplesse de l'équipage mobile permet une bonne reproduction des transitoires. La force exercée par la tête de lecture sur le phonogramme (disque) est faible, de l'ordre de 12 grammes en 78 tours/minute et 9 grammes pour les microsillons.

Cette faible pression permet une bonne conservation des disques, car les sillons ne sont pas « rabotés ».

Tension de sortie :

La tension fournie par ces lecteurs est faible, de l'ordre du millivolt. Un préamplificateur à gain assez élevé, environ 40 décibels, est nécessaire, compte tenu des corrections à apporter à l'aide de filtres.

Impédance de sortie :

L'impédance de sortie est faible. Un transformateur élévateur est donc obligatoire à l'entrée de l'amplificateur.

Ceci limite l'emploi de ces têtes à des usages professionnels, surtout comme têtes de gravure.

Conclusion.

Ces têtes permettent une reproduction fidèle du phonogramme. La résonance, signalée plus haut, peut être très atténuée ou même

rejetée en dehors du spectre de fréquences à reproduire. La réponse aux signaux transitoires est très bonne. La pression exercée sur le disque est très faible, d'où une bonne conservation des qualités de ceux-ci. Leur prix seul en limite l'emploi courant.

II. — SYSTEME ELECTROMAGNETIQUE

Description.

Dans ce type de lecteurs, l'aiguille entraîne une armature en fer doux qui fait varier la réluctance d'un circuit magnétique constitué par un aimant (fig. 22). Ces lecteurs portent également le nom de pick-up à réluctance variable (fig. 23).

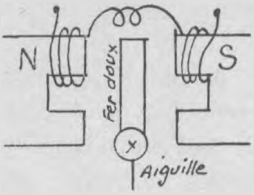


FIG. 22. — Lecteur électromagnétique.

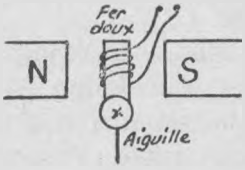


FIG. 23. — Lecteur à réluctance variable.

Théorie élémentaire du fonctionnement.

La variation de réluctance du circuit magnétique produit une variation de flux à l'intérieur de la bobine. On démontre que la f. é. m., e, qui prend naissance aux bornes du circuit, est (*) :

$$e = - n \frac{d\Phi}{dt} = K\, a\, \omega \cos \omega\, t,$$

a : amplitude instantanée du mouvement de l'aiguille, de pulsation ω.

Comme pour le lecteur dynamique, la f. é. m. engendrée est, à chaque instant, proportionnelle à la vitesse du burin. La reproduction est donc fidèle.

(*) J. LANDRAC. — Enregistrement des sons (Eyrolles).

Caractéristiques des lecteurs électromagnétiques.

Courbe de réponse :

La courbe de ces lecteurs, en France tout au moins, comporte de nombreux points de résonance. La distorsion linéaire est donc importante. La gamme de fréquences reproduites va de 30 à 8 000 cycles.

Réponse aux transitoires :

Une grande raideur de l'équipage mobile est nécessaire pour éviter que la palette ne colle sur les pièces polaires. Ceci implique donc une grande pression sur le disque et une réponse défavorable aux signaux transitoires.

La mauvaise reproduction des transitoires entraîne des distorsions harmoniques importantes.

Des progrès très importants, tant en France qu'à l'étranger, en particulier aux U.S.A., permettent actuellement la réalisation de lecteurs à réluctance variable de très bonne qualité.

La pression sur le disque qui était, il y a quelques années, de 100 grammes, a été ramenée à 20 ou 25 grammes. Il existe même une tête de la Général-Electric (U.S.A.) qui exerce une pression de 10 grammes environ sur le disque. Ces qualités sont presque comparables à celles d'une tête électro-magnétique fabriquée en France par Pierre CLEMENT et utilisée par la R.T.F. :

— pression sur le disque : 78 t/mn, 15 grammes ; microsillon, 6 grammes ;
— courbe de réponse droite de 50 à 10 000 cycles.

Tension de sortie :

La tension fournie par les lecteurs à réluctance variable est assez élevée : 0,1 à 1 volt. Cette tension de sortie explique l'utilisation courante de pick-up de ce type. Ils peuvent, en effet, être utilisés directement sur la prise « P. U. » d'un récepteur. La tête de lecture professionnelle Pierre CLEMENT a un niveau de sortie plus faible nécessitant l'emploi d'un préamplificateur.

Impédance de sortie :

Suivant le modèle, l'impédance est comprise entre 200 et 20 000 ohms.

Conclusion.

Ces appareils, étant de construction aisée et doués d'une bonne robustesse, sont assez couramment utilisés, d'autant plus que leur prix est relativement bas. Le développement des microsillons a amené les constructeurs à diminuer la pression exercée sur le disque permettant l'utilisation de saphir et même de diamant pour remplacer l'aiguille souple en acier qui s'use très rapidement. Une aiguille permet la lecture de deux ou trois faces de disques 78 tours/minute. L'usure de la pointe de l'aiguille peut entraîner la formation de facettes coupantes, susceptibles de détruire le sillon du disque.

Un saphir permet 200 à 300 heures d'audition. Le diamant, à condition d'être parfaitement taillé et de ne subir ensuite aucune abrasion anormale, permet une durée d'audition dépassant 1 000 heures.

Bien que leurs qualités soient actuellement améliorées, leur courbe de réponse est encore accidentée (lecteurs de qualité courante) :

— les fréquences aiguës sont mal reproduites ;
— les signaux transitoires subissent des distorsions assez importantes.

Les lecteurs professionnels, par contre, présentent de très grandes qualités, mais leur prix est élevé.

III. — SYSTEME PIEZOELECTRIQUE

Decription.

Ces lecteurs sont composés d'un élément bimorphe de sel de seignette, ainsi appelé parce que constitué de deux prismes accolés (*).

Sur cet élément, se trouvent fixées deux pinces métalliques, dont l'une est solidaire du bras support, l'autre recevant l'aiguille ou le saphir de lecture.

Théorie élémentaire du fonctionnement.

La cellule piézoélectrique est obtenue en taillant une plaquette de quartz ou sel de seignette, de façon à ce que quatre de ces faces

(*) Notons également sur des cellules de construction étrangère l'utilisation d'éléments en céramique à base de titanate de baryum.

soient parallèles à l'axe optique. Deux d'entre elles sont perpendiculaires à l'un des axes électriques du cristal (fig. 24). Si on recouvre ces deux dernières faces de deux électrodes métalliques, on constate le phénomène suivant dit effet piézoélectrique :

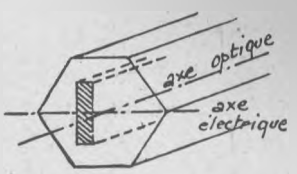


FIG. 24. — Taille d'un quartz piézoélectrique.

Si le cristal est comprimé par deux électrodes métalliques, des charges électriques de noms contraires apparaissent sur chacune d'elles. Ces charges disparaissent avec la pression qui leur a donné naissance.

Ce phénomène, qui permet la transformation directe de l'énergie mécanique en énergie électrique, est utilisé dans les lecteurs piézoélectriques.

L'aiguille, en « lisant » le sillon du disque, communique aux cristaux de la cellule un mouvement de flexion autour de leur position d'équilibre. Si le mouvement mécanique est de pulsation ω, la tension entre les deux électrodes est également de pulsation ω et la valeur de cette tension est :

$$e = \mathrm{K}\, x$$

x étant la valeur instantanée de la distance de l'aiguille à sa position de repos.

Caractéristiques des lecteurs piézoélectriques.

Courbe de réponse :

La courbe de réponse est satisfaisante, mais, du fait des caractéristiques des phonogrammes, il faut noter une mauvaise reproduction des fréquences élevées, la tension de sortie étant proportionnelle à la valeur instantanée x définie ci-dessus.

Par contre, ce pick-up favorisant la reproduction des fréquences basses peut être utilisé sur un récepteur radio, dont, généralement, la courbe de réponse dans cette partie de la gamme des sons est déficiente.

Cette remarque explique le succès de ce type de lecteur auprès des constructeurs. Un deuxième argument favorable à son utilisation, et non le moindre, est son prix de revient peu élevé.

Réponse aux transitoires :

Du fait de la grande raideur mécanique de l'ensemble, les signaux transitoires sont mal rendus et les distorsions harmoniques appréciables. La pression sur le disque est importante et provoque une usure relativement marquée des disques lus. Des améliorations très sensibles viennent d'être apportées à ce type de lecteurs par suite d'une réduction importante de la pression sur le disque ; pour certains appareils, elle n'est plus que de 10 grammes environ.

Tension de sortie :

La tension de sortie est très élevée. Elle peut atteindre plusieurs volts.

Impédance de sortie :

L'impédance de sortie d'un lecteur piézoélectrique est très élevée, ce qui en permet l'emploi directement en parallèle sur la résistance de fuite de grille du premier tube de l'amplificateur B. F.

Avantages et inconvénients des lecteurs piézoélectriques.

Avantages :

Tension de sortie élevée, correction de la courbe de lecture facile, sinon inutile, bonne robustesse, prix peu élevé.

Inconvénients :

Pas ou peu d'aiguës, pression sur le disque importante, signaux transitoires mal rendus, « ronronnements » entre 20 et 40 cycles provenant des vibrations du moteur transmises à la tête de lecture.

Conclusion :

Ce type de lecteur, malgré ses défauts, est de loin le plus utilisé ; il faut noter de meilleures qualités de reproduction dans les modèles de fabrication récente.

IV. — CORRECTIONS DES COURBES DE REPONSE DES LECTEURS

Les corrections à apporter aux courbes de réponse des différents lecteurs doivent tenir compte des caractéristiques de gravure des phonogrammes.

Pour les phonogrammes, dont la vitesse de rotation est de 78 tours/minute, ces caractéristiques sont, x étant l'élongation du burin :

$$x = \text{constante pour } F < 250 \text{ cycles}$$

$$x = \frac{K}{F} \qquad \text{pour } F > 250 \text{ cycles}$$

Autrement dit, jusqu'à 250 cycles, la gravure est faite à élongation constante (fig. 25).

Au-dessus de 250 cycles, la gravure est faite à vitesse constante.

La « réponse » du lecteur est satisfaisante lorsque les tensions de sortie sont proportionnelles aux tensions enregistrées.

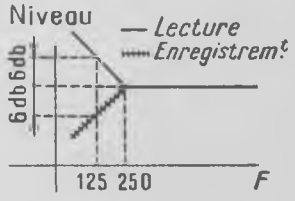


FIG. 25. — Courbes de gravure et de lecture d'un disque standard 78 t/mn.

Ce résultat est obtenu en apportant à la courbe de réponse certaines corrections suivant le type de lecteurs.

Ces corrections nécessitent (fig. 25) :

1°) Un relève-graves (6 db par octave) en-dessous de 250 cycles pour les lecteurs électromagnétiques et électrodynamiques ;

2°) Un relève-hautes pour les fréquences supérieures à 250 cycles pour les lecteurs piézoélectriques. Cette correction se fait pratiquement d'elle-même, car le circuit de charge, constitué par le circuit-grille de la lampe amplificatrice, est faible vis-à-vis de l'impédance du lecteur.

Pour les microsillons 45, 33, 16 tours/minute, il existe différents standards d'enregistrement suivant les pays et les marques commerciales.

Les correcteurs de lecture devraient donc comporter différentes positions permettant d'adapter la courbe de réponse à la lecture, en fonction des caractéristiques du phonogramme lu.

V. — PRINCIPAUX FACTEURS ALTERANT LA LECTURE

— vibrations du bras-support du lecteur ;
— erreur de piste ;
— effet de pince ;
— déformation du sillon ;
— influence des caractéristiques de l'aiguille ;
— pleurage et scintillement ;
— moirage ;
— bruits de fond.

L'étude de tous ces facteurs étant du domaine d'un cours spécialisé, seuls l'erreur de piste, le pleurage et les bruits de fond sont étudiés ci-dessous (*).

1°) **Erreur de piste :**

L'erreur de piste est mesurée par l'angle entre le plan tangent à l'axe du sillon supposé décrivant un cercle et le plan dans lequel s'effectuent les mouvements de l'aiguille (fig. 26).

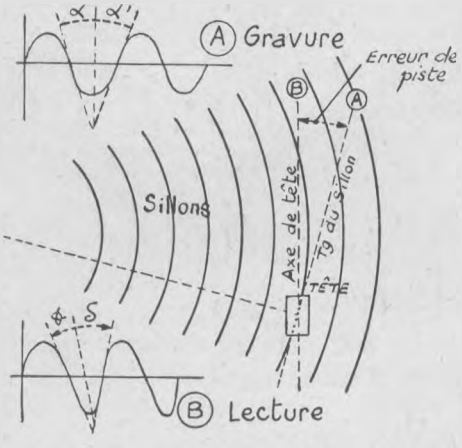


FIG. 26. — Erreur de piste.

L'erreur de piste est la cause de distorsions harmoniques importantes. Pour réduire l'erreur de piste, il faut utiliser un rapport $\frac{d}{l}$ voisin de 1 ; d : diamètre du disque ; l : longueur du bras. Ceci nécessite, pour explorer un disque de 30 cm de diamètre, un bras de 30 cm de longueur.

Dans le matériel destiné à un usage courant, une telle longueur est impossible, la longueur maximum est seulement de l'ordre de 20 cm. Pour palier cet inconvénient, on utilise des bras coudés et on décale la tête par rapport au bras dans le sens des aiguilles d'une montre.

Ces deux artifices permettent de diminuer les distorsions harmoniques dues à l'erreur de piste.

(*) Voir J. LANDRAC déjà cité page 54.

2°) **Pleurage, scintillement :**

Pour respecter scrupuleusement la note inscrite sur un disque, il faut que la vitesse de lecture soit rigoureusement identique à la vitesse d'enregistrement. L'oreille, dans certains cas, est sensible à un écart de fréquence de 3/1 000.

Une variation de vitesse est encore plus désagréable.

On appelle pleurage, une variation de vitesse appréciable, dont la durée est de l'ordre de la seconde ; le scintillement est une variation de vitesse de courte durée.

Causes des variations de vitesse :

a) irrégularité de la rotation des plateaux ;
b) excentrage des disques ;
c) voilage des disques ;
d) glissement du disque sur le plateau.

La première cause exige :

un moteur de P. U. puissant, un plateau parfaitement équilibré ayant une grande inertie (plateau lourd), un couple résistant constant et faible par rapport au couple moteur, des engrenages ou tout autre système de transmission mécanique aussi parfaits que possible.

3°) **Bruits de fond :**

a) *Ronflements :* Ils sont produits par l'action du champ alternatif sur la tête de la lecture. Pour les réduire, on utilise des moteurs et des connexions blindés.

b) *Vibrations :* Pour les réduire, on utilise :

un ensemble monté sur amortisseurs, des filtres de transmission en caoutchouc, etc...

c) *Bruits d'aiguille :* Ils résultent de la lecture des aspérités de la surface du sillon. Leur spectre de fréquences est très large et dépend du matériau utilisé pour la réalisation du disque, de l'état du disque, de la vitesse de rotation.

Le niveau de bruits d'aiguille est de — 40 db pour les disques 78 tours/minute, et de — 50 à — 55 db pour les microsillons de qualité (attention à la poussière pour ces derniers).

On élimine les bruits d'aiguille à l'aide d'un filtre dit « filtre d'aiguille » qui produit une coupure brutale au-dessus de 4 000 cycles.

VI. — CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS ENTRANT DANS LA CONSTRUCTION DES TOURNE-DISQUES

Moteurs des appareils de qualités courantes :

— moteurs asynchrones monophasés avec ou sans bague de déphasage pour le démarrage ;
— moteur à cage d'écureuil en court-circuit ;
— moteurs universels ou à induction ;
— moteurs à hystérésis.

Puissance. — Cette puissance est très variable suivant les constructeurs. Elle va de 1/40 CV à 1/20 CV pour les moteurs dits « surpuissants ».

Consommation. — Elle est fonction de la puissance du moteur : de 10 à 50 watts.

Certains moteurs, destinés à être alimentés par pile, absorbent même moins de 10 watts.

Couple. — Il est également très variable. En moyenne, il est de 150 g/cm pour un moteur de 15 watts.

Moteurs des appareils professionnels :

— moteurs asynchrones synchronisés ;
— moteurs synchrones à déphasage par capacité ;
— moteurs synchrones ou asynchrones, synchronisés, triphasés.

Leur puissance et leur couple sont très importants.

Dispositions d'arrêt automatique :

Tous les appareils commerciaux, d'usage courant, comportent un dispositif d'arrêt automatique, déclanché par le sillon fermé terminant l'audition.

Changeur de disques :

Certains appareils comportent un changeur de disques automatique, particulièrement pour les 45 t/mn, avec « rééjection » automatique du bras. La capacité en disques et le mode d'action des changeurs de disques sont de types assez différents selon les marques.

Changement de vitesse :

Les dispositifs permettant d'obtenir les trois vitesses : 33, 45, 78 t/mn, et même depuis peu les 16 t/mn, équipent maintenant la totalité des tourne-disques. Ces dispositifs sont également assez variables : pignons en céloron manœuvrés par un index extérieur à l'appareil, réducteurs interchangeables en bronze (le changement de vitesse nécessite alors une opération manuelle), etc...

Régulateur de vitesse :

Certains appareils comportent un régulateur de vitesse à boule, ainsi qu'un index extérieur permettant de faire varier la vitesse.

Plateau :

Les plateaux sont revêtus de feutrine ou de caoutchouc pour obtenir l'adhérence du disque. Les plateaux, généralement en aluminium coulé, tout au moins pour le matériel professionnel, doivent être aussi lourds que possible et parfaitement équilibrés. On utilise l'aluminium pour éviter la force d'attraction entre l'aimant de la tête (dynamique ou magnétique) et le plateau, car il en résulterait une pression supplémentaire sur le disque.

Platine :

L'ensemble. moteur, bras, etc..., est monté sur une platine en acier ordinaire ou en aluminium coulé.

Tête :

La largeur du sillon des disques 78 t/mn étant trois fois plus importante que celle des microsillons, il faut utiliser une aiguille différente pour lire l'un ou l'autre phonogramme. D'autre part, la pression sur le disque doit également être différente : 15 grammes environ pour les 78 t/mn, moins de 10 grammes pour les microsillons. Sur le matériel professionnel, on utilise deux têtes différentes munies de saphirs ou de diamants, de diamètres différents (trois fois plus petits pour les microsillons).

Sur le matériel courant, on se contente d'utiliser la même tête, munie sur chacune de ses faces d'un saphir de diamètre convenant, soit pour les 78 t/mn, soit pour les microsillons. La

tête pivote autour de son axe horizontal. Chacune de ces positions est repérée par une indication convenable :

— 78 t/mn pour une face ;
— 16, 33, 45 t/mn pour l'autre face de la tête.

Pour certains lecteurs, on utilise un style différent pour lire les microsillons 16 t/mn à gravure étroite.

Il convient d'apporter une grande attention à l'utilisation de la tête, car un microsillon lu avec tête 78 t/mn ou inversement, un 78 t/mn lu avec la tête microsillon, subit une détérioration plus ou moins grande. Si cette erreur se renouvelle plusieurs fois, le disque devient inutilisable.

Présentation :

Les platines sont montées soit en mallette ou valise avec ou sans amplificateur incorporé (électrophone), soit directement sur le récepteur, d'une façon souple, pour éviter tous effets d'accrochages, effet Larsen ou autres.

Prix :

Les prix de ces différents appareils sont très variables. Si l'on prend le prix P d'un P. U. piézoélectrique, on a :

— prix d'un lecteur à réluctance variable, de qualité courante : 1,5 à 2 P ;
— prix d'un lecteur à réluctance variable, de très bonne qualité : 5 à 6 P ;
— prix d'un lecteur électrodynamique : 8 à 10 P.

Tendances actuelles. — Notons le développement de la *stéréophonie* qui consiste à restituer à l'auditeur l'impression du relief sonore. La reproduction d'un enregistrement phonographique stéréophonique nécessite un lecteur spécial car, dans ce mode d'enregistrement, chaque paroi du sillon du disque est porteuse d'un des deux signaux constituant la modulation à reproduire. La construction des lecteurs utilisés qui est généralement du type électromagnétique ou prézoélectrique diffère sensiblement des lecteurs « *monaurals* » décrits dans les pages précédentes. Devant lire les deux parois du sillon en restituant deux signaux électriques séparés, ils doivent comporter deux parties actives identiques ayant les mêmes caractéristiques. Les tensions de sortie de ces deux sources sont plus faibles que celles obtenues à partir d'un lecteur monaural.

Tableau résumant les caractéristiques des lecteurs étudiés

Système	Tension de sortie	Caractéristiques	Inconvénients
à réluctance variable qualité courante	e proportionnelle à la vitesse de l'aiguille 0, 1 à 1 volt	- robustesse - sensibilité assez élevée - haute ou basse impédance	- pression sur le disque, élevée ; - distorsions linéaires - transitoires mal rendus
magnétique professionnel	e de l'ordre de 20 millivolts	- sensibilité plus réduite - basse impédance - très bonnes qualités de reproduction	- prix élevé
dynamique	" e de l'ordre du millivolt	- sensibilité réduite - généralement basse impédance - pression faible - très bonnes qualités de reproduction.	- préampli à gain élevé - prix
piézoélectrique	e proportionnelle au déplacement de l'aiguille : plusieurs volts	- très grande sensibilité - prix peu élevé - accentuation des graves - appareils robustes et simples	- pression sur le disque assez élevée - grande rigidité - distorsions linéaires et harmoniques - sensibilité à la chaleur , à l'humidité.
à titre indicatif lecteur électrostatique	" e pouvant atteindre 500 millivolts	- peu sensible - pression faible - suppression des ronflements	- exige un montage spécial - utilisation surtout comme modulateur de fréquence.

VII. — LES DISQUES ET LEUR ENREGISTREMENT

Constitution des disques.

a) **Disques durs 78 t/mn :**

Actuellement presque abandonnés, ils étaient constitués par un mélange de gomme laque (chargée avec du kaolin) et de poudre d'ardoise.

b) **Disques souples :**

Ils sont constitués par un disque d'aluminium mince recouvert d'une couche assez épaisse de vernis cellulosique.

c) **Disques microsillons :**

Ils sont constitués par des résines synthétiques et principalement par la vinylite ou le polyvinyle. En général, la composition de ces disques est la suivante :

— 80 à 90 % de résine ;
— 10 à 20 % de charge minérale ;
— 0,75 % de colorant ;
— 1 à 2 % d'une substance stabilisatrice.

Ce mélange se caractérise par une grande dureté et une grande élasticité.

Dans des conditions d'utilisation normale, ces disques sont pratiquement incassables.

Caractéristiques du sillon.

Le sillon représentant la modulation est enregistré latéralement à profondeur constante. La largeur du sillon est de 70 microns pour les 78 t/mn et de 20 microns pour les microsillons.

Dans les disques standards, 78 t/mn et microsillons, l'écartement entre les spires du sillon reste constant quelle que soit l'amplitude du son.

Dans les disques enregistrés à pas variable, l'écartement entre les spires du sillon varie en fonction de l'amplitude de la modulation.

Le nombre de sillons au centimètre y atteint 125 à 130, alors qu'il n'est que de 80 à 100 pour les disques microsillons normaux.

Durée d'audition.

Elle est donnée par le tableau suivant :

Disques	Constitution	Diamètre en cm	Durée par face en minutes
78 t/m	gomme laque	30	4 minutes 30
78 "		25	3
Microsillon 33 t/m	Résine vinylique	30	22
" " "		25	13 à 17
" " "		17	10 à 12
" pas variable "		30	25 à 32
" " " "		25	17 à 23
" 16 t/m		30	jusqu'à 40

Comparaison des disques 78 t/mn et microsillons.

Les avantages des disques microsillons, par rapport aux disques 78 t/mn, sont les suivants :

— longue durée ;
— distorsions et bruits de fond réduits ;
— gamme de fréquences beaucoup plus étendue ;
— augmentation de la dynamique de la modulation enregistrée ;
— conservation de leurs qualités en fonction du temps ;
— grande robustesse et grande élasticité.

Fabrication des disques.

Matrice de pressage :

La modulation à reproduire est enregistrée sur magnétophone et « montée ».

Ce montage est alors gravé sur disque souple. Cet original est rendu conducteur pour en permettre la reproduction par galvanoplastie. Le « père » ou négatif est une pièce métallique comportant l'empreinte en relief des sillons de l'original.

Le père n'est pas utilisé comme matrice, mais sert à obtenir une nouvelle empreinte métallique en creux : la « mère ». La mère permet d'obtenir les « fils » dont les sillons sont à nouveau en relief.

Cette manière de procéder permet de garder le « père » en réserve, au cas où il arriverait un accident à la « mère ».

Pressage des disques :

Les matières premières nécessaires sont broyées très finement, puis mélangées intimement. La pâte obtenue sert à donner des boules allongées ou « petits pains » pour les disques 78 t/mn et des petites boules pour les microsillons.

La quantité de matière nécessaire est d'environ 350 grammes pour obtenir un 78 t/mn 30 cm, et de 120 à 150 grammes pour un microsillon de même diamètre.

La pâte est alors placée dans une presse hydraulique développant une pression d'une centaine de tonnes.

Les deux faces du disque sont obtenues en même temps. Les moules supérieurs et inférieurs sont chauffés à la vapeau d'eau pendant le pressage et ensuite refroidis par un courant d'eau froide.

Le disque ainsi pressé est alors ébarbé et ses bords sont polis.

Avant emballage, il subit un contrôle final.

CHAPITRE IV

LES MICROPHONES

Définition.

Les microphones sont des apareils destinés à traduire, sous forme de courant électrique, les ondes sonores qu'ils reçoivent. La fidélité d'un microphone est sa faculté de fournir un courant électrique qui soit un reflet exact de l'onde sonore.

Sa sensibilité est le rapport de la force électromotrice produite à la pression acoustique exercée sur la partie sensible du microphone. Cette sensibilité, dite sensibilité à pression constante, est définie généralement en microvolts par barye. La barye est l'unité de pression C. G. S. qui correspond à une force d'une dyne par centimètre carré. La directivité d'un microphone est sa possibilité de ne « prendre » les sons que dans une ou plusieurs directions privilégiées.

Il convient de rappeler qu'un microphone n'est pas doué du phénomène d' « écoute intelligente » qui permet à l'oreille de situer une source dans l'espace.

Le « micro », lui, ne peut localiser une émission de sons que dans un plan. Cette transposition architecturale, d'un espace à trois dimensions en un espace à deux dimensions, est un des problèmes de base de la « prise de son ».

Courbes de réponse d'un microphone.

A. — **Courbe de sensibilité en fonction de la fréquence :**

C'est la courbe amplitude-fréquence établie pour une pression acoustique axiale constante. L'axe des abscisses comporte une division logarithmique affectée à la fréquence. Le niveau de sortie est porté sur l'axe des ordonnées gradué en décibels. Le zéro de

référence est mesuré par le niveau de sortie à 1 000 cycles. Une reproduction fidèle de toutes les fréquences nécessite une courbe de réponse droite.

B. — **Courbe de sensibilité en fonction de la distance :**

C'est la courbe de la tension de sortie d'un microphone que l'on obtient en maintenant l'intensité sonore et la fréquence constantes et en faisant varier la distance entre le microphone et la source sonore. On obtient ainsi une famille de courbes correspondant aux différentes fréquences du spectre sonore.

C. — **Courbe de directivité :**

C'est la courbe du niveau de sortie obtenue en faisant pivoter le micro autour d'un axe vertical passant par la surface du diaphragme par rapport au niveau obtenu dans l'axe normal d'incidence. On peut relever comme ci-dessus une famille de courbes pour des fréquences différentes.

Pour éviter des distorsions de fréquence, il faudrait que la directivité du micro soit la même pour toutes les fréquences acoustiques.

Fonctionnement des microphones.

Il a été vu qu'un haut-parleur était un moteur et l'étude des machines électriques montre que le fonctionnement des moteurs est réversible. Un moteur peut donc devenir un générateur de courant, si on lui fournit une puissance mécanique. Tous les haut-parleurs peuvent donc devenir des microphones moyennant, bien entendu, des modifications de réalisation. La puissance mécanique nécessaire est fournie par l'onde sonore. Pour obtenir une reproduction fidèle des fréquences élevées, les dimensions géométriques du diaphragme doivent être inférieures à la longueur d'onde la plus faible à reproduire.

MICROPHONE A CHARBON

C'est un des plus anciens microphones, puisqu'il a été inventé par l'Américain Hughes, en 1878. Son principe est basé sur les variations de résistance électrique dues aux variations de pression des ondes sonores. Il consiste en un bâton de charbon de cornue,

aux extrémités épointées, maintenu entre deux cuvettes également en charbon de cornue. Est-il utile de préciser que ce type de micro est complètement abandonné ? Les micros à charbon, utilisés actuellement dans les combinés téléphoniques, sont constitués par un boîtier rempli de grenaille de carbone, à l'avant duquel est disposée une plaque vibrante, en graphite. Le fonctionnement de ce type de micro requiert une source de tension continue, susceptible de faire passer quelques dizaines de milliampères dans le micro dont la résistance est de l'ordre de 200 ohms.

La courbe de réponse du micro-grenaille est limitée à la bande téléphonique : 250, 3 000 cycles environ.

Les distorsions sont très importantes. Ce micro ne peut donc avoir d'autres applications que le téléphone.

MICROPHONE ELECTROMAGNETIQUE

Il est constitué de la même façon que l'écouteur du même nom. Ce type de micro n'est pratiquement pas utilisé, car il présente sensiblement les mêmes défauts que le micro à charbon avec, de plus, l'inconvénient d'une très faible sensibilité. Ses qualités de reproduction ne justifient, en aucune façon, l'utilisation d'un préamplificateur.

MICROPHONE ELECTRODYNAMIQUE

Ce type de microphones comprend :

a) les microphones à bobine mobile ;
b) les microphones à ruban.

a) **Microphones à bobine mobile :**

Ils sont constitués d'un façon similaire au haut-parleur électrodynamique. Ils comportent donc une bobine mobile très légère (20 à 100 milligrammes), solidaire d'une membrane souple dont le poids varie entre 50 et 100 milligrammes. Cette membrane est réalisée soit en carton, soit en métal ou en matière plastique (nylon - orlon).

L'équipage mobile se déplace dans le champ d'un aimant puissant. L'onde sonore, en frappant le diaphragme du microphone, produit un déplacement de la bobine mobile, d'où naissance d'un courant induit dans celle-ci.

Ce type de micro a une courbe amplitude-fréquence présentant de nombreuses irrégularités et, en particulier, une pointe de résonance marquée entre 2 000 et 3 500 cycles (fig. 27 A).

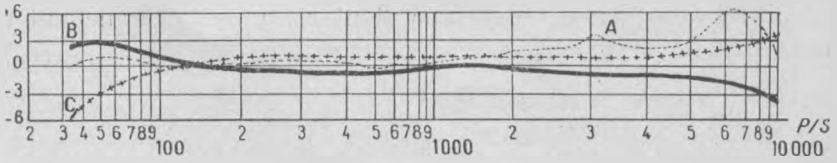


FIG. 27. — Courbes de réponse amplitude/fréquence
A) micro bobine mobile .....
B) micro ruban ————
C) micro capacité +++++

Pour atténuer en partie ce manque de linéarité, la partie interne du micro constitue une enceinte acoustique, traitée de façon à améliorer la courbe de réponse.

La directivité de ce micro est nulle aux basses fréquences et très marquée dans les hautes fréquences, à partir de 5 000 cycles environ (fig. 28).

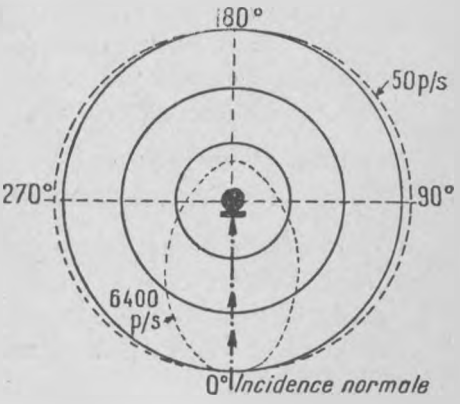


FIG. 28. — Courbe de directivité d'un 55 A, de 50 à 6 400 p/s.

Avantages :

Microphone robuste et de construction aisée. Prix relativement peu élevé. Courbe de réponse donnant du « mordant » à la parole, c'est-à-dire une plus grande intelligibilité du fait de sa pointe de résonance vers 3 000 cycles.

Inconvénients :

Courbe de réponse légèrement tombante dans les basses fréquences. Directivité très marquée sur les notes aiguës. Courbe de réponse trop accidentée.

Utilisations :

Ils sont utilisés surtout pour les sonorisations. Leurs qualités sont insuffisantes pour effectuer des prises de son de qualité, sauf pour des enregistrements effectués en plein air, leur sensibilité au vent étant relativement faible.

Principaux types de microphones dynamiques :

Les microphones de ce type, dont les qualités permettent un usage professionnel, sont principalement :

a) *d'origine française :*

Micro 75 A, Mélodium :

Sensibilité : 320 microvolts par barye.

Impédance de sortie : 200 ohms avec transformateur d'adaptation incorporé.

Membrane en aluminium.

Micro 55 A, Mélodium :

Ce micro est de construction identique au 75 A, mais est réservé aux usages professionnels (radiodiffusion).

Sensibilité : 160 microvolts par barye.

Impédance de sortie : 50 ohms avec transformateur incorporé.

Micro dynamique Philips E L 6040 :

Ce micro a des qualités sensiblement identiques à celles du 55 A mélodium, son encombrement et son poids étant plus réduits.

b) *d'origine américaine ou fabriqués sous licence :*

618 A, Western :

Sensibilité : 140 microvolts par barye.

Impédance de sortie : 30 ohms.

50 A, R.C.A. :

La bobine mobile de ce micro est réduite à une seule spire collée sur une membrane en papier imprégné.

Impédance de sortie : 50 ou 200 ohms.

Sensibilité : 320 microvolts par barye en 200 ohms, 160 microvolts par barye en 50 ohms.

630 A, Western :

Ce micro, appelé microphone « boule » ou « pomme », est très utilisé en extérieur en concurrence d'ailleurs avec le 55 A Mélodium.

Courbe de réponse montante dans les aiguës.

Directivité en fréquence nulle dans le plan de la membrane.

Efficacité ou sensibilité : 70 microvolts par barye.

(Tous les microphones ci-dessus sont ou ont été en usage à la R. T. F.) (*).

Remarque : Les microphones dynamiques sont dits à pression, car ils fonctionnent grâce à la différence des pressions qui s'exercent sur les deux faces du diaphragme ou membrane.

b) **Microphones à ruban.**

Ils sont constitués par un très mince ruban (quelques microns) d'aluminium gaufré tendu dans le champ d'un aimant puissant. Comme il est soumis à la pression de l'onde sonore sur ses deux faces, la différence de pressions entre elles est nulle. Le ruban est donc sensible à la vitesse de l'onde sonore.

De ce fait, ces microphones sont dits à vitesse ou à gradient de pression.

Ce fonctionnement confère au micro-ruban un effet directif très marqué, caractérisé par une courbe de directivité bi-directionnelle (fig. 29).

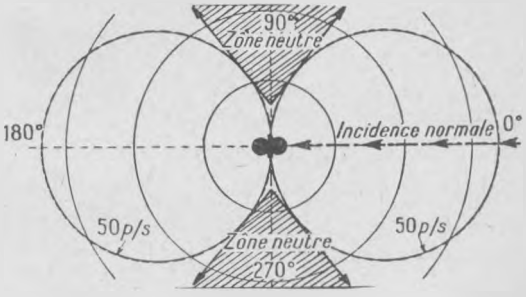


Fig. 29. — Courbe de directivité d'un 42 B, vers 3 000 p/s, les lobes de directivité s'aplatissent légèrement.

La courbe de réponse amplitude-fréquence est presque droite jusqu'à 10 000 cycles, fréquence à laquelle on observe une chute de 2 à 3 db. Elle est assez irrégulière dans la partie basse fréquence où une remontée se produit entre 50 et 150 cycles environ (fig. 27 B). La résonance du ruban est située en dessous de la bande de fréquences à transmettre vers 10 cycles environ. Un correcteur

(*) J. Bernhart. — Traité de prise de son (Eyrolles).
R. Clouard. — Les microphones (Dunod).

électrique est placé à l'intérieur même du micro (42 B Mélodium) et peut être commandé par une languette métallique se déplaçant latéralement devant trois encoches marquées :

— musique : aucune correction ;
— parole : affaiblissement de 12 db à 50 cycles ;
— speaker : affaiblissement de 18 db à 50 cycles.

L'impédance de sortie de ces microphones étant très basse, un transformateur élévateur d'impédance est inclus dans leur boîtier.

Avantages :

— Courbe de réponse régulière ;
— Bonne reproduction des fréquences basses, puisque celles-ci sont avantagées par rapport au reste du spectre sonore. Cette faculté, qui semble être un inconvénient, confère en réalité de la « rondeur et de la chaleur » à ces fréquences ;
— Les phénomènes transitoires sont bien reproduits du fait de la grande légèreté de l'ensemble actif ;
— La courbe de directivité bi-directionnelle est souvent intéressante pour éliminer des sources sonores gênantes. Il suffit, pour cela, de placer ces sources perpendiculairement à l'axe du micro.

Inconvénients :

Ces microphones sont lourds, encombrants et fragiles. Ils ne conservent leurs qualités que moyennant beaucoup de soins. Ils supportent mal les déplacements, le ruban se détendant sous l'influence des vibrations. Leur sensibilité au vent en rend l'emploi assez difficile en plein air.

Utilisations :

La bonne reproduction des graves, l'absence de remontée dans les aiguës, le respect des transitoires, permettent l'emploi de ce micro pour presque tous les enregistrements musicaux : en particulier, piano, contrebasse, violoncelle, voix parlée et chantée.

Principaux types :

a) *d'origine française :*
42 B, Mélodium :
Impédance de sortie : 50 ohms avec transformateur incorporé.
Sensibilité : 80 microvolts par barye.

b) *d'origine américaine :*

44 B. R.C.A. dit tête de vipère :

Impédances de sortie : 50 ou 200 ohms, transformateur de sortie incorporé.

Sensibilité : 160 microvolts par barye en 200 ohms ; 80 microvolts par barye en 50 ohms.

MICROPHONES ELECTROSTATIQUES

Les microphones électrostatiques se composent d'une capacité dont l'une des armatures est fixe et l'autre mobile.

L'onde sonore fait vibrer la membrane constituée par l'armature mobile, ce qui détermine une variation de capacité. Si on applique une tension continue assez élevée à l'ensemble par l'intermédiaire d'une résistance de très forte valeur R, les variations de capacité produisent des variations du courant circulant dans R, ce qui entraîne des variations de tension à ces bornes. Cette tension est appliquée, à travers une capacité de liaison de quelques milliers de pF, à la grille d'une lampe placée à l'intérieur d'un boîtier comprenant également les résistances d'alimentation et de fuite de grille (30 à 100 mégohms), ainsi que le transformateur de sortie.

La pastille micro (ou capsule) est fixée par un moyen amovible (douille baïonnette) sur le dessus du boîtier préampli. Une alimentation séparée fournit la tension de chauffage et la H. T. nécessaire au préamplificateur microphonique et à la pastille micro. Un cordon d'alimentation blindé relie cette alimentation au préampli. Suivant la construction de l'armature mobile (perforée ou non), on obtient un fonctionnement directionnel ou, au contraire, directionnel. La combinaison dans une même pastille de ces deux types de membranes permet d'obtenir une courbe de directivité cardioïde à toutes fréquences (fig. 30).

Il existera donc, pour un même préamplificateur, une pastille cardioïde et une pastille omnidirectionnelle, les deux pouvant d'ailleurs être contenues dans le même ensemble (capsule mixte) qui comportera alors un commutateur

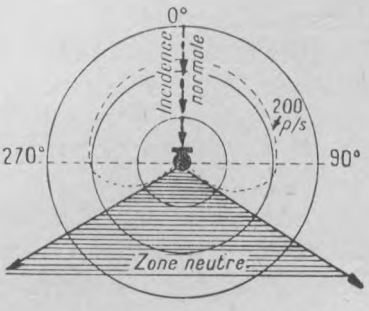


FIG. 30. — Courbe de réponse cardioïde

permettant de choisir le type de courbe de directivité suivant l'utilisation désirée.

Les dimensions géométriques extrêmement réduites du diaphragme permettent une très bonne reproduction de fréquences aiguës. La courbe de réponse des derniers microphones de ce type est pratiquement droite pour des fréquences inférieures à 50 cycles et jusqu'à 16 000 cycles environ (fig. 27 C). L'inertie de l'armature mobile étant très faible, la réponse aux transitoires est très bonne, d'où des distorsions harmoniques extrêmement réduites.

Avantages :

— très bonne courbe de réponse ;
— très bonne reproduction des fréquences aiguës ;
— très bonne reproduction des transitoires ;
— faible distorsion harmonique ;
— courbe de directivité cardioïde permettant d'éliminer complètement les sources sonores situées à l'arrière de la pastille directionnelle.

Inconvénients :

Ces microphones sont fragiles et d'un emploi difficile. Leur prix est très élevé ; aussi sont-ils surtout utilisés par des professionnels (Radiodiffusion, enregistrement de disques).

Utilisations :

Ces microphones conviennent pour toutes les prises de son en studio. Leur fragilité en rend l'emploi difficile en extérieur. Ils doivent être utilisés avec un certain recul pour éviter leur saturation qui produit des claquements très importants. Comme leur résonance est décalée vers les aiguës, ils ont une reproduction très « mordante » manquant quelquefois de rondeur dans les basses fréquences.

Ces caractéristiques en font un excellent outil pour les spécialistes de la prise de son.

MICROPHONE PIEZOELECTRIQUE

Son principe est analogue à celui des lecteurs de disques du même type. Les compressions mécaniques du cristal sont provoquées par les vibrations de la membrane soumise à l'onde sonore.

Son impédance de sortie élevée en permet l'emploi directement en parallèle sur la résistance de fuite de grille d'une lampe.

Sa reproduction est caractérisée par une absence d'aiguës et des basses « distordues », ainsi que par une courbe de réponse très irrégulière.

Ce type de micros est d'un prix de revient très bon marché. Ils sont, en outre, légers et peu encombrants, mais ils redoutent l'humidité et la chaleur.

Utilisations :

Ces microphones sont inutilisables pour toutes prises de son de qualité. Ils conviennent au « public-adress », aux magnétophones d'amateur (dictaphone), aux amplificateurs de surdité, aux émetteurs amateurs, etc...

Tableau résumant les caractéristiques des microphones

Types	Courbe Amplitude - Fréquence	Courbe de directivité	Reproduction	Utilisations
Charbon	-250 -3000cycles -très irrégulière		téléphonique	Micro de combiné téléphonique
Electro-magnétique	"		"	Peut être utilisé comme écouteur
Bobine mobile	-irrégulière -Pointes de résonnance à 3 000 et 7 000 cycles	-non directive aux basses fréquences -directivité marquée à partir de 5 000 cycles	-Mordante -Reproduction des basses fréquences manquant de fidélité	Sonorisation Prise de son à l'air libre
Ruban	-assez régulière -remontée importante dans les basses fréquences	bi-directionnelle dans l'axe du ruban	-musicale -basses fréquences "chaudes"	Prise de son en studio voix parlée et chantée
Electro-statique	-régulière -remontée dans les aiguës	cardioïde ou non directionnelle	-très musicale -très faibles distorsions	toutes prises de son de qualité en studio
Piézoélectrique	-très irrégulière -basses et hautes fréquences mal rendues		-mauvaise musicalité	"public-adress" dictaphones émission d'amateur

DEUXIEME PARTIE

TUBES ÉLECTRONIQUES ET TRANSISTORS

CHAPITRE PREMIER

LES TUBES ELECTRONIQUES

1. — DIFFERENTES SORTES DE FILAMENTS

Dans les tubes électroniques, l'émission électronique est confiée soit à des filaments à chauffage direct, soit à des cathodes à chauffage indirect, auxquelles il faut rattacher les filaments thoriés.

A. — Filaments à chauffage direct.

Généralités :

Actuellement, les tubes à chauffage direct sont presque uniquement utilisés dans les tubes de puissance, destinés à supporter des tensions anodiques élevées. Les filaments de ces lampes sont réalisés en tungstène.

Justification du choix du tungstène :

Le tungstène a été choisi, car c'est le plus infusible des métaux ; sa température de fusion est de 3 380° C ou 3 653° Kelvin ou degrés absolus. L'émission électronique due au tungstène n'est pas très élevée, puisque son potentiel de sortie est de 4,52 volts. D'autres métaux ont un potentiel de sortie beaucoup plus faible : le sodium par exemple, dont le potentiel de sortie est de 1,82 volt ; mais malheureusement, il est impossible de réaliser un filament en sodium puisque celui-ci fond à 95° centigrades. L'extraction d'un électron de charge e d'une substance nécessite un travail :

$W = e.v$, c'est-à-dire le travail d'une quantité d'électricité e, sous un potentiel v appelé potentiel de sortie de la substance considérée. Il est donc d'autant plus facile d'extraire des électrons d'un métal que son potentiel de sortie est plus faible.

Le tungstène est obtenu par traitement chimique de ses minerais qui sont : la wolframite et la scheelite.

C'est un métal très tenace, de densité 19 (il est également utilisé pour la fabrication d'aciers très durs) dont le faible coefficient de dilatation est une qualité précieuse pour la bonne tenue des filaments aux températures de fonctionnement élevées, particulièrement dans les lampes à incandescence.

Métallurgie du tungstène :

Les minerais de tungstène traités chimiquement donnent naissance à un tungstène pulvérulent. Cette poudre est matricée à la presse hydraulique exerçant une force supérieure à 2 000 kg par centimètre carré, la tige métallique ainsi obtenue est très fragile. On obtient le tungstène sous sa forme définitive par une série d'opération comprenant :

1°) Un échauffement au voisinage de sa température de fusion, obtenu par le passage d'un courant électrique d'environ 5 000 ampères.

2°) Un martelage à très haute température permettant d'obtenir une tige dont le diamètre est d'environ 1 mm.

Cette tige est transformée en filaments par l'intermédiaire d'une filière en carbure de tungstène pour les gros diamètres, ou en diamant pour les petits diamètres. L'étirage du tungstène est effectué à chaud, la filière étant lubrifiée à l'aide de produits graphitiques.

Pour les lampes radio usuelles, le diamètre du filament est de l'ordre de 25 microns.

Toutes ces opérations sont la cause du prix de revient très élevé du tungstène.

Conditions d'utilisation des filaments à chauffage direct :

Les premières lampes radio, genre T. M. (télégraphie - militaire), A 409, B 406, etc..., étaient utilisées sous une tension de chauffage continue de 4 volts, 0,05 à 1 ampère. La température

de fonctionnement de ces filaments était de 2 400 à 2 800° K. Les caractéristiques de ces tubes sont très étroitement liées à l'intensité de chauffage - filament.

Pour un filament de tungstène pur, dont la température de fonctionnement est de 2 100° C, une modification de température de 10° C (c'est-à-dire moins de 0,5 %) amène une variation du courant électronique de 10 %. Le filament étant porté à une température relativement voisine de sa température de fusion, une sur-intensité de chauffage peut produire la rupture du filament. Les circuits de chauffage des appareils utilisant des tubes à chauffage direct doivent obligatoirement comporter un moyen de réglage de l'intensité par un procédé automatique (autotransformateur à curseur variable par servomoteur, commandé par une balance de régulation). Cette alimentation peut être faite en courant alternatif, grâce à un filament conçu spécialement pour être alimenté en triphasé ; de ce fait, le courant anodique ne comporte pas de composante alternative, de fréquence égale à celle de la tension de chauffage.

La durée de vie des lampes à chauffage direct est de l'ordre de 1 000 heures. Les tubes d'émission à grande puissance ont des filaments émissifs en tungstène pur dont la tension d'anode est de l'ordre de 15 000 volts, pour une puissance pouvant atteindre 200 kW.

B. — **Filaments en tungstène thorié.**

La température élevée, nécessitée pour le fonctionnement des tubes à chauffage direct dont le filament est en tungstène pur, est la cause comme il vient d'être dit, d'une durée de vie assez brève et de conditions d'utilisation précises et stables. Si l'on pouvait utiliser le filament entre 1 200 et 1 500° C, sa durée de vie serait environ dix fois plus grande ; mais l'émission électronique du tungstène pour ces températures est trop faible pour en permettre l'utilisation. Par contre, pour ces températures, le thorium a un excellent pouvoir émissif. Malheureusement, il ne peut pas être utilisé directement ; il est donc nécessaire de « marier » les deux métaux sous forme de filaments en tungstène thorié.

Fabrication :

Au moment de l'étirage, on incorpore le thorium sous forme d'oxyde dans la proportion de 1 à 1,5 % au maximum. Pour bénéficier de la totalité du pouvoir émissif du thorium, le filament doit subir un certain nombre d'opérations :

1°) *Flashing.* — Cette opération consiste à porter le filament à 2 800° K, pendant dix à quarante-cinq secondes. De cette façon, une partie de l'oxyde de thorium est transformée en thorium métallique, par suite d'une réduction chimique qui se produit grâce au carbone qui se trouve dans le tungstène sous forme d'impuretés.

2°) *Activation ou vieillissement.* — Le filament est porté à une température supérieure à sa température normale (2 100° K) environ pendant dix à quinze minutes. L'activation est terminée quand la surface tout entière du filament est recouverte de thorium.

Le flashing et l'activation sont opérés, le filament étant monté dans la lampe dans laquelle on a fait le vide, sans aucune application de tension aux autres électrodes.

L'échauffement du filament, utilisé pour réaliser ces opérations, est obtenu en survoltant le filament de trois à quatre fois la tension nominale pour le flashing et de 1,5 fois pour le vieillissement.

Les filaments en tungstène thorié sont utilisés entre 1 500 et 1 800° C (1 800° C pour les lampes de puissances d'étages intermédiaires d'émetteur). Leur émission électronique, pour la même température, est environ mille fois plus importante que celle d'un filament en tungstène pur. On utilise des filaments en tungstène thorié pour équiper les lampes miniatures de postes batterie, chauffage 1,5 V - 0,05 ou 0,025 A.

C. — **Cathodes à chauffage indirect.**

Dans les lampes à chauffage indirect, l'émission électronique est produite par un cylindre recouvert d'oxydes de métaux alcalino-terreux : baryum, strontium. La cathode, qui consiste en un support en nickel, est chauffée par l'intermédiaire d'un filament en tungstène type fagot, spiralé ou bi-spiralé (fig. 31 a et b).

L'isolement du filament chauffant est obtenu par de la magnésie ou de l'alumine. La cathode à chauffage indirect doit également subir une activation suivant un procédé comparable à celui utilisé pour les filaments en tungstène thorié.

La couche d'oxydes sur la cathode est obtenue soit par voie chimique, soit par pulvérisation au pistolet.

La température de fonctionnement de la cathode est comprise entre 900 et 1 200° C. Cette température relativement basse permet une durée de vie atteignant 10 000 heures. On constate que, pour des caractéristiques de chauffage déterminées, une augmentation de la tension-plaque entraîne également une augmentation progressive de l'émission électronique ; de ce fait, le palier de saturation d'un tube à chauffage indirect n'existe pas. L'activité d'une cathode à oxydes peut donc croître jusqu'à destruction de la couche émissive.

Pour les cathodes à oxydes comme pour les filaments émissifs en tungstène pur ou en tungstène thorié, les caractéristiques de chauffage données par le constructeur doivent être suivies avec une tolérance inférieure dans certains cas à 10 %. Un accroissement de 20° C de la température de fonctionnement d'une cathode à oxydes vers 900° C multiplie approximativement l'émission thermoïonique par 50. Il ne faut pas en conclure pour autant qu'il est préférable de sous-chauffer un filament, la couche émissive d'une cathode à oxydes s'épuise autant par sous-chauffage que sur-chauffage. De nombreuses distorsions sont également dues à un chauffage insuffisant, ainsi que le décrochage de l'oscillation de la partie oscillatrice des tubes changeurs de fréquence, etc...

Il faut également noter que, pour la température de fonctionnement normal, l'isolement cathode-filament est assez faible, sauf pour certaines valves à chauffage indirect, dites à haut isolement filament-cathode (E. Z. 1, E. Z. 2, E. Z. 3, E. Z. 4, E. Z. 11, E. Z. 12 en série transcontinentale, 6 . X . 4 en série miniature secteur, E. Z. 80 en série Noval). La tension appliquée entre filament et cathode ne doit, en aucun cas, dépasser la tension admissible indiquée par le constructeur.

D. — **Cathodes froides.**

Si on supprime la charge d'espace due aux électrons quittant la cathode, il est possible d'obtenir une émission électronique sans échauffer celle-ci. Pour supprimer la charge d'espace, il faut obtenir au voisinage de la cathode un champ électrique intense ; ce résultat peut être obtenu sans tension anodique très élevée, il suffit pour cela de rapprocher les électrodes et d'avoir une cathode de très faible surface par rapport à l'anode.

L'effet de cathode froide est utilisé dans les tubes à décharge destinés à l'éclairage. L'émission électronique est d'ailleurs favorisée par l'ionisation du gaz contenu dans l'ampoule. L'ionisation est provoquée au départ par l'effet de cathode froide, ce qui permet d'augmenter alors l'émission électronique de celle-ci, puisque l'ionisation au voisinage de la cathode annule la charge d'espace. De ce fait, la décharge peut être obtenue sans qu'il soit nécessaire de disposer de tension anodique très élevée. Cet effet est également utilisé pour le redressement de courants alternatifs par l'intermédiaire d'un tube à décharge dans une atmosphère d'hélium. Ces redresseurs sont maintenant complètement abandonnés par suite, en particulier, des parasites dont ils sont la cause.

L'émission électronique par cathode froide est également utilisée dans certains tubes à rayons cathodiques. Le fonctionnement de ces tubes exige plusieurs dizaines de milliers de volts. Pour cette raison, on préfère généralement faire appel à une émission électronique par cathode chaude.

Comparaison des différentes cathodes :

L'émission thermoïonique d'une cathode est donnée par la loi de RICHARDSON :

$$I = AT^2 \, e^{-\frac{b_o}{T}}$$

I : intensité de saturation en ampères/cm²
A et b_o : constantes dépendant de la substance
e : base des logarithmes népériens
T : température absolue.

D'après Lucien CHRETIEN, « Physique Electronique », le tableau comparatif des trois cathodes usuelles est :

Cathode	Potentiel de sortie en volts	A	bo	Température normale en degrés absolus	Rendement mA par Watt de Chauffage	Durée de vie moyenne en heures
Tungstène pur	4, 52	60, 2	52 400	2 400 - 2 600	3 à 10	1 000 à 1 500
Tungstène thorié	3, 3	3	31 500	1 900 - 2 000	60 à 65	5 000 à 10 000
Cathode à oxydes	1	0, 01 à 0,001	12 000	1 100 - 1 170	50 à 125	3 000 à 5 000

2. — DIFFERENTS TYPES DE LAMPES

— Ballon-verre, culot isolant rapporté ;
— Tout verre y compris le culot ;
— Verre métal ;
— Tout métal.

A. — Ballon-verre, culot isolant rapporté :

Ce type de lampes était le plus courant jusqu'à ces dernières années. Il comprenait les tubes de la série américaine et européenne (6 . K . 7, 6 . E . 8, E . B . C . 3, E . F . 9...).

Le ballon-verre est soit cylindrique droit, soit plus ou moins renflé dans sa partie centrale. Sur le ballon est soudé un pied en verre au travers duquel sortent les connexions des électrodes.

Le culot isolant est assemblé au ballon par l'intermédiaire d'un ciment spécial. Les connexions sont soudées à des broches serties dans le culot.

B. — Tubes tout verre.

Dans ces lampes, le culot fait partie intégrante du ballon sous forme d'un bourrelet plus ou moins épais, à travers lequel sortent les électrodes. Ces sorties servent de broches : tubes miniatures, rimlock, noval.

C. — Verre métal.

En réception, cette appellation concerne les lampes dont le ballon de verre est inclus dans un blindage sur lequel est fixé le culot isolant ou les lampes dont le ballon de verre est métallisé par une peinture conductrice (genre série européenne, dite série rouge).

En émission, ce terme désigne une lampe où la plaque est extérieure au ballon de verre sur lequel elle est soudée par une soudure spéciale, dite soudure verre-métal.

Ce procédé permet d'augmenter la surface extérieure de la plaque par adjonction d'ailettes de refroidissement, dans lesquelles on fait passer un courant d'air forcé, ou d'un manchon de refroidissement, dans lequel on fait passer de l'eau distillée.

D. — **Tout métal.**

Le ballon et le culot sont entièrement métalliques. La sortie des électrodes sur le culot est faite à travers des perles de verre. Ces tubes sont très robustes. On peut réduire leurs dimensions. Ils sont de plus parfaitement blindés.

A ces quatre types, il convient d'ajouter également :

Les lampes sub-miniatures :

Elles sont de dimensions extrêmement réduites. Le culot est supprimé ; les fils de connexion de la lampe se soudent directement sur les circuits.

Les lampes glands :

Egalement de très faibles dimensions. Les électrodes sortent radialement à travers l'ampoule. Ces deux types de lampes ont des capacités internes extrêmement réduites et peuvent être utilisées en V. H. F.

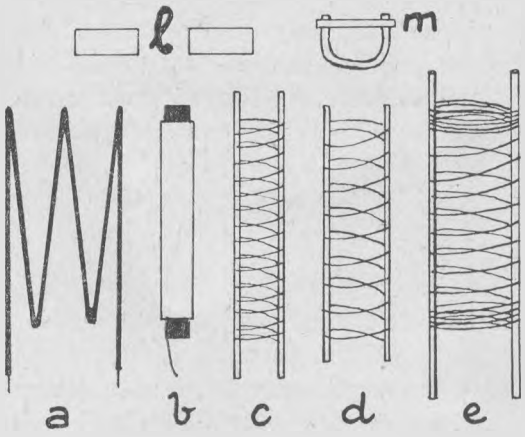
Les lampes phares :

Elles remplacent les klystrons émetteurs ou récepteurs. Les sorties de ces lampes sont conçues pour être directement réunies avec les lignes ou guide-d'ondes qui remplacent, en V. H. F., les circuits oscillants « self-capacité ».

3. — DESCRIPTION DES DIFFERENTS ELEMENTS CONSTITUANT LES LAMPES (fig. 31)

Grilles :

Elles sont généralement en molybdène utilisé sous forme de fil plus ou moins gros (suivant l'emploi du tube) soudé par points sur des supports en nickel. Les grilles sont enroulées en hélice dont le pas dépend des caractéristiques à obtenir (fig. 31 c, d, e). Pour augmenter leur rigidité mécanique, on utilise une forme



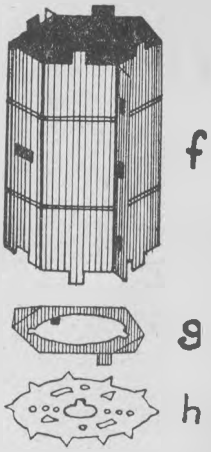
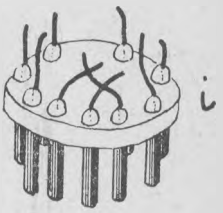


FIG. 31. — Eléments constitutifs d'un tube actuel (E. L. 84) voir technologie de ce tube page 100.

cylindrique ellipsoïdale ou prismatique rectangulaire. La sortie de la grille de commande est faite sur le sommet du tube pour les anciens modèles ou sur le culot, comme les autres électrodes, pour les modèles actuels Rimlock, Noval ou miniature.



Plaques :

Elles sont généralement pleines, mais quelquefois également en treillis métallique. Métaux employés : nickel, fer, acier inox, tungstène, tantale, graphite.

Les plaques pleines (fig. 31 f) sont noircies extérieurement pour augmenter leur rayonnement, donc leur refroidissement. En effet, à 1 000° C, le corps noir dissipe 5,7 W au cm², le tungstène poli 0,65 W au cm².

Getter :

C'est un métal (nickel, baryum ou zirconium) (fig. 31 m) que l'on volatilise dans l'ampoule après avoir porté les autres électrodes au rouge blanc, de manière à provoquer leur dégazage. Cette opération est faite pendant que l'on termine le pompage du tube.

Le métal volatilisé se porte sur la paroi froide de l'ampoule en entraînant une grande quantité de molécules d'air. La nécessité du getter ou fixateur est due au fait que le fonctionnement normal d'un tube requiert un vide de 10^{-5} à 10^{-7} mm de mercure.

Ballon :

Dans l'emploi de ballon en verre (fig. 31 k), on rencontre quelques difficultés qui sont dues aux gaz que contient le verre (vapeur d'eau, gaz carbonique, azote). Il convient donc de dégazer le verre par un chauffage prolongé. Pour le verre ordinaire, on ne peut dépasser 360° C, pour le verre dur 500° C. Si le ballon est métallique, il convient également de procéder au dégazage ; d'ailleurs, tous les métaux intervenant dans la construction doivent être décapés, puis dégazés sous vide avant d'être montés dans le ballon. La température nécessaire à cette opération est de :

1 700° pour le molybdène ;
2 300° C pour le tungstène ;
1 000° C pour le nickel.

Le dégazage est ensuite terminé pendant le pompage en plaçant le tube dans un four H. F. qui provoque l'échauffement des électrodes.

Ce procédé n'est pas utilisable pour les tubes tout métal qu'il convient de chauffer à l'aide d'une flamme de gaz.

Remarque : Le verre dur (hard-glass) ne contient pas de plomb. Aux fréquences élevées, en effet, le plomb est le siège de courants d'induction qui provoquent un noircissement du verre et facilitent les entrées d'air.

Vidage :

Il est opéré en trois étapes :

1°) Vide de l'ordre de 10^{-3}, 10^{-4} mm de mercure par pompe à vide à action rapide ;
2°) Pompage par pompe à diffusion ou pompe moléculaire ;
3°) Dégazage final par pulvérisation du getter.

Assemblage des éléments (fig. 32)

La verrerie est produite par des machines automatiques ; ballons, pieds, tubes sont construits avec du verre fondu étuvé, puis soufflés, moulés et recuits.

Le filament est produit par des bancs d'étirage avec une précision de 0,5 millième de mm.

La cathode est également fabriquée avec une très grande précision, puisque son épaisseur est de 5/100e de mm. Le poids de la couche d'oxydes déposé sur la cathode ne doit pas varier de plus de 1,5 mg.

Les électrodes, porteuses des organes internes, sont montées et soudées sur le pied en verre par des machines automatiques qui posent également le tube de verre ou queusot de pompage.

Les pieds montés passent au four à recuire pour annuler les tensions internes. Cette opération est contrôlée en lumière polarisée.

Après montage, les pieds complets reçoivent leur ballon, la soudure verre-verre étant faite par une machine automatique.

La lampe passe ensuite au four pour dégazage pendant que le vide primaire est réalisé par une pompe à huile, par exemple. La lampe sort du four thermique et passe au four H. F. Pendant le temps où les électrodes internes rougissent sous

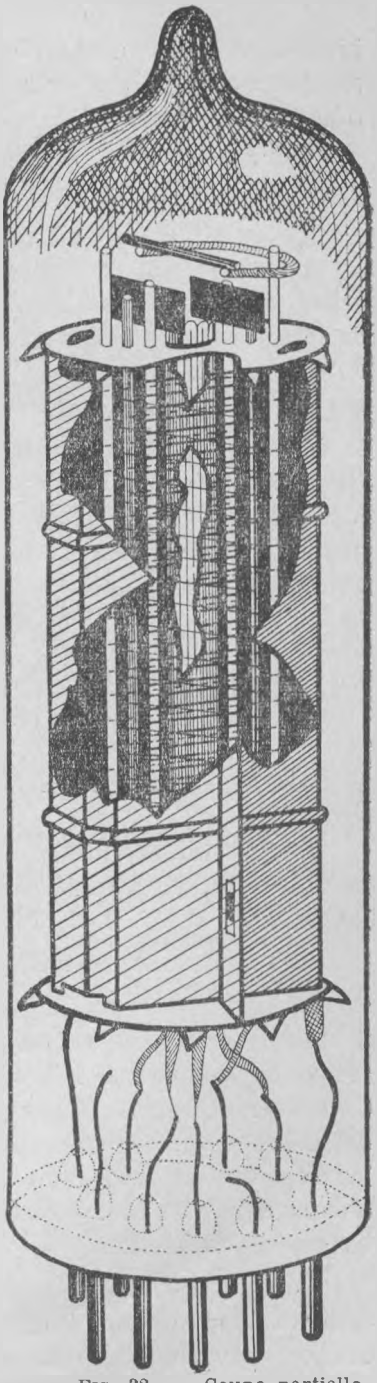


FIG. 32. — Coupe partielle montrant le montage des électrodes du tube E. L. 84.

l'influence des courants induits, le vide est complété par une pompe moléculaire à vapeur de mercure, suivi d'une condensation à l'air liquide.

Pour finir, un chalumeau coupe et ferme le queusot de pompage. La lampe passe ensuite au culottage après contrôle.

Le culottage se fait par polymérisation de bakélite à l'aide de machines automatiques. Les lampes finies sont essayées et celles qui ne sont pas conformes aux caractéristiques moyennes de la série sont rejetées et envoyées à la casse.

La fabrication des tubes miniature, Rimlock, Noval, etc... est encore plus délicate. Les dimensions étant encore plus réduites, le déchet est très important, ce qui explique le prix des lampes. Dans les anciennes lampes, l'assemblage des éléments sur le pied était fait à la main à l'aide de ponts de mica. Ces ponts ont pratiquement disparu sur les lampes actuelles et le montage est fait automatiquement.

5. — PRINCIPAUX TYPES DE TUBES ELECTRONIQUES NORMALISES

a) **Série européenne :**

Les premières lampes de cette série ont été réalisées pour les besoins de la télégraphie militaire (guerre 14-18) d'où leur appellation de T. M., T. M. 1, T. M. 2, etc...

Ces lampes furent ensuite fabriquées pour les besoins civils : A . 409, B . 406, etc...

Ce type de lampes ne permettait pas leur utilisation à des fréquences supérieures à 1 500 kc (200 mètres). On les perfectionna en donnant naissance à une nouvelle série de lampes destinées aux récepteurs super-hétérodynes (genre A. K. 1), dont les broches du culot sont des broches genre fiches bananes. Il n'existait pas de code indicatif, chaque constructeur utilisant une indication différente.

Le culot à broches fut abandonné pour deux raisons : contact entre culot et support d'une part, encombrement d'autre part. Les nouveaux types de lampes, issus de la série européenne, devinrent la **série transcontinentale** qui comporte deux types de culots :

1°) Culot à cinq plots de contact disposés sur un diamètre de 18 mm : A. B. 2, C. B. 2, U. B. 1 ;

2°) Culot normal à huit plots disposés sur un diamètre de 30 mm : A. F. 3, E. F. 2, E. F. 5, C. F. 2, etc... (fig. 33 B).

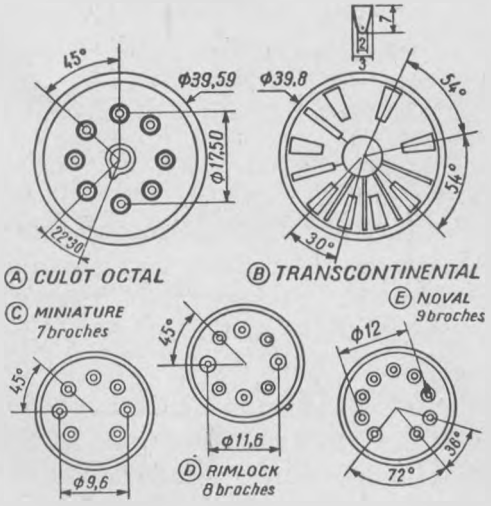


FIG. 33. — Principaux culots de lampes.

Les lampes de la série transcontinentale d'origine furent également améliorées vers 1936. Cette série transcontinentale définitive que certains radio-électriciens appellent **« série rouge »** (couleur de leur métallisation externe) a été fabriquée jusqu'à ces dernières années.

Le souci constant d'amélioration des caractéristiques et de diminution des dimensions incita les constructeurs de tubes électroniques à créer une nouvelle série de lampes : **la série RIM-LOCK ou MEDIUM** : U. C. H. 42, U. F. 41, U. L. 41, comportant huit broches miniatures régulièrement espacées. Le culot est muni d'un ergot latéral de repérage et de blocage (fig. 33 D).

b) **Série américaine :**

L'évolution de cette série de lampes est parallèle à celle de la série européenne.

La première série à **culot « américain »** comporte trois types principaux :

— *Culot à 4 broches :* 2 grosses broches, diamètre 4 mm ; 2 petites broches, diamètre 3 mm.
Genres : 1 . A . 4, 1 . B . 4, 34, etc...
— *Culot à 6 broches :* 2 grosses broches ; 4 petites broches.
Genres : 25 . Z . 5, 25 . Y . 5, etc...
— *Culot à 7 broches :* 2 grosses broches ; 5 normales.
Genres : 6 . A . 7, 2 . A . 7, 6 . D . 6, etc...

Cette série améliorée changea de culot et devint la série à **culot octal.** Celui-ci comporte huit broches de 3 mm de diamètre et de 10 mm de long régulièrement espacées sur un cercle de 17,5 mm de diamètre. Le repérage de la position de la lampe est effectué par un ergot de guidage en bakélite comportant une cannelure ; genres : 6 . E . 8, 6 . U . 7, 6 . M . 7, 25 . L . 6, 6 . V . 6, etc... (fig. 33 A).

Une variante de la série américaine est la série à **culot locktal** comprenant des tubes de mêmes caractéristiques que celles à culot octal, mais dont le culot comporte huit petites broches équidistantes, de 1 mm environ de diamètre. L'ergot de centrage possède une gorge ménagée à son extrémité destinée à bloquer la lampe dans son support.

Toutes ces lampes sont maintenant uniquement fabriquées en série « dépannage », puisque, de la même façon que la série transcontinentale est devenue la série Rimlock, la série octale, améliorée tant au point de vue caractéristiques que dimensions, est devenue la **série miniature** dont le culot comporte sept broches miniatures équidistantes. L'écartement entre les broches un et sept est doublé pour permettre le repérage de la position du tube, puisque le culot de celui-ci ne comporte pas d'ergot de guidage.

Genres : 6 . B . E. 6, 12 . B . A . 6, 50 . B . 5, 6 . A . Q . 5, etc... (fig. 33 c).

Le développement des très hautes fréquences, télévision, modulation de fréquence, a nécessité des lampes encore plus « poussées » d'où la **série Noval,** encore appelée miniature à neuf broches. Leur culot comporte neuf broches miniatures équidistantes. L'écartement entre les broches un et neuf est doublé par rapport aux autres pour permettre le repérage de la position du tube (fig. 33 E).

Genres : E. C. H. 81, E. C. L. 80, 6. A. B. 8, E. B. F. 80, U. F. 89, U. B. C. 81, etc...

Code des appellations des lampes transcontinentales.

1°) **La première lettre de l'indicatif est relative au chauffage :**

A : alternatif 4 V ;
B : continu 180 mA ;
C : tous-courants 200 mA ;
D : batterie 1,4 V ;
E : alternatif et batterie 6,3 V ;
F : batterie 13 V ;
H : batterie 4 V ;
K : batterie 2 V ;
U : tous-courants 100 mA ;
V : tous-courants 50 mA.

2°) **Les deuxième et troisième lettres désignent la structure ou la fonction du tube** (4 lettres dans certains cas E. A. B. C. 80 -2-2-2-3) :

A : diodes ;
B : doubles diodes ;
C : triodes normales ;
D : triodes de puissance ;
E : tétrodes ou lampes à émission secondaire ;
F : penthodes H. F. ;
H : hexodes ou heptodes ;
K : octodes ;
L : penthodes de puissance ;
M : indicateurs ;
X : valves à gaz biplaques ;
Y : valves à vide monoplaques ;
Z : valves à vide biplaques.

Dans les lexiques, on utilise souvent les désignations suivantes :

diode 2 ; double diode 2-2 ; triode 3 ; tétrode 4 ; penthode 5 ; hexode 6 ; heptode 7 ; octode 8.

3°) **Les chiffres :**

Ce sont de simples numéros d'ordre. Ils permettent de déterminer la plus récente de deux lampes de même type et fonction.

EXEMPLE : E. F. 5 penthode H. F. qui, améliorée, est devenue E. F. 6, puis E. F. 9.

Le code des chiffres permet de déduire en plus la présentation de la lampe :

— 1 à 10 : modèle normal ;
— 11 à 20 : tout acier ;
— 21 à 30 : tout verre ;
— 31 à 40 : culot octal ;
— 40 à 50 : médium Rimlock ;
— Supérieur à 50 : modèles spéciaux ;
— 80 à 90 : miniature neuf broches noval.
— 90 à 99 : miniature sept broches.

EXEMPLE : E. B. C. 33 structure : 2-2-3 analogue à E B. C. 3, mais à culot octal.

Codes des appellations des lampes à culot américain ou octal.

1°) **Un ou plusieurs chiffres indiquent le nombre arrondi de la tension de chauffage :**

— 1 : 1,4 V ;
— 2 : 2,5 V ;
— 3 : 2,8 V ;
— 6 : 6,3 V ;
— 12 : 12,6 V ;
— 25 : 25 V ;
— 50 : 50 V ;
— 117 : pour les lampes destinées à être alimentées directement sur le secteur.

2°) **Une ou plusieurs lettres indiquent le type ou la fonction.**

Dans les appellations ci-dessous, les types de lampes sont indiqués par le chiffre mesurant le nombre d'éléments actifs : 3-3, par exemple, désigne une double triode.

On a en principe :

A ..... changeuse ou amplificatrice H. F. ;
C ou F ..... triode ;
E, G ou A F . indicateur ;
J ..... 5 pente fixe ;
N ..... 3-3 ;
T H ..... 3-6 ;
B ..... 2-2-5 ;
D ou K ..... 5 V* ;
H ..... 2-2 ;
L ou V ..... 4 puissance ;
Q ou R ..... 2-2-3 ;
H, Y, Z ..... valve biplaque.

* La lettre V indique un tube à pente variable.

3°) **Nombre de broches utiles :**

Un chiffre suffixe indique le nombre de broches utiles, soit, en principe, le nombre d'électrodes plus une.

4°) **Physionomie du tube :**

Eventuellement séparées de l'appellation principale par un tiret, une ou plusieurs lettres renseignent sur la physionomie de la lampe.

G : ampoule de verre « Glass » ;
M G : tube verre-métal « Métal Glass » ;
G T : tube cylindrique de hauteur réduite ;
L : culot Locktal ;
G L : tube Lockal verre ;
M L : tube Lockal métal.

L'absence de lettre terminale distingue, en principe, les tubes tout métal.

La lettre B pour une valve indique un chauffage indirect.

EXEMPLE :

5. Y. 3. G. B. : chauffage indirect ;
5. Y. 3. : chauffage direct.

Code des appellations des tubes à rayons cathodiques et cathoscopes

La désignation comprend deux lettres suivies de deux groupes de chiffres.

1°) **La première lettre est relative à la concentration et à la déviation.**

— A : Concentration électrostatique - Déviation magnétique.
— D : Concentration électrostatique - Déviation électrostatique.
— M : Concentration magnétique - Déviation magnétique.

2°) **La deuxième lettre indique la couleur et la persistance de l'écran.**

— B : Bleue, persistance brève.
— F : Orange, très longue.
— G : Verte, longue.
— P : écran à 2 couches : 1) Bleue, courte ;
2) Vert-jaune, très longue.
— R : Vert-jaune, longue.
— W : Blanche, moyenne.

3°) **Le premier groupe de chiffres donne la dimension principale de l'écran.**

— pour les tubes circulaires : diamètre de l'écran en centimètres ;
— pour les tubes rectangulaires : diagonale de l'écran en centimètres.

4°) **Le second groupe de chiffres est un numéro de série.**

Cette indication est sans signification particulière en ce qui concerne les caractéristiques du tube.

Code des appellations des cellules photoélectriques

La désignation comprend deux chiffres suivis de deux lettres.

1°) **Le premier chiffre indique le type de culot.**

— 2 : locktal 8 broches ;
— 3 : octal 8 broches ;
— 5 : spécial ;
— 8 : miniature 9 broches Noval ;
— 9 : miniature 7 broches Américain.

3°) **Le deuxième chiffre est un numéro de série sans signification particulière.**

3°) **La première lettre indique la nature de la cathode.**

— A. : Césium - antimoine sensible au bleu.
— C : Césium sur oxyde d'argent sensible au rouge.

4°) **La deuxième lettre indique le contenu du tube.**

— G : remplissage gazeux ;
— V : vide poussé.

Codes des appellations des stabilisateurs de tension

La désignation comprend un nombre suivi d'une lettre, d'un chiffre et parfois d'une seconde lettre.

1°) **Le premier nombre indique la tension moyenne de fonctionnement en volts.**

2°) **La première lettre indique le courant maximum dans le circuit à stabiliser.**

— A : 10 mA ;
— B : 22 mA ;
— C : 40 mA ;
— D : 100 mA ;
— E : 200 mA.

3°) **Le chiffre est un numéro de série sans signification particulière.**

4°) **La seconde lettre indique le culot du tube.**

— E : Edison à vis ;
— K : octal 8 broches :
— P : contacts latéraux (type P).

REMARQUE : Les tubes de la série noval et miniature sept broches sont marqués soit suivant le code concernant les lampes transcontinentales, soit suivant le code des tubes à culot octal.

E. B. F. 80 = 6. N. 8 ;
E. F. 85 = 6. B. Y. 7 ;
E. C. F. 82 = 6. U. 8.

L'appellation suivant le code des lampes transcontinentales donne des indications plus précises sur les fonctions des tubes.

Tableau des caractéristiques générales des différents types de tubes électroniques

Types	Nbre de contacts broches au plots	Repérage de la position du tube	Diamètre de l'ampoule en mm	Longueur de l'ampoule en mm	Observations
Rimlock ou Médium	8 broches miniatures ∅ 1 mm régulièrement espacées	Ergot latéral de guidage et de blocage	20, 5	54 sans les broches	Série tous-courants 0, 1 A
Noval	9 broches miniatures ∅ 1 mm	2 broches ont un espacement double des autres	20, 5	54 - 67	Série tous-courants 0, 1 A
Miniature Secteur	7 broches miniatures ∅ 1 mm	"	19	45 54 - 67	Série tous-courants 0, 15 A
Miniature Batterie	7 broches miniatures ∅ 1 mm	"	19	54	Série normale 1, 4 V 50 mA Série à faible consommation : 1, 4 V 25 mA
Américain	4 - 6 - 7 broches ∅ 3 et 4 mm	2 grosses broches ∅ 4 mm	Très variables selon les types		n'est plus utilisé actuellement Série tous - courants 0, 3 A
Octal	8 broches régulièrement espacées ∅ 3 mm	Ergot de centrage en bakélite	35 environ	En moyenne 90 sans les broches	Fabrication en série dépannage seulement Série tous - courants 0, 3 A ou 0, 15 A
Locktal	8 broches miniatures	Ergot de centrage métallique avec gorge de blocage	Très variables selon les types		Peu utilisé
Européen	Nombre variable de broches genre "fiches bananes"	Broches irrégulièrement espacées	"	"	N'est plus utilisé actuellement
Transcontinental	8 plots 7 x 3 mm	4 plots espacés de 30° 4 plots espacés de 54°	32 à 35 45	Avec sortie grille au sommet 90 - 120	Série tous - courants 0, 2 A Fabrication en série dépannage seulement

Construction d'une lampe moderne.

D'après une documentation du Bureau Technique de « La Radiotechnique » :

— *PENTHODE DE PUISSANCE :* E. L. 84 (voir fig. 31 et 32) :

a) *Filament chauffant :* enroulement de tungstène recouvert d'oxyde d'aluminium ;
b) *Cathode :* tube de nickel recouvert d'une couche émissive de corps alcalino-terreux (baryum, strontium) ;
c) *Grille de commande :* fil de molybdène (doré), barreaux en cuivre rouge ;
d) *Grille écran :* fil de molybdène ;
e) *Grille d'arrêt :* fil en nickel ;
f) *Anode :* fer aluminisé (noirci pour améliorer le rayonnement thermique) ;
g) *Ecran pour le mica :* nickel ;
h) *Plaques de mica :* recouvertes d'oxyde de magnésium ;
i) *Embase* ;
k) *Ampoule de verre ;*
l) *Plaques de refroidissement ;*
m) *Getter.*

Technologie du tube E. L. 84 :

Le tube E. L. 84 est étudié pour fournir une puissance de sortie utile de 6 watts.

Le problème essentiel était de maintenir des températures assez basses, malgré les dimensions relativement faibles de l'ampoule.

On a pu y parvenir en répartissant les pertes thermiques sur les diverses électrodes et en donnant à leurs surfaces d'excellentes propriétés de conduction et de rayonnement thermiques.

Le tube étant réglé à 6 watts (sans signal de commande), la puissance dissipée totale est de : 18,15 watts comprenant :

— la puissance dissipée sur l'anode : 12 watts ;
— la puissance dissipée sur la grille-écran : 1,35 watt ;
— la puissance de chauffage : 4,8 watts.

Dans ces conditions, la température de la grille ne doit pas dépasser 285° C et la température de l'ampoule, au point le plus chaud, peut atteindre 190° C.

Sur la vue en coupe agrandie du tube E. L. 84 (fig. 32), on peut distinguer les positions relatives des éléments du tube présentés séparément dans la figure 31, page 89.

Principaux types de tubes électroniques recommandés

- Pour les téléviseurs -

Fonction	Filaments	
	en parallèle	en série
Cascode	6 BQ 7 A	8 BQ 7 A
Changeur de fréquence	6 U 8 - ECF 82	9 U 8 - PCF 82
Amplificateur H. F.	6 BX 6 - EF 80	6 BX 6 - EF 80
Détection	6 AL 5	6 AL 5
Amplificateur video	6 CK 6 - EL 83	15 A 6 - PL 83
Séparateur synchro	6 BQ 5 - EL 84 6 U 8 - ECF 82	9 U 8 - PCF 82
Comparateur de phases	6 AL 5	6 AL 5
Multivibrateur	12 AU 7 A 12 AT 7 - ECC 81	12 AU 7 A 12 AT 7 - ECC 81
Balayage lignes 70°	6 DR 6 6 BQ 6 GA	21 B 6
Balayage lignes 90°	6 DQ 6 A 6 CD 6 G	
T. H. T.	6 AX 2 N	6 AX 2 N
Récupération	6 V3F - EY 81 F	17 Z 3 F - PY 81 F
Balayage images	6 BQ 5 - EL 84	16 CN 8
Détection et préamplificateur son	6 N 8 - EBF 80 6 DC 8 - EBF 89	6 N 8 - EBF 80 6 DC 8 - EBF 89
Amplificateur de puissance son	6 BQ 5 - EL 84 6 BM 5 - 6 CN 8	16 CN 8 16 A 5 - PL 82
Alimentation	GZ 32 EY 82	19 Y 3 - PY 82

Les tubes actuels, recommandés pour les récepteurs radio et les électrophones, sont donnés par le tableau ci-dessous :

Types d'appareils	Amplification H. F.	Changement de fréquence	Amplification F. I.	Détection Amplification B. F.	Amplification de puissance	Alimentation	Indicateur d' accord
Postes Série 50 m A	1 T 4	1 AC 6-DK 92	1 T 4	1 S 5	3 Q 4 3 S 4	117 Z 3 N	1 M 3-DM 70
Batteries Série 25 m A	DF 96	DK 96	DF 96	DAF 96	DL 96		
Postes à M. A. à filaments en série, 150 m A	12 BA 6	12 AJ 8	12 BA 6	12 AV 6	50 B 5	35 W 4	-
Postes à M. A. à filaments en parallèle	6 BA 6 6 DG 7 - EF 89 F	6 AJ 8 - ECH 81	6 BA 6 6 N 8 - EBF 80 6 DG 7 - EF 89 F	6 AV 6 6 CN 8 6N8 - EBF 80 6 DC 8 - EBF 89	6 BQ 5 - EL 84 6 BM 5 6 CN 8	6 BX 4	6 DU6-EM 85
Postes M. A. et M. F.	6 BQ 7 A 6 BX 6 - EF 80	6 BQ 7 A 6 U8 - ECF 92	6 BY 7 - EF 85 6 BX 6 - EF 80	6 AK 8 - EABC 80 6 CN 8 6 AL 5	6 BQ 5 - EL 84 6 BM 5 6 CN 8	6 CA4 - EZ 81 6 BX 4	6 DU 6-EM 85
Poste auto 250 V	6 DG 7 - EF 89 F 6 BA 6 6 BQ 7 A	6 AJ8 - ECH 81	6 N8 - EBF 80 6 BA 6 6 DG 7 - EF 89 F	6 AV 6 6 N 8 - EBF 80 6 AK 5	6 BM 5	6 BX 4 6 CA4 - EZ 81	
Postes auto 6 - 12 V	EF 97	ECH 83	EF 97	EBF 83 EF 98	2 transitors		
Electrophones	-	-	-	6 CF 8 - EF 86 12 AX 7-ECC 83	6 BM 5 - 6 CN 8 6 BQ 5 - EL 84 16 CN 8	6 BX 4 6 CA4 - EZ 81	

Erratum : dans la colonne changement de fréquence postes M. A. et M. F., *lire* ECF 82.

Tubes électroniques à faible tension anodique.

Les tubes électroniques à très faible tension-plaque permettront la réalisation de postes de voitures sans vibreur dont les étages de sortie seront équipés de transistors de puissance. La suppression de l'alimentation H. T. par vibreur est particulièrement intéressante par suite des parasites, pannes assez fréquentes, encombrement, prix élevé qui sont les défauts inhérents à cet ensemble.

Ces tubes sont prévus pour fonctionner avec une tension-plaque de 6 ou 12 volts et une consommation anodique très réduite, de l'ordre de 0,4 mA. Les filaments de ces tubes sont alimentés sous 6 V-0,3 A en série, ou en série parallèle sous 12 volts.

Les tubes à basse tension d'anode et d'écran sont :

— E. F. 97 : amplificateur H. F. et M. F. à pente variable, culot miniature sept broches ;
— E. C. H. 83 : changeur de fréquence ; culot Noval ;
— E. B. F. 83 : amplificateur M. F. et détecteur, culot Noval ;
— E. F. 98 : pré-amplificateur B. F. ; culot miniature sept broches.

CHAPITRE II

TRANSISTRON (FRANCE)
TRANSISTOR (U. S. A.) – CRISTON (MAZDA)

Principe :

Ce sont des semi-conducteurs au germanium ou au silicium dont l'utilisation s'apparente à celle d'une triode, d'où le nom également de triode au germanium. L'amplification obtenue est une « amplification de courant » et non une « amplification de tension », comme c'est le cas pour les tubes électroniques (fig. 34).

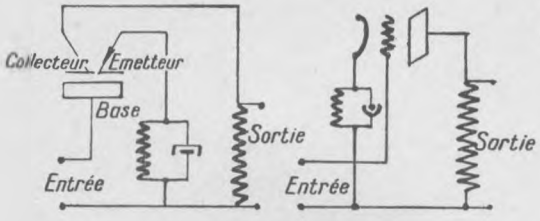


FIG. 34. — Comparaison d'un transistor P.N.P. et d'une triode à vide.

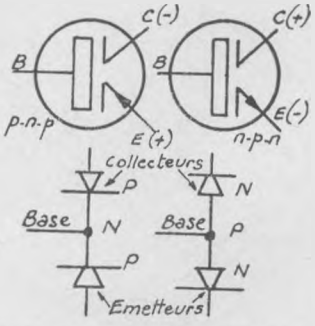


FIG. 35. — Jonction P.N.P. ou N.P.N.

Suivant leur réalisation, on les désigne sous le nom de transistors à jonction P. N. P. ou N. P. N. Cette appelation P. N. P. (positif - négatif - positif) ou N. P. N. (négatif - positif - négatif) vient du fait que l'on peut considérer la triode cristalline comme la jonction de deux diodes au germanium, la jonction pouvant être effectuée suivant les deux procédés de la figure 35.

Il faut signaler la récente naissance d'un nouveau type de transistor à effet de champ dit « technétron », lequel, d'origine française, est basé sur un fonctionnement différent donnant naissance à des caractéristiques comparables à celles d'un tube électronique. Contrairement au transistor, le technétron est doué d'une impédance d'entrée élevée et il reste utilisable à des fréquences de l'ordre de 1 000 Mc.

Fonctionnement :

La théorie simple du fonctionnement des transistors ne peut être actuellement considérée comme définitive ; plusieurs hypothèses ont été émises. Celle qui semble la plus proche de la réalité physique du fonctionnement est due aux techniciens U.S.A. de la « Bell-Téléphone-Laboratories ». Comme il n'est pas possible d'entrer dans les détails, le lecteur intéressé est prié de se reporter à des ouvrages spécialisés.

Présentation (fig. 36) **:**

Les transistors peuvent être contenus :

— soit dans une ampoule de verre, dont les dimensions sont : ø 5 mm ; longueur, 8 mm ; longueur des connexions de sortie, 32 mm ; collecteur repéré par un point rouge ; poids inférieur à un gramme ;

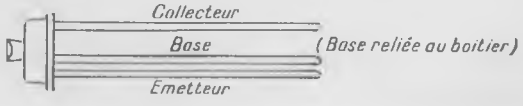


Fig. 36. — Transistor « C.F.T.H. » P.N.P. au germanium.

— soit dans un boîtier métallique auquel est généralement reliée la base. Dimensions maxima : ø 11 mm ; longueur, 9,2 mm. En réalité, le corps lui-même ne mesure que 4,6 mm de long ; connexions de sortie, 40 mm. Soudures à au moins 10 mm du boîtier pour tous les types de transistors.

Caractéristiques :

Les tensions appliquées aux transistors actuels dépassent rarement 9 volts.

L'électrode d'entrée est appelée émetteur.

L'électrode de sortie est appelée collecteur.

La réunion des anodes est la base pour les transistors à jonction N. P. N.

La réunion des cathodes est la base pour les transistors à jonction P. N. P.

Les résistances internes d'un transistor, mesurées à l'aide d'une tension ne dépassant pas 1,5 volt, sont de :

— 0,1 mégohm à plusieurs mégohms pour la résistance émetteur-base ;

— 50 à 500 ohms pour la résistance collecteur-base.

Fabrication des transistors :

De nombreux procédés sont utilisés pour la réalisation pratique des transistors :

— jonctions obtenues lors de la formation du cristal (peu utilisé) ;

— jonctions obtenues par fusion.

Les semi-conducteurs utilisés sont le germanium et le silicium. Ces produits doivent être obtenus extrêmement purs ; on leur ajoute, au moment voulu, des impuretés en quantité très faible. De la nature et de la valeur de ces impuretés dépendent les caractéristiques futures du transistor, c'est-à-dire l'obtention d'un transistor à jonction P. N. P. ou N. P. N.

Pour obtenir un transistor de moyenne puissance actuel par le procédé de fusion, on utilise un bloc de germanium dont les dimensions sont : $2,7 \times 2,7 \times 0,2$ mm. Ce morceau de semi-conducteur est soudé à l'étain dans une coupelle en nickel. Le collecteur et l'émetteur sont obtenus en soudant, de part et d'autre du germanium, des électrodes en nickel par l'intermédiaire de soudures à l'indium.

L'échauffement nécessaire à la soudure du collecteur et de l'émetteur fait pénétrer des traces d'indium dans le semi-conduc-

teur. La pénétration des impuretés, que sont ces traces d'indium, dépend de la température et de la durée de soudure. De la quantité d'impuretés et de leur pénétration dépendent les caractéristiques du transistor ainsi obtenu. L'épaisseur de la base est de l'ordre de 0,05 mm (fig. 37). Les connexions de sorties sont réalisées par des conducteurs de quelques centimètres de long. L'ensemble du transistor est placé à l'intérieur d'un boîtier de protection (Transistor Téléfunken). Les transistors sont des éléments particulièrement intéressants, du fait qu'ils ne nécessitent ni source

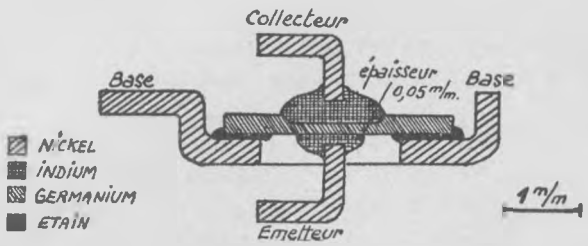


FIG. 37. — Vue en coupe d'un transistor Téléfunken P. N. P.

haute-tension, ni source de chauffage. Leurs dimensions, particulièrement réduites, en permettent l'emploi dans des appareils de très faible encombrement. Sous réserve d'une utilisation normale, leur durée de vie est extrêmement élevée. De ce fait, les transistors ont pu être utilisés dans les câbles sous-marins (comme amplificateurs répéteurs) dans lesquels ils sont d'ailleurs directement incorporés.

Applications :

Les applications des transistors se développent journellement :
— Récepteur portatif ;
— Amplificateur de surdité ;
— Electrophone portatif ;
— Amplificateur répéteur (câbles sous-marins) ;
— Alimentation de poste de voiture (oscillateur B. F. à transistors), etc...

CHAPITRE III

SUPPORTS DES TUBES

Généralités.

Les supports sont destinés à assurer la liaison de la lampe avec son circuit. La fréquence d'utilisation conditionne le matériau à utiliser pour réaliser le support. Le genre de contact et la nature du support déterminent la puissance admissible sans échauffement nuisible.

Les supports de valves doivent avoir une rigidité diélectrique suffisante pour résister aux tensions alternatives élevées qui leur sont appliquées.

Matériaux utilisés :

Isolants :

— Bakélite ;
— Bakélite H. F. ;
— Bakélite moulée ;
— Bakélite découpée ;
— Stéatite H. F. ;
— Stéatite H. F. siliconée.

Contacts :

— Contacts triangulaires en laiton ;
— Contacts triangulaires en laiton argenté ;
— Contacts triangulaires en chrysocal ;
— Contacts triangulaires en chrysocal argenté ;
— Contacts linéaires en forme de lyre ;

— Contacts à pinces en bronze ou bronze argenté ;
— Contacts triangulaires nervurés ;
— Griffes à ressorts.

Pertes et résistances de contacts.

La matière moulée est mécaniquement stable et donne, en général, de bons résultats. Cependant, certains défauts de fabrication, carbonisation superficielle, excès de matériaux de charge, peuvent diminuer considérablement sa résistance d'isolement.

— La bakélite ordinaire ou H. F. est utilisée sous forme de carton ou de toile bakélisée. Ces matériaux doivent être de très bonnes qualités, car les cartons bakélisés insuffisamment imprégnés sont hygrométriques et n'offrent qu'une très faible résistance d'isolement.
— La stéatite donne toujours d'excellents résultats, surtout siliconée ; mais les supports réalisés en stéatite sont lourds et beaucoup plus fragiles que les supports en bakélite.
— Les pertes par effet diélectrique en V. H. F. peuvent être très importantes dans un support et il convient d'y prêter une attention toute particulière.

La capacité entre les différents contacts a, elle aussi en V. H. F., une très grande importance. Pour les fréquences très élevées, on supprime le support en soudant directement les broches ou plus souvent les connexions du tube directement sur les circuits.

La résistance de contact doit toujours être très faible surtout pour les tubes de puissance et les valves, car une trace de carbonisation suffit pour provoquer le claquage du support.

Le contact par lamelles flexibles en bout comporte l'inconvénient d'assurer le contact avec la soudure de la broche qui s'oxyde facilement, d'où mauvais contact.

Le contact à pinces élastiques, renforcé éventuellement par un ressort en acier, assure un contact à faible résistance.

En V. H. F., par suite de l'effet de peau, les contacts seront argentés.

Supports antivibratoires.

Ils sont utilisés pour les lampes placées en tête de chaînes amplificatrices à gain élevé : amplificateurs de micro, de magnétophone, amplificateurs de cardiogrammes et d'encéphalogrammes.

Les électrodes des lampes, présentant presque toujours des résonances mécaniques, sont susceptibles d'entrer en vibration, ce qui donne naissance à l'effet microphonique dont la fréquence est de 1 000 p/s environ.

On constitue un support antivibratoire en reliant le support au châssis par des joints élastiques, caoutchouc, ressorts, etc... Les connexions sont faites en fil souple comportant une boucle.

Normalisation applicable aux supports de tubes électroniques 98-7.

Essai hygroscopique :

Le support est, avant le commencement de l'épreuve, amené à la température du local d'essai (15 à 25° C), puis il est laissé pendant 24 heures dans une enceinte calorifugée et close dont la partie inférieure contient 20 à 30 mm d'eau.

Essai diélectrique :

Le support, après avoir séjourné dans l'enceinte calorifugée, est monté sur un châssis métallique. La tension d'épreuve doit être continue et égale à :

— 3 000 volts pour les supports B. F. ;
— 2 000 volts pour les supports H. F.

Cette tension est appliquée successivement :
1°) entre le contact correspondant à l'anode et le châssis ;
2°) entre deux contacts voisins.

Dans le cas d'un essai type, la tension d'épreuve est maintenue pendant 60 secondes.

Dans le cas d'un essai de contrôle, la tension d'épreuve est maintenue pendant une seconde au moins.

Durant l'application de la tension d'épreuve, il ne doit se produire ni percement, ni contournement, ni crépitement superficiel.

Essai d'isolement :

L'essai entre les différentes parties énoncées ci-dessus, sous une tension continue de 500 V après une minute d'électrisation, doit donner une résistance supérieure à 20 000 mégohms.

Résistance des contacts :

Tous les contacts sont placés en série à l'aide d'un culot spécial et l'ensemble est parcouru par un courant de 1 A.

La résistance de contact doit être telle que la tension mesurée aux bornes soit inférieure à 50 mV.

Possibilité de soudure :

La nature du métal des cosses et leurs dimensions doivent permettre la soudure de trois fils de 1 mm de diamètre.

Capacité parasite sur modèle H. F. :

La capacité, mesurée entre le contact anode et tous les autres réunis à la masse, doit être inférieure à 1,5 pF.

Résistance de perte :

Dans les mêmes conditions que ci-dessus, la résistance entre les mêmes contacts, mesurée à la fréquence de 1 Mc, doit être supérieure à 8 mégohms.

TROISIEME PARTIE

MATÉRIEL ANNEXE

CHAPITRE PREMIER

ANTENNES ET CADRES

A. — ANTENNES NORMALES POUR LA RECEPTION DES O.C. - P.O. - G.O.

Introduction.

L'antenne est l'organe qui reçoit l'énergie électromagnétique d'une onde hertzienne et la transforme en énergie électrique.

Elle est sensible à la composante électrique du champ électromagnétique.

La réception n'est possible que si l'antenne existe d'une façon plus ou moins apparente. Il en est de même pour la prise de terre.

Un récepteur-secteur, fonctionnant sans antenne, reçoit l'énergie H. F. par l'intermédiaire du secteur électrique.

Rappels.

1°) *Capacité répartie.* — Chaque portion de l'antenne présente, par rapport au sol, une capacité. L'ensemble de ces capacités équivaut à une capacité répartie.

2°) *Antenne quart d'onde.* — C'est une antenne accordée sur une fréquence correspondant à une longueur d'onde, égale au quadruple de la longueur de l'antenne

3°) *Antenne demi-onde ou doublet ou dipôle.* — La répartition de l'intensité I et de la tension U est donnée par la figure 38.

FIG. 38. — Répartition du courant et de la tension dans une antenne demi-onde.

4°) *Antenne vibrant en harmonique.* — L'antenne est accordée sur une fréquence harmonique de la fréquence de résonance.

5°) *Hauteur efficace.* — C'est la hauteur d'une antenne qui, placée dans le même champ, serait parcourue par un courant uniforme de même amplitude que le courant à la base de l'antenne donnée.

$$\text{Antenne quart d'onde } h \text{ eff} = \frac{2\,h}{\pi}$$

$$\text{Antenne demi - onde } h \text{ eff} = \frac{h}{2}$$

h est la distance minimum entre l'antenne et les conducteurs réunis au sol (gouttières, toits en zinc, fils électriques).

Utilisation de la terre comme antenne (fig. 39).

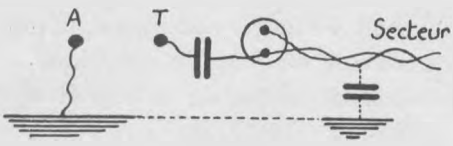


FIG. 39. — Utilisation de la terre comme antenne.

Tout se passe comme si la réception se faisait sur un cadre de très mauvaise qualité. On a une très bonne réception des parasites véhiculés par le secteur (néanmoins, bien que cela ne soit pas recommandé, les résultats peuvent quelquefois être bons).

Différents types d'antennes de réception pour postes fixes.

a) **Antennes intérieures :**

La hauteur efficace est très faible (quelques cm). Il faut les éloigner, si possible, des masses métalliques, du secteur, du téléphone, etc... On doit fixer l'antenne par des supports isolants et souder les épissures.

b) **Antennes extérieures :**

Elles sont constituées soit par des câbles de bronze ou de cuivre, soit par un fil simple de 15 à 20/10 mm. Leur longueur est de l'ordre de 10 m. Leur hauteur doit être, si possible, supérieure à 10 m (hauteur du champ parasitaire industriel).

Il faut :

— laisser du « mou » dans l'antenne :

— placer un ressort entre l'antenne et le support (ou faire une installation avec un contre-poids) ;
— isoler soigneusement les deux extrémités ;
— prévoir une boucle sur le fil, avant l'entrée dans la maison, pour arrêter l'eau qui glisse sur le fil (fig. 40) ;
— prévoir un parafoudre.

Fig. 40. — Boucle sur le fil de descente.

c) **Antennes à capacité terminale :**

L'antenne verticale est terminée par une masse métallique formant capacité ponctuelle.

$$\text{Hauteur efficace : de l'ordre de } \frac{h}{2}$$

On utilisera une descente d'antenne à faible perte, dont le blindage doit être réuni à la terre.

d) **Antennes verticales :**

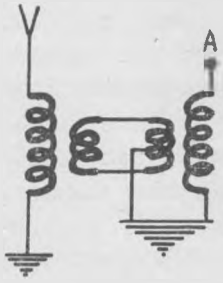


Fig. 41. — Transformateur d'antenne.

Ces antennes sont simples et intéressantes. Ce sont des fils ou des barres verticales, de 4 à 5 m, maintenus par des bambous ou des tubes métalliques et des supports isolants.

La descente se fait soit par :

a) un fil isolé ;
b) un fil blindé à faible perte ;
c) un câble à faible impédance, muni d'un transformateur à chaque extrémité (fig. 41).

c) **Antennes doublet** (fig. 42) :

Elles sont utilisées par les « radio-amateurs » (antennes accordées).

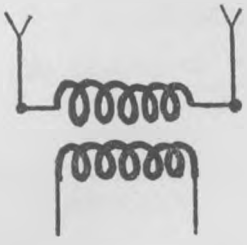


Fig. 42. — Antenne doublet.

Antennes pour voitures.

Il en existe deux types :
— les antennes d'ailes, généralement télescopiques ;
— les antennes de toit, télescopiques ou non.

Leur hauteur effective est très faible et le récepteur doit être très sensible.

Le châssis et la carrosserie remplacent la prise de terre.

Remarque :

La hauteur effective est d'autant plus grande que l'antenne est longue, loin du sol et de la carrosserie, et se rapproche de la verticale.

On atténue les parasites en réunissant toutes les parties métalliques par des tresses conductrices, en insérant des résistances de 10 000 ohms dans les bougies, en plaçant un condensateur sur la bobine et un sur la dynamo.

B. — ANTENNES POUR T. V. OU F. M.

a) Doublet.

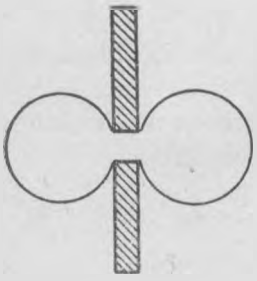


FIG. 43. — Rayonnement d'un doublet.

La longueur d'onde étant de l'ordre de 5 à 1 m (la fréquence de 60 à 300 Mc), et le récepteur étant réglé sur une fréquence fixe, il est facile de réaliser une antenne doublet accordée. La courbe de directivité du doublet est donnée par la figure 43.

L'antenne doit être peu résistante (tube de cuivre ou d'aluminium), bien dégagée, loin des champs parasites et des crachements créés par l'allumage des moteurs de voitures.

Réflecteur et directeur :

Pour augmenter la sensibilité dans une direction, on peut ajouter à l'avant, une ou plusieurs antennes directrices ou à l'arrière, une antenne réflectrice. La position et les dimensions de ces éléments influent sur la directivité, le gain, la bande passante et l'impédance (le gain étant donné en db par rapport à un doublet simple) La courbe de directivité obtenue est donnée par la figure 44.

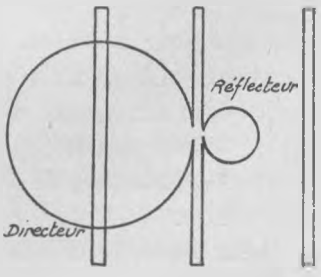


FIG. 44. — Doublet avec directeur et réflecteur.

Descente :

Elle doit se faire par un feeder ou par un câble coaxial dont l'impédance caractéristique est la même que celle de l'antenne.

L'impédance de la ligne est donnée par la relation

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

L étant la self par unité de longueur ;

C étant la capacité par unité de longueur.

On trouve couramment :

— feeder, impédance de l'ordre de 300 ohms ;

— câble coaxial, de l'ordre de 75 ohms.

Il est absolument nécessaire d'adapter les impédances entre l'antenne et le feeder, surtout en T. V. pour éviter les images fantômes dues à la propagation par ondes stationnaires, provoquées par la désadaptation.

b) **Antennes trombones ou repliées ou folded.**

Elles sont obtenues par l'association de deux dipôles en parallèle. Leur impédance est d'environ 300 ohms, au lieu de 75 ohms pour un dipôle.

C. — PRISES DE TERRE

Elles sont obligatoires pour la réception avec antenne ; généralement, sur les récepteurs modernes, c'est le secteur qui en tient lieu.

Construction.

Elles sont constituées soit par un ensemble de grillages, soit par des tuyaux métalliques enfouis dans un sol humide, ou mieux, dans un puisard comportant un lit de charbon de bois et une couche d'eau. A défaut, une canalisation d'eau située le plus près possible de la borne « terre » en tient lieu. L'utilisation du tuyau de gaz est interdite. Il constitue, d'ailleurs, une mauvaise prise de terre, par suite de la présence de joints isolants dans le raccordement des canalisations.

D. — CADRES

Ils sont sensibles à la composante magnétique du champ H. F. De ce fait, ils sont moins sujets à la réception des parasites industriels.

1°) Cadres à haute impédance.

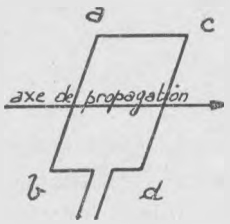


FIG. 45. — Cadre haute impédance.

Ce sont des bobinages de grandes dimensions, accordés par un « C. V. ».

Rappelons que la composante magnétique est perpendiculaire à la direction de la propagation. La réception se fait donc dans le plan des spires du cadre. Il y a une différence de phase entre les tensions induites dans les côtés *ab* et *cd* (fig. 45).

Le cadre doit donc être orientable autour d'un axe vertical. Il doit comporter autant de bobinages que de gammes à recevoir.

La liaison cadre-récepteur doit être courte.

EXEMPLE. — Cadre P. O. : 20 spires de 50 cm × 50 cm avec C. V. ordinaire 490 pF.

2°) Cadres à basse impédance.

Ce sont des cadres qui comportent très peu de spires, généralement une seule réunie au primaire d'un transformateur élévateur dont le secondaire est accordé (fig. 46).

Ces cadres sont peu sensibles à la composante électrique des parasites. Leur résistance doit être très faible (tube en cuivre ou en aluminium). La réception est affaiblie d'environ 11 décibels par rapport aux cadres à haute impédance.

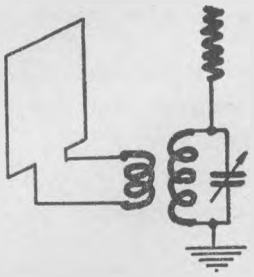


FIG. 46. — Cadre basse impédance.

3°) Cadres blindés.

Le blindage élimine toute action électrostatique sur le cadre. L'entrefer permet l'action du champ électromagnétique, par suite du champ électrique qui prend naissance entre les bords

de la coupure. Le blindage diminue le niveau de réception d'environ 3 décibels.

Théorie élémentaire :

A l'intérieur d'un tore métallique fermé, le champ électrique est nul. Les circuits placés à l'intérieur du tore ne sont soumis à aucune action.

Si on effectue une coupure dans le tore, une f. é. m. d'induction E prend naissance entre les bords de l'entrefer. Elle est proportionnelle à la composante H du champ électromagnétique. On a :

— S .... surface du cadre
— H .... champ magnétique
— V .... vitesse de la lumière
— λ .... longueur d'onde reçue

$$E_{max} = \frac{2 \pi S}{\lambda} H V.$$

Mais comme il y a coupure, il n'y a pas de courant d'induction. E va provoquer, au bord de la coupure, un champ électrique oscillant (fig. 47).

Si l'on introduit une spire dans le tore, la portion de spire, se trouvant entre les bords de la coupure, va être le siège d'une

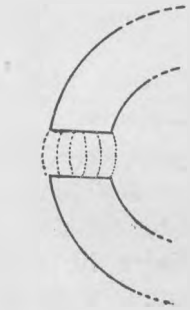


FIG. 47. — Champ électrique au bord de la coupure d'un cadre blindé.

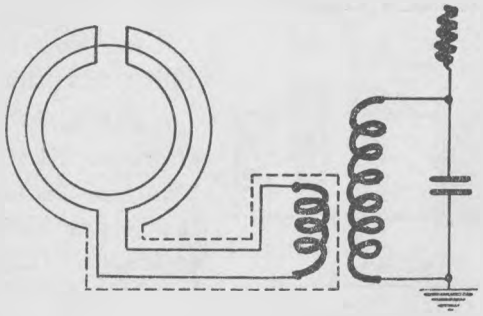


FIG. 48. — Circuit électrique d'un cadre blindé.

force électro-motrice, identique à celle qu'on obtiendrait avec la spire à l'air libre, aux 3 décibels près. Le cadre blindé se trouve donc protégé contre l'effet d'antenne.

Pour bénéficier de cette protection, il faut blinder la liaison cadre - récepteur et utiliser un transformateur possédant un écran électrostatique (fig. 48).

4°) **Cadres à noyau magnétique.**

Ce sont des cadres à haute impédance, de dimensions réduites. La composante magnétique du champ est canalisée dans le bobinage, par le noyau magnétique. La théorie des cadres à noyau magnétique est assez délicate et fait apparaître une grande différence avec les bobines à noyau magnétique.

a) Dans le cadre, le noyau magnétique ne doit pas (ou le moins possible) diminuer le nombre de spires. Il doit « attirer » le maximum de lignes de force dans le cadre et, si possible, augmenter son coefficient de surtension ;

b) Les lignes de force sont déviées par le noyau magnétique et traversent le cadre en plus grande quantité ;

c) Le nombre de lignes de force vers le centre étant beaucoup plus faible que sur les bords, on peut utiliser un noyau creux ;

d) Il faut distinguer la perméabilité propre du noyau et sa perméabilité apparente ou efficace, qui dépend de sa forme et de celle de la bobine. La perméabilité propre est de l'ordre de 20, alors que la perméabilité efficace n'est que de 2,5. (D'après J. Gourevitch. - *Toute la Radio,* décembre 1949).

Exemple cadre Transco sur F. X. C. (fig. 49, 50) :

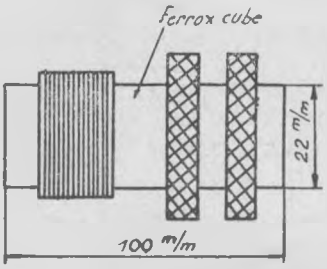


Fig. 49. — Cadre Transco sur F. X. C.

Position O. C. : cadre hors circuit ; réception sur antenne.

Position P. O. : bobinage G. O. en court-circuit ; le point B (alignement trimmer - 30 picofarads) est relié à la masse par l'intermédiaire du condensateur de 3 000 picofarads et du bobinage O. C.

Position G. O. : bobinage P. O. en court-circuit. Le point C est à la masse par le même procédé (alignement trimmer).

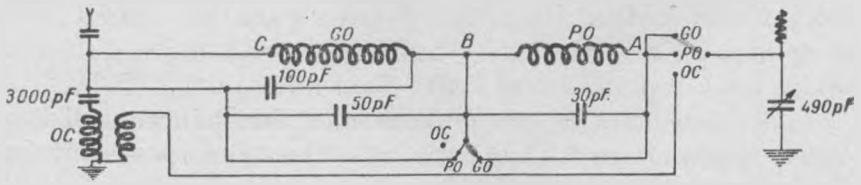


Fig. 50. — Schéma électrique d'un cadre Transco.

E. — ANTENNES FICTIVES

Types	Gammes	Valeurs
I - Intérieure Avion "pendante"	0M - 150 Kc à 1 500 Kc	fig. 51 C= 50 pF R= 20 ohms
Auto	0C : 1, 5 à 20 Mc	fig. 52 R=100 ohms
II - Extérieure Avion "pendante"	0M : 150 à 1 500 Kc	fig. 53 C=200 pF R= 25 ohms
	0C : 1, 5 à 20 Mc	fig. 54 L= 20 microhenrys R=400 ohms
III - d°-	d°-	fig. 55 C= 20 pF R=400 ohms L=200 microhenrys J=400 pF
IV - Américaine pour 0. T. C.	Modulation de fréquence 88 - 108 Mc	fig. 56 R=300 ohms

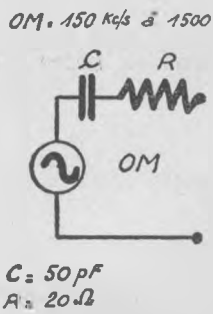


FIG. 51. — Antenne fictive : intérieure - auto - avion pendante.

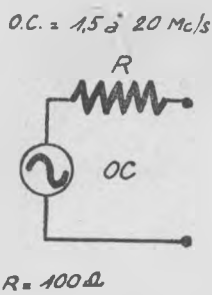


FIG. 52. — Antenne fictive : intérieure - auto - avion pendante.

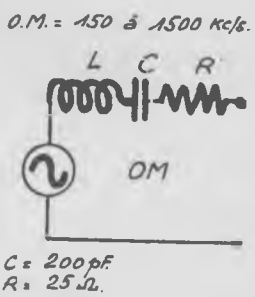


FIG. 53. — Antenne fictive : extérieure - avion pendante.

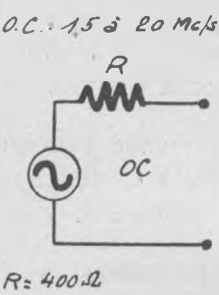


FIG. 54. — Antenne fictive : extérieure - avion pendante.

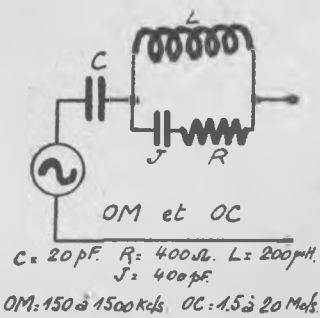


FIG. 55. — Antenne fictive : extérieure - avion pendante.

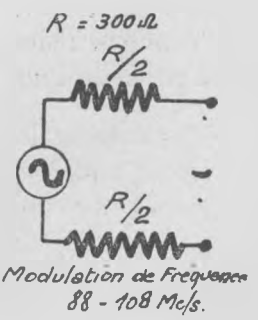


FIG. 56. — Antenne fictive américaine pour O.T.C.

CHAPITRE II

CONTACTEURS OU COMMUTATEURS

Généralités :

Ce sont des appareils destinés à assurer le branchement de plusieurs circuits de façon différente, cette commutation devant s'effectuer sans pertes par résistance de contact, par effet diélectrique dans le support du commutateur ou par capacité entre les différentes « parties actives ».

Types :

Les commutateurs les plus souvent utilisés procèdent par rotation d'une galette isolante comportant les contacts mobiles, tournant entre deux autres galettes comportant les contacts fixes. La liaison des circuits aux contacts mobiles est généralement assurée par l'intermédiaire d'une piste métallisée. Le déplacement des contacts mobiles peut s'effectuer latéralement, les contacts étant assurés d'une façon similaire aux contacteurs rotatifs.

Il existe également, surtout en très haute fréquence, particulièrement pour les téléviseurs, des appareils appelés « rotacteurs ou rotactors » où ce sont les bobinages qui se déplacent.

La fixité de chacune des positions d'un contacteur est généralement assurée par une bille portée par un index solidaire de l'axe. La bille se trouve immobilisée, dans chacune des positions, par une cuvette pratiquée sur le bâti fixe du contacteur.

Utilisation :

1°) **Blocs de bobinages :**

Le contacteur fait partie intégrante du bloc, les bobinages étant groupés autour de lui. Le nombre de positions dépend du nombre de gammes à recevoir, une position P. U. supplémentaire étant généralement prévue.

2°) **Commutateur modifiant la courbe de réponse d'un ampli B. F. :**

Il est utilisé sur l'ampli d'un récepteur, d'un P.U., d'un magnétophone ou d'un micro, pour en modifier la courbe de réponse.

De nombreuses autres utilisations sont possibles : commutateur de sélectivité, de largeur de bande, et, dans un autre domaine, commutation de circuits d'alimentation.

Comme pour les supports de tubes, la nature du support isolant du contacteur, la forme et la nature des contacts conditionnent les utilisations possibles.

Caractéristiques des contacteurs rotatifs :

— Fréquence maximum d'utilisation ;
— Puissance maximum de coupure ;
— Tension d'épreuve ;
— Intensité à travers les contacts ;
— Angle de perte ;
— Sensibilité à l'état hygrométrique de l'air ;
— Résistance mécanique ;
— Résistance électrique entre contacts ;
— Angle de rotation ;
— Nombre de directions ;
— Nombre de galettes ou éléments ;
— Nombre de circuits par galette ;
— Système d'encliquetage ;
— Nombre de positions ;
— Profil et longueur de l'axe de commande côté galettes et côté bouton ;
— Longueur des entretoises entre galettes.

Matériaux utilisés :

Galettes :

— Bakélite ordinaire ;
— Bakélite H. F. ;
— Stéatite ;
— Stéatite émaillée ;
— Stéatite vernie au silicone.

Contacts :

— Paillettes argentées en alliage à haute résistance doué d'une grande élasticité (généralement chrysocal) ;
— Organes de liaison en argent.

Axe :

— Acier profilé d'une seule pièce.

Entretoises :

Les entretoises entre galettes sont généralement en laiton à six pans ou rond.

Encliquetage :

— Lame souple en acier avec deux logements pour les billes ;
— Flasque avant en acier ordinaire comportant les évidements correspondants à chaque position.

Normes applicables aux commutateurs 98-8.

Règles de construction :

Généralités : Comme tous les appareils susceptibles d'être reliés à deux bornes différentes du réseau, leurs caractéristiques électriques doivent être supérieures aux limites fixées par les N. F. C. 49.

Résistance de contact : Elle ne doit, en aucun cas, dépasser 0,02 ohm (pour un courant de 1 A).

Résistance d'isolement entre pièces de contact mesurée sous une tension continue de 500 V : Elle doit être au moins de 1 000 mégohms avant l'épreuve hygroscopique, et au moins de 150 mégohms après cette épreuve et une électrisation de 60 secondes.

Capacités entre deux pièces de contact à 1 Mc : Elles ne doivent pas dépasser les valeurs suivantes :

a) 2 pF entre une pièce de contact isolée et toutes les autres mises à la masse ;

b) 4 pF entre une pièce commune et la pièce de contact correspondante d'une part. et tous les autres éléments mis à la masse, d'autre part ;

c) 0,5 pF entre une pièce commune et une pièce de contact correspondante d'une part, et l'autre pièce commune et une pièce de contact correspondante, d'autre part, tous les éléments étant mis à la masse.

Pertes diélectriques à 1 Mc : Ces pertes, exprimées par la résistance entre les pièces de contact, doivent être inférieures à 2 mégohms pour la résistance entre une pièce de contact isolée et toutes les autres mises à la masse, et à 1 mégohm pour la résistance entre une pièce commune et la pièce de contact correspondante, d'une part, et tous les autres éléments mis à la masse, d'autre part.

Couple d'entraînement : Pour passer d'une position à la suivante, le couple nécessaire doit être au maximum de 2 200 grammes - centimètre pour les commutateurs à une galette et de 2 850 grammes - centimètre pour les commutateurs à plusieurs galettes.

Organe de manœuvre : Le jeu angulaire du rotor, par rapport à l'axe, ne doit pas être supérieur à $\pm$ 3°.

Règles d'essais :

Epreuve diélectrique : La tension alternative d'épreuve est de 1 500 V.

Essai mécanique des isolants : L'axe étant vertical, on applique sur le bord extérieur du stator une force de 3,5 kg poids. A la suite de cette épreuve, les isolants ne doivent pas présenter de craquelures ou de cassures apparentes.

Epreuve de fonctionnement : Le fonctionnement du commutateur doit rester satisfaisant à tous points de vue après 10 000 manœuvres complètes.

Essais de soudure : Après l'épreuve hygroscopique, la soudure de toutes les cosses accessibles ne doit ni amener de jeu dans les pièces de contact, ni être préjudiciable au bon fonctionnement du commutateur.

Exemple de réalisation industrielle :

Commutateur rotatif N, type « miniperte », de la Manufacture Française d'Oeillets métalliques :

— galettes en stéatite de 5 mm d'épaisseur, qualité spéciale H. F., éventuellement vernie aux silicones ;
— paillettes de contact argentées fabriquées en un métal très résistant à l'usure, mais très élastique ;
— angle de perte inférieur à 0,01 degré ;
— insensibilité complète aux variations de l'état hygrométrique de l'air ;
— résistance de contact < 0,02 ohm ;
— mécanisme de commande comprenant un encliquetage très souple, mais efficace par deux billes ; axe profilé d'une seule pièce, ce qui supprime tout effet de torsion ; entretoises entre galettes en laiton à six pans de 5 à 100 mm de long (de 5 en 5 mm) ;
— protection de toutes les pièces mécaniques par traitement spécial ;
— nombre d'éléments variable à volonté ;
— toutes longueurs d'axe.

Ce type de commutateur permet les combinaisons suivantes :

1 circuit 12 positions ;
2 » 6 » ;
3 » 4 » ;
4 » 3 » ;
6 » 2 » .

CHAPITRE III

FILS ET CABLES

Généralités :

Il existe presque autant de fils et câbles pour l'électronique que ce domaine comporte d'applications :

— câbles de liaison à l'intérieur des appareils ;
— câbles de liaison B. F., type microphone ;
— câbles de liaison H. F., type coaxial ;
— gaines de faradisation ;
— câbles pour l'aviation, poids et encombrement réduits ;
— câbles pour température ambiante élevée (jusqu'à 300° C) ;
— câbles résistant au feu ;
— câbles marine ;
— câbles spéciaux, genre « prise de vues télévision », par exemple.

Normalisations :

Du point de vue normes, tous ces câbles doivent respecter les normes applicables aux installations électriques.

Normes N. F.C. 11, circulaire 83 (voir rappel sur les installations électriques), C 95 pour les fils de câblage. Indépendamment de ces normes purement électriques, un certain nombre de câbles ont reçu une normalisation complémentaire.

Normalisation des câbles de descente d'antenne T. V. :

Les câbles destinés à cet usage ont présenté différents inconvénients :

a) les différents câbles n'étaient pas interchangeables et nécessitaient une gamme importante d'accessoires et de fiches ;

b) la diversité des dénominations ne permettait pas à l'utilisateur de procéder facilement à des comparaisons, cependant souhaitables. Pour remédier à ces difficultés, les principaux constructeurs de câbles de « descentes d'antenne de télévision » ont décidé de présenter aux utilisateurs, grossistes et revendeurs, des câbles dont les caractéristiques sont données dans le tableau ci-après :

Caractéristiques	Dénominations unifiées		
	78 CMM	78 CPD	75 PDL(1)
Composition de l'âme en mm	11/10	7 x 20/100	7 x 20/100
Nature de l'isolant	polythène cellulaire	polythène cellulaire	polythène cellulaire
Diamètre sur diélectrique (en mm)	5	3	3, 3
Tolérance (en mm)	± 0, 3	± 0, 2	± 0, 2
Diamètre du fil composant la tresse (en mm)	15/100	15/100	15/100
Cœfficient de recouvrement de la tresse	75	75	75
Diamètre extérieur (en mm)	7	5, 1	5, 1
Tolérance (en mm)	± 0, 3	± 0, 2	± 0, 2
Capacité en pF/m à 800 Hz	60	60	69
Affaiblissement à 200 MHz en (dB/m)	0, 12	0, 22	0, 24
Impédance à 200 MHz (en ohms)	75 ± 6	75 ± 6	75 ± 6

En dehors des modèles définis par la norme C. C. T. U. 55 : 75 M. D., 75 M. M., 75 P. D., qui sont encore employés quelquefois

(1) Ce même modèle, mais avec conducteur central et tresse en cuivre étamé, est également recommandé. Dénomination P. D. L. E.

comme « descentes d'antenne télévision », les types retenus sont donc au nombre de trois.

Ils présentent l'avantage d'avoir un facteur de recouvrement de la tresse de cuivre égal ou supérieur à 75 % qui donne toute garantie d'efficacité contre les parasites dont la densité augmente lorsque la descente est mal protégée.

Un autre facteur important de bonne qualité d'un câble est la régularité de son impédance. Les variations de cette impédance se traduisent par des réflexions dans l'antenne qui provoquent des images floues ou superposées, dites « fantômes ».

C'est pourquoi les constructeurs ont sélectionné et réduit à trois les types de câbles dont les dénominations seront désormais uniflées et dont la qualité doit être irréprochable pour que soient remplis les buts poursuivis (extrait d'un article de documentation de la revue « T. S. F. et T. V. », mai 1957).

Fils de cuivre émaillés :

Les fils fournis par l'industrie française vont de 2/100 de mm à 3 mm de diamètre. Les vernis spéciaux ne sont appliqués qu'après un tréfilage soigné, éliminant toute variation de diamètre et toute irrégularité susceptible de compromettre la couche de vernis superficielle. Le fil de cuivre, devant être très souple, a subi d'abord le recuit nécessaire.

Les vernis sont déposés en plusieurs couches successives demandant autant de passages dans la machine à enduire que dans les fours électriques où chaque couche est séchée et polymérisée pour former l'émail.

Des milliers de tonnes de fil sont émaillés chaque année en France pour les industries électriques, radioélectriques, télécommunications, etc...

Les vernis synthétiques, obtenus par voie chimique, prennent le pas sur les vernis gras à base d'huiles naturelles, car ils permettent une plus grande rigidité diélectrique, restent souples et résistent mieux lors des passages dans les guide-fils des bobineuses, ceci pour une même épaisseur de couche. De plus, contrairement aux anciens fils émaillés, ils supportent très bien, après bobinage, une couche de vernis d'imprégnation sans que l'échauffement ou le travail mécanique ne fasse éclater la couche de vernis (article documentaire paru dans la revue « T. S. F. et T. V. », mai 1957).

Exemple de réalisations commerciales :

A titre d'indication, voici un certain nombre de fils et câbles destinés à l'électronique, fabriqués par la maison FILOTEX :

Câbles type « 1 600 » - Série réduite :

Extrêmement réduits et légers, présentant une remarquable résistance à l'abrasion, ininflammables, ils sont parfaitement adaptés aux utilisations de l'aéronautique moderne où poids et encombrement doivent être réduits le plus possible.

Leur faible coefficient de frottement permet le changement aisé d'un conducteur dans un faisceau.

Température maximum de service : 120° C.

Câbles types « 1 610 et 1 620 » - Série normale :

Légèrement plus gros et plus lourds que les précédents, ils permettent une variété infinie de repérages, d'où une grande facilité dans le câblage des appareils.

Température maximum de service : 120° C.

Câbles type « 2 000 » pour température ambiante élevée :

D'un diamètre et d'un poids réduits, mettant en œuvre des isolants récents : téflon, vernis au tétrafluoréthylène, ils résistent à tous les agents chimiques et à des températures pouvant atteindre 300° C.

Ils sont absolument imputrescibles et incombustibles.

Câbles type « 3 000 » résistant au feu :

L'âme (cuivre chemisé nickel) et son isolation téflon et silicone-amiante permettent à ces câbles une tenue permanente à des températures pouvant atteindre 300° C et une tenue de cinq minutes à une flamme de 1 090° sans détérioration complète de l'isolant.

Câbles de liaison à l'intérieur des postes :

Fils et câbles monoconducteurs isolés au chlorure de polyvinyle de haute qualité diélectrique.

Ces fils existent en plusieurs variantes : souple, rigide, souple-réduite, haute tension, avec ou sans blindage, dans une gamme de sections de 0,2 à 10 mm².

Câbles de liaison entre postes, du type Microphone :

Ce sont des câbles extra souples à un ou plusieurs conducteurs, avec isolation primaire en chlorure de polyvinyle ou polythène, recouverts d'écrans et destinés plus spécialement aux liaisons microphoniques.

Câbles de liaison entre postes, du type coaxial :

Ce sont des câbles coaxiaux définis par la norme française « C. C. T. U. 55 » et tous les câbles coaxiaux d'impédance caractéristique comprise entre 50 et 137 ohms avec âme massive ou divisée, isolés au polythène plein ou multicellulaire ; également, câbles de la série américaine « M. I. L. C. 17. B », câbles coaxiaux à isolant « téflon ».

Gaines de faradisation :

Protection mécanique et électrique en cuivre étamé pour le revêtement des câbles et faisceaux.

CODE DES COULEURS DES FILS DE CABLAGE
(d'après le S. P. I. R.)

	Nature de la connexion
Noir	Masse.
Chiné	Filament ou tensions alternatives.
Bleu	Anodes.
Rouge	Haute tension filtrée.
Vert	Haute tension filtrée.
Vert	Grilles et retour de l'antifading.
Marron	Grilles-écrans.
Violet	Cathodes.
Jaune	Haute tension non filtrée.

Fiches volantes :

Rouge	Première haute tension, la plus élevée (+ H. T.).
Jaune	Deuxième haute tension (+ H. T.).
Vert	Troisième haute tension (+ H. T.).
Bleu	Quatrième haute tension (+ H. T.).
Rose	Basse tension positive.
Noir	Basse tension négative.
Noir	Haute tension négative.
Noir	Polarisation positive de grille.
Brun	Polarisation négative de grille (la plus élevée).
Gris	Deuxième polarisation négative.
Blanc	Troisième polarisation négative.
Violet	Chaque conducteur complémentaire.
Blanc	Chaque prise médiane.

Câbles multiples pour batteries.

Bleu	Positif haute tension.
Blanc	Positif haute tension (prise intermédiaire).
Jaune	Négatif haute tension.
Rouge	Positif basse tension.
Noir	Négatif basse tension.
Brun	Polarisation positive de grille.
Vert	Polarisation négative de grille.
Orange	Polarisation négative de grille (prise intermédiaire).

QUATRIEME PARTIE

OUTILLAGE DE CONTROLE ÉLECTRIQUE

CHAPITRE PREMIER

APPAREILS DE MESURE

GENERALITES

Les appareils le plus souvent utilisés servent à la mesure :
— Des intensités en continu ou en alternatif ;
— Des tensions en continu ou en alternatif ;
— Des résistances, généralement à l'aide d'une source de courant continu ;
— Des inductances et des capacités à l'aide d'une source de courant alternatif.

On emploie aussi des appareils de dépannage, tels que : sonnette, contrôleur universel, ohmmètre, pont d'atelier.

CLASSIFICATION DES APPAREILS

a) **Les appareils électro-magnétiques à cadre mobile :**

Ce sont des appareils excellents, convenant aux mesures en courant continu. Leurs qualités font qu'ils constituent la plupart des appareils de mesure de tension ou d'intensité (fig. 57).

b) **Les appareils électro-magnétiques à aimant mobile** (fig. 58, 59) :

Ils permettent la mesure de courants et de tensions continus. Certains de ces appareils présentent une grande sensibilité. [Galvanomètre Broca et Thomson (fig. 60)].

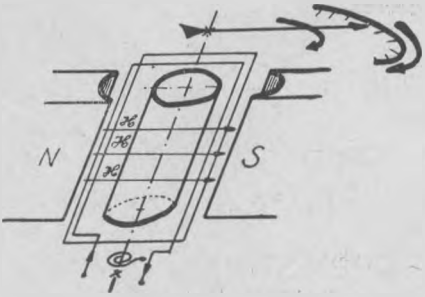


FIG. 57. — Galvanomètre à cadre mobile.

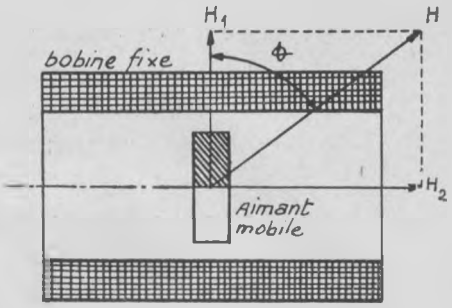


FIG. 58. — Appareil à aimant mobile.

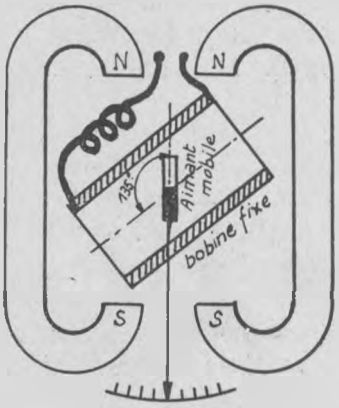


FIG. 59. — Ampéremètre à aimant mobile.

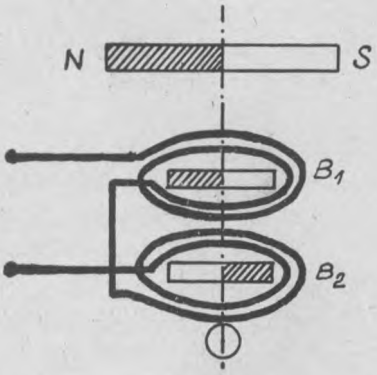


FIG. 60. — Galvanomètre Thomson.

c) **Les appareils électro-magnétiques à fer doux :**

Simples, peu coûteux, ils fonctionnent en continu ou en alternatif (fig. 61).

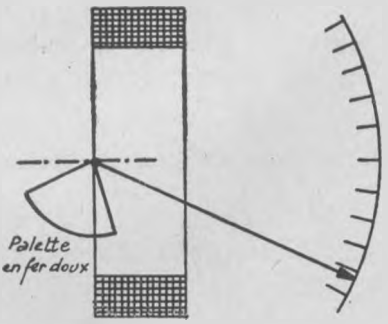


FIG. 61. — Appareil à fer doux.

d) **Les appareils électro-dynamiques**

Basés sur l'action mutuelle de deux circuits fermés parcourus par un courant continu ou alternatif, ils sont utilisés surtout pour les mesures de précision en alternatif.

e) **Les appareils électro-statiques :**

Ils permettent la mesure de tensions alternatives de toutes fréquences et n'ont qu'une consommation très réduite (fig. 62).

f) **Les appareils thermiques et thermocouples :**

Ils fonctionnent en continu ou en alternatif pour toutes fréquences.

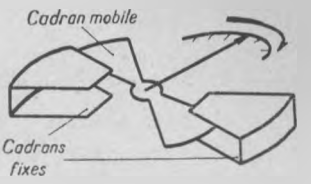


FIG. 62. — Electromètre à cadran.

g) **Les appareils à redresseur sec :**

Ils sont constitués par des appareils à cadre mobile, auxquels est associé un élément détecteur leur permettant d'indiquer la valeur efficace de tension ou d'intensité en courant alternatif.

L'étude théorique de ces différents appareils est du ressort, soit d'un cours d'électricité, soit d'un cours de mesure ; le seul aspect technologique de leurs principaux éléments constitutifs sera donc envisagé.

Aimant.

L'aimant utilisé devra fournir un champ intense et stable. On utilisera des aimants en acier au tungstène, et même, pour certains appareils, des alliages à base d'argent.

Le champ varie en pratique entre 500 et 2 500 oersteds. De ce fait, l'influence du champ terrestre est négligeable. Les entrefers sont de l'ordre du millimètre. On obtient des appareils à cadre ou à aimant mobile, sensibles jusqu'à 10^{-11} ampère et même 10^{-14} pour des appareils très soignés.

Aiguille, axe, ressorts.

Les mouvements de l'équipage mobile des appareils de mesure, autres que les galvanomètres de laboratoire, sont repérés par une longue aiguille généralement équilibrée par un contrepoids, de telle sorte que l'appareil soit utilisable dans toutes les positions. On évite toute erreur de parallaxe en plaçant l'œil de manière à faire coïncider l'aiguille avec son image (fig. 63). L'axe en acier trempé pivote sur deux crapaudines en pierre fine. Le couple antagoniste est fourni par deux ressorts spiraux bobinés en sens contraire pour obtenir une bonne fixité du zéro.

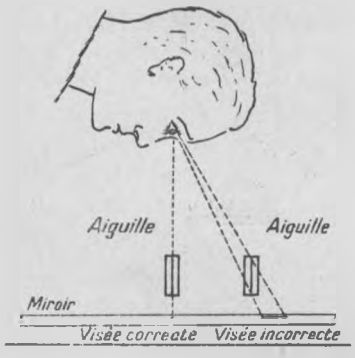


FIG. 63. — Erreur de parallaxe.

Ces ressorts sont construits en bronze phosphoreux spécial (l'acier s'aimante, il est donc inutilisable), ils servent en plus à amener le courant du cadre. Ils ne peuvent supporter d'intensités supérieures à 100 mA, sous peine de perdre leur élasticité. Aussi ampéremètres et voltmètres sont-ils combinés avec des shunts et avec des résistances additionnelles.

Shunt (fig. 64) :

Le shunt représente un amortissement supplémentaire qui conduit généralement à un mouvement apériodique du cadre. Pour éviter les variations d'amortissement en fonction de la valeur des shunts utilisés, on emploie un réducteur universel.

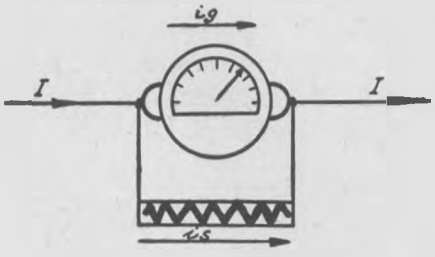


FIG. 64. — **Shunt.**

Réducteur universel (fig. 65) :

Le galvanomètre est constamment shunté par la même résistance. Si r est la résistance totale, le pouvoir multiplicateur du shunt pour une prise sur le réducteur de rang n est :

$$m_n = \frac{g + r}{r_n}$$

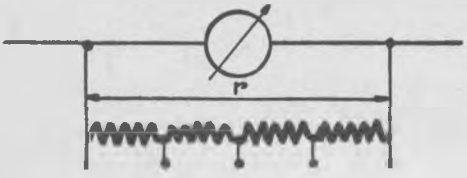


FIG. 65. — Réducteur universel.

Le réducteur universel donne un amortissement pratiquement constant, quelle que soit la prise de sensibilité utilisée.

Construction des shunts :

Les shunts sont construits à l'aide d'alliages résistants, dont le coefficient de température est peu élevé. De cette façon, l'indication de l'appareil est à peu près indépendante de la température.

Le métal est employé sous forme de plaques soudées sur blocs de connexions en cuivre. Ces plaques portent des entailles qui ont servi au réglage de la résistance. Les connexions au

circuit de mesure se font par fiches, vis ou écrous suivant l'intensité.

L'étalonnage se fait à 15 ou 20° ; pour une température différente un coefficient de correction doit être appliqué. On réduit cette correction en insérant, en série avec le cadre, une résistance de même nature.

Les alliages utilisés sont :

1° *La Manganine*

80 % de cuivre ;
4 % de nickel ;
12 % de manganèse.

Sa résistivité est vingt-cinq fois celle du cuivre, elle est à peu près indépendante de la température, car elle ne varie que de 10^{-6} par degré.

2° *Le Constantan*

60 % de cuivre ;
40 % de nickel.

Coefficient de température : $4 . 10^{-6}$.

Thermo-couples (fig. 66) :

Pour les mesures en H. F., on utilise principalement des thermo-couples.

Un thermo-couple est formé par l'association d'un élément chauffant et d'un thermo-élément constitué par la soudure de deux métaux différents.

Exemple : Fil chauffant nichrome, thermo-élément nichrome-constantan, soudure isolée par une perle de borax, formant émail fusible à 800°.

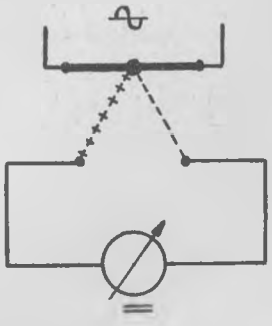


FIG. 66. — Thermo-couple.

Entre 100 mA et plusieurs centaines d'ampères, on utilise des thermo-couples à chauffage direct.

De 25 mA à 100 mA, utilisation de thermo-couples à chauffage direct placés dans une ampoule dans laquelle on a fait le vide.

De 1 mA à 25 mA, on utilise des thermo-couples à chauffage indirect, placés dans une ampoule vide d'air.

Par suite de l'inertie thermique, l'aiguille met un certain temps pour atteindre son élongation maximum.

L'erreur relative est de 1,5 % pour une lecture faite au bout de 5 secondes. Surcharge admissible de l'ordre de 100 %. Précision : 1 à 3 % jusqu'à 10 Mc.

Redresseurs secs :

Pour permettre la mesure des courants alternatifs par des appareils à cadre mobile, on associe à ces appareils un élément redresseur cuivre-oxyde de cuivre ou sélénium-fer.

Montages utilisés (fig. 67) :

Le condensateur, dans les montages série et parallèle, sert dans le premier montage, à dériver la composante alternative, dans le deuxième, à bloquer la tension continue (la tension alternative étant arrêtée par une self d'arrêt).

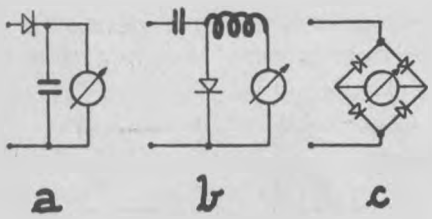


FIG. 67. — Redresseur sec :
a) série ;
b) parallèle ;
c) en pont.

Corrections :

Des corrections en fonction de la température et de la fréquence sont quelquefois nécessaires.

CHAPITRE II

APPAREILS DE DEPANNAGE

Sonnette.

Réalisation (fig. 68) : Cet appareil se compose d'un voltmètre continu, de sensibilité 3 V ou 7,5 V, mis en série avec une pile de quelques volts.

Utilisations : Vérification de la continuité d'un circuit, d'où le terme de sonner un circuit, pour exprimer ce genre d'essai ; essais d'isolement, etc...

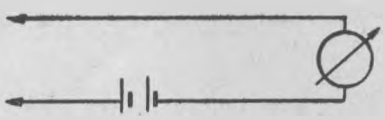


FIG. 68. — Sonnette.

Contrôleur universel.

C'est un milli ou microampèremètre pouvant être utilisé en ampèremètre avec un réducteur universel ou en voltmètre avec un jeu de résistances additionnelles. Pour rendre possibles les mesures en courant alternatif, on lui associe un redresseur sec.

Sensibilités courantes :

Voltmètre de 1,5 volt à 750 volts en cinq sensibilités (fig. 69).

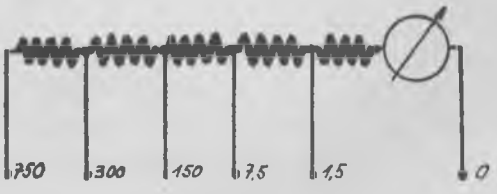


FIG. 69. — Voltmètre à cadre mobile.

Ampèremètre de 1 mA à 15 ampères en cinq sensibilités (certains contrôleurs permettent l'utilisation directe de l'appareil de mesure sans shunt, avec une sensibilité de 100 à 200 μA suivant la marque).

Les résistances additionnelles et les prises du réducteur universel sont mises en service soit avec des prises, soit avec un commutateur rotatif ou à boutons poussoirs.

Le nombre d'ohms par volt caractérise un contrôleur universel :

1 333 Ω/V Chauvin-Arnoux ;
10 000 Ω/V pour un Metrix ;
20 000 Ω/V pour un Pekly.

La sensibilité et le nombre d'ohms par volt sont généralement identiques pour les mesures en courant continu et en courant alternatif, mais avec une échelle de lecture différente.

Ces appareils comportent, en outre, d'autres possibilités : mesure de résistances, de capacités, de selfs, de flux lumineux associé lorsqu'ils ont une cellule photo-électrique.

Ohmmètre (fig. 70).

Un contrôleur universel comporte généralement une position « ohmmètre » à plusieurs sensibilités, obtenues par une pile associée au milliampèremètre de l'appareil, à des résistances connues et à un potentiomètre de tarage.

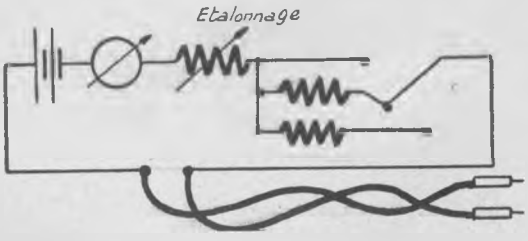


Fig. 70. — Ohmmètre.

Le tarage du zéro s'effectue sur chaque sensibilité, en court-circuitant les pointes de touche propres à l'appareil et en amenant alors l'aiguille, sur la position repérée 0 ohm, à l'aide du potentiomètre de tarage.

La déviation du milliampèremètre est alors proportionnelle à la résistance insérée entre les pointes de touche. L'échelle peut être graduée directement en ohms, pour chaque sensibilité. On s'arrange pour que les différentes sensibilités soient utilisables avec la même échelle.

Les sensibilités courantes sont :

0 à 1 000 Ω	multiplier	la lecture	par	le coefficient	1
0 à 100 000 Ω	»	»	»	»	100
0 à 1 M Ω	»	»	»	»	1 000
ou 0 à 10 000 Ω	»	»	»	»	1
0 à 100 000 Ω	»	»	»	»	10
0 à 1 M Ω	»	»	»	»	100

Exemples : CHAUVIN, 1er échelonnement ;
PEKLY, 2e échelonnement.

Meghommètre.

Cet appareil se compose de deux cadres solidaires perpendiculaires l'un à l'autre, dont l'un est mis en série avec la résistance à mesurer. Cet ensemble, comme l'autre cadre d'ailleurs, est alimenté par une machine rotative produisant une tension de 500 à 750 V. Dans certains appareils, un système de débrayage automatique limite la vitesse du rotor de la machine.

Dès que l'on a atteint ce débrayage indiqué par le bruit différent et l'impression de tourner dans le vide, ressentie par la main, on peut lire la valeur de la résistance.

Ce type d'appareil permet la mesure des résistances jusqu'à 1 000 M Ω, mais il n'est pas utilisable pour tous les genres de mesures, à cause de la tension d'essai élevée (ne pas l'utiliser pour mesurer la résistance d'isolement d'un condensateur chimique). Il est réservé aux mesures d'isolement ou de résistances très élevées.

Pont du type d'atelier.

On ne peut pas toujours se contenter, pour mesurer des résistances des selfs ou des capacités, de la méthode toujours un peu approchée qui consiste à envoyer du courant continu ou alternatif dans l'objet à mesurer et à lire la valeur du courant qui le traverse, la graduation étant faite directement en ohms, henrys ou farads. Certains appareils, autres que l'ohmmètre décrit ci-dessus, permettent de telles mesures. Ce sont les appareils dits « ponts du type d'atelier ».

Description simplifiée :

Le pont d'atelier comporte (fig. 71) :

1° Un pont qui est tantôt pont de Wheastone alimenté en continu, tantôt pont de Sauty alimenté en alternatif ;

2° Un amplificateur de zéro à lampes ;
3° Un indicateur d'accord du pont, généralement œil magique ou appareil de mesure.

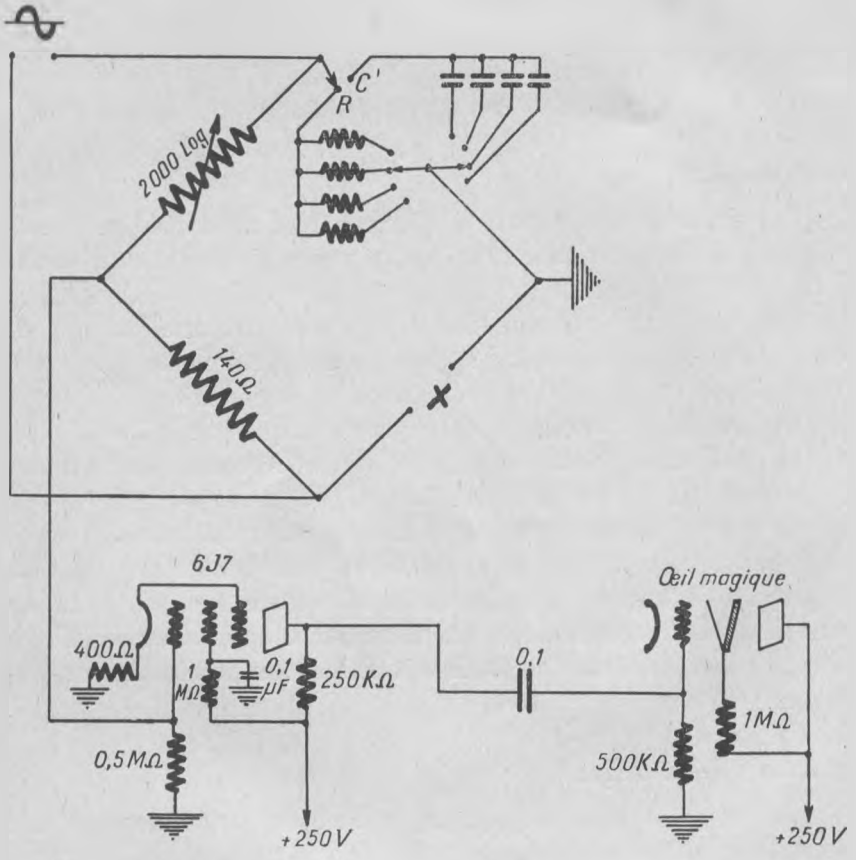


FIG. 71. — Pont du type « Atelier ».

La mesure de R et C est possible en quatre sensibilités. Des circuits annexes permettent de mesurer le courant de fuite des condensateurs chimiques, etc...

On insère l'élément à mesurer entre les bornes X et l'on place le pont sur R ou C, suivant que l'on mesure une résistance ou une capacité. On choisit la gamme se rapprochant de la valeur supposée et on accorde le pont à l'aide de la résistance variable,

en observant l'œil magique. Cette résistance variable comporte un cadran, permettant de lire directement la valeur de l'élément à mesurer.

Remarque : D'après la normalisation C. O. 3, 2. A. 4 et 2. A. 5, le croisement de deux conducteurs est,

sans connexion électrique :
avec connexion électrique :

CHAPITRE III

CLIMATISATION DES APPAREILS DE MESURES

La réalisation d'appareils de mesures pour climats tropicaux cause aux fabricants de nombreuses difficultés qui ont été étudiées par certaines administrations et divers groupements industriels. Les spécifications du C. C. T. I., notes 300, 301, 303 et 407, définissent les classes suivantes applicables à tous matériels radioélectriques :

Classe 1. — Matériel pour climat tempéré : température variant de — 20 à + 60° ; humidité maximum : 80 % à 40° ; pression barométrique minimum : 400 mm de Hg. (Mercure).

Classe 2. — Matériel pour climat chaud et humide : température de + 25 à + 65° ; humidité maximum : 95 % à 45° ; pression barométrique minimum : 400 mm de Hg.

Classe 2 bis. — Matériel pour climat chaud et sec : température de 9 à 70° ; humidité : 70 % à 0°, 5 % à + 50° ; pression barométrique minimum : 400 mm de Hg. Ce matériel doit pouvoir supporter l'action du sable.

Classe 3. — Matériel pour climat artique : température de — 50 à + 55° ; humidité : 80 % à 35° ; pression barométrique minimum : 300 mm de Hg.

Classe 4. — Matériel pour usage militaire ou aéronautique : température de — 60 à + 90° ; humidité variant de 95 % pour 70° à 5 % pour 40° ; pression barométrique minimum : 120 mm de Hg. Ce matériel doit pouvoir supporter l'immersion, l'action des poussières, des vents de sable, des insectes, des moisissures, de l'air, du soleil et des variations rapides de températures.

Classe 5. — Matériel tropicalisé normal. On le considère comme correspondant aux classes 2 et 2 bis. En tenant compte

des conditions de transport, on arrive aux spécifications suivantes : température de — 20 à + 60° ; variation journalière maximun de 40° ; humidité relative maximum : 95 % à 45° ; pression atmosphérique minimum : 400 mm de Hg. Ce matériel doit résister aux moisissures, aux insectes, aux poussières et aux vents de sable, à l'action des cryptogames (champignons, algues, etc...).

Principes généraux de tropicalisation.

Boîtier :

Le boîtier de l'appareil doit être rendu bien étanche, ce qui permet d'éliminer l'action des insectes et des sables sur les parties internes de l'appareil. Comme un matériel étanche contient, dans des conditions normales, une certaine quantité d'humidité qui se condensera lors des refroidissements de l'appareil, il en résultera une buée sur le verre et des possibilités de blocages de la partie mobile, des risques de claquage, de corrosion ou de développement de moisissures à l'intérieur de l'appareil. Pour réaliser un appareil parfaitement tropicalisé, il convient de le rendre étanche et de faire le vide à l'intérieur de l'appareil ou de remplacer l'air par un gaz inerte et sec.

La réalisation de tels appareils est délicate, coûteuse et ne se justifie que lorsque l'on désire une sécurité de fonctionnement absolue.

On utilise des boîtiers métalliques protégés par un chromage ou un aluminitage. On a également recours à l'utilisation de peintures tropicalisées ou de vernis aux silicones. Pour les appareils placés dans un boîtier en alliage d'aluminium, on peut utiliser par exemple une couche de protection au chromate de zinc, revêtue d'un émail de qualité tropicale. On utilise également des boîtiers en matière moulée à charge minérale, telle que : bakélite américaine H. F. à charge mica et silice (reconnaissable à sa teinte jaunâtre).

Equipage mobile et éléments moteurs :

Ils doivent être établis spécialement pour tenir compte de l'influence des variations de température. L'isolement doit être particulièrement soigné, en utilisant, par exemple, des vernis spéciaux et des produits aux silicones.

Résistances et redresseurs :

On utilise des résistances agglomérées ou à couches protégées par un émaillage convenable. Les résistances bobinées devront être invariables et du type enrobé. Les éléments les plus difficiles à protéger sont les redresseurs à oxyde de cuivre. Certains constructeurs ont réalisé des redresseurs étudiés spécialement à cet effet.

Ces principes de tropicalisation sont applicables à d'autres matériels : châssis, H. P., redresseurs, condensateurs, etc...

BIBLIOGRAPHIE

Spécifications C. C. T. I.

Documentations techniques GUERPILLON et CHAUVIN-ARNOUX.

Climatisation des appareils de mesure (*Toute la radio,* novembre 1949).

CHAPITRE IV

NORMALISATION DES APPAREILS DE MESURE

Extraits des normes U. S. E. - Normes françaises éditées par l'U. T. E. :

C 10 012-1 à 10 013-3 (tome 1 pages 823 à 836)
C 20 (tome 1 pages 639 à 665)

Terminologie.

On distingue suivant la facilité de leur emploi :

a) **Appareils de laboratoires :**

Mesure de grandeurs faibles ou mesure de haute précision.

b) **Appareils étalons :**

La lecture de la plus petite division, soit 1/100 ou 1/500, doit se faire à 0,1 ou 0,2 % de sa valeur. En continu, les appareils étalons sont à cadre mobile. En alternatif, électro-dynamiques.

c) **Appareils industriels :**

Ce sont des appareils transportables qui sont :

— Pour le courant continu, des appareils à cadre mobile ;

— Pour le courant alternatif, des appareils thermiques, électro-magnétiques ou électro-dynamiques. Le nom d'électro-magnétique est réservé aux appareils à fer doux, celui de thermique, à ceux qui ne comportent pas de couple thermo-électrique.

d) **Appareils de tableau :**

Robustes et graduation à traits espacés.

e) **Appareils ordinaires :**

Prix peu élevé.

Indications que doivent porter les appareils.

a) Nom de l'appareil ; nature du courant ; indication de l'unité de mesure ;
b) Calibres de l'appareil (valeur mesurée pour le maximum de l'échelle) ;
c) Température de l'étalonnage : 15 ou 20° ;
d) Limite de fréquence pour l'alternatif ;
e) Tension maximum d'utilisation : sauf pour les appareils fonctionnant entre 25 et 500 volts ;
f) Modifications introduites par un shunt ou une résistance additionnelle ;
g) Tension ou courant d'échauffement ;
h) Sens de connexions : + (plus) pour le pôle positif, sinon la borne positive doit être placée de telle sorte que l'aiguille dévie dans le sens de passage du courant, c'est-à-dire vers la droite, si la borne positive est à gauche ;
i) Schéma de montage, si l'appareil comporte plus de deux bornes.

Précision.

a) **Appareils étalons :**

Ils sont toujours accompagnés d'une feuille d'étalonnage, comportant également les indications figurant ci-dessus, ainsi que le coefficient de température. Les corrections ne devront pas dépasser, en division, 0,4 % du maximum de l'échelle. Les erreurs maxima ci-après sont celles de l'appareil corrigé.

a) Voltmètres et milli-voltmètres à cadre mobile et aimant : ± 0,3 % ;
b) Voltmètres et ampèremètres électro-dynamiques : ± 0,2 % ;
c) Shunts et résistances additionnelles : ± 0,5 %.

b) **Appareils de contrôle :**

1) Voltmètres et milli-voltmètres à cadre et aimant :
± 0,3 % jusqu'au 1/3 de l'échelle ;
± 1 % pour le reste.

2) Voltmètres et ampèremètres électro-magnétiques ou thermiques :
   ± 0,8 % entre 1/3 et 1/2 de l'échelle ;
   ± 1,5 % pour le reste.
3) Voltmètres et ampèremètres électro-dynamiques :
   ± 0,5 % entre 1/3 et 1/2 de l'échelle ;
   ± 1 % pour le reste.

c) **Appareils de tableau :**

1) Appareils à cadre et aimant :
   ± 0,5 % entre 1/3 et 1/2 de l'échelle ;
   ± 1,5 % pour le reste.
2) Appareils électro-magnétiques ou thermiques :
   ± 1 % entre 1/3 et 1/2 de l'échelle ;
   ± 2 % pour le reste.

Pour les appareils électro-magnétiques, la différence entre deux lectures, suivant que I croît ou I décroît, ne doit pas dépasser 2 %.

Sont également réglementés :

a) Conditions d'essai 20° ;
b) Fréquence ;
c) Champ magnétique ;
d) Amortissement ;
e) Robustesse mécanique ;
f) Surcharge ;
g) Equilibre de l'équipe mobile ;
h) Echauffement ;
i) Rigidité diélectrique.

Pour les appareils destinés aux mesures entre 25 et 500 volts, la tension alternative d'essais est de 2 000 volts 100 p/s pendant 60 secondes.

En-dessous de 25 volts, la tension d'essais est de 500 volts.

Normalisation des shunts.

a) Nom du constructeur et numéro d'ordre ;
b) Courant d'échauffement normal ;
c) D. d. p. aux bornes pour le courant d'échauffement normal ;
d) Courant à travers l'appareil de mesure ;

e) Courant d'échauffement normal et courant dérivé dans l'appareil sont marqués l'un près de l'autre et séparés par +.

Exemple : (95 + 5) A.

Précision :

Résistance exacte à 0,5 % près pour les appareils de tableau ;
± 0,2 % pour les appareils étalons.

L'échauffement du shunt doit être au maximum de 25° au-dessus de la température d'une barre de cuivre de mêmes dimensions, parcourue par le même courant, la température étant prise aux points de connexion.

CINQUIEME PARTIE

NORMALISATIONS ET RAPPELS

CHAPITRE I

NORMALISATIONS
SPECIFICATIONS ET REGLES TECHNIQUES

Observation préliminaire.

Les normes françaises, éditées par l'Union Technique de l'Electricité (U. T. E.), définissent ainsi les règles applicables au matériel et aux machines électriques, et par extension aux télécommunications :

« Les présentes règles ont pour objet de formuler les règles de l'art formant la loi des parties contractantes, soit en l'absence de convention expresse, soit dans le cas où elles se réfèrent simplement aux prescriptions du comité électrotechnique français (C. E. T.).

Elles visent donc particulièrement les matériels de vente courante...

Elles ne sont pas immuables, et la révision en sera entreprise, aussi souvent que l'expérience de leur emploi ou que les progrès de la technique en démontreront la nécessité ».

Pour répondre à cette dernière clause, des additifs paraissant tous les trois mois viennent compléter les différentes normes déjà existantes.

Les normes françaises applicables aux télécommunications figurent dans le tome IV édité par l'Union Technique de l'Electricité (U. T. E.).

Ces normes sont :

Télécommunications :

C 42	— Dispositifs antiparasites	Pages	745
C 49	— Appareils radiophoniques et amplificateurs....	—	759
Cir. C 49	— Appareils radiophoniques et amplificateurs....	—	777
Cir. 83	— Câbles pour installations intérieures de télécommunications.	—	779
C 95	— Conducteurs pour câblage d'appareils radiophoniques.	—	811
C 97	— Essais d'appareils de mesure	—	825

Eléments d'appareils de radiophonie :

98- 1.	— Transformateurs d'alimentation	Pages	849
98- 2.	— Haut-parleurs électrodynamiques	—	859
98- 3.	— Résistances fixes	—	869
98- 4.	— Condensateurs électrolytiques	—	879
98- 5.	— Potentiomètres variables non bobinés	—	891
98- 6.	— Transformateurs à fréquence intermédiaire	—	901
98- 8.	— Supports de tubes électroniques	—	913
98- 8.	— Commutateurs.	—	917
98- 9.	— Condensateurs au papier	—	927
98-10.	— Condensateurs variables	—	939
98-11.	— Condensateurs ajustables au mica	—	949
98-12.	— Bobinages à haute fréquence	—	959
98-13.	— Condensateurs fixes au mica	—	967
118.	— Emetteurs de radiocommunications	—	977
407.	— Protection de la radiodiffusion contre les parasites.	—	1.011

L'indication des pages du tome IV (édition 1948), concernant les normes applicables aux télécommunications, montre l'étendue de ces règles, soit un total de 266 pages, auxquelles sont venus s'adjoindre un certain nombre d'additifs.

Des spécifications complètent les normes dans le sens de la précision, c'est ainsi que les spécifications unifiées du C. C. T. U. définissent la qualité, l'aptitude à l'emploi et l'interchangeabilité du matériel de télécommunications destiné aux grandes administrations civiles et militaires.

Le C. C. T. U. est le Comité de Coordination des Télécommunications de l'Union Française.

Les spécifications C. C. T. U. (département D. I. du C. N. E. I. Division Normalisation Issy-les-Moulineaux) sont reprises par la

Section « Télécommunications-Electronique » de l'U. T. E. avec le concours du S. N. I. R. et publiées sous la forme de spécifications U. T. E.

Le Syndicat National des Industries Radioélectriques (S.N.I.R.) vient de prendre le nom de Fédération Nationale des Industries Electroniques (F.N.I.E.).

Un matériel est homologué, lorsqu'il est reconnu conforme aux prescriptions le concernant dans une spécification.

L'homologation n'est pas obligatoire ; néanmoins, de nombreuses administrations commencent à exiger des fournitures ayant fait l'objet d'une homologation.

Les normes 98-1 à 98-13, applicables aux différentes pièces détachées, ont été vues en même temps que le matériel auquel elles se rapportent.

Les normes suivantes font l'objet d'une étude particulière :

— Publication 703 et normes N. F. C. 122 ;

— Normes N. F. C. 49 actuellement C. 92 - 110.

CHAPITRE II

PROPRIETES MINIMA QUE DOIVENT PRESENTER LES RECEPTEURS RADIOPHONIQUES

Le label des récepteurs a été mis au point en 1943 et publié par l'U. T. E. sous la dénomination « publication 703 ». En 1948, une texte plus sévère est venu compléter cette publication ; il s'agit du « cahier des charges pour les récepteurs radiophoniques destinés à l'exportation ». Ce cahier des charges, établi par la Direction des Industries Mécaniques et Electriques du Ministère de l'Industrie et du Commerce, est devenu par la suite « les règles d'établissement des récepteurs radiophoniques N. F. C. 122 ».

Les récepteurs - batteries sont régis par la norme N. F. C. 92-120. Pour les téléviseurs, les règles de sécurité font l'objet des normes N. F. C. 124 et surtout N. F. C. 92-210.

Depuis le 1er mai 1956, les règles N. F. C. 92-100 annulent et remplacent celles de la publication C. 49.

NORMES FRANÇAISES C 122

Il est impossible d'analyser ici la totalité de ce document. L'énumération des articles contenus dans le sommaire ci-dessous montre l'étendue du sujet. Le texte du Ministère de l'Industrie et du Commerce comporte 21 pages 21 × 27.

Voici, d'après ce label, les caractéristiques techniques.

Caractéristiques techniques.

Généralités :

Les caractéristiques techniques qui sont prises en considération sont les suivantes :

Sensibilité ;
Sélectivité ;
Fidélité ;
Protection contre les brouillages ;
Réglage automatique de la sensibilité ;
Distorsion ;
Précision des indications du cadran ;
Réversibilité de la commande d'accord ;
Réaction électro-acoustique (effet microphonique ou Larsen) ;
Aptitude à fonctionner en amplificateur phonographique.

De plus :

Les rayonnements parasites par l'antenne ou le réseau de distribution, la sensibilité aux parasites provenant du réseau de distribution feront l'objet de mesures, sans qu'il leur soit imposé pour l'instant de valeurs limites. Toutefois, il est recommandé de les réduire le plus possible, des valeurs manifestement excessives pouvant être considérées, d'ores et déjà, comme des anomalies graves de fonctionnement (ces valeurs limites sont maintenant précisées par des textes concernant la protection de la réception radiophonique).

Sensibilité :

La sensibilité du récepteur doit permettre une réception convenable des émissions pour toutes les fréquences (ou longueurs d'onde) répérées sur le cadran d'accord.

Il en est jugé ainsi si la valeur du signal de sortie du générateur modulé à 400 cycles et à 30 %, nécessaire pour obtenir une tension de sortie de 50 mW, est inférieure à :

— 200 μV pour les fréquences inférieures à 0,5 Mc (gamme dite des « Grandes Ondes ») ;
— 100 μV pour les fréquences comprises entre 0,5 et 2 Mc (gamme dite des « Petites Ondes ») ;
— 200 μV pour les fréquences supérieures à 2 Mc (gamme dite des « Ondes Courtes »).

Sélectivité :

Le récepteur est considéré comme ayant une sélectivité satisfaisante, s'il est en mesure d'affaiblir efficacement les émissions brouilleuses des canaux voisins, à ± 9 kc de la fréquence d'accord.

L'essai est fait à 1 000 kc. Le générateur et le récepteur étant accordés tous deux sur 1 000 kc, on mesure la tension E du générateur nécessaire pour obtenir la puissance de sortie de 500 mW. Sans toucher au réglage du récepteur, on règle ensuite le générateur à 1 000 + 9 et à 1 000 — 9 kc et on note les tensions E' et E", nécessaires pour obtenir la même puissance de sortie de 50 mW.

L'essai est considéré comme satisfaisant si E'/E et E"/E sont tous deux supérieurs à 50.

Fidélité et distorsion :

Le récepteur doit permettre la reproduction fidèle de la modulation dans la gamme musicale.

On applique une tension B. F. sinusoïdale à 400 cycles à la grille du premier tube amplificateur B. F. La puissance de sortie avec une distorsion de 10 % doit être au minimum de 1 500 mW pour un récepteur alternatif, de 500 mW pour un récepteur tous courants.

On admet que la reproduction est fidèle, si la valeur de la tension mesurée aux bornes de la bobine mobile du haut-parleur correspondant à une puissance de 150 mW reste comprise, pour toute la gamme s'étendant de 150 à 2 500 cycles, entre 0.5 et trois fois sa valeur à 400 cycles.

Protection contre les brouillages :

Le récepteur doit être protégé contre les brouillages qui peuvent se produire sur la fréquence-image et sur la fréquence intermédiaire, pour toutes les fréquences (ou longueurs d'onde) repérées sur le cadran d'accord.

Le générateur et le récepteur étant accordés sur une même fréquence, on mesure la tension E_0 du générateur nécessaire pour obtenir une puissance de sortie de 50 mW. Puis, on accorde successivement le générateur sur la fréquence intermédiaire et sur la fréquence-image correspondant à la fréquence d'accord du

récepteur ; on note, pour chaque réglage, la tension E nécessaire pour obtenir la même puissance de sortie de 50 mW. La protection est considérée comme suffisante, si les rapports $\frac{E}{E_o}$ sont :

— supérieurs à 50 sur la fréquence intermédiaire (affaiblissement de 34 db) ;

— supérieurs à un chiffre compris entre 178 et 31 (suivant la fréquence d'accord) sur la fréquence-image, soit un affaiblissement de 45 à 30 db.

Réglage automatique de la sensibilité :

Le dispositif de réglage automatique de la sensibilité doit assurer une bonne stabilité de la puissance de sortie, lorsque le niveau du signal à recevoir varie dans les limites d'un emploi normal. Son fonctionnement ne doit entraîner ni saturation, ni dérive d'accord.

On admet qu'il en est ainsi si, pour une variation du niveau du signal à recevoir dans un rapport de 10 à 1, la puissance de sortie reste dans les limites de 1/5 à 1/6,25 de sa valeur première.

Précision des indications du cadran :

Les cadrans doivent porter des indications qui permettent de repérer sans ambiguïté les stations à recevoir. En particulier, s'ils sont gradués en fréquences (ou en longueurs d'onde), l'indication lue sur le cadran ne doit pas différer de la valeur étalonnée de la fréquence (ou de la longueur d'onde) de plus de :

— 2 % de cette valeur pour les fréquences inférieures à 2 Mc ;

— 4 % de cette valeur pour les fréquences supérieures à 2 Mc.

De plus, il est recommandé d'adapter les indications du cadran au pays auquel est destiné le récepteur.

Pour ce faire, on peut, par exemple, adopter pour la désignation des stations et les indications de changement d'onde, soit l'usage établi dans le pays, soit tout autre procédé permettant d'être facilement compris (comme de porter les noms des stations dans leur langue d'origine et d'indiquer les gammes par les fréquences, ou les longueurs d'onde, en faisant figurer tout spécialement sur le cadran les stations qui intéressent au premier chef la région intéressée).

Réversibilité de la commande d'accord :

Le jeu dans la commande d'accord doit être suffisamment réduit pour n'entraîner aucune gêne lors d'un changement du sens d'entraînement.

On admet qu'il en est ainsi lorsque, pour deux réglages obtenus par un changement du sens d'entraînement sur la même position de l'index d'accord, le déréglage est inférieur à 5 kc pour une fréquence d'accord de 1 Mc.

Réaction électro-acoustique (effet microphonique ou Larsen) :

Les réactions du haut-parleur sur les organes du récepteur doivent être assez faibles pour n'entraîner, dans les conditions normales d'emploi, aucune tendance à l'amorçage d'oscillations électro-acoustiques.

On admet qu'il en est ainsi lorsque le récepteur peut fournir une puissance de 150 mW sans perturbations dans la réception d'une onde de fréquence et de niveau quelconques.

Aptitude à fonctionner en amplificateur phonographique :

Lorsque le récepteur comporte une prise pour appareil de modulation, il doit être en mesure de fournir sa puissance de sortie nominale, dans ces conditions particulières d'utilisation, sans distorsion et avec une sensibilité suffisante.

On admet qu'il en est ainsi lorsque la puissance de sortie nominale est obtenue pour un signal d'entrée inférieur à 0,5 volt et un taux de distorsion inférieur ou égal à 7 %.

Anomalies de fonctionnement et de construction :

Au cours des essais qui sont effectués pour vérifier les conditions qui précèdent, il ne doit pas apparaître d'anomalie grave de fonctionnement qui n'empêcherait pas le récepteur de satisfaire apparemment à ces conditions, mais pourrait nuire à son fonctionnement en service normal.

On peut citer, à titre d'exemples, comme anomalies graves de fonctionnement :

— le fonctionnement incorrect d'un organe de manœuvre (crachements, mauvais contact, difficultés de réglage, inefficacité totale ou partielle, etc...) ;

— un alignement incorrect, en particulier dans le cas des positions relatives de l'accord et de l'image sur les fréquences supérieures de la gamme de fonctionnement ;
— la dérive d'accord ;
— des amorçages d'oscillations internes à haute ou basse fréquence ;
— des sifflements ;
— des bruits de fond ou des ronflements anormaux ;
— un mauvais fonctionnement du haut-parleur ;
— un rayonnement excessif par l'antenne ou le réseau de distribution ;
— une sensibilité excessive aux parasites provenant du réseau de distribution ;
— des défauts de montage constituant une atteinte aux règles élémentaires de l'art.

Remarque : Certains articles non cités ici précisent les conditions de mesure des caractéristiques techniques énoncées au début des normes C. 122.

Rappelons que les normes françaises sont publiées par l'Union Technique de l'Electricité, 54, avenue Marceau, Paris 8e, qui peut les procurer sur demande.

CHAPITRE III

MATERIEL RADIOELECTRIQUE
– NORMALISATION U.T.E. : NORMES N F. C. 49 –
actuellement C 92-110

REGLES DE SECURITE DES APPAREILS RADIOPHONIQUES ET AMPLIFICATEURS RELIES A UN RESEAU DE DISTRIBUTION ELECTRIQUE

Les règles ci-dessous s'appliquent aux récepteurs, amplificateurs, tourne-disques, etc... destinés à fonctionner dans des locaux ordinaires (non humides et dans des régions à climats tempérés).

A. — **Règles de construction.**

Isolation des appareils :

a) Si la tension est supérieure à 24 V, l'isolement entre pièces par peinture, émail, bois, est interdit ;

b) La distance minimum entre pièces ou conducteurs sous tension inférieure à 500 V doit être au moins de 3 mm.

B. — **Protection contre le toucher.**

Toutes les parties, susceptibles de présenter entre elles ou par rapport à la terre une tension supérieure à 24 V, doivent être protégées d'une façon absolue contre le toucher.

C. — **Protection contre un usage négligent.**

Les appareils doivent supporter sans dommage la mise en court-circuit des bornes accessibles de l'extérieur.

D. — **Raccordement aux réseaux.**

Il est réalisé par conducteurs souples terminés par une fiche de prise de courant.

Le point de raccordement des conducteurs avec l'appareil ne doit pas pouvoir être soumis à un effort de traction : nécessité d'utiliser un collier serre-fil. Le nœud du conducteur sur lui-même est interdit.

Les conducteurs doivent être en cuivre : section minimum 0,4 mm².

L'emploi des cordons résistants est interdit.

E. — **Fusibles.**

Ils doivent protéger l'appareil contre l'effet d'une augmentation anormale du courant due à un court-circuit accidentel ou à l'alimentation sur une tension supérieure à la tension nominale.

Un dispositif de sécurité doit assurer la mise hors circuit des parties conductrices rendues accessibles par l'ouverture de l'enveloppe de l'appareil (carton arrière par exemple).

Utilisation du réseau comme antenne : interdit.

Marques et indications à porter sur l'appareil. — Indications indélébiles visibles de l'extérieur : marque de l'appareil, tension nominale, fréquence nominale, nature du courant, consommation.

VERIFICATION DES REGLES DE SECURITE

Généralités.

La vérification se fait sur les appareils complètement terminés et mis sous tension dans l'ordre suivant :

1°) **Vérification d'ensemble :**

Fiches de courant ; conducteurs souples ; distance minimum d'isolement ; protection contre le toucher ; épreuve diélectrique et d'isolement.

L'appareil est laissé pendant 24 heures dans une enceinte normalement humide. Une tension alternative de 1 500 V est alors appliquée pendant 60 secondes entre les bornes d'alimentation et les bornes accessibles de l'extérieur : antenne, terre, P. U., bornes H. P. S. (haut-parleur supplémentaire).

Il ne doit se produire aucun arc, crépitement, percement. L'isolement, vérifié sous une tension continue de 500 V entre les bornes ci-dessus, doit être supérieur à 1 mégohm.

2°) **Vérification des échauffements :**

L'appareil est alimenté pendant 4 heures sous une tension supérieure de 10 % à la tension nominale ; les échauffements doivent être inférieurs aux valeurs suivantes :

Surface extérieure métallique	50°
Surface extérieure isolante	50°
Pièce en caoutchouc	30°
Pièce en porcelaine, verre ou mica	200°

3°) **Vérification mécanique :**

Essais du dispositif empêchant la traction des conducteurs. — Les conducteurs de raccordement au réseau, soumis à une force de 4 kg, ne doivent exercer aucun effort sur leur point de connexion avec l'appareil.

Essais de résistance aux chocs (fig. 72). — L'appareil étant placé sur la table à chocs, on donne 60 tours de manivelle, en déplaçant l'appareil de 90° autour de son axe vertical, tous les quinze tours. On ne doit constater aucune détérioration et l'appareil doit continuer à fonctionner.

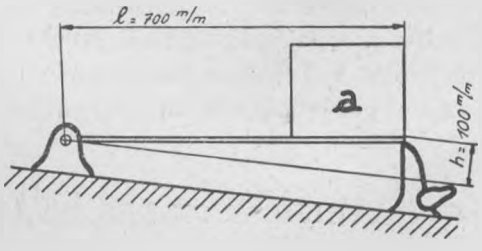


FIG. 72. — Machine pour l'essai de résistance mécanique.

REMARQUE : Ces normes sont également applicables, en tout ou partie, aux pièces détachées utilisées sur les différents appareils radio-électriques.

CHAPITRE IV

RAPPELS SUR LE MONTAGE ET LE CABLAGE DES APPAREILS RADIOELECTRIQUES

Disposition des éléments.

Les selfs, transformateurs B. F., transformateurs d'alimentation auront leurs circuits magnétiques placés perpendiculairement les uns par rapport aux autres, de manière à éviter les couplages magnétiques.

Dans un superhétérodyne, le bloc de bobinages, le C. V. (monté sur amortisseurs), la lampe changeuse de fréquence seront disposés mécaniquement de façon à éviter les connexions longues lors du câblage.

Les « chimiques » ne seront pas placés près d'éléments dont l'échauffement peut devenir relativement important (valve, lampe de puissance, etc...).

On évitera de monter le haut-parleur directement sur le châssis. Il sera placé sur l'ébénisterie servant également de baffle. Sur les récepteurs de petites dimensions, on est quelquefois obligé de monter le H. P. sur le châssis. Dans ce cas, on interposera des amortisseurs en caoutchouc pour éviter la transmission des vibrations.

On s'efforcera toujours de concilier la présentation, la facilité de dépannage et le bon fonctionnement, tant pour le montage mécanique des éléments que pour le câblage de l'appareil. On apportera un soin tout particulier à la présentation qui devra être harmonieuse de par la disposition convenable des axes de commandes et des différentes ouvertures ménagées dans l'ébénisterie (cadran, H. P., etc...).

Lors de la réalisation d'appareils à gain élevé ou à niveau d'entrée très faible, on évitera les accrochages et le bruit de fond, à l'aide de blindages convenablement placés, en découplant les circuits d'alimentation, etc...

Section et isolement des conducteurs à utiliser (Installations électriques et câblage).

Les fils de câblage devront avoir une section suffisante suivant l'intensité du courant. D'après la norme française N. F. C. 11, les valeurs maxima de l'intensité et de la densité de courant concernant les conducteurs fixés à demeure sont données par le tableau suivant :

Conducteurs	Section en mm^2	Ampères	Ampères par mm^2
1 x 12/10 mm	1,13	7	6,2
1 x 16/10	2,01	10	5
1 x 20/10	3,14	13,5	4,3
1 x 25/10	4,91	17	3,6
1 x 30/10	7,07	22	3,1
7 x 14/10	10,8	27,5	2,5
7 x 16/10	14,1	31,5	2,2
7 x 18/10	17,8	35,5	2
19 x 12/10	21,5	39	1,8
19 x 14/10	29,3	45	1,5
19 x 16/10	38	51	1,3
19 x 18/10	48	58	1,2
19 x 20/10	60	65	1,1
37 x 16/10	74	73	1
37 x 18/10	94	82	0,85
37 x 20/10	116	90	0,75

Pour les conducteurs isolés au caoutchouc, l'enveloppe isolante sera constituée par une ou plusieurs couches de caoutchouc vulcanisé, le conducteur étant parfaitement centré. L'isolement, en mégohms et par kilomètre pour ces conducteurs, doit être conforme au tableau suivant :

Tension de service	Section Inférieure à 50 mm^2	Section comprise entre 50 et 300	Section comprise entre 300 et 400	Section supérieure à 400
inférieure à 250 V	600	500	400	300
250 à 750 V	1 200	1 000	800	600
Supérieure à 750 V	2 000	1 750	1 500	1 200

Protection mécanique des conducteurs isolés :

Elle sera obtenue par l'emploi d'une matière textile imputrescible, soit sous forme d'une tresse enduite, soit sous forme d'un ruban et d'une tresse enduite, soit en incorporant cette matière imputrescible à la couche extérieure de caoutchouc.

Epaisseur des isolants :

Pour des tensions inférieures ou au plus égales à 750 volts, l'épaisseur de gomme en mm prise sur le rayon, protection mécanique exclue, sera au minimum donnée par le tableau suivant :

Section en mm^2	Tension inférieure à 250 volts	Tension comprise entre 250 et 750 volts
0 à 9,5	1 mm	1,2 mm
10 à 20	1,1	1,3
21 à 60	1,3	1,6
65 à 84	1,5	1,8 à 2
94 à 105	1,9	2,2

Conducteurs souples :

L'isolement sera au minimum de 600 mégohms/km. L'isolement sera constitué par du caoutchouc vulcanisé ayant une épaisseur minimum de 0,6 mm, ou par des isolants plastiques présentant un isolement et une résistance mécanique équivalents.

L'emploi des conducteurs souples sera réservé au raccordement au réseau des appareils mobiles ou amovibles.

Les conducteurs seront réalisés par une âme de cuivre à torons multiples de faibles diamètres jusqu'à 10 mm^2, à torons simples à partir de 25 mm^2.

Les sections normalisées des câbles sont en mm^2 :
0,4 - 0,6 - 1 - 2 - 3 - 5,5 - 10 - 16 - 25 - 40 - 50 - 75 - 95 - 120.

Sections minima des conducteurs en cuivre :

a) *Conducteurs isolés pour installations fixes :* 1,13 mm^2, correspondant à un diamètre de 1,2 mm.

b) *Conducteurs souples :* Pour une utilisation exclusivement réservée à l'alimentation d'appareils ou de lampes suspendus ou portatifs : 0,6 mm^2 correspondant à une âme à torons multiples $19 \times 0,2$ mm.

Les conducteurs en cuivre nu devront être en métal demi-dur. Les sections des conducteurs en métal autres que le cuivre devront être calculées en tenant compte du rapport de résistivité du métal et du cuivre.

Du point de vue strictement radio, l'isolant des conducteurs devra permettre sans dommage la réalisation des coudes, angles, etc...

Les fils de câblage utilisés actuellement sont très souvent isolés par des matières plastiques ne supportant pas un échauffement trop important. Des précautions devront être prises lorsque l'on effectue les soudures.

Chaque fois qu'un échauffement préjudiciable au matériel risque de se produire, on doit mettre en place des shunts thermiques avant d'effectuer les soudures : cas, par exemple, des câbles coaxiaux de télévision, etc...

Câblage.

Les fils de câblage, présentant une tension élevée par rapport à la masse, ne seront pas plaqués sur le châssis (câblage du transformateur d'alimentation et de la valve, par exemple).

Les circuits de chauffage des tubes électroniques seront réalisés, de préférence, avec deux fils torsadés pour éviter le rayonnement.

Les connexions H. F. seront les plus courtes possible. On évitera de disposer parallèlement les fils « chauds » des différentes parties du montage.

Masse :

Une ligne de masse de section importante sera préférée aux soudures effectuées directement sur le châssis ; les soudures, pouvant, en effet, avoir des résistances non négligeables, sont susceptibles de provoquer des accrochages inter-étages.

En très haute fréquence, les masses d'un même étage seront ramenées en un même point.

D'une façon générale, il est préférable de ne réunir la masse modulation à la masse électrique du châssis qu'en un seul point, judicieusement choisi pour éviter les courants de circulation dans les châssis ou bâtis métalliques (ces courants étant la cause de ronflements, en particulier dans les montages basse fréquence).

Les blindages des différents éléments montés sur le châssis seront réunis à la masse.

Soudures :

Les soudures devront être particulièrement soignées (les soudures « sèches » sont la cause d'un grand nombre de pannes pouvant survenir à plus ou moins longue échéance).

On utilise pour ces opérations un alliage d'étain offrant, avec une bonne fluidité, une résistivité électrique faible. L'alliage utilisé industriellement se compose de 100 parties de plomb pour 20 à 50 parties d'étain. Le décapant utilisé est un complexe résineux. Les décapants acides (acide chlorydrique dénaturé) sont uniquement utilisés pour des assemblages mécaniques, à cause de l'élimination incomplète des sels qui provoquent des effets d'électrolyse sous tension et de couples électriques.

La soudure du commerce se présente en barres coulées ou en fils étirés avec âme de décapant résineux. La température de fusion de ces alliages est de l'ordre de :

— 290° C pour : plomb = 100, étain = 169.
— 186° C pour : plomb = 100, étain = 169.

La résistance mécanique des soudures à l'étain est assez faible et dépend du soin apporté à leur exécution : propreté des pièces à souder et du fer à souder, température de soudage, qualité du métal de soudure et de son décapant.

Il faut donc utiliser un fer ayant une panne extrêmement propre et bien étamée, ce qui permet une soudure correcte d'un aspect lisse et brillant. On portera les pièces à assembler à la température de fusion de la soudure ; pour cela, faire fondre une goutte de soudure sur la panne du fer avant utilisation. Lorsque les pièces ont atteint une température suffisante, appliquer alors la quantité de soudure juste nécessaire pour enrober le point de contact de ces pièces.

Les pièces à souder devront être immobilisées pendant le refroidissement de la soudure, refroidissement que l'on devra laisser se faire de lui-même. On ne doit pas souffler sur une soudure pour la refroidir, ce qui aurait pour résultat de la rendre caverneuse (granuleuse), donc peu sûre.

Ebénisterie.

Si l'ébénisterie est métallique, elle devra dans un « tous courants » être soigneusement isolée du châssis pour éviter les risques d'électrocution de l'usager. De plus, ses faces internes seront revêtues d'une substance absorbant les vibrations : laine de verre, feutre ou tout autre matériau absorbant.

Si l'ébénisterie est en bois, ne pas oublier qu'elle sert également de baffle au H. P. Elle devra donc être réalisée avec soin pour éviter toute vibration mécanique. Dans ce but, elle devrait être réalisée en bois d'au moins 1 cm d'épaisseur. On a intérêt à revêtir les faces intérieures de l'ébénisterie de feuilles métalliques minces réunies à la masse constituant ainsi un blindage.

Les ébénisteries recevant souvent sur leur surface extérieure une feuille de plaquage qui est ensuite vernie au tampon, prendre de grandes précautions pour ménager les passages d'axes, les ouvertures du H. P. et du cadran. Toutes les opérations : perçage, découpage seront effectuées sur la face extérieure de l'ébénisterie.

On a toujours intérêt à réaliser un gabarit de perçage. Les grandes ouvertures seront effectuées à l'aide d'une scie à découper spéciale. Les passages d'axes seront d'un diamètre un peu supérieur à celui des axes pour permettre une mise en place plus aisée.

Le châssis devra être fixé sur l'ébénisterie ; l'arrière de l'appareil comportera un carton de protection. D'après les règlements en vigueur, l'appareil ne devrait pouvoir être mis sous tension si ce carton de protection est retiré.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

TOME II

L. Chatenay. — *Cours de technologie B. F.* (Centre d'enseignement et de documentation de la R. T. F.).

Y. Rocard. — *Electricité* (Masson, éditeur, Paris).

R. Landrac. — *Enregistrement des sons* (Eyrolles, éditeur, Paris).

Chavasse et Lehmann. — *Les conditions de la vérification acoustique des H. P.* (Annales des télécommunications tome 8, n° 7, juillet 1953).

L. Conturie. — *Acoustique appliquée* (Eyrolles, éditeur, Paris).

J. Bernhart. — *Traité de prise de son* (Eyrolles, éditeur, Paris).

R. Geffré. — *Haut-Parleurs et écrans acoustiques* (Toute la Radio, décembre 1949).

J. F. Dusailly. — *Considérations générales sur la fabrication des tubes électroniques* (La pièce détachée, n° 6, Editions L. E. P. S., Paris).

L. Chrétien. — *Traité de physique électronique* (Etienne Chiron, éditeur, Paris).

H. Schreiber. — *Technique et applications des transistors* (Société des Editions Radio, Paris).

E. Bournazel. — *Cours de mesure* (Centre d'enseignement et de documentation de la R.T.F.).

U. T. E. — *Normes françaises* N. F. C.49 - N. F. C. 98-110 - N. F. C. 122.

Publications et documentations techniques concernant les pièces détachées et les procédés de fabrications des marques commerciales suivantes :

Milerioux - Rapsodie - Dynerga - Matéra - Vega - Audax - Sem - Teppaz - Pierre Clément - Drouet - Mazda - Radio Belvu - Philips - Radiotechnique - C.S.F. - C.F.T.H. - Transco - Chauvin-Arnoux - Guerpillon.

Achevé d'imprimer
le 4 janvier 1960
sur les presses de la
SOCIÉTÉ D'IMPRESSIONS TYPOGRAPHIQUES
NANCY

Dépôt légal : 1er trimestre 1960
N° d'éditeur : 1 309

601300998

ÉDITIONS EYROLLES

BASSERAS. — **Exercices et problèmes de radioélectricité** à l'usage de l'ingénieur, 272 p. (1960).

BIBLOT. — **Cours de technologie radio :**

Tome I. — Matières d'œuvre et pièces détachées, 152 p. (1960).

BLANC-LAPIERRE, COUDET et LAPOSTOLLE. — **Electronique générale,** 396 p. (1959).

GOUDET. — **Electronique Industrielle,** 636 p. (1959).

GOUDET et MEULEAU. — **Les semi-conducteurs,** 444 p. (1958).

LECORGUILLIER. — **Les redresseurs de courant dans l'industrie,** 284 p. (1956).

— **Les redresseurs en simple alternance,** 160 p. (1953).

— **Les tubes à décharge lumineuse et leurs appareillages,** 234 p. (1953).

PIRAUX. — **Dictionnaire allemand-français** des termes relatifs à l'électrotechnique et l'électronique, 148 p. (1957).

— **Dictionnaire anglais-français** des termes relatifs à l'électrotechnique et l'électronique, 308 p. (1959).

— **Dictionnaire français-anglais** des termes relatifs à l'électrotechnique et l'électronique, 168 p. (1959).

PLACE. — **Cours sur les ondes ultra-courtes,** 188 p. (1953).

RIGAL. — **Les hyperfréquences.** Circuit et propagation des ondes, en vue de l'application au radar, 268 p. (1957).

VEAUX. — **Radioélectricité générale,** Circuits. Lignes. Antenne. Propagation. Hyperfréquences, 424 p. (1959).

— **Le récepteur de télévision,** 324 p. (1954).

— **Recueil de problèmes de T.S.F.,** avec solutions, 204 p. (1957).

VOGE — **Les tubes aux hyperfréquences,** 264 p. (1959).

ÉDITIONS EYROLLES