

Ing. ROGER CRESPIN

Memento
TUNGSRAM

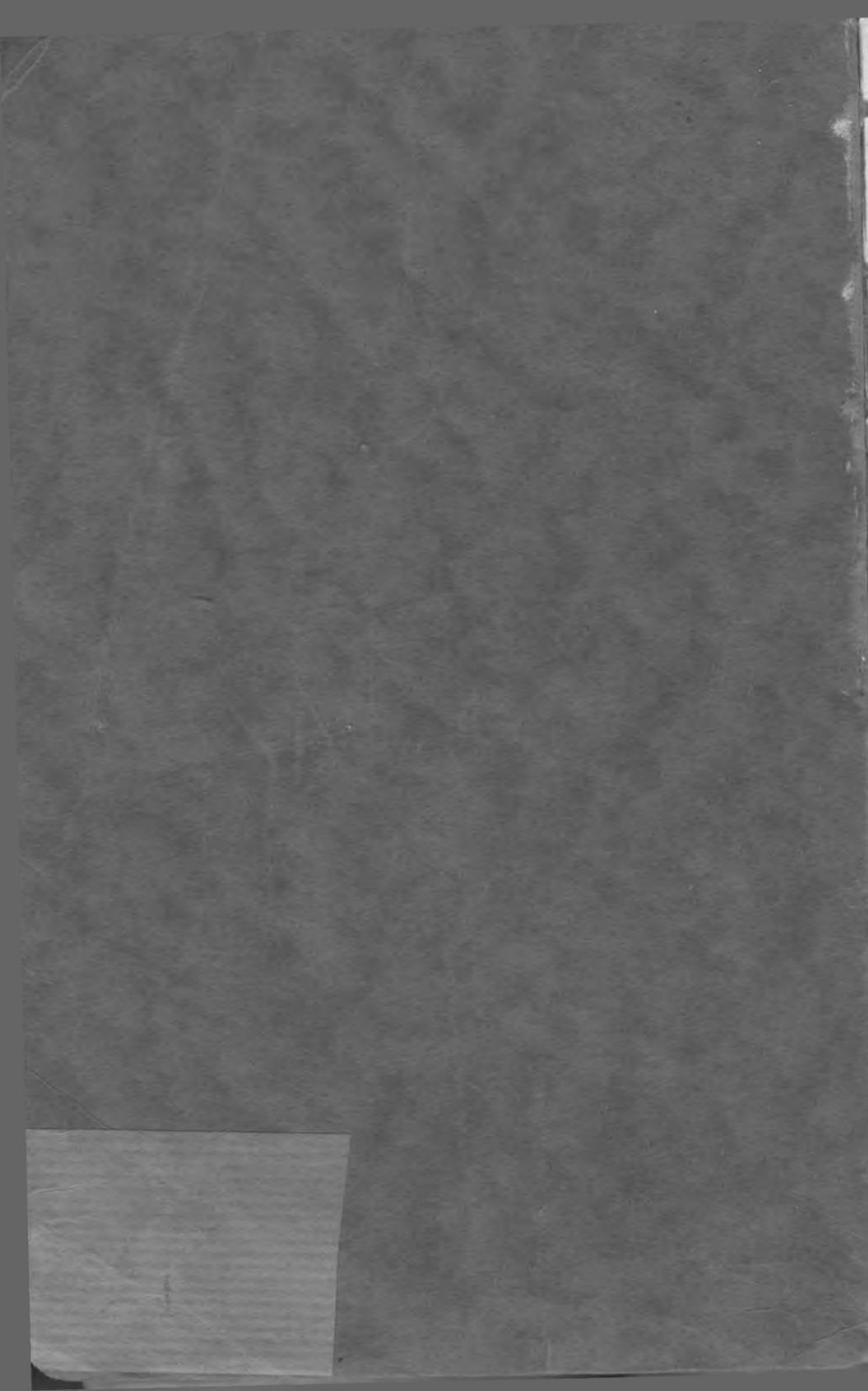
NOUVEAU VOLUME

1942

TOME II

GUIDE DU RADIO-TECHNICIEN

ÉLECTRICITÉ - APPAREILLAGE
MESURES - CALCULS - DISTORSIONS
TECHNIQUE DU DÉPANNAGE
AMÉLIORATIONS - DÉPARASITAGE
ANTENNES - SONORISATION - MOTEURS
TECHNIQUE DE L'ÉCLAIRAGE
TABLES - FORMULES - ABAQUES
LES LAMPES DE RÉCEPTION
ETC..., ETC...



Ing. ROGER CRESPIN

A. E. de l'Université de Liège.

M. PACCARD

Memento
TUNGSRAM

NOUVEAU
VOLUME
1942



PUBLICATION ET COPYRIGHT :
ÉDITIONS CRESPIN, 112^{bis}, rue CARDINET
PARIS XVII^e - TÉLÉPHONE : WAGRAM 29-85



MÉMENTO TUNGSRAM

par
ROGER CRESPIN

TOME 2

SOMMAIRE

- Notions fondamentales d'électricité.
- Constantes des lampes et distorsions.
- Mesures et calculs en radio.
- L'Équipement du laboratoire.
- Les Antennes de réception.
- La Technique du dépannage.
- Améliorations et modernisations.
- La Sonorisation des salles.
- Le Déparasitage.
- Les Petits Moteurs électriques.
- La Technique de l'éclairage.
- Tables, abaques et formules.
- Les Caractéristiques des lampes.

TABLE DES MATIÈRES :
VOIR A LA FIN DE L'OUVRAGE

D'ABORD, QUELQUES MOTS...

Voici donc le second volume du *Mémento T'ungsram*, dont j'écrivais le premier avec la collaboration de Seignette et de Schérer. Ce fut un joli succès : trente mille exemplaires enlevés en deux ans !

Comme cet ouvrage n'est pas destiné à « épater le bourgeois », j'ai carrément sacrifié la théorie à la pratique, estimant qu'un bon conseil peut souvent se passer d'armature mathématique. Évidemment, cela fait moins riche, et beaucoup de demi-savants estimeront que c'est un très mauvais livre, parce que je ne l'ai pas truffé d'équations intégral-différentielles et de fonctions hyperboliques comme l'exige la tradition. Mais les praticiens m'absoudront sans doute, car la lecture s'en trouve grandement facilitée.

Cependant, vous trouverez quand même, de temps en temps, quelques considérations théoriques et quelques formules pas bien méchantes : c'est que, voyez-vous, il est bien difficile d'écrire utilement sur la radio moderne en se servant uniquement de la langue des nourrices. A vouloir trop simplifier, on ne fait que du travail enfantin, bon tout au plus pour l'école maternelle.

Si les formules et les théories vous ennuiant, eh bien ! sautez par-dessus. Mais il est aussi simple de les aborder sans crainte, car elles ne sont pas terribles : je les ai soigneusement dénicotinisées afin de les rendre plus assimilables. Elles vous récompenseront richement du temps que vous voudrez bien leur consacrer.

Après la partie consacrée à la radio, vous trouverez quelques données sur les petits moteurs électriques et sur l'éclairage rationnel. En effet, le radiotechnicien est souvent appelé à donner son avis et ses conseils, car il est d'une essence supérieure à l'électricien courant. J'espère que cette partie, forcément comprimée, sera bien accueillie et qu'elle rendra quelques services aux lecteurs qui voudront bien la parcourir.

Et, pour terminer, je recevrai toujours avec reconnaissance les critiques et les suggestions des lecteurs qui voudront bien me faire profiter de leurs réflexions, afin d'améliorer les éditions ultérieures. Qu'ils veuillent bien trouver ici mes remerciements anticipés.

Roger CRESPIEN.

L'ÉLECTRICITÉ EN RACCOURCI



LE COURANT CONTINU

Quand nous étions petits, on nous enseignait que l'électricité était un « fluide subtil » qui part du « pôle plus » et atterrit au « pôle moins », le tout avec force comparaisons hydrauliques. C'était commode et de tout repos.

Mais la radio est venue, et, avec elle, les complications. Allez donc expliquer ce qui se passe dans le vide d'une lampe avec le fluide de nos pères, et le rayonnement d'une antenne avec des analogies hydrauliques ! Un poseur de sonnettes peut encore, à la rigueur, se contenter des anciens cours, mais un radiotechnicien doit avoir quelques notions de théorie électronique pour comprendre l'ABC de son métier.

Bien entendu, nous n'allons pas entreprendre ici une étude complète qui nous entraînerait trop loin. Mais il n'est pas superflu de passer rapidement en revue les notions fondamentales d'électricité en les mettant à la mode électronique quand le besoin s'en fera sentir. Que nos lecteurs nous pardonnent si nous ne pouvons qu'effleurer ce sujet passionnant : nous nous proposons d'y revenir plus en détail dans un autre ouvrage.

Les atomes et les électrons.

● Tout le monde sait que tout ce qui existe est formé d'atomes. Mais qu'est-ce qu'un atome ? Comme son nom l'indique, on admet que c'est le plus petit grain d'un corps simple qui puisse exister, si petit qu'on ne peut plus le diviser. Comme on connaît 90 corps simples (il en manque encore deux à l'appel), cela fait 90 atomes différents, et théoriquement 92. Ces atomes se soudent, se marient entre eux pour former des *molécules*, véritables sociétés d'atomes dont les propriétés sont très différentes des atomes qui les composent. Par exemple, 1 atome de soufre, 2 d'hydrogène et 4 d'oxygène peuvent former une molécule d'acide sulfurique, bien différente de ses constituants. Toutes les matières du monde — dont nous-mêmes — sont formées de molécules, elles-mêmes formées d'atomes.

● Mais ce serait trop simple : l'atome est lui-même un système solaire en miniature, dont le *noyau* serait le soleil et les *électrons* les planètes. Le noyau, excessivement dense, est formé d'un ou plusieurs *protons*, ou charges d'électricité positive, et il est accompagné d'autant d'*électrons*, ou charges d'électricité négative, dont certains tournent autour du noyau comme les planètes autour du soleil. Comme il y a autant d'électrons que de protons, ils se neutralisent exactement dans un atome bien bâti. On croit même que les protons et les électrons ont été créés en

même temps, par paires, si bien que, dans l'univers, il y aurait autant d'électrons que de protons. Mais cela, comme eût dit Kipling, est une autre histoire...

Les électrons sont donc des grains d'électricité négative, comme une goutte est un grain d'eau. On les a mesurés ; leur diamètre est égal à 3,74 centimètres divisés par dix millions de millions. Et les protons constituant le noyau, quoique étant mille huit cent soixante-dix fois plus petits, en diamètre, sont néanmoins mille huit cent quarante fois plus lourds que les électrons. A l'échelle près, la distance qui les sépare est, par rapport à leur taille, aussi formidable que les distances interplanétaires. Voilà, n'est-il pas vrai ? qui confond l'imagination...

La charge totale des protons formant le noyau constitue ce que nous appelons la *masse* (1) de l'atome, tandis que les électrons tournant autour du noyau déterminent le *nombre atomique*, de 1 à 92, puisqu'il y a 92 corps simples.

Suivant le corps simple, un atome neutre comprend autant de protons que d'électrons, et certains de ceux-ci gravitent autour du noyau central en suivant des orbites elliptiques ou circulaires. Par exemple, le plus simple des atomes, celui de l'hydrogène, n'a qu'un proton et un électron (fig. 1 a). L'atome d'hélium (fig. 1 b) a 4 protons positifs retenant

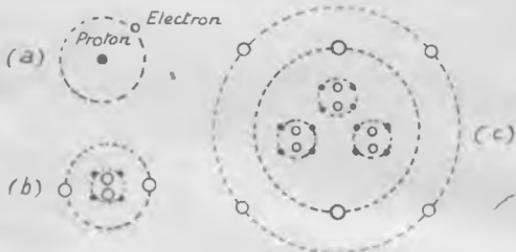


Fig. 1.

prisonniers 2 électrons dans le noyau : restent donc 2 électrons qui gravitent autour de ce dernier. La figure 1 c représente l'atome de carbone, plus compliqué : son noyau est formé de 3 noyaux d'hélium et de 6 électrons gravitant suivant 2 orbites différentes. Certains atomes, tel celui du radium, ont jusqu'à 7 orbites.

Où l'électricité apparaît.

Jusqu'ici, notre système solaire était neutre, puisque chaque proton positif était satisfait par un électron négatif. Mais les électrons les plus éloignés du noyau, moins attirés par lui, peuvent s'en détacher sous certaines influences, telles que la lumière, la chaleur, l'énergie des réactions chimiques, le choc, l'évaporation, la pression et même le simple frottement.

Quand un atome perd un électron, son noyau positif n'est plus équilibré, et l'atome est donc électrisé positivement : on dit qu'il est *ionisé*. Au contraire, quand il reçoit un électron supplémentaire, ses protons ne peuvent plus neutraliser cet intrus, et l'atome se trouve électrisé négativement.

Or, les électrons repoussent les électrons, de même que les protons

(1) La *masse* d'un corps est ce qu'on appelle vulgairement son *poids*. En réalité, c'est l'attraction de la terre, ou poids, divisée par l'accélération g .
$$M = \frac{P}{g}$$

repoussent les protons, tandis que les électrons et les protons s'attirent. Donc, deux corps électrisés positivement ou négativement se repoussent, parce qu'ils ont tous deux trop d'électrons ou trop de protons.

Isolants et conducteurs. — Un corps isolant, c'est un corps dont les atomes sont réellement stables, tellement stables même que leurs électrons ne sont plus déplaçables. Au contraire, les atomes d'un corps conducteur ont des électrons à peine retenus par le noyau, parce qu'ils en sont forts éloignés, et ils peuvent en être aisément arrachés. Si donc, au bout d'un corps conducteur, je crée une surabondance d'électrons, tandis que la pénurie existe à l'autre bout, les protons de mes atomes trop pauvres vont voler les électrons mobiles de leur voisin immédiat, qui en fera autant pour son voisin, et ainsi de suite de proche en proche jusqu'au lieu de surabondance, exactement comme dans une société humaine. Ce mouvement d'électrons, c'est ce qu'on appelle une *courant électrique*, et il va de l'abondance d'électrons à la pénurie, c'est-à-dire du pôle négatif vers le pôle positif. Tant pis pour les vieux grimoires de physique qui enseignent le contraire !

Par contre, dans un isolant, l'abondance et la disette restent sur place et forment ce qu'on appelle des charges positives (pas assez d'électrons) ou négatives (trop d'électrons).

Potentiel électrique.

Voici une sphère conductrice, où il y a des électrons en surnombre. Ils vont se repousser mutuellement, de même que se repoussent ceux des atomes, si bien que le surplus va finalement se trouver le plus loin possible de la masse, en surface : la charge négative se répartit sur la peau de la sphère, et sa densité est égale à la charge divisée par la surface. De même, une sphère où il y a trop peu d'électrons repoussera ses atomes trop riches en protons qui se tasseront en surface, et elle sera chargée positivement (1).

Deux charges s'attirent quand elles sont de signe contraire et se repoussent quand elles sont de même signe, parce que les électrons et les protons s'attirent, alors qu'ils se repoussent s'ils sont de même sexe. La force d'attraction ou de répulsion est proportionnelle au produit des charges divisé par le carré de la distance qui les sépare.

Maintenant, supposons que la sphère diminue de volume, donc de surface. Les électrons en surnombre (ou les atomes trop riches en protons) vont se presser les uns contre les autres, et chaque unité de surface est capable d'exercer une action beaucoup plus forte sur un autre corps chargé : on dit que son *potentiel* a augmenté. De même, si nous enlevons des électrons, le potentiel négatif baissera et le potentiel positif montera parallèlement. Et qu'est-ce que le potentiel zéro ? Évidemment, c'est la neutralité : autant d'électrons que de protons.

Différence de potentiel.

Entre deux corps inégalement chargés, ou portant des charges de signe contraire, de même qu'entre un corps neutre et un corps chargé, il existe naturellement une différence de potentiel, c'est-à-dire une différence de densité des électrons libres.

Or, un conducteur admettra d'autant plus d'atomes déséquilibrés (donc électrisés) que sa surface sera plus grande. On dit que sa capacité

(1) En réalité, cette migration d'atomes déchargés d'électrons est un phénomène un peu plus compliqué. Seuls les électrons se déplacent.

est importante. Pour une même charge d'électricité, plus le conducteur est grand, plus le potentiel sera faible.

On a choisi pour unité de capacité celle d'une sphère de 1 centimètre de rayon et pour unité de quantité d'électricité le *coulomb*, soit $6,29 \times 10^{18}$ électrons (en surnombre ou en déficit). Et l'unité de potentiel est le *volt*, qui est le potentiel d'une sphère dont la capacité est de 1 farad, soit 9×10^{11} centimètres, chargée de 1 coulomb d'électricité.

Maintenant, supposons qu'entre une sphère de 1 farad chargée de 1 coulomb (donc de potentiel 1 volt négatif) et une autre sphère *déchargée* de 1 coulomb (donc de potentiel 1 volt positif) nous tendions un passage sous la forme d'un fil conducteur : les deux potentiels tendront à s'égaliser et un courant passera. Mais supposons que, par un quelconque moyen, nous puissions maintenir constante cette différence de potentiel de 2 volts malgré le courant égalisateur. Nous devrons, bien entendu, dépenser de l'énergie pour lutter contre cette tendance à l'équilibre et nous produirons une force capable de maintenir les électrons en mouvement dans le fil, malgré les résistances que les électrons pourront rencontrer dans leur voyage. Cette force, c'est la *force électromotrice*, et on la mesure en volts : c'est justement la différence de potentiel de tout à l'heure que nous maintenons constante.

Intensité du courant.

On conçoit que le courant d'électrons sera d'autant plus intense qu'il en passera davantage par seconde. S'il passe 1 coulomb par seconde, soit 6,29 milliards de milliards d'électrons, l'intensité du courant d'électrons est de *un ampère*.

Courant continu, courant alternatif.

Si le flux d'électrons est toujours de même sens, le courant est continu. Mais l'appareil qui entretient la différence de potentiel peut inverser périodiquement sa polarité, et le courant change de sens au même rythme : il est alternatif, et ses propriétés diffèrent profondément de celles du courant continu, surtout si les inversions de sens sont rapides.

La résistance.

Les électrons libres qui se propagent le long du conducteur à la formidable vitesse de 300.000 kilomètres à la seconde (soit le tour de la terre en moins de temps qu'il ne faut pour dire « une deux » aussi vite qu'on le peut !) doivent expulser les électrons des atomes qu'ils rencontrent pour prendre leur place, et ainsi de suite de proche en proche. On conçoit que les atomes opposent une résistance à ces envahisseurs, résistance variable suivant la structure des atomes. L'unité de résistance est l'*ohm*, qui est la résistance à 0° d'une colonne de mercure de 1 millimètre carré de section et 106,3 centimètres de hauteur.

La résistance d'un conducteur augmente proportionnellement à sa longueur, à la résistivité de sa substance et à sa température, mais elle diminue avec sa section.

Si R est la résistance en ohms, L la longueur en centimètres, S la section en centimètres carrés, ρ la résistivité de la matière, t la température en degrés au-dessus de 0 et α le coefficient de température du métal, on a :

$$R = \rho (1 + \alpha t) \frac{L}{S}$$

(Voir au chapitre *Tables*, les valeurs des résistivités, ou résistances spécifiques, de quelques matières.)

La loi d'Ohm.

Cette loi, véritable pilier de l'électricité, nous dit que les *volts* sont égaux aux *ampères* multipliés par les *ohms*, d'où on tire les formules équivalentes :

$$E \text{ volts} = I \text{ ampères} \times R \text{ ohms}; \\ I = E : R \quad \text{et} \quad R = E : I.$$

Cette loi s'applique aux circuits les plus complexes, mais certains appareils dits « à caractéristique courbe », tels que les détecteurs et les lampes, ne la suivent pas exactement. Donc, avant de l'appliquer, il faut bien vérifier le domaine d'application.

Les lois de Kirchoff.

Elles généralisent la loi d'Ohm quand on a affaire à un réseau.

Première loi. — A chaque nœud ou sommet du réseau, il n'y a pas d'accumulation de courant : donc la somme des courants qui s'en approche est égale à la somme des courants qui s'en éloignent.

Exemple (fig. 2) : Il part I_1 dans la résistance R_1 , et I_2 vers la résistance R_2 . Donc, il doit rentrer $I_1 + I_2$.

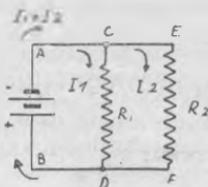


Fig. 2.

Deuxième loi. — Dans tout circuit fermé du réseau, la somme algébrique des forces électromotrices est égale à la somme algébrique des intensités multipliées par les résistances des conducteurs qu'elles parcourent.

Exemple : Dans le circuit ABCD, la pile a une force électromotrice E , elle est traversée par le courant $I_1 + I_2$, sa résistance est r . Donc :

$$E = (I_1 + I_2) r + I_1 R_1.$$

L'application de cette deuxième loi exige le choix d'un sens positif dans le circuit étudié, les ampères étant comptés positivement dans un sens et négativement dans l'autre. Les volts sont positifs s'ils tendent à pousser le courant dans le sens positif. Les résistances sont toujours positives.

La loi de Joule.

Un coulomb (ou 1 ampère pendant une seconde) qui s'écoule sous une différence de potentiel de 1 volt produit un travail de 1 joule (ou watt/seconde). Nous avons donc :

$$W = EI, \text{ ou watts} = \text{volts} \times \text{ampères.}$$

Mais la loi d'Ohm nous dit que $E = IR$, donc :

$$W = I^2 R, \text{ ou encore } W = \frac{E^2}{R}.$$

La loi de Joule nous permet de calculer la puissance dissipée dans un circuit dès que nous connaissons deux des trois quantités : volts,

ampères et ohms. En particulier, elle nous servira à calculer la chaleur produite par un courant dans une résistance : autant de watts par seconde, autant de joules. Or, la petite calorie, ou quantité de chaleur nécessaire pour échauffer 1 gramme d'eau de 1°, vaut 4,18 joules.

Exemple : 5 ampères dans une résistance de 100 ohms pendant une minute, cela fait $5 \times 5 \times 100 = 2.500$ joules ou watts par seconde. Pendant soixante secondes : 15.000 joules. Divisons par 4,18 : cela donne 3.600 environ. Donc, cette dépense d'électricité est capable d'élever de 1° la température de 3 600 cm³ d'eau, ou, ce qui revient au même, de porter 1 décilitre d'eau de 10 à 46 degrés.

LE MAGNÉTISME

Aimants.

Tout comme les corps chargés d'électricité, les pôles de nom contraire s'attirent et les pôles de même nom se repoussent. Si m et m' sont les masses magnétiques des deux pôles et d la distance qui les sépare, la force F qui s'exerce est :

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

Champ magnétique.

Un aimant exerce une contrainte dans l'espace environnant, en obligeant, par exemple, des barreaux de fer à s'orienter ou à se déplacer. Ce domaine d'action, c'est le « champ magnétique », et sa valeur H en un point considéré est le quotient de la force qu'il exerce sur le pôle d'un aimant par la masse de ce pôle :

$$H = f : m.$$

Induction magnétique.

Quand on remplace l'air du champ par un métal magnétique (par exemple le fer), le champ devient beaucoup plus grand à l'intérieur de ce fer qu'il n'était dans l'air. Il devient B , qui s'exprime en gauss, et dont la valeur est :

$$B = \mu H,$$

μ s'appelle le *coefficient de perméabilité*.

Flux magnétique.

On appelle *flux magnétique* Φ dans une surface donnée le produit de cette surface S par le champ H qui la traverse normalement. On l'exprime en maxwells. Ceci demande quelques explications.

On sait qu'on représente un champ magnétique par les « lignes de force » qui joignent les deux pôles, d'autant plus serrées que le champ est plus puissant. Donc, les lignes de force se resserrent dans le fer et s'écartent dans l'air. Le flux dans une surface S représente, en quelque sorte, les lignes de forces qui traversent S . Plus la perméabilité sera grande, plus le flux sera grand, exactement comme le courant est d'autant plus intense que la résistance qu'il traverse est plus faible. Toutefois, pour un même métal, la perméabilité varie avec la densité du flux qui le traverse, parce que le flux sature le métal et s'oppose au passage d'un flux supplémentaire. La valeur de la perméabilité est donnée dans les tables.

L'ÉETHER ÉLASTIQUE

Pour expliquer la propagation de la lumière et les propriétés de l'électricité, il a bien fallu imaginer qu'entre les atomes, de même qu'entre les constituants des atomes, il y a quand même quelque chose. Ce « quelque chose » n'est évidemment pas de la matière, ni même l'air ou quelque autre gaz, puisque l'air ou les gaz sont eux-mêmes formés d'atomes, de protons et d'électrons. C'est ce que nous appelons « le vide », qu'il ne faut pas confondre avec le néant, car, nous le verrons bientôt, ce néant serait capable de vibrer, d'être tendu et d'exercer des efforts peu ordinaires. On l'a baptisé « éther ». On ne sait de quoi il est fait, ni même s'il existe réellement. Mais, sans lui, nous ne comprendrions pas grand-chose à l'électricité et à la radio, et maintes découvertes seraient restées inconnues. Donc, vive l'éther, en attendant que la science de demain le démontre ou le remplace par autre chose.

Cet éther serait un milieu remplissant tout, extrêmement dense et idéalement élastique. Il serait la matière première dont tout est formé. Les protons et les électrons eux-mêmes ne seraient que des ondes stationnaires permanentes de l'éther, complémentaires l'une de l'autre. Nous ne pouvons évidemment nous étendre ici sur cette théorie.

Or, dans un milieu élastique, une vibration se propage de proche en proche, et la vitesse de cette propagation dépend du rapport de l'élasticité à la densité. Donc, toutes les vibrations de l'éther se propagent à la même vitesse : 300.000 kilomètres à la seconde. C'est la vitesse des ondes hertziennes, de la chaleur rayonnante, de la lumière, des rayons cosmiques, qui tous sont des vibrations de l'éther.

Comment, direz-vous, pouvons-nous pénétrer sans résistance insurmontable dans un milieu aussi dense, et même y remuer le petit doigt ? A cela, nous pourrions répondre qu'il n'est pas plus difficile de pénétrer dans du mercure que dans du beurre — au contraire ! — quoique la densité du mercure soit bien plus grande que celle du beurre. Mais l'explication est fort simple : nous sommes nous-mêmes des amas d'électrons et de protons, donc des tas d'ondes stationnaires de l'éther. Il suffit que ces ondes se déplacent en bloc pour reconstituer plus loin, au sein de l'éther, les atomes, les molécules, les cellules et enfin notre corps.

Comme chaque proton compense exactement un électron, tout reste en ordre quand il existe au même endroit autant de protons que d'électrons. Mais si un électron est de trop quelque part, cela signifie qu'il y a quelque autre part un proton qui est célibataire. Dès lors, il se produit une attraction entre cet électron et le proton libre le plus proche, et l'éther environnant est soumis à une tension qu'on appelle *champ électrique*. Ce champ est d'autant plus intense qu'il y a davantage d'électrons et de protons qui cherchent à se marier, et que leur éloignement est moins grand.

L'ÉLECTROMAGNÉTISME

Nous savons qu'un électron qui se déplace, c'est un courant électrique. Comme l'électron est en connexion avec l'éther qui l'entoure, son mouvement va perturber l'éther autour de sa direction : c'est le *champ magnétique*, qui entoure tout conducteur parcouru par un courant et dont les lignes de force lui sont concentriques, encerclant le conducteur comme un manchon.

On ne connaît pas encore très bien la nature du champ magnétique, mais on a tout lieu de supposer que c'est un mouvement tourbillonnaire de l'éther autour du courant. Et ce tourbillon d'éther emmagasine de l'énergie, exactement comme le fait un volant de machine à vapeur, car l'éther est dense.

Nous comprenons aisément que la naissance du tourbillon d'éther ne peut être instantanée, pas plus que sa cessation : par conséquent, un courant ne naît ni ne meurt dans un conducteur sans demander un certain temps. Et, si nous enroulons le conducteur en bobine, les effets des courants parallèles vont s'ajouter : donc, l'énergie emmagasinée dans le champ magnétique augmente. C'est pourquoi la naissance ou la cessation du courant dans une bobine sont des phénomènes relativement lents et laborieux, exactement comme le lancement ou l'arrêt d'un volant. Cette inertie a reçu le nom d'*inductance*, elle s'oppose aux variations du courant en créant une force contre-électromotrice proportionnelle justement aux variations qu'elle veut contrecarrer.

Le sens de rotation du tourbillon d'éther formant le champ magnétique était donné, dans les vieux livres d'électricité, par la fameuse « règle du tire-bouchon », qui tournait dans le sens des lignes de force quand on l'enfonçait dans le sens du courant. Aujourd'hui, nous dirons qu'elles tournent comme les aiguilles d'une montre quand on voit arriver le flot d'électrons vers soi (fig. 3).

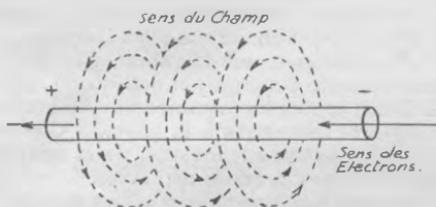


Fig. 3.

Et, dans une bobine, il est facile de comprendre que les tourbillons d'éther s'ajoutent dans l'âme de la bobine pour former un « vent d'éther » ou champ magnétique puissant, comme le symbolise la figure 4, qui représente une bobine à deux spires seulement, pour plus de clarté. Ce champ est d'autant plus puissant qu'il y a plus de spires, que l'intensité I est plus forte et que la perméabilité μ du circuit magnétique est plus grande. Sa valeur en gauss est :

$$H = \frac{4 NI \text{ ampères}}{10 \text{ Lcm.}} \times \mu,$$

L étant la longueur de la bobine et N le nombre de spires. Quant au flux, il est égal au champ, multiplié par la surface S du noyau, soit HS .

L'induction.

Nous savons qu'un champ magnétique, produit par un mouvement d'électrons, est inséparable du champ électrique qui accompagne ces électrons. Donc, toute perturbation du champ électrique doit entraîner une perturbation du champ magnétique, et réciproquement. Voyons cela de plus près.

Voici deux conducteurs parallèles (fig. 4). Dans AB , faisons passer un courant d'électrons qui va de A négatif à B positif. Il se produit un champ magnétique (pointillé) qui embrasse partiellement le conducteur $A'B'$. Ce dernier va par conséquent devenir le siège d'une tension électrique de même sens et de même durée que le champ magnétique. Donc, A' deviendra négatif, et B' positif. Mais, pour devenir négatif, il faut que A' reçoive des électrons, tandis que B' doit en perdre pour devenir positif : il va donc se produire, de B' vers A' , un courant d'électrons qui

s'arrêtera quand la tension voulue sera atteinte : c'est le *courant induit de fermeture*, d'autant plus intense que le phénomène sera plus court et le champ plus important (soit une grosse dénivellation à combler en peu de temps). De même, quand on coupe le courant circulant dans AB, le

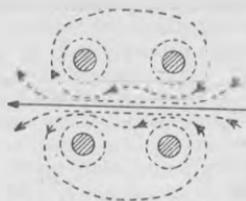


Fig. 4.

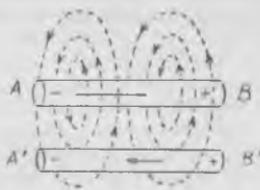


Fig. 5.

champ magnétique cesse, la tension entre A' et B' aussi, et les électrons se nivellent en suivant le chemin inverse. C'est le *courant induit d'ouverture*.

Nous obtiendrons du reste les mêmes effets dans le fil A'B' si nous faisons varier un champ magnétique quelconque dont il coupe les lignes de force, par exemple, en faisant varier rapidement la position de A'B' par rapport à ce champ. Et nous constaterons dans tous les cas que le sens des courants induits est toujours tel qu'ils s'opposent au mouvement ou à la modification qui les provoque. Cette loi est très importante. Les courants induits, dont l'esprit est très conservateur, tendent toujours à maintenir le champ dans l'état où il était quand ils sont nés, à tel point que, si nous coupons un courant, le fil va devenir le siège d'un courant induit qui cherchera à prolonger le courant initial, au besoin en faisant une étincelle à la coupure : c'est l'*extra-courant de rupture*, et ce phénomène de l'induction d'un conducteur par son propre champ s'appelle la *self-induction*.

Philosophiquement, on peut voir que l'induction n'est, somme toute, qu'un aspect de la grande loi naturelle de l'action et de la réaction. La nature a horreur du changement. Tout phénomène, quel qu'il soit, en engendre un autre qui lui sert de frein. Valable électriquement, mécaniquement, biologiquement et même socialement.

Naturellement, les effets de l'induction croissent avec l'importance du champ magnétique et la longueur du fil qui lui est soumis. Donc, les effets les plus intenses s'obtiennent avec des bobines à noyau très perméable et des courants changeant rapidement de valeur, ou des mouvements relatifs rapides des bobines par rapport aux champs magnétiques.

Les transformateurs. — On sait qu'ils sont constitués par deux bobines ayant un champ magnétique commun. Toute variation de courant dans l'une induit une variation de courant dans l'autre. A nombre égal de tours au primaire et au secondaire, la tension induite est égale à la tension inductrice, tant que le secondaire n'est pas chargé. Le rapport des tensions primaire/secondaire est égal au rapport du nombre de tours.

Mais, si nous faisons débiter le secondaire, il se produit une chute de tension à ses bornes, due aux diverses résistances des conducteurs. Les transformateurs sont des outils à très haut rendement, quand leur circuit magnétique est en fer à haute perméabilité. Comme le fer du noyau est lui-même un conducteur soumis aux variations du champ, il serait le siège de courants induits parasites si on ne divisait pas celui-ci en minces éléments isolés les uns des autres. Ces courants parasites sont les *courants de Foucault*. De plus, le fer, soumis à des aimantations et des désaimantations qui se succèdent rapidement, conserve un certain retard qui

s'oppose à ces modifications incessantes : c'est l'*hystérésis*, nouvelle cause de perte, qu'on combat en utilisant des alliages de fer spéciaux.

Ces pertes augmentent rapidement avec la fréquence des variations du champ. C'est pourquoi les noyaux magnétiques des bobinages modernes utilisés en haute fréquence sont faits d'une poussière ténue de fer spécial agglomérée par un vernis isolant.

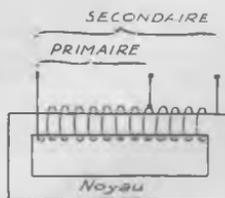


Fig. 6.

Dans les *autotransformateurs*, l'enroulement primaire n'est autre chose qu'une portion des spires du secondaire, ou réciproquement (fig. 6).

Quelques compléments.

1. Un courant placé dans un champ magnétique est soumis à une force qui tend à le déplacer. Le sens de cette force est indiqué par la règle « de la main gauche » : arrêtons le flux des lignes de force avec la paume de la main *gauche* ; si l'index montre le sens du courant, le pouce montre la direction du déplacement.

Cette force en dynes, qui s'exerce sur L centimètres de conducteur parcouru par I ampères, est de :

$$F \text{ dynes} = \frac{1}{10} ILH$$

(à multiplier par $\sin \alpha$, si l'angle α entre le conducteur et le champ est différent de 90°).

2. Si un circuit parcouru par I ampères se déplace dans un champ magnétique et si le circuit se déplace de telle manière que le flux Φ qui le traverse devienne Φ' , le travail produit ou absorbé est :

$$T \text{ joules} = \frac{(\Phi' - \Phi) \text{ maxwells} \times I \text{ ampères}}{100.000.000}$$

L'ÉLECTROSTATIQUE

L'électricité peut exister non seulement à l'état de mouvement (déplacement d'électrons ou d'ions positifs), mais aussi à l'état statique, sous forme de charge fixe, comme nous l'avons vu plus haut.

Cette charge, formée d'électrons en surnombre, ou d'atomes non saturés d'électrons, peut se niveler par un déplacement d'électrons dans les conducteurs (c'est alors un courant) ou se masser à la surface d'un conducteur ou d'un isolant. Elle exercera dans l'espace des actions électriques, mécaniques... par l'intermédiaire de son champ électrique.

Entre deux ou plusieurs charges s'exerce une force :

$$F = \frac{1}{k} \frac{q \times q'}{d^2},$$

q et q' étant des charges distantes de d dans un milieu de pouvoir inducteur spécifique k .

Condensateurs. — Deux conducteurs séparés par un isolant forment un condensateur. Ces deux conducteurs, reliés aux pôles + et — d'une source continue, prennent des charges, car les électrons se raréfient dans l'un et s'accumulent dans l'autre. Il passe donc un courant instantané de charge. Enlevons la source et court-circuitons les deux conducteurs : les électrons se nivellent, il passe un courant instantané de décharge. La capacité d'accumulation des charges d'un condensateur dépend de la surface des conducteurs (c'est-à-dire du nombre d'atomes superficiels qui peuvent avoir trop ou trop peu d'électrons) et de la distance qui les sépare (parce que les protons en surnombre d'un conducteur attirent les électrons en surnombre de l'autre conducteur à travers l'isolant ou diélectrique, ce qui leur permet de mieux se tasser en surface). Elle dépend également de la *constante diélectrique* de l'isolant séparateur, dont on trouvera les valeurs dans les tables de la fin du volume.

Pour des raisons de commodité, les conducteurs sont ordinairement plans et formés de plusieurs lames conductrices séparées par le diélectrique. Les lames paires sont réunies ensemble, de même que les lames impaires (fig. 7 a), et la surface active est celle qui se trouve en regard des

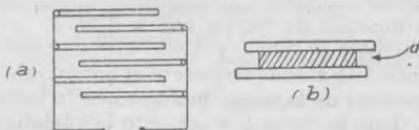


Fig. 7.

autres lames ou armatures. On enrôle souvent les lames et leur diélectrique, pour occuper moins de volume et donner de la rigidité à l'ensemble.

Un condensateur formé de n lames, présentant chacune S centimètres carrés en regard des autres, séparées de d centimètres par un diélectrique dont la constante est k , a une capacité C en micro-microfarads ($\mu\mu\text{F}$).

$$C_{\mu\mu\text{F}} = 0,0885 \times k \times \frac{S(n-1)}{d}$$

L'énergie emmagasinée dans un condensateur de C farads, dont les armatures présentent une différence de potentiel de V volts est :

$$W \text{ joules ou watts/seconde} = 1/2 CV^2.$$

Les plaques d'un condensateur s'attirent entre elles, d'autant plus que la différence de potentiel est plus grande. On a utilisé cette propriété pour constituer des haut-parleurs électrostatiques, dans lesquels deux armatures de grande surface sont soumises à une grande différence de potentiel modulée par l'ampli.

LE COURANT ALTERNATIF

Le courant alternatif le plus simple s'inverse périodiquement. Il part de 0, monte jusqu'à un maximum, retourne à 0, remonte jusqu'à un maximum, mais en inversant le sens de sa marche, retourne derechef à 0, et cela recommence. Cette variation suit une loi dite « sinusoidale », que nous allons examiner, car elle en vaut la peine.

Voici, figure 8, l'aiguille d'un cadran qui parcourt à vitesse régulière les positions de 1 à 16, soit le tour du cadran. A quelle hauteur se

trouve la pointe de l'aiguille par rapport à l'horizontale passant par le centre ? Évidemment, cette hauteur varie, elle est a à la position 1, b à la position 2, etc... Aux positions 0 et 8, elle est nulle. De 9 à 16, elle a

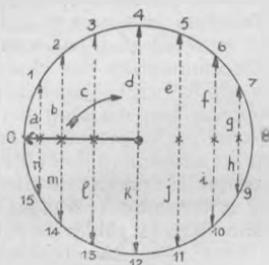


Fig. 8.

successivement les hauteurs h, i, j , etc., soit celles de 0 à 8, mais *inversées*... Si nous traçons la courbe représentative de ces hauteurs variables a, b, c, d, \dots en fonction du temps, soit 1, 2, 3, 4, ... nous aurons la figure 9.

Eh bien ! l'intensité à chaque instant d'un courant alternatif sinusoïdal varie exactement de la même manière que la hauteur de la pointe de notre aiguille, donc la figure 9 représente la variation du courant en

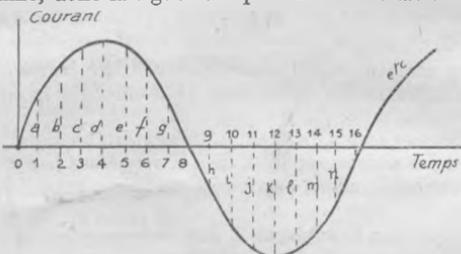


Fig. 9.

fonction du temps. On représente aussi un courant sinusoïdal par une flèche tournante, comme notre aiguille de tout à l'heure, et cette flèche s'appelle « vecteur », sa longueur représente l'intensité maximum du courant. Un tour complet s'appelle une *période*, correspondant à la courbe de la figure 9 (de 0 à 16). Le courant alternatif du secteur s'inverse cinquante fois par seconde, sa *fréquence* est de 50 périodes par seconde.

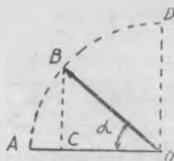


Fig. 10.

Pourquoi dit-on qu'un courant comme celui que nous venons d'étudier est *sinusoïdal* ? Parce que sa valeur dépend à chaque instant de l'angle fait par la flèche, ou vecteur, avec une position de départ.

Voyez la figure 10. Notre position de départ, c'est OA. Quand le

vecteur aura atteint OB, il aura tourné de l'angle α . Quelle sera la valeur du courant ? Elle sera évidemment égale au courant maximum, multiplié par le rapport qui existe entre BC et ce maximum, soit OD — ou, ce qui revient au même, multiplié par BC/OB — c'est-à-dire la longueur du côté en face de l'angle α divisée par l'hypothénuse du triangle rectangle OBC. Or, ce rapport BC : OB s'appelle le *sinus* de l'angle α . D'où cette conclusion importante :

L'intensité à tout instant est égale à l'intensité maximum de pointe I multipliée par le sinus de l'angle dont a tourné le vecteur qui représente l'intensité.

Comme la longueur de la circonférence est égale à 6,28 fois le rayon R ou $2\pi R$ (ou simplement 2π si le rayon est l'unité), une période entière représente une rotation complète du vecteur, soit 2π ou 360° . Si la fréquence est f périodes par seconde, le vecteur tournera par seconde de f tours, et il décrira un angle total de $2\pi f$, qu'on appelle la *pulsation* et qu'on représente, pour simplifier, par la lettre grecque ω (oméga).

Après t secondes, le vecteur aura évidemment tourné d'un angle de $2\pi f \times t$, ou ωt . Si bien que l'intensité d'un courant alternatif sinusoïdal s'exprime à tout instant par la formule :

$$\text{Courant} = \text{Intensité maximum} \times \sin 2\pi f \times t,$$

ou, en abrégé :

$$C = I \sin \omega t,$$

qui est la formule de base des courants alternatifs.

Courant efficace, courant moyen.

Nous avons vu que le courant de pointe est le maximum qu'il atteint à chaque demi-période. Si nous faisons passer ce courant dans une résistance, il se transformera en chaleur, mais cette chaleur sera moindre que si c'était un courant continu dont l'intensité serait celle de pointe, parce que cette intensité de pointe ne dure pas pendant toute la période.

Le *courant efficace*, c'est-à-dire l'équivalent d'un courant continu, est donc plus faible. On obtient son intensité en divisant le courant de pointe par la racine carrée de 2, soit 1,414 — ou, ce qui revient au même, en le multipliant par 0,707.

Le *courant moyen*, comme son nom l'indique, s'obtient tout simplement en faisant la moyenne des intensités instantanées pendant une demi-période. Il est égal au courant de pointe, multiplié par $2/\pi$ (ou 0,636) ou plus simplement aux $9/10$ du courant efficace.

Déphasage.

Quand un courant alternatif traverse une résistance pure, les variations d'intensité se produisent en même temps que les variations de tension qui les provoquent. Mais il n'en est plus de même quand le circuit comprend de longs fils et des bobines.

À ce moment, nous l'avons vu, le champ magnétique oscillant induit dans la bobine un courant qui s'efforce de freiner les oscillations : donc, à se mettre en travers des intentions du courant alternatif que nous envoyons dans la bobine, c'est-à-dire à être maximum quand l'autre est minimum, et *vice versa*. Le résultat de cette lutte, c'est que l'intensité résultante va bien osciller à la même fréquence que la tension, mais avec un certain retard qui dépendra justement de la self-induction de la bobine ou du circuit.

On représente ce phénomène, appelé *déphasage* ou *décalage* par

deux vecteurs tournants (fig. 11) dont l'un, OV, représente la tension de pointe, et l'autre, OI, représente l'intensité de pointe. Ils tournent ensemble en faisant entre eux un angle constant φ (phi) d'autant plus grand que la self est plus forte. Nous voyons que l'intensité est en retard

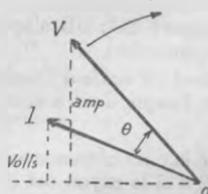


Fig. 11.

sur la tension : on dit qu'elle est décalée par rapport à la tension, et l'angle φ est l'angle de phase. On pourrait encore représenter tout ceci par la figure 12, plus confuse.

La puissance en watts d'un tel courant n'est plus égale aux volts multipliés par les ampères efficaces, comme ce serait le cas s'il n'y avait pas de self. Elle est égale à :

$$P \text{ en watts} = V \text{ volts} \times I \text{ ampères} \times \cos \varphi.$$

Ce « cosinus phi », encore appelé « facteur de puissance », a une importance considérable en industrie, car il réduit la puissance disponible pour une intensité donnée quand il y a des bobines. Or, tous les transformateurs et les machines sont formés de bobines présentant une forte self. Donc, l'angle φ peut être important, jusqu'à atteindre 90° , et le cosinus φ tend vers 0. Par exemple, un transformateur à vide est

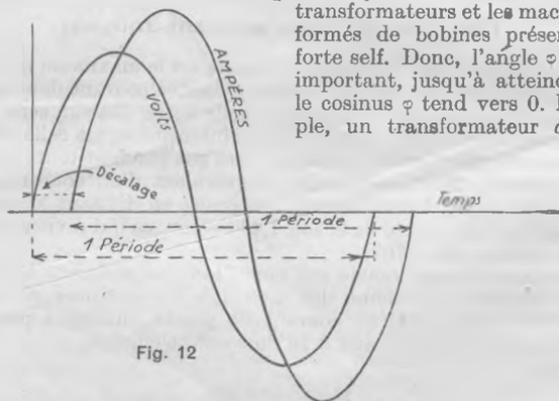


Fig. 12

bien traversé par un courant, et il y a bien une tension à ses bornes — mais la puissance est nulle, parce que cosinus φ est égal à 0 : le décalage entre la tension et l'intensité atteint 90° . Quand on demande du courant secondaire, le décalage diminue et une puissance est absorbée par le primaire pour être transférée au secondaire.

Intensité efficace dans un circuit.

a) Cas d'une résistance pure.

On applique la loi d'Ohm :

$$I = \frac{E}{R} \sin \omega t = I_{\max} \sin \omega t.$$

Le courant est en phase avec la force électromotrice.

b) *Cas d'une self pure.*

Sans chercher à démontrer (car il faudrait faire appel au calcul différentiel, dont ce n'est pas la place ici) disons que l'intensité est décalée en arrière de la force électromotrice, de 90° ou $\frac{\pi}{2}$. Par conséquent :

$$I = I_{\max} \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right).$$

c) *Cas d'une capacité pure.*

Ici, le courant est décalé en avant de 90° et on a :

$$I = I_{\max} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right).$$

Impédance.

On appelle impédance l'opposition totale qu'un circuit oppose au passage du courant alternatif. Elle est composée de trois choses, dont une ou deux peuvent manquer :

a) Une résistance pure, dite ohmique, R.

b) Une résistance fictive due à la self induction proportionnelle à la self du circuit et à la fréquence du courant. Sa valeur est, en ohms, L henrys $\times \omega$. On l'appelle *inductance*.

c) Une autre résistance fictive due à la capacité, proportionnelle à cette capacité et à la fréquence. On l'appelle *capacitance*, et sa valeur en ohms est l'inverse du produit de la capacité par la pulsation ω , soit :

$$\frac{1}{C \text{ farads} \times \omega}$$

Ainsi donc, l'impédance comprend une partie invariable, la *résistance* R, et une partie qui varie avec la fréquence, la *réactance*, qui est la combinaison de l'inductance et de la capacitance.

L'impédance se désigne par le symbole Z; on l'évalue en ohms, et c'est elle qui prend la place de R quand on applique la loi d'Ohm en alternatif.

La valeur générale de l'impédance est :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2},$$

qui se simplifie s'il manque un des éléments. Par exemple, si le circuit n'a pas de capacité, on a :

$$Z = \sqrt{R^2 + L^2\omega^2}.$$

Connaissant la résistance R, la self L et la capacité C d'un circuit rien n'est plus simple que de calculer l'angle de déphasage φ pour une fréquence donnée. On calcule $L\omega - \frac{1}{C\omega}$; on divise par R, et cela donne la valeur de tangente φ . Ceci fait, une table des sinus, cosinus et tangentes des angles, comme celle qui figure à la fin du mémento, donne immédiatement φ , ou son sinus, ou son cosinus.

Impédances en parallèle.

Si on dispose en parallèle une résistance R, une self L et une capacité C, on peut calculer l'impédance équivalente en posant :

$$z_1 = R, \quad z_2 = L\omega, \quad z_3 = -\frac{1}{C\omega} \dots$$

puis on détermine l'impédance totale Z en calculant :

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} + \frac{1}{z_3} + \dots$$

Quant au déphasage φ , sa tangente est toujours égale au quotient des réactances (soit $L\omega - \frac{1}{C\omega}$) par les résistances.

Impédances en série.

Les impédances partielles z_1, z_2, z_3, \dots s'ajoutent et on a :

$$Z = z_1 + z_2 + z_3, \dots$$

La tangente de l'angle de décalage φ se calcule comme ci-dessus.

Impédances complexes.

Les cas les plus fréquents sont ceux du circuit figure 13, comprenant une bobine résistante ($L + R$) shuntée par une capacité en parallèle ($C + r$). Les autres cas peuvent toujours s'étudier en calculant d'abord

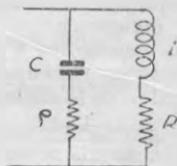


Fig. 13.

l'impédance équivalente aux éléments en série et en étudiant ensuite la résultante des dérivations parallèles.

On trouvera, au chapitre *Formules* de la fin de l'ouvrage, un tableau donnant la valeur des impédances et des déphasages dans les cas les plus courants.

Calcul de la self-induction.

Nous avons déjà vu qu'une bobine a une self, exprimée en henrys, qui dépend du nombre de tours, de la perméabilité du circuit magnétique *complet*, du diamètre moyen des spires et du rapport de la longueur au diamètre. Le calcul exact est assez complexe : le plus simple est d'utiliser des abaques.

Le rapport entre l'inductance $L\omega$ et la résistance en courant continu R d'une bobine s'appelle « le Q ». Plus il est élevé, meilleure est une bobine pour une fréquence déterminée.

La résonance.

Si un circuit comprend une self L et une capacité C en série, nous avons vu que l'impédance est $Z = L\omega - 1/C\omega$. Mais, pour une certaine valeur de ω , on peut avoir $L\omega = 1/C\omega$, c'est-à-dire que la réactance est nulle et qu'il ne reste plus que la résistance ohmique R .

Cela se produira si on a :

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \text{ d'où la fréquence } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Pour cette fréquence, dite « fréquence de résonance », l'intensité passe par un maximum et le déphasage est nul.

De même, si le circuit comprend une self L et une capacité C en *parallèle*, il existe une valeur de ω pour laquelle le courant est nul et l'impédance infinie. Ce sera, comme ci-dessus :

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \text{ et, comme } \omega \text{ vaut } 2\pi f, \text{ on a : } f = \frac{1}{6,28 \sqrt{LC}}.$$

En réalité, comme il existe toujours des résistances, le courant n'est jamais nul et l'impédance de résonance a une limite. Voilà un cas assez paradoxal où la résistance d'un circuit facilite le passage du courant !

Couplage des circuits.

On emploie beaucoup, tant en radio que dans l'industrie, des *circuits couplés*, c'est-à-dire formés de deux bobines placées de telle façon qu'une partie du flux magnétique produite par l'une traverse l'autre.

Dans les circuits couplés, la présence du secondaire modifie l'impédance du primaire. En appelant Z_1 et Z_2 les impédances du primaire et du secondaire, l'impédance résultante Z du primaire devient :

$$Z = \frac{Z_1 + \omega M_2}{Z_2},$$

M étant le coefficient d'induction mutuelle dont la valeur maximum est

$$\sqrt{L_1 \times L_2}.$$

Circuits passe-bande.

On emploie en radio des circuits « passe-bande » qui laissent passer une certaine bande de fréquence, mais présentent une impédance considérable aux fréquences qui se trouvent hors de cette bande. On arrive à ce résultat en couplant fortement deux circuits formés d'une self et d'une capacité. Chacun de ces circuits résonne sur une fréquence différant peu de celle de l'autre, et le couplage nivelle, en quelque sorte, l'intervalle entre ces deux fréquences, si bien que l'ensemble agit comme ci-dessus.

HARMONIQUES ET DISTORSIONS

Il y a loin, en général, de la pure musique du studio à la caricature que nous servent nos haut-parleurs. (Tant pis pour les convaincus qui ont des oreilles, comme dit l'Écriture, pour ne pas entendre!) Tous les organes du poste apportent leur petite distorsion personnelle: le haut-parleur, avec sa courbe de réponse en dos de brontosauve, et son transfo qui fait ce qu'il peut, les filtres et circuits oscillants, qui suppriment les aiguës, les condensateurs de couplage qui suppriment les graves, l'antenne qui apporte ses parasites, le secteur qui fournit le ronflement, etc., etc..., et les lampes!

Car les lampes, comme les langues d'Ésope, sont à la fois ce qu'il y a de mieux ou de pire dans le poste, suivant la façon dont on les utilise. Faites apparaître le courant-grille dans une amplificatrice, par une mauvaise polarisation, et voilà que les horreurs commencent. Surchargez la lampe, ou mettez-lui une impédance de charge mal calculée, et la caricature se précise. Nous n'insistons pas sur les méfaits des changeuses de fréquence mal réglées ou mal bâties.

Comme nous ne pouvons prétendre à étudier ici toutes les causes de distorsion, nous nous bornerons à une étude rapide des principales déformations dues aux lampes amplificatrices.

Qu'est-ce que la distorsion?

Quand on nous dit que cette lampe finale peut donner 2 watts modulés sans distorsion, ce n'est qu'une façon de parler. Si la lampe

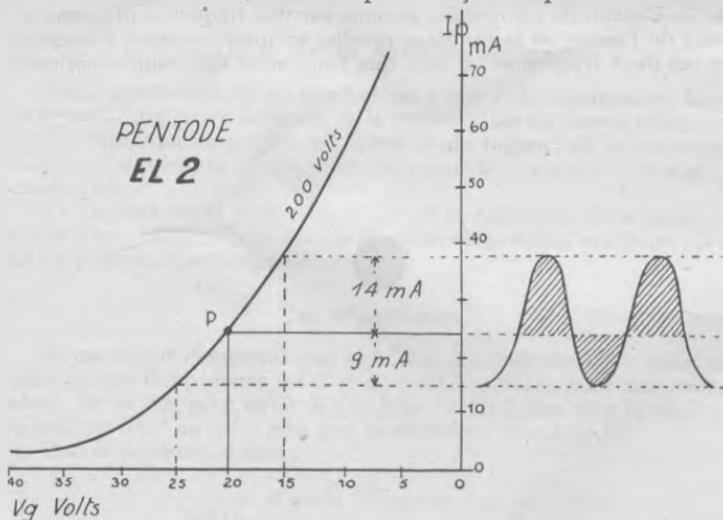


Fig. 1. — Distorsion d'amplitude.

devait réellement tenir cette promesse, elle serait énorme, car elle ne pourrait travailler qu'à une très faible fraction de sa puissance. On est bien obligé d'admettre une certaine distorsion dans des limites telles que sa présence ne soit pas gênante. Pour éviter toute confusion, TUNGSRAM indique toujours le pourcentage de distorsion correspondant à la puissance modulée des lampes de sortie.

Une lampe sans distorsion reproduirait exactement, en variations de courant-plaque, la forme du signal appliqué à sa grille par exemple : une sinusoïde pure à la grille donnerait la même sinusoïde pure, mais amplifiée, dans le circuit anodique. Ainsi ferait une triode si ses courbes caractéristiques étaient des droites parfaites. Malheureusement, ce sont bien des courbes, et leur courbure produit la *distorsion d'amplitude*. Pour comprendre ceci, considérons la figure 1 qui représente la courbe I_p/V_g de la pentode EL 2. Soit P son point de fonctionnement, correspondant à — 20 volts-grille sous 200 volts-plaque. Appliquons une tension sinusoïdale de ± 5 volts à la grille, nous recueillons à la plaque une variation de courant anodique de forme pseudo-sinusoïdale, mais qui varie de + 14 milliampères à — 9 milliampères, comme le montre la figure, *parce que la caractéristique est courbe* au lieu d'être droite. En comparant les demi-périodes hachurées, nous voyons que nous sommes loin de la sinusoïde pure que nous avions confiée à la grille.

Les harmoniques.

Or, tout mouvement périodique a une fréquence f (exemple : pour le *la* normal d'un instrument de musique, $f = 435$ vibrations par seconde).

Et tout mouvement périodique *non* sinusoïdal est la résultante d'un certain nombre de mouvements sinusoïdaux. L'un d'eux, le principal, est celui qui a la fréquence la plus basse : c'est le *fondamental*, de fréquence f . Son amplitude, on le sait, varie constamment au cours de la période. Si A représente son maximum, sa valeur x_1 est donnée à tout instant par :

$$x_1 = A \sin 2 \pi ft,$$

en comptant le temps t depuis le début d'une période. C'est l'équation du mouvement sinusoïdal pur. On la simplifie en appelant ω (oméga) le groupe $2 \pi f$ (soit 6,28 fois la fréquence par seconde) et on écrit alors :

$$x_1 = A \sin \omega t.$$

Mais, en réalité, chaque instrument de musique a son timbre qui lui est propre : c'est parce qu'il ajoute au son sinusoïdal fondamental — par exemple le *la* normal de tout à l'heure — toute une série d'*harmoniques*, c'est-à-dire d'oscillations sinusoïdales dont la fréquence est double, triple, quadruple, quintuple... du fondamental, avec des amplitudes également différentes.

Les équations de ces harmoniques peuvent s'écrire :

Pour l'harmonique 2 : $x_2 = a_2 \sin 2 \omega t$;

Pour l'harmonique 3 : $x_3 = a_3 \sin 3 \omega t$, etc.

Ainsi donc, l'harmonique 2 du *la* normal a une fréquence de $435 \times 2 = 870$ vibrations par seconde, l'harmonique 3 aura une fréquence $f = 435 \times 3 = 1.305$, l'harmonique 5 aura une fréquence $f = 435 \times 5 = 2.175$, et ainsi de suite.

Ce sont les harmoniques qui font toute la différence entre les sons de deux instruments distincts, par exemple le violon et le trombone à coulisse : chacun donne bien le même fondamental pour la même note jouée, mais le nombre, l'ordre et l'amplitude des harmoniques sont profondément différents.

Analyse harmonique.

Nous comprenons maintenant qu'un son complexe, formé du fondamental et de ses harmoniques — par exemple le *la* normal joué par un violon — peut être analysé, de manière à déterminer de quoi il est fait. Pour cela, on en trace la courbe, à moins qu'on ne la fasse tracer par un oscillographe, ou un diaphragme, et on soumet cette courbe à une très ingénieuse machine inventée par le célèbre physicien Lord Kelvin : l'analyseur harmonique (qui, soit dit en passant, sert également à prédire les heures des marées). Cet appareil fournit les coefficients de l'équation générale du mouvement périodique (1), qui permet de déterminer à quels harmoniques on a affaire, et leur amplitude, et leur phase. Car ces diables d'harmoniques ne s'accordent pas toujours, ni entre eux ni avec le fondamental, et le simple changement de phase d'un harmonique modifie considérablement le son et l'allure de sa courbe. La figure 2 montre le

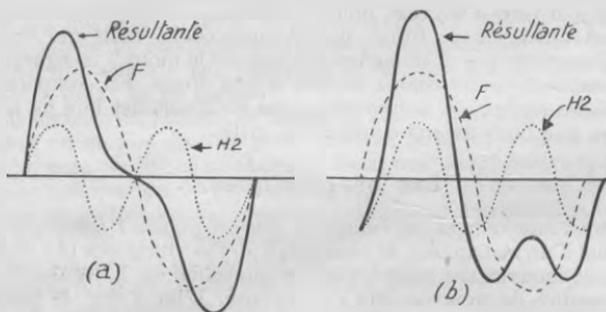


Fig. 2. — Influence du décalage de l'harmonique 2.

phénomène : en *a*, le fondamental *F* et son harmonique 2 sont en phase ; — en *b*, l'harmonique 2 est décalé en avant de un huitième de période : on voit que la résultante est totalement modifiée.

Les harmoniques indésirables.

Les harmoniques donnent la couleur à la musique, ils font toute la différence entre un Stradivarius et le crin-crin du mendiant. C'est entendu. Mais, si nous ajoutons des harmoniques — surtout les impairs — à l'émission la plus sérénique, nous la transformons en flonflons de limonaire de foire. C'est ce que font malheureusement les lampes, surtout si nous leur demandons trop de watts modulés.

Quand elles se contentent de produire des harmoniques 2 ou 4, le mal est encore supportable, car ce sont les octaves du son fondamental :

(1) Cette équation s'écrit :

$$x = A_1 \sin \omega t + a_2 \sin 2 \omega t + a_3 \sin 3 \omega t + \dots + a_n \sin n \omega t + \dots + B_0 + b_1 \cos \omega t + b_2 \cos 2 \omega t + \dots + b_n \cos n \omega t + \dots \text{etc.}$$

Elle s'appelle une *série de Fourier*, dans laquelle certains termes peuvent manquer, par exemple tous les termes en $\sin 3 \omega$, $\sin 5 \omega$, $\sin 7 \omega$: dans ce cas particulier, on dit qu'il manque les harmoniques impairs.

Si x est connu pendant une période T — par exemple, par sa courbe — les coefficients tels que a_n et b_n ont pour valeur :

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} x \sin n \omega t. dt.$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} x \cos n \omega t. dt.$$

par exemple, le do_3 , qui fait $f = 261$ vibrations par seconde, a pour second harmonique $f = 522$: c'est encore un do (le do_1), de même que les harmoniques 4, 8, 16 ... Or, on sait que l'accord d'octave est agréable à l'oreille. Bien sûr, l'addition d'harmonique 2 n'en est pas moins indésirable, car elle modifie le son émis par le studio, ce dont nous nous passons fort bien.

Mais les harmoniques impairs sont franchement détestables, car l'harmonique 3 du do_3 , par exemple, fait $261 \times 3 = 783$ vibrations par seconde : c'est le sol , et l'harmonique 5 fait $261 \times 5 = 1.305$ vibrations par seconde : c'est le mi . *Do, sol, mi...* cela devient criard quand tout joue ensemble et que toutes les notes, y compris leurs harmoniques naturels, sont flanquées de ces parasites.

Et voilà pourquoi, sauf cas exceptionnel, les lampes de puissance ont sagement limité leur puissance modulée à un chiffre qui limite la production d'harmoniques à 5 p. 100 de cette puissance, dans les conditions normales d'emploi indiquées au catalogue.

Les triodes fabriquent surtout des harmoniques pairs, dont l'harmonique 2 est le plus important. Quant aux pentodes, elles fabriquent pas mal d'harmoniques impairs, avec prépondérance de l'harmonique 3. Fort heureusement, nous disposons de deux armes : le push-pull qui annule l'harmonique 2, et la contre-réaction qui supprime l'harmonique 3... du moins *en théorie*.

La puissance admissible.

Pour des raisons de construction : pouvoir émissif de la cathode, isolement entre électrodes, capacité de dissipation calorifique de l'anode, etc., toute lampe a une tension et une dissipation anodique maxima. Ceci limite la puissance modulée sans distorsion supérieure à une limite fixée, qui n'est pas supérieure au quart de la dissipation anodique en classe A.

Exemple : la lampe 6L6, dont les courbes courant-plaque/volts-plaque sont données par la figure 3 pour 250 volts-écran. En limitant la dissipation anodique à 24 watts, le courant-plaque maximum sera donc de 120 milliampères pour 200 volts-plaque : ce point de fonctionnement est le point P sur la figure 3. Répétons le calcul pour tous les voltage-plaque,

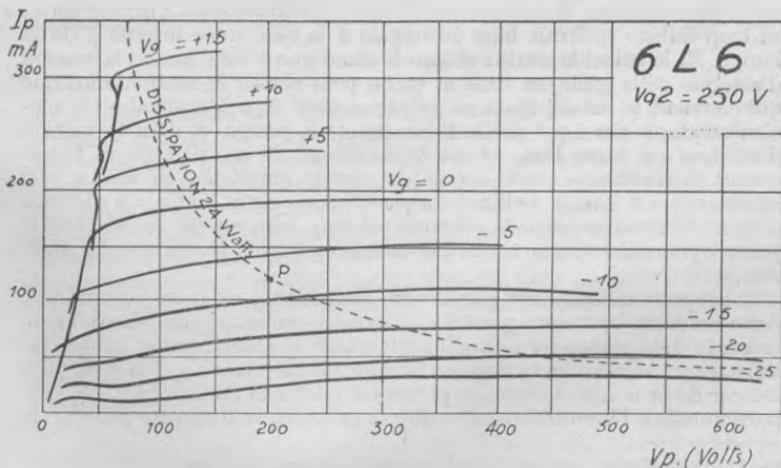


Fig. 3. — Limites de fonctionnement.

et réunissons tous les points : nous tracerons la courbe en traits discontinu, qui coupe les caractéristiques et qui limite la portion utilisable de celles-ci à la partie de gauche (1). Autrement dit, le point pratique de fonctionnement en classe A, pour une lampe seule, devra se situer dans la zone à gauche de la courbe de dissipation maximum. Bien mieux : il faudra le choisir de telle manière qu'au cours de ses oscillations la grille ne devienne jamais positive, ce qui réduit singulièrement la zone utilisable.

Pourquoi, diront certains lecteurs, ces courbes I_p/V_p , qui nous paraissent bien moins parlantes que les bonnes vieilles courbes I_p/V_g de la figure 1 ? Patience ! Ce n'est pas une question de mode : si on utilise presque exclusivement les courbes caractéristiques I_p/V_p , telles que celles de la figure 3, c'est parce qu'elles permettent plus aisément le calcul du fonctionnement des lampes, comme nous l'allons voir.

La résistance de charge.

Une lampe de T. S. F., c'est une sorte d'alternateur commandé par sa grille et dont l'espace cathode-anode est capable de débiter un courant alternatif de tension k fois plus élevé que la tension V_g de commande. Comme tous les alternateurs, notre lampe a une résistance interne ρ , élevé dans le cas d'une pentode, plus faible dans le cas d'une triode, et elle peut débiter une puissance qui s'exprime en watts modulés.

Quand on a bien compris ceci, tout devient simple. Si je ferme le circuit-plaque sans y introduire de résistance, que se passe-t-il ? Ma lampe va bien fonctionner, mais elle ne fournira aucune énergie sous forme de watts modulés, elle gaspillera tout simplement du courant-plaque continu, n'ayant aucune résistance extérieure sur laquelle elle puisse exercer son énergie oscillante. Elle travaille à vide.

Mais j'introduis une résistance R dans le circuit anodique : dès lors, tout change, ma lampe débite. Comme l'alternateur de tout à l'heure, une lampe peu chargée ne donne pas son maximum d'énergie, et l'intuition nous dit qu'en la chargeant outre mesure elle étouffera et ne nous donnera pas non plus tout ce qu'elle peut. Tout comme une machine ou un cheval, la lampe fournit le maximum de travail utile quand on lui oppose une résistance bien choisie, ni trop forte ni trop faible.

Pouvons-nous déterminer ce maximum ?

Déjà, le simple bon sens nous dit que cette résistance « ni trop forte, ni trop faible » pourrait bien être égale à la résistance interne ρ de la lampe. Et le calcul le confirme dans le cas d'une triode, quand la tension d'attaque de la grille est fixée et qu'on peut choisir la tension anodique qui convient le mieux. Mais, en pratique, c'est tout le contraire : la tension anodique est fixée par le fabricant de la lampe, et c'est la tension d'attaque qui varie. Dans ce cas, le maximum de travail utile est fourni quand la résistance extérieure R du circuit anodique (ou mieux, son impédance) est double de la résistance interne ρ de la lampe. Ce résultat, dont la démonstration nous entraînerait trop loin, est dû au fait que la pente dynamique d'une triode est beaucoup moins élevée que la pente statique.

Et, pour une pentode, quelle sera l'impédance de charge optimum ? Avec ces lampes, comme avec les tétrodes à concentration électronique, la pente dynamique est approximativement la même que la pente statique, car la résistance externe est toujours faible comparé à la résistance interne de la lampe. Comme la puissance en watts est évidemment proportionnelle à l'intensité (c'est-à-dire la pente, ou milliampère par volt de

(1) Cette courbe, lieu des produits constants de deux coordonnées rectangulaires, est évidemment une hyperbole, de même que ses sœurs.

variation-grille) et à la résistance du circuit (1), nous sommes tentés de faire R très grand. Malheureusement, cette grande résistance dans le circuit anodique freinerait tellement le courant anodique, lequel varie au rythme de la musique, que la plaque serait par moments alimentée sous une tension presque nulle: on imagine sans peine quelles distorsions seraient provoquées par un tel régime!

Sans chercher à démontrer pourquoi, voici donc la recette de cuisine pour déterminer la résistance de charge d'une pentode: divisez tout simplement la tension-plaque normale par l'intensité-plaque normale, et sachez vous contenter de l'amplification déjà très raisonnable donnée par la faible valeur trouvée.

● On peut aussi procéder graphiquement en partant des courbes I_p/V_p de la lampe. Voici, figure 4, le réseau de la pentode EL 6. Le cata-

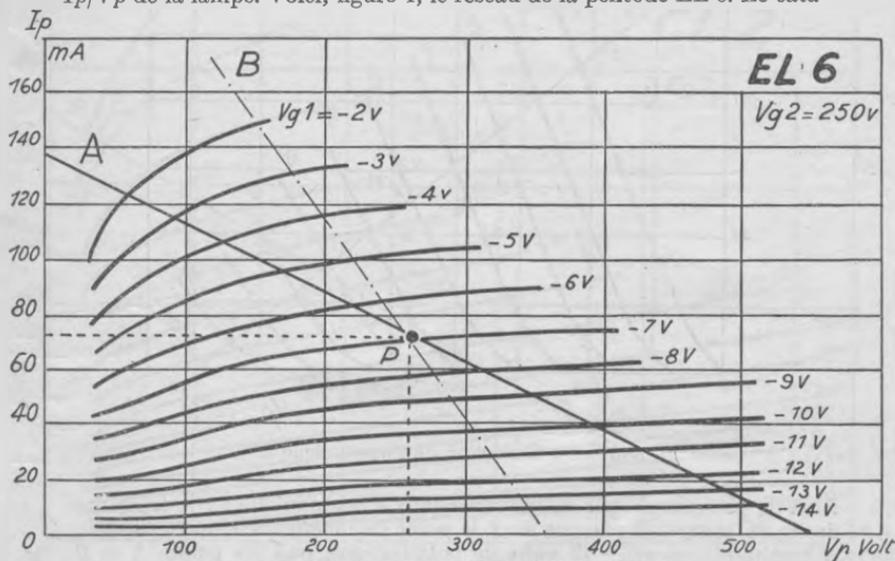


Fig. 4. — Tracé de la droite de charge optimum.

logue nous indique une tension négative de grille de -7 volts: nous repérons donc la courbe marquée -7 volts. Pour une tension $V_a = 250$ volts, cela nous donne sur cette courbe le « point de fonctionnement » P, d'où un courant anodique $I_a =$ environ 72 milliampères, comme le montrent les pointillés. Le problème consiste maintenant à tracer une droite inclinée passant par P et qui soit coupée par les courbes en parties égales, de part et d'autre de P. La droite A répond à peu près à cette condition, la droite B moins bien. En divisant l'abscisse du bout de la droite A, soit 540 volts, par l'ordonnée où aboutit son autre bout, soit 138 milliampères (ou 0,138 ampère), nous obtenons la valeur de la résistance de charge, soit 3.900 ohms environ. Cette droite s'appelle la droite de charge (2). Le point P doit se trouver sur une partie rectiligne de la caractéristique.

(1) En effet, la loi de Joule nous donne: $W = I^2R$, car $W = IE$, et $E = IR$.

(2) On l'appelle ainsi parce que sa pente (ou tangente trigonométrique de l'angle qu'elle fait avec la verticale) a pour valeur la résistance de charge en ohms.

Rappelons en passant que cette résistance ne peut être représentée par une droite

Le pourcentage d'harmonique.

Les précieuses courbes courant plaque-tension plaque I_p/V_p vont encore nous permettre d'apprécier facilement le taux d'harmoniques pairs et impairs auxquels nous aurons droit pour une résistance de charge donnée.

Commençons par l'harmonique 2 et, puisque c'est la triode qui le fabrique le mieux, considérons le réseau I_p/V_p de la triode AD 1 (fig. 5).

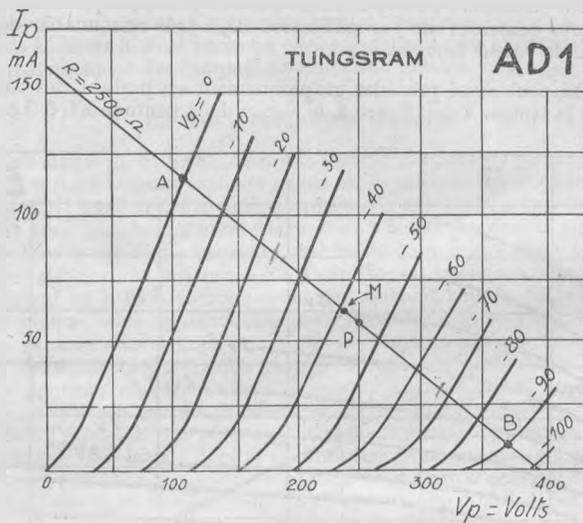


Fig. 5. — Évaluation de l'harmonique 2.

Rien de plus simple que d'évaluer le taux d'harmonique 2 : je trace ma droite de charge, je marque en P le point de fonctionnement choisi (ici, 250 volts-plaque et — 45 volts de polarisation), puis les points A et B correspondant aux oscillations extrêmes admissibles à la grille (soit 0 et — 90 volts). Je marque le milieu de AB, c'est le point M. Eh bien ! le taux d'harmonique 2 est égal à MP divisé par AB, soit ici $3,5 : 80 = 4,4$ p. 100. On procéderait de même pour évaluer les harmoniques 2 d'une pentode.

La recherche du taux d'harmonique 3 n'est guère plus compliquée. Nous prenons notre réseau de courbes I_p/V_p (fig. 6). Nous traçons la droite de charge passant par le point P de fonctionnement (lequel, répétons-le, est déterminé par la tension anodique et la polarisation-grille choisies). Et, comme tout à l'heure, nous indiquons les points A et B correspondant aux potentiels extrêmes de grille au cours de ses oscillations. Ce point P est habituellement presque au milieu de AB pour une pentode, parce que cette lampe donne peu d'harmoniques 2, mais il se pourrait aussi qu'il soit excentré.

Nous marquerons aussi les points C et D correspondant aux deux demi-oscillations de part et d'autre de P. Comme notre lampe a son point

que si elle est purement ohmique ou formée par un circuit bouchon à la résonance. En dehors de la résonance, la caractéristique dynamique, au lieu d'être la droite de charge, devient une ellipse d'autant plus aplatie qu'on se rapproche de la résonance. C'est le cas d'une lampe de sortie.

de réglage à — 10 volts de polarisation, A est à 0 volt, B à — 20 volts, et C et D sont évidemment à — 5 et — 15 volts-grille.

S'il n'y avait pas de distorsion, les points A, C, P, D et B seraient équidistants. Or, dans notre exemple, il n'y a que le point P qui soit à égale distance de A et de B (ce qui prouve l'absence d'harmonique 2 pour la résistance de charge et le réglage choisis).

Le taux d'harmonique 3 est la moitié de :

$$\frac{CP - AC}{2 CP + AC}$$

Il est bon de recommencer la même opération sur le segment PB, ce qui donne $PD - DB / 2 PD + DB$, et on fera la moyenne des deux taux de distorsion obtenus dans chaque demi-exploration de grille.

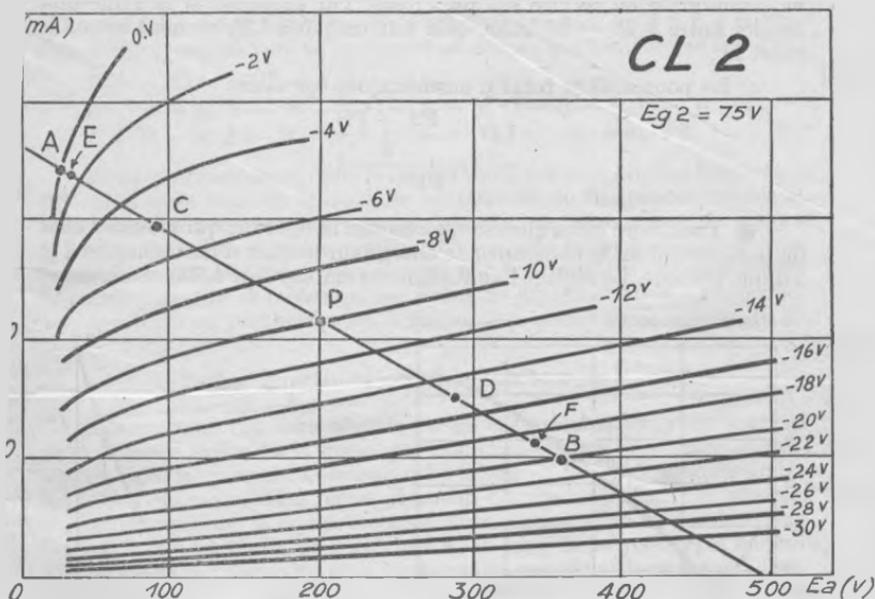


Fig. 6. — Évaluation du taux d'harmonique 3 d'une pentode.

L'harmonique 4 offre peu d'intérêt, car on sait s'en débarrasser avec les push-pulls et, du reste, il serait peu gênant dans la plupart des cas. Par contre, l'harmonique 5 est moins commode. Pour l'évaluer, il nous faudrait choisir, de part et d'autre du point P, deux autres points E et F distants de 0,866 fois la polarisation-grille (ce qui nous donnerait $E = -1,34$ et $F = -18,66$ volts-grille dans le cas de la figure 6).

Le taux d'harmonique 5 est le tiers de :

$$PA + PC - (PE \times 1,73).$$

Et, s'il n'y a pas d'harmonique 5, on aura évidemment :

$$PA + PC = PE \times 1,73.$$

● Maintenant que nous voilà bien lancés, rien ne nous empêche de calculer d'avance tous les harmoniques pairs et impairs déphasages, en prenant encore d'autres points et en nous armant des tas de calculs. Mais la vie est trop courte pour qu'un homme se fatigue à ce casse-tête chinois. Calculez donc, si le besoin

les harmoniques 2 et 3, et ce sera déjà bien beau. En pratique, on se contente de les apprécier à l'œil, en regardant si P est bien au milieu de AB, et si C et D sont éloignés du centre de PA et de PB. Tout simplement !

● Toutefois, nous indiquerons encore un moyen simple d'apprécier le pourcentage total d'harmoniques, quel que soit leur ordre.

a) On applique une variation très faible à la grille, soit PC, PC' à partir du point de fonctionnement P. On peut considérer, si cette variation est faible, que la distorsion est nulle quand P est bien choisi dans les parties droites des caractéristiques. Ici, cette variation est 1 volt, P étant à - 5 volts ;

b) On porte, à partir de P, autant de fois la longueur CP que la variation-grille en service est plus forte. Par exemple, si la grille doit osciller entre 0 et - 10 volts, cela fait cinq fois CP, et nous avons le point D ;

c) Le pourcentage total d'harmoniques est alors :

$$\text{PD} = \frac{\text{PA} + \text{PB}}{2} \cdot \frac{1}{\text{PD}}$$

● Pour clore cette question, examinez la figure 7, qui montre l'effet de la variation de la résistance de charge sur le taux d'harmoniques 2 et 3 d'une pentode. Le réglage habituellement employé est 4.500 ohms, ce qui

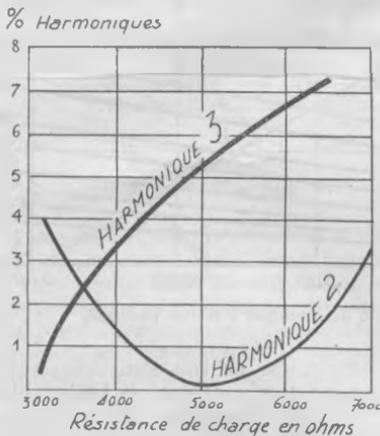


Fig. 7. — Variations de la distorsion avec l'impédance de charge.

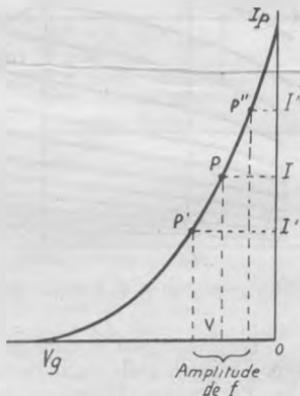


Fig. 8. — Modulation du ronflement.

annule presque l'harmonique 2. Mais nous préférons 4.000 ohms, car l'harmonique 3 si gênant est presque réduit de moitié, au prix d'un peu d'harmonique 2 et d'une très légère perte de puissance.

La cross-modulation.

Voici un super qui manque un peu de sélectivité, parce qu'on n'a pas voulu sacrifier totalement les aiguës et que le prix n'a pas permis de mettre beaucoup de filtres de bande avant la lampe de moyenne fré-

quence. Résultat : à la grille de cette lampe arrivent parfois deux fréquences modulées, peut-être trois : celle de la station désirée, et celles des stations immédiatement voisines sur le cadran, ces dernières étant, bien entendu, très affaiblies par défaut d'accord.

Soient A, B et C, les trois fréquences porteuses, et a , b et c , leur fréquence de modulation. A un instant donné t , la station accordée injecte dans la grille trois fréquences distinctes : la fréquence porteuse A et les fréquences résultantes $A + a$, $A - a$. Il en est de même pour les autres, si bien que nous recevons au même instant :

$$\begin{aligned} & A, A + a, A - a, \\ & B, B + b, B - b, \\ & C, C + c, C - c, \end{aligned}$$

soit neuf fréquences distinctes. Ce n'est déjà pas mal, mais il y a mieux. Ces neuf fréquences vont se conjuguier et donner des battements tels que :

$$\begin{aligned} & B - A, C - B, C - A, B - A + a, B - A - a, \\ & B - A + b, B - A - b, C - B + b, C - B - b, C - B + C, \\ & C - B - c, A - B + a - b, A - B + a + b, \text{ etc., etc.} \end{aligned}$$

Nous trouvons donc, dans le circuit anodique, non plus les fréquences injectées, mais tout un cortège de battements de fréquences mêlées et multiples, qui produisent des chuchotements, du « bavardage de singe ».

A ce mal, il n'est qu'un remède efficace : des filtres de bande sérieux et plusieurs de ces filtres, pour assurer une bonne sélectivité sans rogner la bande passante. A moins qu'une police de l'éther n'arrive à supprimer les émetteurs en surnombre ou à limiter leur puissance...

La modulation du ronflement.

La courbure des caractéristiques va encore nous jouer un tour : si nous laissons arriver à la grille, par couplage ou par tout autre défaut, un peu de la fréquence du secteur, celle-ci va s'incruster de manière indélébile dans la modulation reçue, et aucun filtrage ne pourra l'en séparer.

Pour simplifier la compréhension, supposons que nous recevions seulement l'onde porteuse, de fréquence A, et soit f la fréquence du secteur (50 périodes par seconde, plus les harmoniques de l'alternateur !). Jus- qu'ici, un filtre peut séparer la fréquence indésirable f . Mais A et f arrivent à la grille de l'amplificatrice, dont la caractéristique est courbe (fig. 8). En l'absence de f , l'onde porteuse A a une tension de pointe, ou tension maximum V qui donne sur la courbe le point de fonctionnement P, qui donne dans la plaque le courant de pointe I. Mais superposons la fréquence f : à ce moment, la tension de pointe va danser à cette fréquence f , car la tension de A et celle de f vont se composer algébriquement. Donc, le point de fonctionnement oscillera entre P' et P'', ce qui donne les intensités de pointe I' et I''. Maintenant, remarquons que II'' n'est pas égal à II' : en effet, la pente au point P'' est différente de celle au point P', du fait de la courbure de la caractéristique. Il en résulte que le gain de l'étage varie au rythme du ronflement f , c'est-à-dire que l'onde porteuse A se trouve maintenant modulée par f , cette modulation n'étant plus séparable que par détection.

Malheureusement, notre porteuse est elle-même modulée par la musique du studio, si bien que la détection est incapable de séparer cette musique de la fréquence ronflante f .

Moralité : la courbure des lampes marie le ronflement à la modulation, sans divorce possible. C'est avant la lampe qu'il faut faire la séparation.

LES CALCULS SIMPLES DE LA RADIO

Pour les calculs qui suivent, on se servira
avantageusement des **ABAQUES**, qui
précèdent les pages bleues des caractéristiques des lampes.

Prévenons d'abord que nous n'avons pas l'intention d'apprendre ici le calcul aux ingénieurs, qui, comme on le sait, résolvent des intégrales pour tuer le temps. Mais, à côté des professionnels du calcul, il y a les professionnels tout court, les dépanneurs et les amateurs qui, trop souvent, soudent au petit bonheur des résistances, des capacités et des selfs pas toujours très bien choisies.

Sans compter les postes commerciaux, qui sont parfois calculés par la concierge et dont les valeurs sont toutes à revoir !

Dans les pages suivantes, nous n'abordons, bien entendu, que le calcul le plus simple : c'est justement celui dont le professionnel a besoin à chaque instant, pour améliorer un poste, changer proprement un élément, marier une lampe moderne avec un vieux châssis, bref, faire intelligemment son métier, sans tâtonnements, avec le maximum de succès.

Nous avons volontairement écarté les formules inutiles, les notations savantes et les complications. Les mathématiciens nous pardonneront, car ils n'ont que faire de ce chapitre. Et les autres le liront bien plus aisément.

WATTS, VOLTS, AMPÈRES ET OHMS

● Il est important, quand on s'occupe de radio, de bien connaître la loi d'Ohm, qui règle les rapports entre les unités les plus courantes. Nous savons qu'elle s'écrit : $E = I \times R$, c'est-à-dire que les *volts* sont égaux aux *ampères* multipliés par les *ohms* (du moins en courant continu). En divisant les deux côtés de l'égalité par R , on a : $E : R = I$. En divisant par I , on a : $E : I = R$. Nous devons connaître cela par cœur : c'est l'ABC du métier.

● D'autre part, nous savons que la puissance en watts W s'obtient en multipliant les ampères par les volts, donc $W = I \times E$. Mais, comme $E = I \times R$, W est finalement égal à $I \times I \times R$, ou $I^2 \times R$.

Comme d'autre part $I = E : R$, l'expression $W = I \times E$ peut s'écrire : $W = \frac{E}{R} \times E = \frac{E^2}{R}$.

Résumons : l'expression de la puissance W dans un circuit peut s'exprimer des trois façons suivantes :

$$W = E \times I \quad (\text{watts} = \text{volts} \times \text{ampères}) ;$$

$$W = I^2 \times R \quad (\text{watts} = \text{ampères} \times \text{ampères} \times \text{ohms}) ;$$

$$W = \frac{E^2}{R} \quad (\text{watts} = \text{volts} \times \text{volts, et divisé par ohms}).$$

● Avec ces trois formules, nous sommes armés pour calculer les puissances, volts, ampères ou ohms en courant continu.

Exemple 1 : Quelle puissance dissipe une résistance de 5.000 ohms parcourue par un courant de 15 milliampères ?

Réponse : $0,015 \text{ amp.} \times 0,015 \text{ amp.} \times 5.000 \text{ ohms} = 1,125 \text{ watt.}$

Exemple 2 : La chute de tension provoquée par une résistance de 10.000 ohms est de 60 volts. Quelle est la puissance dissipée ?

Réponse : $60 \times 60 = 3.600$, divisé par $10.000 = 0,36 \text{ watt.}$

Exemple 3 : Le champ d'un dynamique consomme 10 watts et la bobine d'excitation a une résistance de 2.500 ohms. Quelle est l'intensité du courant ?

Réponse : de $W = I^2 \times R$, je tire $I^2 = W : R$, et $I = \sqrt{W : R}$. Donc l'intensité a pour expression : racine carrée de $10 \text{ watts} : 2.500 \text{ ohms} = 0,063 \text{ ampères}$, soit 63 milliampères.

Tension anodique.

Pour que l'alimentation des électrodes des lampes soit correcte, il faut disposer, à la sortie du filtre de la valve, d'une tension déterminée par la consommation en milliampères du poste, les tensions nécessaires aux anodes et aux polarisations et les chutes de tension dans le câblage et la self de filtrage. Voici comment on peut calculer approximativement les éléments de la tension anodique :

a) Faites la somme des consommations anodiques des lampes et des consommations des grilles-écran.

(Exemple : 50 milliampères).

b) Déterminez la tension maximum aux plaques.

(Ce sera, par exemple, 250 volts.)

c) Déterminez la polarisation maximum de grille.

(Exemple : 20 volts.)

d) Mesurez la résistance de la self de filtrage, ou des selfs s'il y en a plusieurs.

(Exemple : 300 ohms.)

e) Déterminez la chute de tension dans la self, en appliquant la loi d'Ohm : $E = I R$.

(Exemple : $50 \text{ milliampères} \text{ par } 300 \text{ ohms} = 15 \text{ volts.}$)

f) En totalisant les tensions b, c et e nous avons la tension nécessaire à l'entrée du filtre.

(Exemple : $250 + 20 + 15 = 285 \text{ volts.}$)

g) Il faut maintenant choisir la valve qui convient pour 285 volts et 50 milliampères. Ce choix se fait en consultant les courbes caractéristiques des valves. Dans la série E, c'est la EZ 2 qui, pour 50 milliampères et alimentation sous deux fois 300 volts, donne 290 volts.

h) Il n'y a plus qu'à dissiper les 5 volts excédentaires, par exemple dans une résistance ballast qu'on calcule encore par la loi d'Ohm ($R = E : I$), soit $5 : 0,050 = 100 \text{ ohms}$, — ou encore en réduisant le premier condensateur de filtrage. Il est vrai de dire que, pour 5 volts, le mieux est

de les négliger : le temps se chargera bien d'en avoir raison, et du reste un léger excès ne peut pas nuire, surtout s'il est théorique.

Si l'excès avait été important, il aurait fallu ou bien changer de valve, ou bien l'alimenter sous plus faible tension.

i) Pour terminer, choisir un transfo capable de donner sans faiblir au moins 50 milliampères.

Résistances chutrices.

● La tension anodique débite donc du courant, avec une tension entre + HT et masse de, disons, 250 volts. Mais certaines plaques peuvent demander moins, par exemple 150 volts. Et les grilles-écran peuvent aussi demander une tension spéciale, par exemple 100 volts. On sait qu'on obtient fort simplement ces tensions, en interposant une résistance entre les électrodes et la ligne + HT.

Le calcul de ces résistances est très simple : il suffit d'appliquer la loi d'Ohm. Les catalogues de lampes nous disent, par exemple, que telle lampe (par exemple EF 6) doit avoir, pour certain montage, 200 volts-plaque, le courant-plaque étant de 3 milliampères. L'alimentation donne 250 volts : il faut donc que la résistance absorbe 50 volts en laissant passer 3 milliampères. Il n'y a qu'à diviser 50 par 0,003 (volts par ampères) pour trouver la valeur de la résistance, soit 16.666 ohms. Nous prendrons donc 15.000 ohms, car, en vieillissant, la résistance augmentera de valeur (en admettant qu'elle ne les fasse pas déjà d'avance, par défaut d'étalonnage).

● On calculera de même la résistance chutrice d'une grille-écran : il suffit de diviser la chute de tension désirée, en volts, par le courant-grille-écran, en ampères, pour avoir la résistance chutrice en ohms.

Bien entendu, les résistances chutrices seront choisies de manière à supporter sans broncher le courant qui les traverse, donc avec une capacité de charge très nettement supérieure à ce courant.

● Pour calculer une résistance de polarisation (fig. 1), il faut se rappeler que la tension-plaque n'est pas la tension entre + HT et la

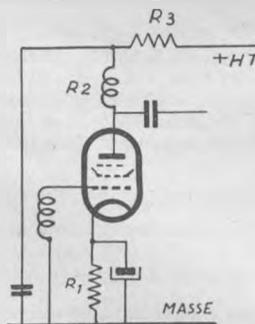


Fig. 1.

masse, mais entre + HT et la cathode. Or, comme la grille est à la masse, il faut porter la cathode à un potentiel positif par rapport à celui-ci, de manière que la grille soit négative par rapport à la cathode. Donc, la tension-plaque est égale à la tension totale + HT diminuée de la tension de polarisation de grille et, éventuellement, des chutes de tension

dans les éléments de couplage et dans la résistance chutrice du circuit anodique (R_2 et R_3).

Le courant anodique et le courant-écran étant connus, nous les additionnons pour connaître le courant cathodique (pour certaines lampes, telles que les octodes, il faut encore ajouter le courant de grille-anode). Dès lors, la bienfaisante loi d'Ohm nous donne aussitôt la valeur de R_1 : il suffit de diviser la polarisation voulue en volts, par le courant cathodique *en ampères* (et non en milliampères).

● Reste à calculer R_2 et R_3 , ou plutôt leur somme, car R_2 se détermine par une simple mesure de résistance. En retranchant R_2 de la somme, nous aurons évidemment R_3 . Appliquons encore la loi d'Ohm :

$$R_2 + R_3 = \frac{\text{volts totaux} - (\text{volts anode} + \text{volts polarisation})}{\text{courant anodique en ampères}}$$

Par exemple, soit une + HT de 300 volts, tension anodique = 250 volts, tension de polarisation = - 5 volts, courant anodique = 5,5 milliampères. Nous calculons :

$$R_2 + R_3 = \frac{300 - (250 + 5)}{0.0055} = 8.200 \text{ ohms environ,}$$

et, si R_2 vaut 3.000 ohms, R_3 vaudra évidemment 5.200 ohms.

● Ces résistances chutrices doivent répondre à deux conditions : 1° elles doivent avoir une précision acceptable et 2° une capacité de charge, ou dissipation, suffisante. On fera bien de les mesurer avant de les monter pour vérifier leur tolérance, afin d'éviter de mettre 115.000 ohms, par exemple, alors que la résistance est marquée 50.000.

Quant à la dissipation, on la calcule en multipliant les volts présents à ses extrémités (ce sont les volts de chute) par le courant en ampères qui traverse la résistance, ce qui donne la dissipation en watts. Et on choisira naturellement une résistance dont la dissipation soit supérieure à ces watts calculés, sans exagérer toutefois : car une résistance chutrice à haute dissipation ne bronche pas en cas de dérangement du poste et laisse arriver trop de volts aux électrodes, ce qui peut être désastreux. Mieux vaut que la résistance joue un peu le rôle de fusible protecteur, elle coûte moins cher à remplacer que toute autre chose.

Diviseurs de tension ou ponts.

Il est recommandable, à tous points de vue, d'alimenter les grilles-écran par un diviseur de tension plutôt que par une simple résistance chutrice. En effet, pour alimenter une EF 9, par exemple, qui demande 250 volts-plaque et 100 volts-écran avec 1,8 milliampère de courant-écran, la résistance chutrice serait de 150 : 0,0018 = 83.500 ohms environ. Une résistance aussi élevée, parcourue par un courant si faible, constitue un point d'instabilité : toute modification de la résistance par vieillissement ou échauffement retentit immédiatement sur la tension-grille. Par exemple, si la résistance devient 100.000 ohms, variation très faible pour une telle valeur, la tension-grille tombe à 90 volts.

Pour éviter cela et donner de la stabilité aux tensions, on fait passer toute la tension dans un diviseur dont les résistances moins élevées admettent plus de milliampères. On dissipe un peu de courant, c'est entendu, mais les tensions obtenues sont bien moins sujettes à variation.

● ¶ Le calcul d'un diviseur de tension est très facile. La figure 2 représente un tel diviseur, ou pont, destiné à l'alimentation d'une grille-

écran. Soit $v_{\text{écran}}$ la tension que nous voulons appliquer à l'écran, et I le courant d'écran. Pour stabiliser la tension, nous accepterons de dissiper dans le pont une intensité nettement supérieure à celle du courant d'écran, au moins 50 p. 100 de plus, davantage même si l'alimentation du poste le permet. Au taux de 80 p. 100 que nous choisissons pour fixer les idées, le courant qui traversera R_1 sera donc 1,8 fois I .

Dès lors, la valeur de R_1 , suivant la loi d'Ohm, est égale à $\frac{V_{\text{écran}}}{1,8}$.

Quant à R_2 , elle est parcourue par le courant qui traverse R_1 , soit $1,8 I$ plus le courant de grille-écran I , total : $2,8 I$. Par contre la tension qu'elle supporte n'est que la différence de la tension totale + HT et de la tension

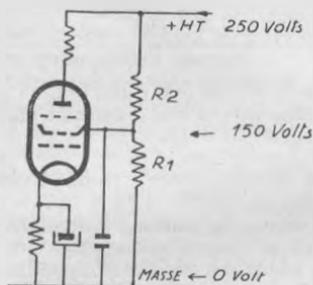


Fig. 2.

de grille-écran, soit $V_{\text{total}} - V_{\text{écran}}$. Et sa valeur est :

$$R_2 = \frac{V_{\text{total}} - V_{\text{écran}}}{2,8 \times I}$$

Exemple : la figure 2 nous donne : volts disponibles = 250 volts, tension d'écran = 150 volts. Le courant d'écran est donné par le catalogue de lampes : 3 milliampères. Nous pouvons dissiper le double dans le diviseur, soit 6 milliampères, sans surcharger l'alimentation.

Calculons : $R_1 = 150 : 0,006 = 25.000$ ohms.

$R_2 = (250 - 150)$ divisé par $0,006$ ampère, plus le courant-grille-écran de $0,003$ ampère, soit $100 : 0,009 = 11.111$ ohms.

● Si nous avons à calculer un diviseur donnant deux tensions intermédiaires (donc formé de trois résistances), ce serait aussi simple. Par exemple, une octode EK 3 demande 250 volts à sa plaque, 125 volts à sa grille-anode et 100 volts d'écran, avec un courant de grille-anode

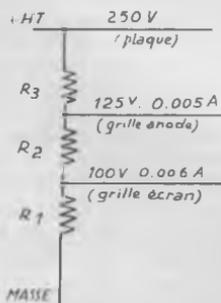


Fig. 3.

de 5 milliampères et un courant d'écran de 6 milliampères. Le diviseur aura l'allure de la figure 3. Notre alimentation ne nous permet pas de dissiper beaucoup de courant, donc nous fixons la dissipation à 1,5 fois le courant-écran, soit 0,010 ampère par excès.

Il n'y a plus qu'à calculer :

$$R_1 = 100 \text{ volts} : 0,010 \text{ ampère} = 10.000 \text{ ohms.}$$

R_2 est soumis à une différence de potentiel de 25 volts et est parcouru par le courant traversant R_1 plus le courant de grille-écran, soit $0,010 + 0,006 = 0,016$ ampère.

$$\text{Sa valeur est donc : } 25 \text{ volts} : 0,016 \text{ ampère} = 1.560 \text{ ohms.}$$

R_3 provoque une chute de tension de $250 - 125 = 125$ volts, et est parcouru par :

| | |
|---|---------------|
| — le courant traversant R_1 , soit..... | 0,010 ampère. |
| — le courant de grille-écran, soit | 0,006 — |
| — le courant de grille-anode, soit..... | 0,005 — |

$$\text{Total } 0,021 \text{ ampère.}$$

Sa valeur est donc :

$$125 \text{ volts} : 0,021 \text{ ampère} = 5.950 \text{ ohms.}$$

Comme on le voit, la seule précaution à prendre, quand on calcule un pont, est de bien déterminer quels sont les courants qui traversent chaque élément. Pour le comprendre, nous avons représenté en pointillé, figure 4, les trois résistances du pont de la figure 3 avec, en traits pleins, les

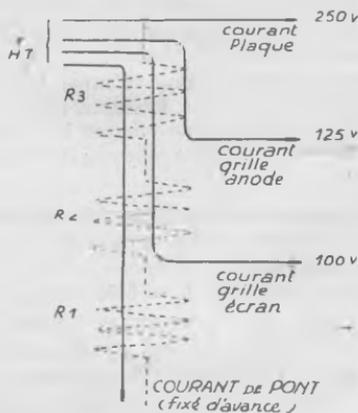


Fig. 4.

courants qui les traversent. On voit que R_1 est traversé par un courant, R_2 par deux courants dont il faut faire la somme et R_3 par trois courants qu'il faut totaliser.

Associations de résistances.

Dans notre lot de résistances, nous ne trouvons pas la valeur cherchée, ou bien cette valeur n'a pas la dissipation désirée. Que faire ? Nous allons tout simplement coupler judicieusement deux ou trois valeurs différentes, et nous voilà servis.

● Cela va tout seul quand il n'y a qu'à mettre des résistances en série : leurs ohms s'ajoutent, comme chacun sait :

$$R \text{ total} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \text{ etc. (fig. 5 a).}$$

● Le couplage en parallèle est tout différent, la résistance totale est moindre que la plus faible résistance. Néanmoins, nous procéderons encore par addition en disant que « l'inverse de la résistance totale est la somme des inverses des résistances R_1, R_2, R_3, \dots » (fig. 5 b).

Donc, c'est simple : nous prenons l'inverse de chaque résistance en ohms, nous additionnons les inverses et nous prenons derechef l'inverse du total : c'est la résistance de l'ensemble.

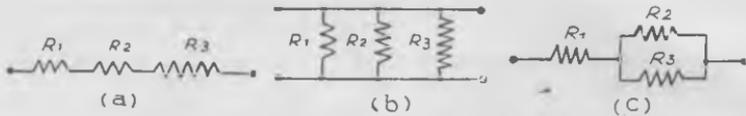


Fig. 5.

L'inverse d'un nombre, comme on sait, c'est le quotient de 1 par ce nombre. On peut le calculer, en faisant la division :

Exemple : 3.000 ohms, 5.000 ohms et 1.500 ohms en parallèle.

Les inverses sont 1 : 3.000 = 0,00033

1 : 5.000 = 0,00020

1 : 1.500 = 0,00066

Total des inverses = 0,00119

La résistance du tout est l'inverse de ce total, soit 1 : 0,00119 = 840 ohms.

La seule difficulté, c'est de ne pas se tromper dans le placement de la virgule ! Pour s'épargner les divisions, le technicien qui possède une règle à calcul se sert de l'échelle des inverses de cet instrument. A défaut, on utilise une table des inverses, telle que celle qui figure à la fin du *Mémento Tunsgsam*.

● Quant aux associations série-parallèle, telles que dans la figure 5 c, nous comprenons aisément qu'il n'y a qu'à calculer R_2 et R_3 en parallèle, puis ajouter R_1 qui est en série.

Exemple : $R_2 = 3.000$ ohms, $R_3 = 5.000$ ohms, $R_1 = 1.500$ ohms.

La somme des inverses de R_2 et R_3 est 0,00053, dont l'inverse est 1.885 environ : c'est la résistance de R_2 et R_3 en parallèle. Ajoutons R_1 en série : 1.885 ohms + 1.500 ohms = 3.385 ohms, qui est la résistance totale.

● Le calcul des résistances en parallèle peut se faire autrement quand on n'a que deux résistances : alors, la résistance résultante est donnée par :

$$R \text{ résultant} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

Mais la méthode par les inverses est, à notre avis, plus rapide.

Association de capacités.

Tout ce qui vient d'être dit pour les résistances s'applique aux capacités, mais avec une différence basale : c'est tout le contraire. Ici, les capacités en parallèle s'additionnent tout simplement pour avoir la capa-

citée résultante (fig. 6 a), tandis que les capacités en série se calculent par les inverses, exactement comme les résistances en parallèle (fig. 6 b).



Fig. 6.

Exemple : $C_1 = 0,01 \mu\text{F}$, $C_2 = 0,002 \mu\text{F}$.

En parallèle, nous avons :

$$C \text{ résultant} = 0,01 + 0,002 = 0,012 \mu\text{F}.$$

En série, nous avons :

$$\text{inverse de } 0,01 = 100$$

$$\text{inverse de } 0,002 = 500$$

$$\text{Total des inverses} = 600$$

$$C \text{ résultant} = \text{inverse de } 600 = 0,00166 \mu\text{F}.$$

Association de selfs.

A la condition que les selfs soient placées de telle façon qu'elles ne réagissent pas l'une sur l'autre, la self résultante se calcule exactement comme une résistance résultante : deux selfs en série s'ajoutent, deux selfs en parallèle se calculent en prenant l'inverse de la somme des inverses de leur self, en henrys ou microhenrys.

Par exemple, deux selfs de 15 et 20 henrys donnent, en série, 35 henrys.

En parallèle, elles donnent :

$$\frac{15 \times 20}{15 + 20} = 8,6 \text{ henrys environ.}$$

CIRCUITS OSCILLANTS ET CIRCUITS D'ARRÊT

Un circuit oscillant, formé d'une self pure L et d'une capacité

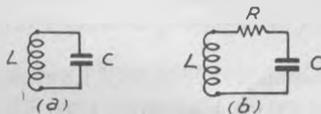


Fig. 7.

pure C (fig. 7 a), a une fréquence propre qui se calcule par la formule de Thomson :

$$f \text{ en cycles-seconde} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \text{ henrys} \times C \text{ farads}}}$$

L'usage de cette formule est assez fastidieux, car on a des tas de zéros en décimales et les unités ne sont pas pratiques. Aussi préfère-t-on calculer la longueur d'onde en mètres avec la formule approchée :

$$\lambda \text{ en mètres} = 60 \times \sqrt{\text{microhenrys} \times \text{millièmes de microfarads.}}$$

Ou, plus simplement encore, on utilise l'abaque du *Mémento*.

On obtient ainsi une longueur d'onde propre théorique, car la formule simple ne tient pas compte de la résistance ohmique (fig. 7 b) du circuit (1). Mais elle suffira largement en première approximation.

La valeur des selfs se calcule en pratique à l'aide des abaques, car l'application de la formule de Nagaoka est ennuyeuse.

Du reste, les selfs et transfos du commerce sont vendus avec toutes indications de leur valeur, ou des longueurs d'onde obtenues avec des capacités déterminées.

Circuit-bouchon.

Un circuit oscillant est souvent utilisé en *circuit-bouchon*, agissant comme une haute résistance à sa longueur d'onde propre. Cette résistance apparente en haute fréquence (ou réactance Z) a pour valeur à la résonance :

$$Z = \frac{L}{R \times C}$$

Dans cette formule, L est la self, C la capacité, R la résistance ohmique du circuit. Puisque cette dernière ne peut être réduite, on peut voir que l'effet du circuit-bouchon sera d'autant plus grand — et sa stabilité mieux assurée — que la résonance sera obtenue avec une self plus grande et une capacité plus réduite. C'est ce qui explique pourquoi les circuits oscillants utilisent de préférence de petits condensateurs, alors qu'autrefois les 2/1000 μ F étaient courants.

Systèmes aperiodiques.

Pour arrêter certaines fréquences, on utilise également des bobines de self (qui arrêtent les fréquences élevées) et des capacités (qui arrêtent les basses fréquences, y compris la « fréquence zéro » ou courant continu).

● Une self oppose à l'alternatif une résistance, appelée inductance, dont la valeur en ohms s'obtient en multipliant la self en henrys par 6,28 fois la fréquence.

Exemple : 10 millihenrys sur onde de 300 mètres.

La fréquence est donc 300.000 kilomètres (vitesse de propagation de l'électricité) divisés par 300 mètres = 1.000.000.

L'inductance est : $0,010 \times 6,28 \times 1.000.000 = 62.800$ ohms.

● Une capacité agit de même, mais sa « capacitance » en ohms s'obtient en divisant 1 par le produit de la capacité en farads par 6,28 fois la fréquence.

Exemple : 0,5 microfarad sur onde de 1.500 mètres.

La fréquence est 300.000 kilomètres : 1.500 mètres = 200.000. On a : capacitance = 1 divisé par $0,0000005 \times 6,28 \times 200.000 = 1$ divisé par 0,628 = 1,6 ohm.

Cette même capacité, sur une onde de 150 mètres, vaudrait une résistance de 16 ohms, et 32 ohms sur 75 mètres, etc.

● Mais, si ce calcul simple suffit en pratique courante, on doit parfois tenir compte de la résistance ohmique du circuit (fig. 8 a et 8 b). Alors, le plus simple est encore de prendre le cas général de la figure 8 c, où

(1) La fréquence propre d'un circuit amorti par une résistance R, réparti ou ajoutée en série, est donnée par la formule :

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} \text{ avec } \begin{cases} L \text{ en henrys.} \\ C \text{ en farads.} \\ R \text{ en mégohms.} \end{cases}$$

nous avons tout à la fois une self L , une résistance R et une capacité C : autrement dit, un circuit oscillant amorti. Et nous appliquerons dans tous les cas semblables la formule générale de l'impédance Z (ou résistance en

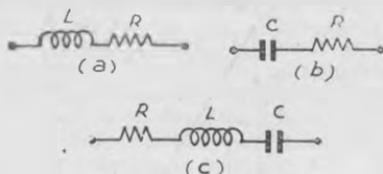


Fig. 8.

alternatif), quitte à négliger dans la formule la capacité, la self ou la résistance pour ne garder que ce qui nous intéresse.

Cette formule générale, la voici :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(2\pi/L - \frac{1}{2\pi/C}\right)^2}$$

autrement dit, on calcule l'inductance de la self à la fréquence considérée, on retranche la capacitance du condensateur à la même fréquence, on porte le reste au carré, on ajoute le carré de la résistance et on extrait la racine carrée du tout. Complexe, direz-vous ? En pratique, cela se simplifie : si, par exemple, nous n'avons qu'une self L et une résistance R , sans capacité, la formule se réduit à $\sqrt{R^2 + (2\pi/L)^2}$: il suffit d'additionner le carré de la résistance avec le carré de l'inductance et d'extraire la racine de la somme. On fera de même dans le cas d'une capacité avec résistance, sans self.

● Mais, comme nous n'avons pas de temps à perdre pour faire des sommes de carrés et extraire des racines, nous ferons tout simplement un petit dessin (fig. 9). Horizontalement, nous tracerons une droite longue

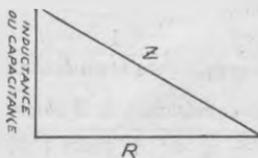


Fig. 9. — Calcul graphique d'une impédance (en série).

d'autant de millimètres qu'il y a d'ohms dans la résistance R . Au bout de cette droite, nous élèverons une perpendiculaire, dont la longueur en millimètres représentera l'inductance (ou la capacité) en ohms. Il ne reste plus qu'à fermer le triangle par l'hypothénuse Z , dont la longueur en millimètres indique le nombre d'ohms de l'impédance à la fréquence considérée.

Dans le cas d'une résistance non plus en série, mais *en parallèle* sur la capacité ou la self, c'est aussi simple : on fait comme ci-dessus, puis on abaisse une perpendiculaire depuis le sommet de l'angle droit jusqu'à l'hypothénuse (fig. 10). C'est la longueur de cette perpendiculaire Z en millimètres qui donne la valeur de l'impédance en ohms.

Bien entendu, on peut convenir que 1 centimètre = 1 ohm, ou 100 ohms = 1 millimètre, suivant l'importance des valeurs auxquelles

on a affaire. L'essentiel est de ne pas mélanger les conventions dans un même dessin.

Cette méthode de calcul graphique a l'avantage de la rapidité et de la sécurité. On la combinera avantageusement avec l'emploi des abaques

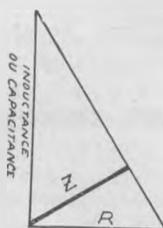


Fig. 10. — Calcul graphique d'une impédance (en parallèle).

du présent *mémento*, qui donnent directement les valeurs des capacités et des inductances usuelles. Les techniciens remarqueront en outre que, si l'on oriente convenablement le vecteur inductance ou capacité, le vecteur Z est orienté en phase avec l'impédance.

LA LOI D'OHM EN ALTERNATIF

La loi d'Ohm : $I = \frac{E}{R}$, ou $E = IR$, ou $R = \frac{E}{I}$, dont nous faisons un si large usage en continu, s'applique également à l'alternatif : il suffit de remplacer R par sa valeur complexe, l'impédance Z.

Cette impédance a les valeurs suivantes :

a) Pour une self pure, sans résistance (ou résistance absolument négligeable) :

$$Z \text{ en ohms} = 6,28 f \times L \text{ en henrys.}$$

Pour une capacité pure :

$$Z \text{ en ohms} = \frac{1}{6,28 f \times C \text{ en farads}}$$

Pour une self, avec une résistance de R ohms en continu :

$$Z \text{ en ohms} = \sqrt{R^2 + (6,28 f \times L)^2}$$

Pour une capacité, avec une résistance de R ohms en continu :

$$Z \text{ en ohms} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{6,28 f \times C}\right)^2}$$

Pour un circuit formé de résistance, capacité et self tout ensemble :

$$Z \text{ en ohms} = \sqrt{R^2 + \left(6,28 f L - \frac{1}{6,28 f C}\right)^2}$$

Dans toutes ces formules, f représente la fréquence du courant alternatif en cycles par seconde, R la résistance en ohms, L la self en henrys, et C la capacité en farads.

En examinant la dernière formule, vous remarquerez que, si $6,28 f \times L = \frac{1}{6,28 f \times C}$, l'impédance se réduit à $\sqrt{R^2}$, c'est-à-dire R ;

à ce moment, c'est la résonance, le circuit est en état de grâce, il présente la plus faible résistance au courant alternatif. Connaissant deux des trois valeurs L , C et f (la self, la capacité et la fréquence), il suffit de résoudre l'équation ci-dessus pour trouver l'autre qui provoquera la résonance du circuit.

Comme on le voit, en examinant les formules, tout se complique en alternatif. L'application de la loi d'Ohm, en remplaçant R par Z , permet toujours de calculer E , I et Z quand on connaît deux de ces valeurs, mais l'intensité est en retard ou en avance sur la tension selon qu'il y a de la self ou de la capacité dans le circuit. C'est pourquoi, dans un circuit présentant de la self, par exemple, la puissance n'est plus égale à la tension en volts multipliée par l'intensité en ampères : comme la tension et l'intensité ne varient pas en même temps pendant les alternances, la puissance est plus faible.

Cette puissance en watts est égale au produit des volts par les ampères, multiplié par un nombre plus petit que 1, le «cosinus φ » ou facteur de puissance :

$$W \text{ watts} = E \text{ volts} \times I \text{ ampères} \times \cos \varphi.$$

Nous pouvons aisément connaître la valeur de cosinus φ : c'est le quotient de la résistance ohmique R du circuit par son impédance totale Z , dont la valeur se calcule à l'aide des formules ci-dessus.

- Pour nous éviter des élévations au carré et des extractions de

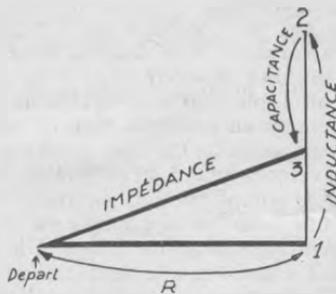


Fig. 11. — Calcul graphique d'une Impédance avec résistance, self et capacité.

racines, nous ferons encore appel aux constructions graphiques, pour calculer Z (fig. 11).

Nous porterons successivement :

Horizontalement, une longueur R , d'autant de millimètres que R vaut d'ohms ;

À l'extrémité de cette longueur, une perpendiculaire égale à l'inductance, en millimètres (soit 6,28 fois la fréquence multipliée par le nombre de henrys).

Depuis l'extrémité de cette perpendiculaire, nous reviendrons sur nos pas, en portant une longueur égale à la capacité, en millimètres,

soit $\frac{1}{6,28 f \times C}$ en farads

La distance qui sépare le bout de cette dernière longueur de notre point de départ mesure l'impédance totale, à raison de 1 ohm par millimètre.

LES MESURES DU RADIOTECHNICIEN

Dès qu'on prononce le mot « mesure », beaucoup de sans-filistes — et même de professionnels — prennent l'air tourmenté des enfants qu'on menace de la purge. Car la mesure, c'est le pensum de la radio, la triste invention de mathématiciens sans entrailles, qui mettent tout en chiffres et en formules exprès pour embêter le monde. Et voilà pourquoi tant de dépanneurs travaillent dans les ténèbres, comme au temps béni de la détectrice à réaction, avec une montre de 6-120 volts pour tout équipement.

Sans doute, un bon technicien arrivera toujours à dépanner sans instruments deux postes sur trois, à la condition d'y passer tout le temps nécessaire et de ne pas être trop difficile sur les résultats. Il arrivera même, s'il est un as, à faire des mesures précises avec un appareil imprécis, tout comme on peut faire une pesée juste avec une balance fautive quand on connaît la double pesée. Mais ce sont là des acrobaties réservées aux initiés, des acrobaties qui ne « paient » pas. Un professionnel qui veut gagner de l'argent doit travailler vite et bien. Pour cela, il faut de *bons* instruments et la manière de s'en servir.

Avec un seul appareil, on peut théoriquement faire presque toutes les mesures qui se présentent en pratique. Mais on est alors astreint à des montages et à des calculs savants, qui font perdre un temps précieux et peuvent introduire des erreurs quand on est pressé. Un bon radiotechnicien s'attachera donc à compléter son équipement, afin de pouvoir aborder tous les travaux dans les meilleures conditions, sans tâtonnements, sans inutiles remplacements de pièces. Un poste bien dépanné doit être rendu au client « meilleur que neuf » : ce qui n'est possible qu'à l'aide d'une gamme d'instruments dont le prix d'achat est rapidement récupéré par les services qu'ils rendent et les affaires qu'ils rapportent à leur heureux possesseur.

Les instruments spéciaux : pont à lampe, hétérodyne modulée, oscilloscope, analyseur, etc., sont livrés avec des instructions : nous ne les reproduisons donc pas. Par contre, nous allons passer en revue les mesures courantes qu'on peut faire avec un outillage réduit.

Le voltmètre et le milliampermètre.

On peut, à la rigueur, se passer d'un oscillographe cathodique, mais sans milliampermètre, mieux vaut retourner à la terre, et même plus bas, que de s'occuper de radio. Il est sage de consentir au sacrifice nécessaire pour acquérir un bon voltmètre et un bon milliampermètre, à cadre continu et alternatif, à forte résistance interne et de fabrication robuste. Ces deux appareils sont bien préférables au contrôleur universel, car ils permettent deux mesures simultanées, nécessité qu'on rencontre souvent en pratique.

Surtout, ne vous laissez pas tenter par le bon marché. Il vous faut des appareils sérieux, stables et précis. A la rigueur, n'ayez qu'un contrôleur, mais qu'il soit bon.

Un voltmètre pour la radio n'a rien de commun avec les « montres » à palette mobile de l'âge de l'ébonite taillée. Avec leur résistance de quelques ohms par volt, ces instruments valent un court-circuit et pompent un courant considérable, ce qui conduit à des lectures absolument fantaisistes quand on mesure autre chose que des accus. Rappelez-vous cette règle : si je veux une mesure juste à 1 p. 100 près, la résistance de mon voltmètre doit être cent fois plus grande que celle de la source. Par exemple, pour mesurer directement avec précision le voltage présent à la plaque d'une lampe en fonctionnement, il faudrait plusieurs milliers d'ohms par volt, étant donné la haute résistance en amont (résistance de découplage, filtrage, valve, transfo, etc.). On voit que, contrairement à une opinion générale, il est souvent avantageux d'utiliser une échelle pas trop sensible (par exemple, celle des hauts voltages pour la mesure d'un voltage moyen) quand on veut faire sans correction une mesure de tension aux bornes d'une source résistante.

Correction des mesures de tension.

Sommes-nous donc condamnés à ne jamais connaître la tension exacte quand la source présente une haute résistance ? Non, car il existe des voltmètres dits absolus, sans consommation ; malheureusement, ils ne conviennent qu'aux tensions déjà élevées. Il y a aussi les méthodes d'opposition, qui consistent à opposer à la tension à mesurer une tension mesurable sans précautions spéciales. Mais il est souvent plus simple de procéder comme suit, quand on connaît la résistance du voltmètre et celle de la source.

Appelons (fig. 1) R_s la résistance de la source et du circuit, R_v celle

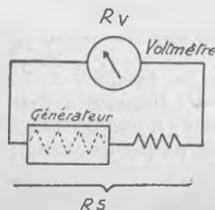


Fig. 1.

du voltmètre, V la lecture du voltmètre en volts, et U la tension exacte cherchée. On a :

$$U = V \times \frac{R_s + R_v}{R_v}$$

Si l'on cherche la tension aux bornes d'une résistance chutrice

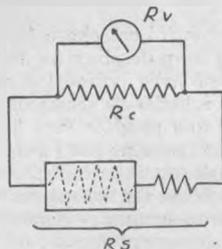


Fig. 2.

R_c (fig. 2) avec un voltmètre de résistance R_v et une source de résistance R_s , comme ci-dessus, la tension exacte est :

$$U = V + \frac{V \times R_s \times R_c}{R_v \times (R_s + R_c)}$$

On pourra appliquer cette formule quand on voudra mesurer la tension anodique aux bornes d'une lampe en fonctionnement (résistance R_c) alimentée à travers une résistance R_s (résistances de découplage ou de couplage). Mais nous verrons plus loin une méthode demandant moins de calcul.

Mesures en alternatif.

Pour mesurer l'alternatif, on a imaginé de nombreux appareils, tels que les appareils à fer mobile, les électrodynamiques, les thermiques, les thermo-couples, les bolomètres, les appareils à induction, les électrostatiques, etc. La liste s'allonge chaque année. Mais, pour les besoins courants du laboratoire de radio, c'est encore l'appareil magnétique à cadre mobile, muni d'un redresseur à oxyde de cuivre qui est de loin le plus pratique.

Pourtant, les voltmètres et milliampèremètres à redresseur ont quelques inconvénients qu'il faut connaître :

1. La résistance du redresseur peut varier avec le temps. Par conséquent, faites étalonner votre appareil de temps à autre, si vous aimez la précision.

2. Cette résistance varie avec la tension, elle est plus importante quand on se rapproche de zéro. Il faut en tenir compte dans les mesures de précision.

3. Le redresseur est un détecteur, il peut produire des harmoniques. Rappelez-vous-en dans les mesures de distorsions dont il sera question plus loin.

4. L'appareil indique les tensions ou les intensités *efficaces*; or, on est souvent intéressé par les tensions *de crête* ou de pointe, c'est-à-dire la tension maximum au cours d'une période. En courant sinusoïdal, tout va bien, puisque la tension de pointe vaut 1,414 fois la tension efficace. Mais il n'en est pas de même en courant modulé ou chargé d'harmoniques, où la tension de pointe peut valoir plusieurs fois la tension efficace. En moyenne, la différence atteint 10 à 15 p. 100 dans les mesures de courant d'alimentation. Quand vous voudrez mesurer des tensions de pointe, le mieux est de recourir au voltmètre à lampe.

5. La résistance en courant alternatif (ou réactance) du cadre augmente avec la fréquence, et cette variation est surtout sensible lorsque l'appareil est utilisé sans résistances additionnelles, c'est-à-dire à son maximum de sensibilité.

Mesure des tensions aux lampes.

La mesure d'une intensité est chose facile : on ouvre le circuit en un point commode, d'un coup de pince ou de fer à souder ; on y insère le milliampèremètre, réglé avec précaution sur l'échelle la moins sensible ; on fait défiler les échelles de sensibilité jusqu'à obtenir une lecture confortable, autant que possible vers le milieu de l'échelle, et on rétablit le circuit *aussitôt* (pour ne pas l'oublier).

Quant aux mesures de tension, tout électricien vous dira qu'il n'y a qu'à tâter avec les deux fiches du voltmètre. Par exemple, pour mesurer une tension d'écran, je branche mon voltmètre entre écran et masse... et j'obtiens une valeur parfaitement fautive, même avec l'appareil le plus précis du monde. En effet, le circuit d'écran comporte des résistances

élevées : la résistance chutrice d'écran, l'espace cathode-écran, etc. Mon voltmètre va distraire une bonne partie du faible courant destiné à la lampe, et la tension aux bornes de celle-ci en profitera pour dégringoler. Il en est de même des tensions-plaque.

Évidemment, si nous connaissons les valeurs des résistances, nous pouvons appliquer les formules de correction indiquées plus haut. Nous pouvons aussi nous contenter des lectures brutes, dans certains cas, si notre voltmètre est à haute résistance, de l'ordre de 500 à 1.000 ohms par volt, ou encore si le poste provient d'un fabricant intelligent qui fournit un bon schéma de dépannage, avec indication des voltages normaux qu'on doit trouver à l'aide d'un voltmètre de résistance bien déterminée.

Mais le plus simple et le plus sûr est encore de remplacer les lectures en volts par des mesures du courant alimentant les points visés. Sans doute, il faudra insérer le milliampèremètre dans les circuits, mais, au moins, nous sommes sûrs de ne rien déranger dans les résistances et les courants. Voyons ceci avec une tension-plaque (fig. 3).

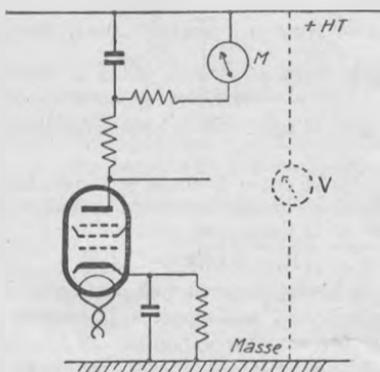


Fig. 3. — Mesure de la tension anodique.

Ici, la plaque est alimentée à travers une résistance R_1 et une autre résistance R_2 (cette dernière pouvant être absente ou remplacée par un bobinage). Nous mesurons la tension E fournie par l'alimentation (voltmètre en pointillé) et nous insérons notre milliampèremètre à l'endroit indiqué, où il donne le courant anodique total I . Les résistances interposées dans le circuit ($R_1 + R_2$) provoquent, on le sait, une chute de tension égale à $I \times (R_1 + R_2)$. Dès lors, il est bien évident que l'anode reçoit le reste, et la tension réelle à la plaque est :

$$\text{Tension anodique} = E - I \times (R_1 + R_2).$$

Par exemple, si votre voltmètre indique 265 volts d'alimentation, si le milliampèremètre indique 5 milliampères et si la somme des résistances comprises entre la plaque et le milliampèremètre est 25.000 ohms, la tension anodique est :

$$265 - (0,005 \times 25.000) = 140 \text{ volts.}$$

(Rappelons en passant qu'il faut toujours faire les calculs en volts, ampères et ohms, et prendre garde de ne pas mélanger les unités, par exemple en multipliant des milliampères par des ohms, ou en introduisant des mégohms dans un calcul où il est question de volts et d'ampères. C'est une règle générale pour tous les calculs : il faut absolument employer des unités de même ordre, sans aucun mélange.)

Avant d'aller plus loin, résumons la méthode :

Au point où est prise la tension qui alimente l'électrode de la lampe, je mesure la tension avec la masse. Je mesure le courant qui part de ce point vers l'électrode, et, en appliquant la loi d'Ohm, je calcule la chute de tension produite par les résistances interposées entre ce point et l'électrode. Je retranche cette chute de tension de la tension mesurée, il me reste la tension réellement appliquée à l'électrode.

On détermine pareillement la polarisation d'une grille (fig. 4). Le

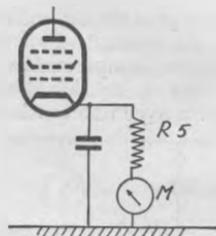


Fig. 4. — Mesure de la polarisation-grille.

milliampèremètre, inséré entre la masse et la résistance de polarisation R_5 indique le courant qui passe dans cette résistance. La loi d'Ohm nous donne immédiatement la tension de polarisation E :

$$E = 0 \text{ volt} - I \times R.$$

Par exemple, si la résistance de polarisation vaut 500 ohms et si le milliampèremètre indique 7 milliampères, la tension à la grille est :

$$E = 0 - 0,007 \times 500 = -3,5 \text{ volts.}$$

De même, la tension d'écran se calculera comme une tension anodique. Mais attention ! Si une électrode est alimentée par une chaîne de résistances formant pont, ou diviseur de tension (fig. 5), *il ne faut considérer que les résistances intercalées entre l'électrode et le point où est prise la tension dans le circuit d'alimentation.* Dans la figure 5, il ne faudra donc pas faire la somme $R_3 + R_1$, car R_4 n'est pas parcouru par le courant d'écran, lequel ne passe que dans R_3 et dans le milliampèremètre. On calculera donc exactement comme pour la plaque :

$$\text{Tension d'écran} = E - (I \times R_3).$$

Exemple : si $E = 265$ volts, $I = 2,5$ milliampères, $T = 80.000$ ohms, nous aurons :

$$\text{Tension d'écran} = 265 - (0,0025 \times 80.000) = 65 \text{ volts.}$$

Comme on le voit, la mesure des tensions avec un milliampèremètre n'a rien de sorcier. Bien sûr, il faut ouvrir les circuits pour y introduire le milliampèremètre et faire une petite opération de l'école maternelle. Mais on obtient des résultats exacts, même avec un milliampèremètre très bon marché, ce qui vaut tout de même mieux que les « mesures » absolument fantaisistes effectuées avec un voltmètre même très bon, mais employé en dépit du bon sens.

Remarquons, sur la figure 5, que le milliampèremètre n'indique pas le courant d'écran, mais la somme des courants parcourant R_3 et R_4 . Pour avoir le courant d'écran, il faudrait brancher le milliampèremètre entre R_1 et l'écran, par exemple au point P, à l'aide d'un inter-

médiaire entre la lampe et son culot, par exemple, permettant de brancher l'instrument sans rien dessouder.

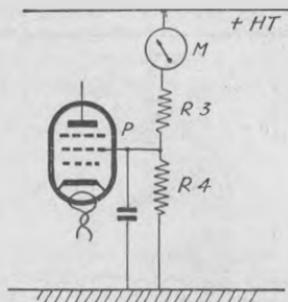


Fig. 5. — Mesure de la tension d'écran.

Usages particuliers du voltmètre.

Un *bon* voltmètre à haute résistance avec redresseur peut être employé comme outputmètre ou voltmètre de sortie. Si le circuit sur lequel on opère est parcouru par du courant continu, nous mettrons en série sur notre voltmètre un condensateur d'autant plus important que la fréquence mesurée est plus basse, afin que sa résistance capacitive, la réactance $\frac{1}{\omega C}$, soit négligeable devant celle du voltmètre. On branche le

tout, soit à la bobine mobile du haut-parleur, soit au primaire du transfo. Dans le premier cas, on connaît l'impédance de la bobine mobile, par exemple 12 ohms. L'indication du voltmètre permet de calculer aisément la puissance modulée en watts, par la formule bien connue : $W = \frac{E^2}{R}$.

Par exemple, avec 12 ohms d'impédance de bobine et 3 volts de lecture au voltmètre, on a $W = 3 \times 3$, divisé par 12 = 0,75 watt. Si l'on opère sur le transfo de sortie, le voltmètre montera plus haut, mais on divisera par l'impédance de la bobine mobile *multipliée par le carré du rapport du transfo*. Car le transfo abaisseur est une sorte de loupe à travers laquelle la lampe de sortie voit l'impédance de la bobine mobile beaucoup plus grosse qu'elle n'est réellement.

Nous pourrions également utiliser un milliampèremètre sensible pour indiquer la puissance du signal, en le branchant dans l'alimentation plaque des lampes contrôlées par l'antifading. Il oscillera suivant cette puissance.

Et, maintenant, voulez-vous transformer votre voltmètre en *décibelmètre*, c'est-à-dire en indicateur de niveau sonore ? Il vous suffira de le munir de la table de conversion suivante, calculée à partir de la base généralement admise :

0 décibel = 6 milliwatts dans 500 ohms d'impédance.

Le rapport des puissances est égal au carré du rapport des tensions : par exemple, si on lit au voltmètre 4,90 volts modulés, la table donne : 9 décibels avec rapport de tensions 2,82 (soit la tension lue 4,90 volts, divisée par la tension à 0 décibel ou 1,73 volt). Le rapport des puissances sera : 2,82 au carré ou 7,96 fois la puissance à 0 décibel.

Quant à l'intensité, elle croît comme la tension, les rapports sont les mêmes. C'est du reste pour cela que le rapport des puissances est égal au carré du rapport des tensions.

| DÉCIBELS | VOLTS | RAPPORT de tension | DÉCIBELS | VOLTS | RAPPORT de tension |
|----------|-------|--------------------|----------|-------|--------------------|
| - 10 | 0,55 | 0,32 | 5 | 3,8 | 1,78 |
| - 9 | 0,61 | 0,36 | 6 | 3,46 | 2 |
| - 8 | 0,68 | 0,40 | 7 | 3,87 | 2,24 |
| - 7 | 0,77 | 0,45 | 8 | 4,35 | 2,51 |
| - 6 | 0,87 | 0,50 | 9 | 4,88 | 2,82 |
| - 5 | 0,97 | 0,56 | 10 | 5,47 | 3,16 |
| - 4 | 1,09 | 0,63 | 12 | 6,90 | 4 |
| - 3 | 1,23 | 0,71 | 14 | 8,68 | 5 |
| - 2 | 1,38 | 0,80 | 16 | 10,92 | 6,3 |
| - 1 | 1,54 | 0,90 | 18 | 13,75 | 7,9 |
| 0 | 1,73 | 1 | 20 | 17,32 | 10 |
| 1 | 1,94 | 1,12 | 22 | 21,80 | 12,6 |
| 2 | 2,18 | 1,26 | 24 | 27,60 | 16 |
| 3 | 2,44 | 1,41 | 26 | 34,60 | 20 |
| 4 | 2,75 | 1,59 | | | |

Mesures de l'alimentation.

a) Toutes les lampes allumées, la tension ne doit pas baisser sensiblement le long de la ligne de chauffage. Sinon, il y a quelque court-circuit (lampes, sockets, etc.), à moins que la ligne de chauffage ne soit trop faible, ou qu'elle présente un point de résistance anormal (soudure, boulon);

b) L'étape suivante est l'essai des tensions au secondaire du transfo d'alimentation (fig. 6), mais il faut que le voltmètre le permette. Par exemple,

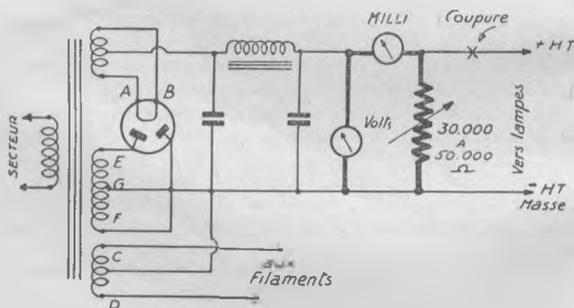


Fig. 6. — Mesures de l'alimentation.

il ne faudra pas s'amuser à mesurer la tension aux bornes qui vont aux deux plaques de la valve, si le voltmètre ne monte pas jusqu'à 500 volts : on risquerait tout simplement de griller le cadre. Par précaution, on essaie d'abord avec la plus faible sensibilité, quitte à l'augmenter suivant les besoins, et on procède en deux fois, en mesurant chaque moitié de l'enroulement, soit entre E et G, puis entre G et F. Les lectures doivent être sensiblement les mêmes. Une tension trop basse peut indiquer des spires en court-circuit.

Nous mesurerons aussi de A à B (attention ! le filament de la valve,

surtout si elle est sans cathode, est à haut potentiel par rapport au châssis ; donc, en tenir compte pour ne pas tuer le voltmètre), puis de C à D pour comparer avec les volts de chauffage mesurés directement au pied des lampes *en fonctionnement*.

Si les tensions aux électrodes positives des lampes sont plus élevées qu'il ne faudrait, avec des débits plutôt faibles, c'est souvent l'indice d'un chauffage insuffisant, à moins qu'il ne s'agisse d'une polarisation défec- tueuse. Au contraire, une tension trop faible à l'anode, avec un débit trop important, indique souvent une polarisation-grille trop faible : donc, vérifier la résistance de polarisation. Sa valeur R en ohms doit être égale à la tension de polarisation en volts divisée par le courant qui la traverse en ampères.

c) Il est bon de vérifier la source de tension anodique, en branchant un voltmètre, un milliampèremètre et une résistance de charge comme l'indique en traits pleins la figure 6. Les lampes sont allumées, mais le + HT est coupé à l'endroit indiqué, avant d'alimenter les lampes : c'est la résistance variable qui absorbera le courant anodique et per- mettra de faire varier la consommation. On observe les irrégularités dans le mouvement des aiguilles, au besoin en traçant la courbe des variations de voltage en fonction des variations d'intensité. Si la tension baisse trop vite quand on augmente le débit (comparer avec les courbes de la valve), il faut vérifier l'état de la valve et des lytiques de filtrage. Une tension correcte avec un courant trop important peut trahir un défaut d'isolement des lytiques : un milliampèremètre inséré dans un des fils qui y aboutissent le révèle, on ne doit pas lire plus d'un demi-milliampère (ici encore, toujours commencer par l'échelle la moins sensible pour ne pas griller le milliampèremètre en cas de court-circuit franc).

Mesures du récepteur.

a) En mesurant la tension anodique, rappelons-nous toujours qu'il s'agit de la tension entre anode et cathode. Donc, nous mesurerons entre cathode et masse, et nous soustrairons de la tension lue entre anode et masse. Pour les lampes haute fréquence, on peut se contenter de lire entre anode et masse, la différence sera peu sensible, car la polarisa- tion de grille, qui représente justement la tension entre cathode et masse, est négligeable. Mais il n'en est plus de même pour les lampes basse fréquence. Par exemple, une AD 1 doit normalement avoir une tension anodique de 250 et une tension négative de grille de — 45 volts. Si donc on se contente de lire la tension entre plaque et châssis, on aura 295 volts, soit une erreur de 18 p. 100 en trop.

b) La première chose à faire est de vérifier la lampe de sortie. Nous mesurerons sa tension anodique et le courant anodique par la même occasion. Si I est trop faible et E trop fort, il est à présumer que la polari- sation est exagérée (résistance de polarisation vieillie). Au contraire, avec I trop fort et E trop faible, la polarisation est insuffisante : voir le circuit-grille ou le condensateur de découplage cathodique qui peut être claqué. Par contre, si I et E sont trop forts ou trop faibles, il faut soup- çonner l'alimentation et le circuit de plaque.

La mesure de la résistance de polarisation et de la tension à ses bornes complète l'analyse.

c) Les symptômes sont les mêmes dans la lampe précédente, mais d'autres observations viennent s'y ajouter. Par exemple, examinons la figure 7, qui représente une pentode en première basse fréquence : il est bien évident qu'une double diode-triode, ou pentode, se comporte de la même manière, les circuits étant inchangés.

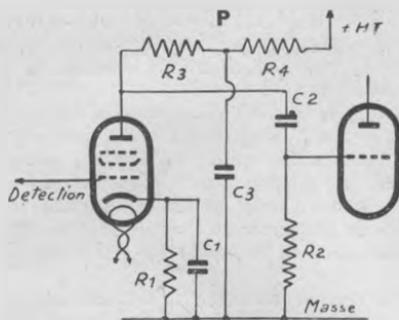


Fig. 7. — Circuits anode et cathode.

R_3 défectueux abaissera la tension à l'anode, mais la laissera presque intacte au point P. C_2 claqué annulera presque la tension à l'anode et l'abaissera simplement au point P. C_3 claqué annulera presque la tension à l'anode et au point P. Se méfier du claquage d'un condensateur de grille, qui peut endommager la lampe suivante, surtout si c'est la lampe de puissance, car il se traduit par une polarisation positive et un courant-plaque exagéré, capable de démolir la lampe et la valve.

d) Si le courant anodique est élevé avec une tension plutôt faible, il faut vérifier le circuit cathodique (R_1, C_1) et même la lampe, qui peut présenter un court-circuit entre cathode et filament. On vérifiera aussi l'état du condensateur de grille.

e) On vérifiera en même temps les tensions d'écran des pentodes, car cette tension a une très grande influence sur le courant anodique.

f) Les autres lampes amplificatrices obéissent aux mêmes règles. Toutefois, nous aurons soin, en faisant nos mesures sur les lampes haute fréquence et moyenne fréquence, de tourner à fond le volume-control et de déconnecter l'antenne, afin d'éviter tout freinage de tension et de courant par l'antifading ou la commande manuelle.

On voit, par ces quelques exemples, que l'usage intelligent d'un bon milliampèremètre, ou d'un contrôleur universel, permet de trouver rapidement et sûrement bien des causes de panne. C'est pourquoi le radiotechnicien organisé se constituera un dossier aussi complet que possible des schémas des récepteurs qui passent entre ses mains, avec indication des tensions et des courants normaux aux points névralgiques, et les valeurs normales des résistances et des capacités. Ce ne sera pas du temps perdu, loin de là.

MESURE DES RÉSISTANCES

La mesure des résistances est aussi importante que celle des tensions et des courants. Mesurons par exemple un bobinage d'accord ou d'hétérodyne. Sa résistance reste-t-elle la même quand on passe de P. O. à G. O. ? C'est que le commutateur ne court-circuite pas le bobinage G. O. La résistance ne varie-t-elle que de 1 ou 2 ohms ? Alors, le commutateur a une résistance de contact trop grande, ce qu'on peut encore vérifier par la mesure directe de cette résistance de contact.

Pour faire ces mesures de continuité, le buzzer au néon est idéal. On peut aussi se servir d'un ohmmètre, et l'on sondera de la sorte les condensateurs claqués ou fuyants, les transfo en court-circuit, les résistances qui ont vieilli, etc. Deux précautions sont indispensables : ne faire

ces mesures que sur le poste déconnecté du secteur et se méfier des mesures de résistances et de capacités non libérées par un bout de leur circuit, car elles peuvent être shuntées assez loin par un autre circuit peu visible à première vue. Donc, étudiez bien le circuit, ou mieux encore, libérez l'organe à mesurer, c'est plus sûr.

Si vous n'avez pas d'ohmmètre, un voltmètre fera l'affaire. Il suffira de le monter comme l'indique la figure 8, avec une simple pile et une

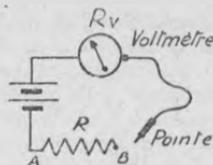


Fig. 8. — Mesure d'une résistance.

pointe à tâter. Avec la pointe, on touchera le bout A de la résistance (lecture du voltmètre : U_1) puis le bout B (lecture : U_2). Si R_v est la résistance du voltmètre, on a :

$$R \text{ ohms} = \frac{U_1 - U_2}{U_2} \times R_v$$

Exemple : $U_1 = 4,5$ volts, $U_2 = 3$ volts, $R_v = 2\,000$ ohms.

On a : $R = 1,5 : 3 = 0,5$, multiplié par $2.000 = 1.000$ ohms.

Bien entendu, les mesures ainsi faites manquent un peu de précision. Si on veut étalonner, il faut recourir à un appareil plus sérieux, comme le pont de Wheatstone.

MESURE DES CAPACITÉS

Pour la mesure des capacités courantes, pas trop petites, on peut se servir d'un milliampèremètre alternatif. [Le schéma est celui de la

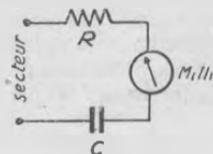


Fig 9. — Mesure d'une capacité.

figure 9. On voit qu'il suffit de mettre en série le milliampèremètre alternatif, la capacité à mesurer et une résistance de protection (en cas de condensateur claqué) et d'alimenter avec de l'alternatif.

La méthode repose sur le fait bien connu qu'un condensateur se laisse traverser par le courant alternatif, mais en lui opposant une résistance capacitive, ou capacitance, inversement proportionnelle à sa capacité et à la fréquence du secteur. Cette capacitance a pour valeur :

$$Z_c \times = \frac{1}{6,28f \times C}$$

Si le secteur est à 50 périodes par seconde, cette capacitance est simplement :

$$Z_c \text{ (en ohms)} = \frac{3.185}{C \text{ en microfarads}}$$

Je me dis donc : « Dans le circuit de la figure 9, la capacitance R_4 du condensateur est en série avec une résistance R (égale à la somme de la résistance de protection et de la résistance interne du milliampèremètre). Si la tension est 110 volts, si R vaut 20.000 ohms et si mon milliampèremètre indique 2 milliampères, la loi d'Ohm me donne :

$$R_4 + R = 110 : 0,002 = 55.000 \text{ ohms,}$$

donc $R_4 = 35.000$ ohms, et $C = 3.185 : 35.000 = 0,1$ microfarad... »

Eh bien ! ce résultat est faux, car j'ai oublié une chose : c'est que le courant qui traverse la capacité est décalé de 90° par rapport à celui qui traverse la résistance. Si bien que ma résistance totale n'est pas la somme de la résistance et de la capacitance, telle que la ferait un élève du certificat d'études, mais bien l'impédance totale Z qui a pour expression :

$$Z = \sqrt{R_e^2 + R^2},$$

et c'est elle qui vaut 55.000 ohms.

Dès lors, le calcul se complique légèrement. Comme la vie est trop courte pour perdre notre temps en calculs et en erreurs, nous procéderons tout simplement comme ceci :

1° Ou bien nous supprimerons froidement la résistance de protection en la court-circuitant quand nous sommes sûrs que la capacité n'est pas claquée (une résistance variable ou un potentiostat court-circuitable en fin de course sont tout indiqués). Nous lisons notre milliampèremètre, et nous appliquons la formule de tout à l'heure, qui peut encore s'écrire :

$$C \text{ (en microfarads)} = \frac{1.000.000 \times I \text{ ampère}}{2 \pi f \times E \text{ volts}},$$

soit, pour le secteur habituel à 50 périodes par seconde :

Microfarads = mille fois le nombre de milliampères divisé par trois cent quatorze fois le nombre de volts.

Et, si votre secteur fait 110 volts, 50 périodes, c'est encore plus simple : vous n'avez qu'à multiplier le nombre de milliampères par 0,029 (ou plus grossièrement par 0,03) pour avoir la capacité en microfarads.

2° Ou bien nous étalonnerons notre milliampèremètre avec des condensateurs de valeurs connues : par exemple, un $0,1 \mu\text{F}$ donnera 2,9 milliampères avec une résistance de protection de 20.000 ohms. Il ne restera qu'à faire soit une courbe d'étalonnage, soit une échelle de concordance dans le genre de la figure 10, qu'on peut allonger et répéter pour



Fig. 10. — Échelle de concordance pour mesure de capacité.

les diverses sensibilités de l'appareil. Pour les fortes capacités, on recommande l'étalonnage avec une résistance plus forte, etc.

Mais les courageux (?) s'épargneront toutes les échelles et tous les calculs, en réduisant un transformateur à l'esclavage. Ce transfo abaisseur de tension donne au secondaire 3,14 volts (exemple : pour 110 volts, on met 478 tours au primaire et 15 au secondaire sur une vieille carcasse de transfo basse fréquence). On supprime la résistance de protection et on met la capacité dans le circuit secondaire, en série avec le milliampèremètre (fig. 11). Et on lit au cadran exactement autant de microfarads

que l'aiguille indique de milliampères. C'est commode, n'est-ce pas ? Remarquons que rien ne s'oppose à ce que le secondaire donne 314 volts : alors, le milliampèremètre nous donnera plus de sensibilité, et nous lirons

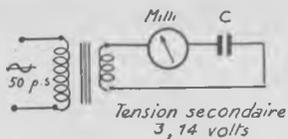


Fig. 11. -- Lecture directe des capacités.

directement les centièmes de microfarads. Mais la prudence conseille alors de mettre en série une résistance court-circuitable en fin de course pour éviter de griller le cadre.

Alternativement, nous pouvons utiliser le buzzer au néon décrit au chapitre précédent. Et, si nous voulons plus de précision nous ferons les mesures au pont.

LE LABORATOIRE

Le laboratoire du service-man, c'est son repaire où il passe le plus clair de son temps : il ne fera donc jamais assez pour le rendre agréable et pratique. C'est aussi son bureau. Là défilent les clients, toujours soupçonneux dès qu'il s'agit de leur portefeuille et de leur poste. Croyez bien qu'on vous jugera d'après votre installation, tout comme on juge un dentiste d'après les nickels de son cabinet. Il faut qu'il y règne de la propreté, un petit air scientifique et un peu de confort : d'abord pour rassurer le client et lui donner une idée flatteuse des connaissances techniques du patron, ensuite pour justifier des honoraires plus rémunérateurs que ceux d'un quelconque cafouilleux, et surtout parce qu'un laboratoire judicieusement ordonné engendre le goût au travail et le facilite singulièrement.

Dans le métier de radio, la qualité maîtresse est l'ordre. Le laboratoire ne doit pas être un débarras, mais un endroit où l'on travaille. Il faut trouver en deux secondes le schéma, l'outil, la pièce nécessaire. Il ne faut pas égarer une seule des pièces provenant d'un poste de client, même s'il y en a plusieurs en chantier.

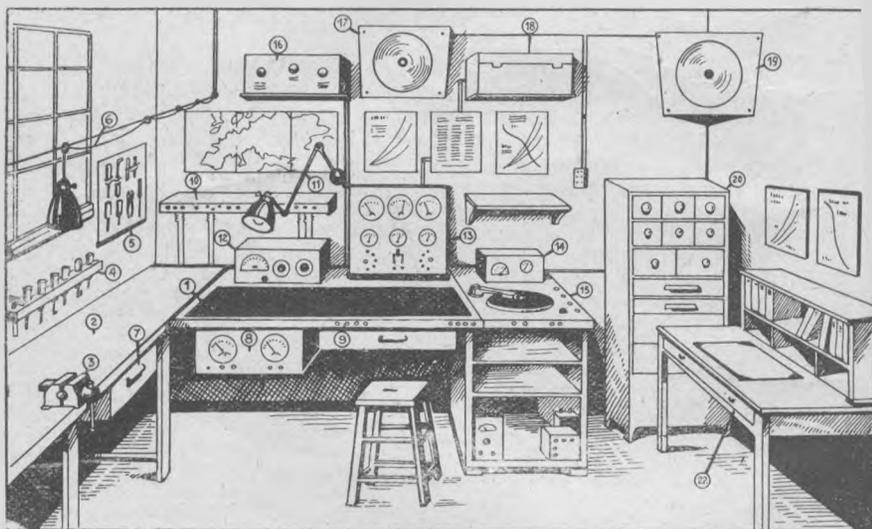


Fig. 1. — Disposition rationnelle d'un labo.

- | | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 1. Table de dépannage. | 12. Hétérodyne. |
| 2. Etabli de mécanique. | 13. Tableau de mesures. |
| 3. Etau. | 14. Ondemètre. |
| 4. 5. Outils. | 15. Tourne-disques. |
| 6. Lampe baladeuse. | 16. Ampli BF. |
| 7. Tiroir à petits outils. | 17. 19. Haut-parleurs. |
| 8. Etages de substitution. | 18. Alimentation tous courants. |
| 9. Tiroir à instruments. | 20. Bahut. |
| 10. Etagère à prises de courant. | 22. Bureau. |
| 11. Lampe articulée. | |

Très souvent, c'est l'arrière-boutique qui est promue au rang de laboratoire. Mais, chaque fois que vous le pourrez, rien ne vous empêche de choisir une place plus visible, avec une vitrine par laquelle le public peut vous voir opérer : un bon dépanneur ne doit pas craindre d'être vu, c'est sa meilleure publicité. Néanmoins, pour concrétiser un cas, nous supposons une arrière-boutique avec une fenêtre et une porte donnant sur le magasin, dans un commerce de T. S. F. moyen.

Premier principe : rangez les tables contre les murs, en laissant le centre libre. Cela vous permettra d'utiliser les murs pour supporter les tableaux de mesure, les outils, les schémas, les prises de courant et tant d'autres choses. Réservez le long des murs disponibles des îlots spécialisés : un îlot pour le travail mécanique, avec son établi robuste, dont une extrémité couverte d'une feuille de zinc, un îlot de dépannage, un îlot de documentation et un autre réservé au stockage des pièces de rechange et à la vérification. Bien entendu, chacun brodera sur ce thème suivant la disposition des lieux. La figure 1 en donne un exemple.

On voit qu'au lieu de tables standard, ce laboratoire comporte du mobilier « sur mesure », qui a l'avantage de coûter moins cher et d'être beaucoup plus pratique. L'établi et la table de dépannage ne font qu'un. On voit au centre le tableau des appareils de mesure fixé au mur, avec les clefs de sensibilité, les fiches et les jacks. Afin d'éviter l'encombrement par les fils qui traversent toute la table, on les fera passer par-dessous et ils se termineront par une fiche étiquetée fixée sur le bord de la table. La place restant disponible de part et d'autre du tableau sera occupée par les appareils d'étalonnage : l'ondemètre détecteur à lampe, l'hétérodyne, le pont à lampes, etc. Le tourne-disques sera posé sur le bord extrême, ou mieux sur une tablette *ad hoc*.

Sous la table, et parfaitement blindé, vous monterez un super-inductance, que vous aurez bricolé pour le munir de lampes plus jeunes et pour lui enlever l'antifading et la basse fréquence. Vous lui aurez ajouté un potentiomètre commandant le potentiel de grille et faisant volume-control haute fréquence. Cet ancien appareil, que tout bricoleur trouvera dans son stock, est donc devenu un récepteur complet haute fréquence + détectrice, transformable en amplificateur haute fréquence seul. Tout à côté, vous aurez une lampe changeuse de fréquence avec ses circuits et son commutateur d'ondes. En bas, sous la table, vous aurez l'alimentation de ces appareils et une basse fréquence sérieuse, précédée d'une détectrice diode, avec prise de pick-up, ces deux sections se passant évidemment de réglage ; elles pourront du reste se trouver sur une étagère assez haut pour ne pas encombrer. Enfin, toujours au mur, ayez un amplificateur moyenne fréquence avec son alimentation autonome, qui, lui non plus, n'a pas, besoin de réglage.

Par un jeu de raccords, vous pourrez utiliser les sections désirées, les combiner entre elles, les substituer à un étage quelconque d'un poste en panne (voir à la section *Le Dépannage* des idées générales sur cette méthode). Ce poste en pièces détachées, véritable Meccano du serviceman, vous rendra de tels services que vous vous demanderez comment vous avez pu vous en passer. Remarquez que la dépense est nulle : avec deux vieux postes, vous avez tout ce qu'il faut pour en construire les différents éléments.

La table a un ou deux tiroirs. Ils seront divisés en casiers pour recevoir, l'un, les outils spéciaux : buzzer au néon, rhéostats gradués, résistances étalonnées qui ne seront *jamaïs* montées sur châssis, jauges, palmer, petits tournevis, tarauds, etc., et, l'autre, une série de boîtes métalliques contenant les vis, écrous et petites pièces dont on a toujours besoin. Le polymètre pourra rester sur la table.

Au mur, à hauteur commode, on fera une plaque de distribution

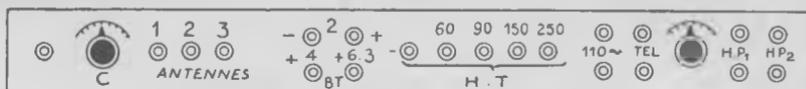


Fig. 2.

(fig. 2) qui pourra border une tablette-étagère. Cette plaque d'ébonite ou de bakélite offrira :

Les bornes des diverses antennes, dont une avec un condensateur variable en série ;

La borne de la prise de terre.

Les sources de tension :

2,4, 6,3 volts, 60, 90, 150, 250 volts continus, donnés par une alimentation munie d'une lampe-témoin.

Cent dix volts alternatifs (secteur), deux prises de haut-parleur, une prise de téléphone, avec un rhéostat permettant d'entendre confortablement au casque l'émission, même à pleine puissance, d'un poste à l'essai, dont la sortie est branchée sur les prises de haut-parleur.

Les étagères, on l'a deviné, serviront à débarrasser la table de travail des objets encombrants: ébénisteries, haut-parleurs, pendant le dépannage.

Deux haut-parleurs, un grave et un aigu, seront placés à hauteur convenable et reliés à la plaque de distribution.

Une lampe articulée, fixée au mur, permettra d'avoir l'éclairage localisé au point précis ; il sera, bien entendu, complété par un bon éclairage général de toute la pièce.

À droite de l'établi de dépannage, on remarque des casiers, sous la tablette: là, se rangeront les cuvettes profondes dont il sera question plus loin.

L'outillage courant: pinces, tournevis, etc., sera disposé sur une planche à outils murale, bien à portée de la main. Enfin, un meuble à casiers servira de magasin à pièces.

Le côté « mécanique » du laboratoire se passe de commentaires. Des trous pratiqués dans l'établi, contre le mur, supporteront les outils à manches: limes, ciseaux, etc., à moins qu'on ne préfère un râtelier porte-outils fixé au mur. Sur l'établi se trouveront les accessoires du mécanicien: petite perceuse, étiau, soudeuse, cornières à pliage, etc.

Le côté « bureau » comportera le téléphone, la bibliothèque et surtout les abaques et les schémas qui tapissent le mur. On aura un petit classeur pour contenir les schémas recueillis, les plans de câblage, les feuilles de service des postes. Les fiches des clients prendront place dans un fichier. Enfin, dans un cahier à onglets, on note les principales pannes qu'on a rencontrées.

Le côté « stock » ne demande aucune description. C'est une armoire, avec des casiers à côté pour les pièces volumineuses.

Pour terminer, indiquons un moyen bien simple d'éviter le montage dans les postes des lampes et résistances étalons: il suffit de les marquer avec une peinture spéciale.

LES ACCESSOIRES DE TRAVAIL

Râtelier à lampes. — Les lampes de dépannage seront avantageusement montées sur des râteliers en bois contreplaqué épais, percés de trous pour le passage des broches. Une étiquette lisible indiquera la place de chaque lampe. On évite ainsi les pertes de temps et le bris de lampes coûteuses.

Les cuvettes à pièces. — Quand vous démontez un poste, il en sort naturellement des tas de pièces: lampes, vis, blindages, etc., qui ne

seront peut-être pas remontées le même jour. Mettez-les *toutes* dans une cuvette de format suffisant, avec une étiquette ou une fiche dont une partie (portant le même numéro de réparation) sera attachée à l'ébénisterie ou au châssis. Ainsi, vous éviterez bien des ennuis et des réclamations.

Le berceau à châssis. — On vend des berceaux qui reçoivent les châssis et permettent de les immobiliser ou de les faire tourner en tous sens, ce qui facilite beaucoup le travail. Procurez-vous cette machine à gagner du temps, ou faites-la vous-même, avec du fer plat, du tube et des écrous à oreilles.

La caisse à déchets. — Ayez dans un coin, près de vous, une caisse (qui peut être décorative !) destinée à recevoir les déchets. Cela vous donnera des habitudes d'ordre et de propreté, si vous ne les avez déjà.

Le feutre protecteur. — Vous devez avoir un feutre de bonnes dimensions qui sera utilisé comme tapis de table, en certaines occasions, pour éviter de rayer les ébénisteries.

Les antiparasites. — Tous vos appareils doivent être antiparasités. Sinon, comment pouvez-vous conseiller aux autres ce que vous n'utilisez pas vous-même ?

Les antennes. — Il vous faut *plusieurs* antennes, dont une intérieure (par conséquent parasitée) et *au moins* une autre antiparasite. Un service-man qui se respecte doit pouvoir montrer à ses clients tous les bienfaits d'une bonne antenne et les méfaits d'une mauvaise, car, suivant le but commercial poursuivi, il aura besoin de l'une ou de l'autre pour ses démonstrations. Nous suggérons, outre l'antenne intérieure courante :

Une antenne à capacité terminale, à descente blindée (pour toutes ondes) ;

Une antenne en doublet, à descente par transfos (pour les O. C.) ;

Une antenne basse intérieure, à 1 mètre du sol (et non du plancher) (en cas de parasites atmosphériques violents).

Les lampes sur rail. — Un fil de fer tendu au-dessus des établis permet de faire coulisser aisément les lampes à abat-jour profond pour amener la lumière au point le plus commode (fig. 3). Le câble torsadé

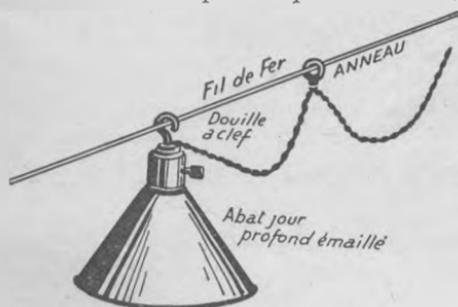


Fig. 3. — Lampe sur rail.

amenant le courant est suspendu tous les 80 centimètres par de larges anneaux coulisant sur le fil de fer.

Le transfo à souder. — On trouvera au chapitre *L'Utilisation des restes* des détails de construction de cet appareil des plus utiles.

Le fichier. — Quand un poste entre au laboratoire, il fait aussitôt l'objet d'une *fiche d'entrée*, qui accompagne le poste jusqu'à sa sortie. L'appareil reçoit le numéro d'ordre de la fiche. La fiche reçoit toutes indications relevées au cours du dépannage, et son verso peut être utilisé pour les particularités (schéma, état de certaines pièces, transformations).

Après dépannage, la fiche est classée.

Pourquoi tant de peine, dira-t-on ? Parce que l'expérience a démontré que c'est le seul moyen de faire une facture honnête et rémunératrice et de gagner la confiance de la clientèle. Un client se sent toujours rassuré quand il voit que le travail a été suivi avec méthode et correction ; il n'a pas l'impression d'être roulé avec des prix « à la tête ». Et, si le poste vous revient plus tard, vous serez bien content de retrouver sa fiche qui vous évitera des erreurs, des pertes de temps et des discussions pénibles.

De telles fiches peuvent être imprimées, ou simplement polycopiées

L'OUTILLAGE

L'outillage varie, naturellement, suivant la bourse et les besoins du service-man. Mais il est un certain nombre d'outils dont il est bien difficile de se passer quand on veut faire du beau travail. Ce sont :

- *Un jeu de pinces* : pince à longs becs droits, pince à longs becs coudés, pince universelle forte, pince coupante à becs droits, pince à becs ronds, précelles à becs coudés, pince coupante à becs obliques, pince à becs plats larges, pince emporte-pièce, pince à poser les œillets.
 - *Un petit étau à main*, avec manche.
 - *Un jeu de limes fines* : plate, mi-ronde, queue-de-rat, carrée, feuille-de-sauge, et surtout la lime à fendre la tête des vis.
 - *Un jeu de tournevis* de toutes tailles, plus un tournevis d'horloger à lames interchangeables, un tournevis coudé d'angle, un long tournevis à régler les paddings.
 - *Une scie à métaux* avec un jeu de lames à dentures différentes.
 - *Une scie plate d'encadreur*.
 - *Une scie à découper « bocfil »* avec sa planchette à vis pressante, et un jeu de scies à bois et à métaux de diverses dentures.
 - *Une petite chignole* avec son jeu de forets hélicoïdaux dans une boîte ou un étui, une fraise pour têtes de vis.
 - *Un drille* et son jeu de forets langue-d'aspic.
 - *Un tourne-à-gauche* et des filières de 2, 3 et 4 millimètres.
 - *Un porte-tarauds* avec ses tarauds et forets correspondants, pour 2, 3, 4 et 5 millimètres.
 - *Des alésoirs* pour trous de 2 à 10 millimètres.
 - *Une clef à tube acier* avec ses embouts.
 - *Une paire de forts ciseaux*.
 - *Une cisaille à chantourner*.
 - *Un pied à coulisse à vernier*.
 - *Un calibre à fils*.
 - *Deux ou trois marteaux* de différentes tailles, dont un d'encadreur.
 - *Une meule émeri*.
 - *Une clef anglaise*.
 - *Une petite enclume* et un tas de plomb durci par fusion avec un peu de régule.
 - *Un jeu de grattoirs*.
 - *Deux fers à souder* : un de 75 watts environ, l'autre de 150 watts, à panne interchangeable.
 - *Un support de fer électrique* avec résistance mise en série par le poids du fer, ce qui réduit le courant au repos tout en laissant le fer assez chaud.
- Vous y adjoindrez d'autres accessoires d'une incontestable utilité :
- Des pointes à tâter à manches isolants ;
 - Un miroir de dentiste, pour voir dans les coins les plus inaccessibles ;
 - Une lampe de poche torche, petit modèle ;
 - Des clefs minces à écrous, du genre de celles que les garagistes utilisent pour régler les soupapes, sous le nom de « clefs au vanadium » ;
 - Un petit outillage d'amateur de menuiserie ;

- Chasse-pointes, chasse-goupilles, pointeau, burin, etc. ;
- Une petite lampe à souder à essence ;
- Un chalumeau à braser, à bouche ;
- Des adaptateurs pour transformer les culots et sockets de triodes à pentodes, etc... ;
- Un tâteur de continuité à néon ;
- Des cordons souples avec bananes, cosses, crocos, etc. ;
- Une bouteille d'*huile minérale russe* et un *pinceau de martre*, pour nettoyer les contacts, parties frottantes, douilles de lampes, commutateurs, etc.

Tous ces outils auront une place bien déterminée dans le laboratoire, de manière à ne pas devoir les chercher pendant des minutes. Les outils en acier seront protégés contre la rouille par une couche ultra-mince de vaseline, appliquée de temps en temps à l'aide d'un chiffon à peine gras. On aura soin de ne pas charger les accus dans le laboratoire, car les vapeurs acides dégagées par la charge produiraient rapidement des dégâts dans les appareils et dans l'outillage.

Ajoutons, pour terminer, l'indispensable flacon d'*huile minérale russe*, qui adoucit les contacts et supprime les crachements de toutes parties frottantes. Essayez sur un commutateur cambouisé, avec un petit pinceau, et vous ne pourrez plus vous en passer. Nous spécifions bien : huile minérale *russe*, pas autre chose.

LES APPAREILS DE MESURE

Nous avons connu des phénomènes qui arrivaient à faire des dépannages étourdissants avec, pour tout appareil de mesure, un voltmètre 6-120 volts datant de l'âge de l'ébonite taillé. Mais les acrobaties de ces as ne démontrent nullement l'excellence de telles méthodes. Un bon ouvrier, muni de bons outils, travaille quand même mieux et plus vite qu'avec des instruments d'avant l'autre guerre. Il n'y a que les corniauds pour préférer la routine au progrès.

La technique se complique, la concurrence s'amplifie, les clients sont de moins en moins disposés à payer les dépanneurs qui passent des journées à réparer imparfaitement un poste souffrant. Il est donc un minimum d'appareils de mesure que tout service-man doit acquérir ou construire, s'il ne les possède déjà.

La méthode brutale consiste, évidemment, à consulter une maison spécialisée et à se laisser coller, à prix d'or, toute une série d'appareils plus ou moins américains, dont l'utilité n'est pas toujours prouvée dans un atelier de dépannage. Entre nous, vous n'avez pas souvent l'occasion d'utiliser un décrémenteur, un phimètre, un babinomètre. Laissez donc ces superinstruments aux laboratoires de recherche.

Bien sûr, tel atelier aura des besoins différents de tel autre. Mais un service-man normalement constitué utilisera couramment une série d'appareils simples dont nous donnons la liste ci-dessous, et qu'il complétera au fur et à mesure des besoins.

Ceci dit, il existe évidemment des appareils dits « universels », qui réunissent tout un laboratoire dans une petite boîte de rien du tout — du moins théoriquement. Mais nous pensions qu'il est préférable d'abandonner cette séduisante universalité et d'avoir des instruments plus simples, plus robustes, se mariant entre eux pour donner naissance à des quantités de montages et d'applications. Un exemple : au lieu du polymètre coûteux, mieux vaut, quand on est peu argenté, se procurer un voltmètre et un milliampermètre séparés, avec shunts extérieurs et y adjoindre les accessoires pour en faire un ohmmètre. On peut ainsi brancher à la fois le voltmètre et le milliampermètre, tarer le voltmètre alternatif

pour lui faire mesurer les selfs, et finalement faire entrer ces appareils simples dans des appareils élaborés, ce qui ne peut se faire avec les polymètre, qui sont condamnés à rester toujours des polymètres. Bien entendu cette argumentation tombe si la question gros sous n'entre pas en jeu, si on aime le travail tout fait, ou plus simplement si on n'a pas le temps de bricoler.

Voyons maintenant les appareils standard du laboratoire ; ce sont :

1° *Une boîte de contrôle universelle*, pour la mesure des voltage et courant anodique total, continu et alternatif, à haute sensibilité et plusieurs échelles ;

2° *Une hétérodyne modulée*, permettant d'injecter dans un poste en cours de réglage une fréquence déterminée, modulée ou non. C'est donc un petit émetteur local, réglable et toujours disponible ;

3° *Un voltmètre à lampe*, pour la mesure des tensions alternatives en haute fréquence ;

4° *Un outputmètre*, qui peut être combiné avec le voltmètre à lampe, et qui mesure non les volts, mais les watts alternatifs disponibles en basse fréquence ;

5° *Un pont de Wheatstone*, pour la mesure précise des résistances, des capacités et des selfs ;

6° *Un pont à lampes*, plus ou moins complexe, pour mesurer rapidement l'état électrique des lampes les plus courantes ;

7° *Un ondemètre*, pour l'étalonnage des circuits oscillants. Il peut du reste être combiné avec le voltmètre à lampe ;

8° *Un buzzer au néon*, pour les essais en basse fréquence, les essais des pièces et une foule d'autres usages ;

9° *Une sonnette*, formée tout bonnement d'une pile de lampe de poche, d'un peu de fil souple, de deux pointes à tâter et d'un récepteur, soit audible (buzzer vibrant), soit visible (vieux voltmètre déterrés dans quelque coin ;

10° *Une bouteille d'air comprimé*, ou un tube de gaz carbonique comme on les utilise pour faire monter la bière, ou mieux encore un petit compresseur à gonfler les pneus. Seul, l'air comprimé permet de nettoyer les châssis poussiéreux, les condensateurs variables, les trimmers encrassés les bobines, les entrefers de haut-parleur sans les démonter et sans les dérégler. Il vous fera gagner énormément de temps ;

11° Enfin, si vos moyens vous le permettent — ou aussitôt qu'ils vous le permettront — offrez-vous le roi des appareils, la véritable machine à voir dans les tripes du poste : *l'oscillographe cathodique*. Avec lui, tout devient simple. Vous alignerez, vous réglerez les sensibilités les sélectivités, vous améliorerez la musicalité, vous sculpterez à votre guise les courbes de réponse des filtres et circuits oscillants ; bref, vous ferez du beau travail, et du travail qui paie. Entre nous, on ne peut plus se passer maintenant d'un oscillographe quand on veut être à la page et se faire une renommée. Son prix d'achat est rapidement récupéré, et au delà, par la publicité de premier ordre qu'il fait à son heureux possesseur. Il est impossible de régler « au poil » un poste moderne sans son aide.

Du reste, les malins qui ont la foi, l'habileté manuelle, la persévérance et les quelques billets de cent francs nécessaires pour l'achat du tube et du thyatron, sauront le faire eux-mêmes, en utilisant intelligemment le matériel provenant du cimetière aux vieux postes que tout dépanneur entretient dans son arrière-boutique.

Il existe, bien entendu, d'autres appareils indispensables dans certains ateliers. Mais chacun les découvrira au fur et à mesure des nécessités de sa profession et de l'embonpoint de son compte en banque...

LE CONTROLEUR UNIVERSEL

Nous avons déjà dit que nous préférons les instruments séparés, soit un voltmètre universel et un milliampèremètre universel à l'appareil qu'on appelle « boîte de contrôle universelle » ou « contrôleur » ou « polymètre », parce que les appareils séparés donnent plus de possibilités d'emploi et surtout peuvent fonctionner simultanément, tandis qu'un contrôleur ne peut mesurer les volts en même temps que les milliampères.

Néanmoins, le contrôleur universel présente quelques avantages :

1° Il coûte moins cher, puisqu'il ne comporte qu'un appareil à cadre mobile au lieu de deux ;

2° Il est moins volumineux, ce qui permet de l'emporter au cours des visites.

Il existe sur le marché une infinité de contrôleurs universels, qui permettent à peu près toutes les mesures suivantes :

1° Tensions alternatives et continues : 0 à 1, 5, 7,5, 30, 150, 300 et 750 volts ;

2° Intensités alternatives et continues : 0 à 1, 3, 30, 150, 500 milliampères, puis 1,5, 7,5 ampères ;

3° Quelquefois, mesure des résistances et des capacités.

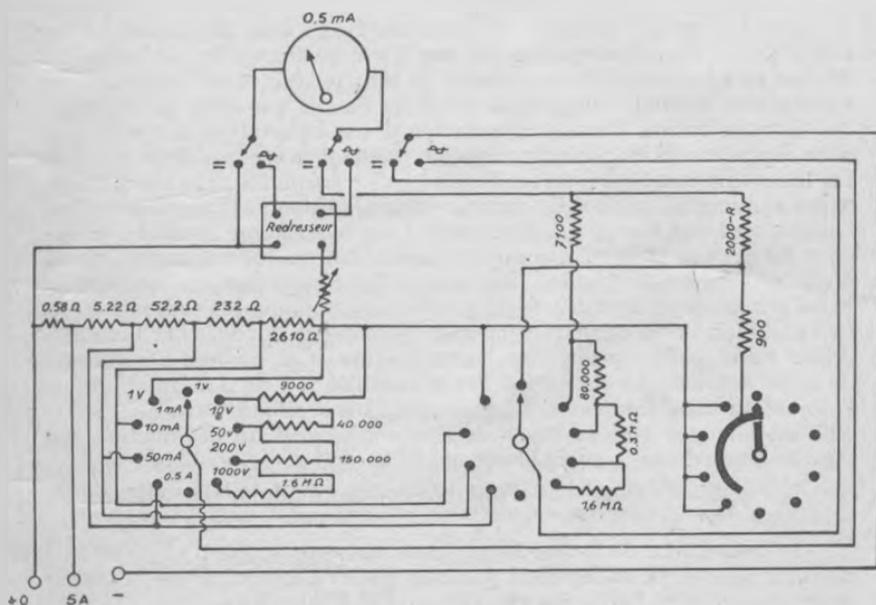


Fig. 4. — Schéma de principe d'un contrôleur universel pour la mesure des tensions et des courants en continu et en alternatif. Les trois commutateurs de sensibilité sont commandés par le même bouton.

La commutation des résistances-série pour la mesure des tensions et des shunts pour celle des intensités se fait soit par fiches, soit par contacteur rotatif. Cette dernière disposition est particulièrement pratique.

La qualité essentielle d'un contrôleur universel utilisé en voltmètre est sa *résistance interne*, qui doit être aussi élevée que possible. On trouve couramment des appareils dont la résistance propre atteint 1.000, 2.000 ou 5.000 ohms par volt. Certaines réalisations particulièrement soignées donnent 13.000 et même 20.000 ohms par volt, mais hâtons-nous de dire

que ces appareils très fragiles ne sont utiles qu'aux laboratoires de recherche.

Il ne faut pas oublier que la résistance interne d'un voltmètre dépend essentiellement de la sensibilité du milliampèremètre utilisé comme appareil de base. Ainsi, un milliampèremètre de 1 milliampère permet de réaliser un voltmètre de 1.000 ohms par volt ; un micro-ampèremètre de 500 micro-ampères (0,5 milliampère) permet la réalisation d'un voltmètre de 2.000 ohms par volt, etc.

Une autre qualité que l'on doit exiger d'un contrôleur universel à sensibilités multiples est la facilité de lecture. Il n'est pas nécessaire d'avoir une échelle par sensibilité et nous pouvons fort bien nous contenter de deux ou trois échelles superposées, mais encore faut-il que la lecture soit facile, sans divisions ou multiplications compliquées de l'indication de l'aiguille.

Certains appareils soignés comportent des correcteurs de température.

Les voltmètres des appareils universels servent, pratiquement, à mesurer toutes les tensions que l'on peut rencontrer dans un récepteur de T. S. F., sauf deux ou trois cas pour lesquels il nous faut une résistance propre pratiquement infinie et où nous utiliserons un voltmètre à lampe.

Hétérodyne modulée.

Une hétérodyne modulée est aussi nécessaire à un dépanneur qu'un voltmètre ou un milliampèremètre, car il y a beaucoup de pannes qu'on localise en quelques minutes à l'aide de cet appareil et sur lesquelles on « sécherait » souvent longtemps, si on ne l'avait pas sous la main.

Tout le monde connaît le principe d'une hétérodyne modulée que nous rappelons ici en quelques mots, en donnant le schéma de la figure 4. La lampe L_1 fonctionne en oscillatrice haute fréquence. Un jeu de bobinages convenable permet de couvrir toutes les gammes nécessaires pour l'alignement des récepteurs modernes. Le condensateur variable, accordant les circuits oscillants, comporte un cadran gradué soit en longueurs d'ondes, soit en fréquences. La lampe L_2 fonctionne en oscillatrice basse fréquence et fournit une fréquence fixe toujours de l'ordre de 400 à 600 périodes. Cette oscillation basse fréquence est envoyée sur l'une des grilles de la lampe oscillatrice haute fréquence et module l'oscillation de cette dernière. La haute fréquence modulée (ou non, si on supprime l'oscillation basse fréquence) est recueillie dans le circuit anodique de L_1 . Elle est envoyée vers la borne de sortie à travers un atténuateur qui permet de la doser convenablement.

Les qualités essentielles d'une hétérodyne modulée doivent être les suivantes :

1° Couverture de toutes les gammes nécessaires pour l'alignement : O. C., P. O., G. O. et les deux gammes pour l'alignement des transformateurs moyenne fréquence sur 135 ou 472 kilocycles ;

2° Grand cadran bien démultiplié et très précis. Nous préférons les cadrans étalonnés en fréquence, car les constructeurs des postes et des bobinages indiquent habituellement de cette façon les points d'alignement. À la rigueur, on peut admettre l'étalonnage par courbes jointes à l'appareil, mais c'est une complication qui ralentit le travail ;

3° Blindage très soigné de l'ensemble. Cela revient à dire qu'une bonne hétérodyne en fonctionnement ne doit pas influencer un récepteur même placé à proximité, lorsque son câble de sortie n'est pas branché ;

4° Atténuateur efficace, permettant de passer progressivement du maximum au minimum. La plupart des constructeurs prévoient, actuellement, deux atténuateurs successifs, le premier procédant par bonds,

lampemètres simples. Les appareils plus perfectionnés permettent de vérifier séparément le débit de chaque électrode ;

4° Possibilité de vérifier s'il n'y a pas de court-circuit interne soit entre deux électrodes voisines quelconques (cas des lampemètres plus complexes), soit entre le filament et la cathode (cas des lampemètres simples) ;

5° Vérification du pouvoir amplificateur de la lampe, autrement dit de la pente. Cette vérification n'existe que sur des lampemètres plus compliqués ;

6° Vérification du vide de la lampe.

Voltmètre à lampe.

Un voltmètre à lampe n'est autre chose qu'un détecteur combiné avec un milliampèremètre, permettant d'apprécier les variations du courant résultant sous l'effet de la tension (alternative et continue) appliquée à l'entrée.

Il travaille donc exactement à la manière d'une boîte de contrôle universelle à redresseur. Ce dernier instrument est d'ailleurs préférable quand on veut travailler vite, lorsque la fréquence n'est pas élevée, que le voltage à mesurer est suffisant pour obtenir une lecture, et que le

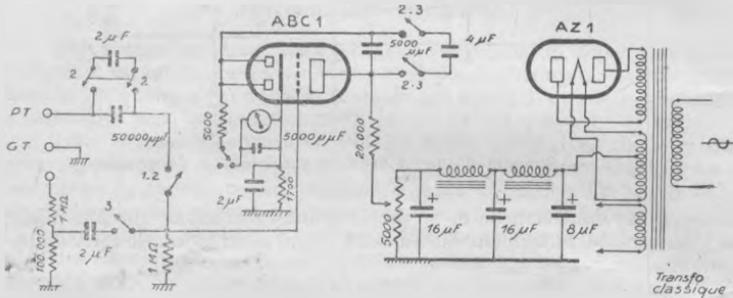


Fig. 6. — Schéma d'un voltmètre à lampe simple pour mesures en alternatif seulement, avec milliampèremètre de 0 à 1 milliampère.

- Mesure des petites tensions haute fréquence ;
- Mesure des petites tensions basse fréquence (jusqu'à 3,5 volts).
- Mesure des grandes tensions basse fréquence (jusqu'à 35 volts).

courant demandé par le contrôleur ne fait pas tomber le voltage à mesurer. Par exemple, on ne prendra pas le voltmètre à lampe pour mesurer les volts oscillants à la sortie d'un récepteur, car le contrôleur est plus robuste, plus simple, plus commode. Par contre, le voltmètre à lampe amplifie les volts oscillants, est insensible à la fréquence, ne demande pratiquement pas de courant pour fonctionner, ce qui permet de l'utiliser dans les circuits de haute résistance et très faible débit. Il permet encore de mesurer le courant très faible passant dans une haute résistance (par application de la loi d'Ohm : $I = \text{volts} : \text{ohms}$). Son principal usage est l'alignement des circuits oscillants : on lit les volts oscillants, qui sont plus élevés au moment de la résonance, l'injection de la fréquence excitatrice se faisant avec une hétérodyne non modulée, ou même l'onde porteuse d'un émetteur.

Les possibilités d'utilisation d'un voltmètre à lampe sont extrêmement étendues et nous nous en servirons chaque fois que notre contrôleur universel s'avérera incapable de nous donner une indication précise.

En continu, nous arriverons ainsi à mesurer la tension aux bornes

de la résistance de fuite de la lampe oscillatrice, ainsi que les différentes tensions du système antifading. En alternatif, il nous sera possible de mesurer la tension appliquée à la grille d'une lampe et aussi la tension obtenue dans son circuit anodique. La comparaison de ces deux valeurs nous permettra de déduire le coefficient d'amplification de la lampe ou, plus exactement, l'amplification de l'étage.

Le voltmètre à lampe nous servira également pour équilibrer l'attaque de l'étage final push-pull, en réglant la lampe déphaseuse de telle façon que la tension appliquée à la grille de chaque lampe finale ait exactement la même amplitude.

Pont de mesure.

On utilise actuellement des ponts munis d'un œil magique comme indicateur d'équilibre. Un tel pont se compose, ainsi que nous le montre le schéma, d'un jeu de capacités et de résistances étalons, mises en

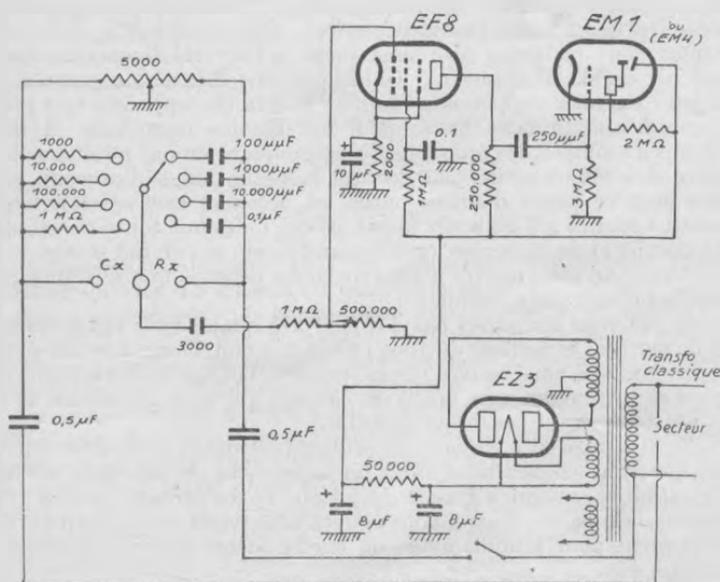


Fig. 7. — Schéma d'un pont de mesure des résistances et capacités. Les résistances à mesurer se branchent en R_x , les capacités en C_x .

circuit à l'aide d'un contacteur, d'un potentiomètre de 5.000 ohms permettant de trouver le point d'équilibre d'une lampe amplificatrice (6 J 7 ou une autre analogue) et d'un œil magique 6 E 5.

Le cadran du potentiomètre est gradué non pas en valeurs directes des résistances et des capacités, mais en rapports. Lorsque l'équilibre est obtenu, il nous suffit, pour avoir la valeur de la résistance ou de la capacité inconnue, de multiplier la valeur de l'étalon par le rapport lu sur le cadran du potentiomètre.

Un pont nous rendra de grands services soit pour déterminer rapidement la valeur d'une résistance ou d'un condensateur dont l'inscription a été effacée, soit pour mesurer certaines capacités de câblage. Nous avons pu, à l'aide d'un tel pont, mesurer par exemple la capacité parasite introduite par une connexion blindée et qui était de l'ordre de 20 centimètres.

LES APPAREILS DU DÉBROUILLARD

Tout le monde n'a pas un oncle en Amérique pour se faire offrir les merveilleux appareils de haute précision que l'industrie met à la disposition des amateurs, moyennant honnêtes finances. Allons-nous donc nous priver des instruments de mesure dont on ne peut pas se passer, si l'on veut travailler à peu près proprement ? Que non pas ! Nous prendrons tout simplement notre courage à deux mains, le *Mémento Tungstram* comme guide, quelques francs-papier pour l'achat des indispensables accessoires que nous ne trouvons pas dans notre cimetière à vieux postes, et nous nous mettrons bien bravement à l'œuvre. Rassurez-vous : ce n'est ni pénible ni ennuyeux. Quiconque sait monter un poste à trois lampes et manier correctement la lime se fera des appareils très présentables et suffisamment précis pour ses besoins immédiats. À défaut d'autres avantages, les appareils du débrouillard en ont au moins deux : *primo*, ils coûtent moins cher, ce qui laisse le budget beaucoup plus à l'aise pour se payer d'autres outils, et, *secundo*, leur constructeur les connaît « comme s'il les avait faits », ce qui lui donne toute liberté de les transformer et de les perfectionner quand le besoin s'en fait sentir.

Avant de nous mettre à l'œuvre, nous pensons que quelques petits conseils ne sont pas superflus :

1° Ne vous contentez pas d'à peu près quand vous faites un appareil de mesure, le meilleur est tout juste assez bon. Donc, travaillez aussi proprement que vous pouvez : bons contacts, bonnes soudures, bons isollements et surtout un sens précis du câblage qui vous permettra de faire des appareils aussi petits que possible.

2° Si l'appareil comporte un milliampèremètre, consacrez-vous-y le plus que vous pouvez pour avoir un instrument de précision, de bonne fabrication et surtout à grande déviation. Toute l'échelle pour 3 milliampères, cela passe ; mais si vous pouvez vous payer un appareil qui dévie entièrement pour 1 milliampère ou mieux encore pour 0,5 milliampère, n'hésitez pas.

3° Ne vous amusez pas à recopier des schémas plus ou moins américains, ou à calquer un appareil commercial un peu trapu, si vous n'avez pas les pièces détachées d'origine et de quoi étalonner quand le besoin s'en fait sentir.

4° Donnez à vos productions un petit air professionnel. Tout appareil sera monté en coffret, proprement. Pas de montages « sur table », dont le caractère provisoire n'est que l'antichambre du définitif. Ayez le souci du beau et n'oubliez pas qu'on vous jugera sur vos appareils.

CONTROLEUR UNIVERSEL

Si extraordinaire que ceci paraisse, nous déconseillons la construction de cet appareil. On en trouve de merveilleux pour quelques centaines de francs, et vraiment leur fabrication est un peu délicate, car il faut étalonner des résistances de shunt, tenir compte de la résistance du cuproxyde, etc. Un contrôleur vaut ce que valent ses résistances et leur étalonnage.

Néanmoins, pour ceux que ce travail n'effraie pas, nous admettons

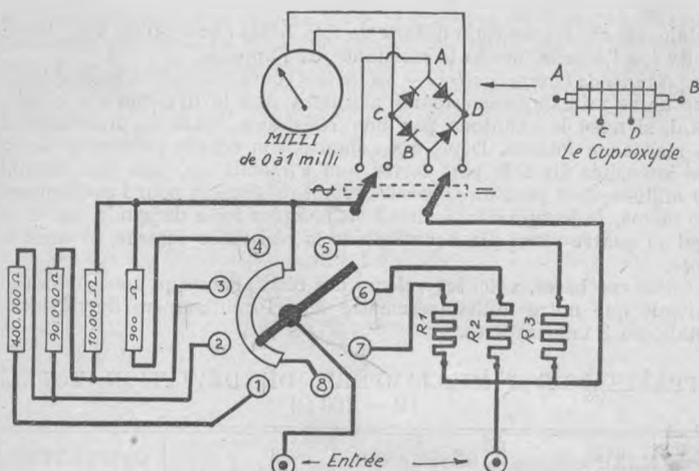


Fig. 1. — Contrôleur universel.

Tension : positions 1, 2, 3, 4.
 Intensité : positions 5, 6, 7, 8.

bien volontiers que mieux vaut un contrôleur bricolé que pas de contrôleur du tout. Le schéma est celui de la figure 1.

Pièces nécessaires : un bon milliampèremètre à grand cadran ; un cuproxyde (Oxymétal Westinghouse) ; un inverseur bipolaire ; du fil de constantan pour faire les shunts ; des résistances fixes de premier ordre, étalonnées, et du matériel courant de réemploi.

La première chose à faire, c'est de connaître la résistance du milliampèremètre. Si elle n'est pas indiquée par le constructeur, faites-la mesurer, ou procédez comme suit : branchez l'appareil *en série* avec un potentiomètre de 5.000 ohms aux bornes d'un accumulateur ou d'une bonne pile de 4 volts, le *potentiomètre étant à sa résistance maximum*. Diminuez la résistance jusqu'à obtenir exactement la déviation totale du milliampèremètre. Il suffit maintenant de brancher *en parallèle* aux bornes du milliampèremètre une résistance qui ramène l'aiguille juste au milieu de l'échelle : la valeur de cette résistance est la même que celle du milliampèremètre. Vous pouvez constituer cette résistance par un potentiomètre de 200 ohms, par exemple, ou par des résistances fixes étalonnées que vous grouperez en série (ou en parallèle, en appliquant la formule ou en utilisant un abaque pour connaître la résistance résultante). Elle est de 40 à 60 ohms pour une déviation totale de 3 milliampères, et de 100 à 120 ohms pour une déviation totale de 1 milliampère.

À l'aide d'un commutateur spécial, notre appareil va mettre ses résistances fixes en série sur le milliampèremètre, pour avoir les diverses sensibilités en volts, et ses shunts en parallèle, pour la lecture des diverses intensités. Un inverseur bipolaire permettra d'intercaler le cuproxyde pour redresser les courants alternatifs qu'on désire mesurer, l'autre position de cet inverseur étant celle de la lecture en continu.

Résistances de voltmètre. — La loi d'Ohm montre que, pour un appareil déviant totalement pour 1 milliampère, il faut que la résistance du circuit soit de 1.000 ohms par volt. Si le milliampèremètre dévie totalement pour 3 milliampères, la résistance du circuit doit être de 1.000 ohms par 3 volts. Par exemple, pour un appareil de 1 milliampère de déviation

Mon appareil que j'ai construit

totale, on mettra en série autant de fois 1.000 ohms qu'on veut lire de volts sur l'échelle, moins la résistance de l'appareil.

Shunts de l'ampèremètre. — La loi des courants dérivés nous apprend que notre milliampèremètre ne mesurera que le dixième du courant total, si nous le shuntons par une résistance égale au neuvième de sa résistance interne. Donc, ainsi shunté, son échelle permettra de lire des intensités dix fois plus fortes que s'il était nu, soit par exemple 10 milliampères pour un appareil déviant totalement pour 1 milliampère. De même, la lecture d'intensités cent fois plus forte demande un shunt égal au quatre-vingt-dix-neuvième de la résistance interne, et ainsi de suite.

Sur ces bases, voici les valeurs des résistances que nous prendrons suivant que notre milliampèremètre fera 1 milliampère de déviation totale, ou 3 milliampères.

APPAREIL DE 1 MILLIAMPÈRE DE DÉVIATION TOTALE
(R = 100 Ω)

| MAXIMUM mesuré | RÉSISTANCE en série | SHUNT | COEFFICIENT de lecture |
|-----------------|---------------------|--------------------------|------------------------|
| 1 volt | 900 Ω | » | 1 |
| 10 volts | 10.000 Ω | » | × 10 |
| 100 — | 100.000 Ω | » | × 100 |
| 500 — | 500.000 Ω | » | × 500 |
| 1 milliampère | » | » | 1 |
| 10 milliampères | » | R ₁ = 11,11 Ω | × 10 |
| 100 — | » | R ₂ = 1,01 Ω | × 100 |
| 1 ampère | » | R ₃ = 0,1 Ω | × 1.000 |

APPAREIL DE 3 MILLIAMPÈRES DE DÉVIATION TOTALE
(R = 50 Ω).

| MAXIMUM mesuré | RÉSISTANCE en série | SHUNT | COEFFICIENT de lecture |
|----------------|---------------------|--------|------------------------|
| 3 volts | 950 Ω | » | 1 |
| 30 — | 10.000 Ω | » | × 10 |
| 150 — | 50.000 Ω | » | × 50 |
| 600 — | 200.000 Ω | » | × 200 |
| 3 milliampères | » | » | 1 |
| 30 — | » | 5,55 Ω | × 10 |
| 300 — | » | 0,5 Ω | × 100 |
| 1,5 ampère | » | 0,1 Ω | × 500 |

Il s'agit maintenant de faire le commutateur qui permettra d'introduire dans le circuit les résistances ci-dessus. Pour cela, nous prendrons un large bouton creux de la vieille époque, avec sa tige, un de ces boutons

de démultiplicateur qui avaient 7 à 8 centimètres de diamètre. Si nous n'en avons pas, nous en ferons un par les moyens du bord, tournage ou toute autre façon. Nous aurons seize plots en bronze, toujours du bon vieux temps, et deux secteurs en bronze, que nous disposerons comme l'indique la figure 2. Les secteurs peuvent se faire avec un anneau qu'on coupe

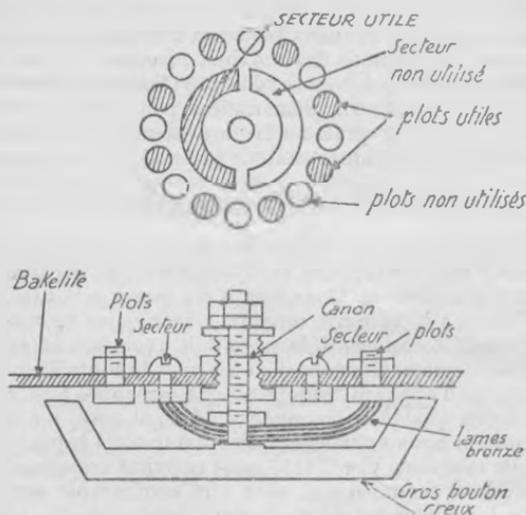


Fig. 2. — Détail du commutateur.

suivant un diamètre. On s'arrangera pour que les seize plots soient très voisins, sans se toucher. Ceci fait, le bouton sera muni de trois ou quatre lames de ressort de bronze, cambrées de telle façon qu'une fois le bouton mis en place les lames touchent par leurs extrémités les secteurs, d'une part, et les plots, d'autre part. Un seul des secteurs est utilisé, l'autre servant uniquement à faciliter le mouvement sans accrochage. De même, huit plots sur seize sont utilisés, les autres ne sont que des supports de curseur. Bien entendu, il n'est pas défendu de réaliser le commutateur de toute autre façon.

Il ne reste plus qu'à câbler suivant la figure 1. Le cuproxyde sera du modèle de 1 milliampère pour appareil de 1 milliampère de déviation totale et de 5 milliampères pour appareil de 3 milliampères de déviation totale. Les résistances de la partie voltmètre pourront, par exemple, être disposées comme à la figure 1, où elles s'ajoutent les unes aux autres en série. Choisir de bonnes résistances, comme les Sator, à faible tolérance. Les shunts, soumis à un courant beaucoup plus intense, seront en constantan et étalonnés sur un appareil existant, ou un pont. On pourra les faire en fil de constantan, isolé soie si possible, dont la longueur exacte sera déterminée par mesure électrique (pont, ohmmètre, etc.). Cette longueur sera repliée en épingle à cheveu et enroulée sur une barrette isolante, puis vernie à la gomme-laque après soudure de ses extrémités.

Remarquez la supériorité du commutateur sur les fiches habituelles. On est obligé de parcourir successivement les positions *volts* de plus en plus sensibles, puis les positions *ampères* de plus en plus faibles, si bien qu'on est tout de suite prévenu s'il y a erreur et risque de griller le milliampèremètre.

Dans la position de mesure de l'alternatif, les lectures ne sont plus

exactes, car, d'une part, l'appareil indique le courant moyen redressé et non le courant efficace ; d'autre part, le redresseur présente une résistance dont il faut tenir compte. Le mieux est de comparer l'appareil avec un instrument commercial, et de faire soit une courbe d'interprétation des lectures, soit une graduation supplémentaire pour les lectures vraies en alternatif.

Les malins sauront munir le bouton du commutateur d'un billage évitant au curseur de rester sur deux plots à la fois. Les artistes graveront, autour du bouton, les gammes des maxima mesurés. Et les insatiables feront un milliampèremètre à cuproxyde, un voltmètre séparé également à cuproxyde, et des shunts supplémentaires pour étendre la lecture à plusieurs ampères, à moins qu'ils ne fabriquent un transformateur d'intensité dans le même but (transformateur torique).

HÉTÉRODYNE MODULÉE

Sans cet appareil, on peut dépanner un poste, c'est entendu : nous avons bien connu des dépanneurs professionnels qui dépannaient sans même posséder un voltmètre. Quand on a du temps à perdre, quand la concurrence n'est pas à craindre, on peut à la rigueur se contenter des émetteurs. Mais tout technicien à la page doit avoir son hétérodyne.

Répétons ici ce que nous avons déjà dit pour le contrôleur universel : mieux vaut acheter l'appareil tout fait, tout étalonné, tout réglé, il se paie de lui-même en quelques dépannages. Mais, si notre bourse est anémique, ou encore, si nous voulons bricoler, pour nous rappeler les jours heureux où nous montions des C 119, nous pouvons construire à peu de frais une hétérodyne modulée qui, sans être comparable aux outils du commerce, nous rendra quand même de signalés services.

Nous ne pouvons mieux faire que de reprendre, en style télégraphique, la description que nous avons donnée dans le *Mémento Tunsgram* 1939. C'était un ensemble portatif, permettant de régler des postes chez le client. Il est alimenté par une pile-ménage de 4,5 volts et une de 45 volts pour la tension anodique.

Dans notre description de 1939, toujours valable, nous avons négligé le blindage, l'antenne fictive, l'alimentation par le secteur. Disons tout de suite que ces perfectionnements ne sont pas indispensables, car :

1° Les piles sont bien commodes, elles s'usent peu, l'appareil est transportable, les pannes sont rares, il n'y a pas de ronflement de secteur ;

2° Pour les travaux courants d'alignement, le blindage n'est pas absolument nécessaire. Il suffit de considérer l'hétérodyne comme un émetteur. On le munit d'une antenne courte, par exemple une tige de 1 mètre, fixe, on fait une prise de terre, et l'appareil est établi à poste fixe dans le laboratoire. Le poste à essayer est lui-même muni d'une courte antenne et d'une terre, et le réglage se fait toujours à la même place.

Toutefois, il est évident qu'une hétérodyne blindée, munie d'une antenne fictive à câble blindé et alimentée indifféremment sur piles ou sur secteur, constitue un instrument beaucoup plus universel, qui permet des dosages et des essais beaucoup plus précis. C'est pourquoi nous recommandons de lui adjoindre ces perfectionnements.

L'hétérodyne décrite a trois bornes de sortie : une de masse, une donnant la haute fréquence pure ou modulée, la troisième donnant de la basse fréquence pour l'étude des amplificateurs basse fréquence. Dosage de débit haute fréquence de 0 à 500 millivolts par diviseur linéaire de tension. Bouton de réglage de modulation. Commutateur à plusieurs gammes d'ondes. Cadran d'étalonnage du bon vieux temps des détectrices, avec démultiplicateur précis, grand limbe et graduation aussi

ne que possible en degrés ou centièmes. Des abaques de réglage, un par amme d'ondes, prennent place dans le couvercle ou sur le dessus du offret, avec protection de cellulose.

Blindage. — Le blindage doit être assez large pour ne pas s'approcher trop des bobinages. Blindez en zinc : ce métal se travaille aisément et se soude sans peine. Réalisez un blindage sans fuites, soudez au blindage les gaines des câbles d'entrée ou de sortie.

Alimentation sur secteur. — Les lampes peuvent être des KC 12 volts, qu'on trouve encore sans trop de difficultés. A la rigueur, nous pourrions mettre des lampes « micro » 4 volts, ou toute triode dont la consommation n'est pas trop importante pour les piles. Dans ce cas, l'alimentation des filaments se fera en parallèle et non plus en série, et il faudra une petite pile de polarisation formée de deux éléments de pile de poche.

Mais les piles peuvent être remplacées par une alimentation sur secteur, bricolée à l'aide d'un transformateur de vieux poste 4 volts, une valve et quelques capacités de 1 à 2 microfarads, la self de filtre pouvant être remplacée par une résistance de 5.000 à 10.000 ohms, dissipation un demi-watt. Cette alimentation sera *entièrement blindée*, en l'enfermant simplement dans une boîte de zinc à couvercle, et elle sera réunie à l'hétérodyne par un câble blindé. Bien entendu, rien ne s'oppose alors à l'utilisation de lampes plus modernes et plus gourmandes. C'est l'affaire de quelques essais pour faire un sort aux vieilles lampes que tout bon dépanneur conserve religieusement dans ses boîtes.

Pièces nécessaires. — Deux lampes KCI et deux supports à contacts latéraux ;

Un commutateur, deux circuits, quatre positions ;

Un condensateur variable 500 centimètres, *bonne qualité* ;

Un potentiomètre 7.500 ohms avec interrupteur ;

Un interrupteur d'allumage à bouton ;

Quatre bobines oscillatrices : O. T. C., O. C., P. O. et G. O. ;

Trois capacités papier : 100.000, 10.000 et 3.000 centimètres ;

Deux capacités mica : 500 et 50 centimètres ;

Un trimmer ;

Trois résistances : 100.000, 20.000 et 10.000 ;

Cinq bornes ;

Un cadran démultiplicateur sérieux et précis pour C. V. ;

Un vieux transformateur basse fréquence, rapport 1/3, peu encombrant (s'il se refuse à osciller aux essais, le changer).

Schéma de montage. — Le schéma se compose de trois sections : l'oscillateur haute fréquence avec sa lampe, l'oscillateur basse fréquence avec sa lampe, la sortie et dosage du débit. Le schéma général est donné par la figure 3. Monter d'abord la basse fréquence, qui sera la lampe la plus proche du transformateur. Filaments en série par fil torsadé très mince, coupure sur pôle, — par l'interrupteur du potentiomètre, — le pôle touchera la masse du condensateur variable et servira de retour au potentiomètre et au primaire du transformateur basse fréquence. Remarquer que les batteries de chauffage et anodique sont en série, donc la lampe basse fréquence doit être du côté + 4 comme sur le schéma.

Réglage de la basse fréquence. — La borne médiane de sortie est reliée à la masse, au — 4, au boîtier du potentiomètre et à la

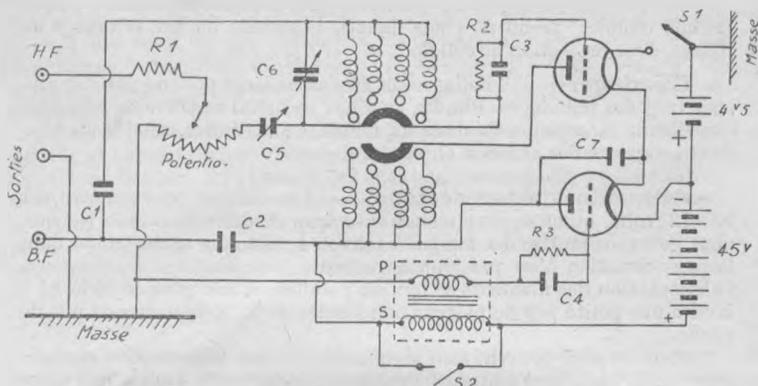


Fig. 3. — Schéma de principe de l'hétérodyne modulée.

| | |
|---------------------------|------------------------------------|
| $R_1 = 0,01 \text{ Meg:}$ | $C_3 = 50 \mu\mu\text{F}$ |
| $R_a = 20.000$ | $C_4 = 500 \mu\mu\text{F}$ |
| $R_b = 10.000$ | $C_5 = 60 \mu\mu\text{F variable}$ |
| Pot = 7.500 | $C_6 = 500 \text{ cm à air}$ |
| $C_1 = 0,01 \text{ MF}$ | $C_7 = 3000 \text{ cm}$ |
| $C_2 = 0,1 \text{ MF}$ | |

masse du condensateur variable. La borne sortie basse fréquence est reliée à la masse par condensateur de 10.000 centimètres, et à la plaque basse fréquence par 100.000 centimètres. Pour l'essai, mettez en série avec la résistance de grille un milliampèremètre de 0 à 3. En connectant les batteries, l'aiguille doit dévier. Sinon, inverser les bornes du secondaire du transformateur. Si cela ne va pas encore, c'est que le transformateur, trop camelote, ne veut pas osciller; il faut le changer. Dès que l'oscillation se produit, brancher un casque très résistant (4.000 à 5.000 ohms) entre les deux bornes de sortie basse fréquence. Régler la hauteur de la note en remplaçant C_7 par un 2.000 ou un 5.000. Enlever le milliampèremètre.

Réglage de la haute fréquence. — Pour réduire au maximum les capacités de main et effets d'induction, mettre les bobinages O. C. vers le bas sur la plaquette verticale, les autres bien dégagés vers le haut contre la plaque d'ébonite. En connectant, respecter la règle: les sens d'enroulement sont inverses l'un de l'autre quand on part de la grille et quand on part de la plaque. Remarquer que les pieds des bobinages de plaque, reliés ensemble, vont à la plaque de la lampe basse fréquence: c'est elle qui joue le rôle de tension anodique pour la lampe haute fréquence, et c'est pourquoi elle la module. Pendant le réglage, déconnecter provisoire C_5 .

Pour le réglage, supprimer la modulation basse fréquence en fermant l'interrupteur S_2 . Un milliampèremètre branché en série sur la résistance de grille de la lampe haute fréquence doit décoller sur les trois ou quatre gammes et sur toute la longueur du cadran, sans s'occuper s'il monte ou descend. Si tout va bien, ouvrir S_2 , et vérifier si l'oscillation haute fréquence pure persiste, reconnecter le trimmer C_5 . On sait que tout l'art de faire osciller une lampe consiste à bien brancher les bobines de plaque dans le bon sens, d'avoir assez de tours et un couplage suffisant avec les bobines de grille.

Pour régler le trimmer, court-circuiter les deux bornes de sortie

haute fréquence, pousser le potentiomètre à fond, desserrer le trimmer jusqu'à ce que l'hétérodyne, qui avait décroché, raccroche. Resserrer le trimmer d'un cheveu, enlever le milliampèremètre, mettre en boîte et étalonner à l'aide d'un récepteur et des stations d'émission connues.

Étalonnage de l'hétérodyne. — Connectez une antenne au récepteur, coupez l'hétérodyne lâchement comme l'indique la figure 4,

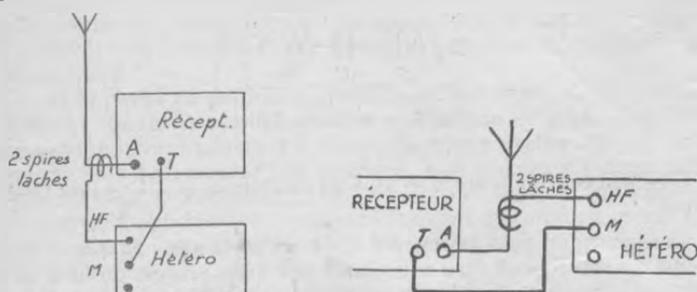


Fig. 4. — Couplage de l'hétérodyne pour l'étalonnage.

réglez-vous sur une station connue. Ajustez l'hétérodyne sur la même longueur d'onde, approximativement, et faites varier son accord jusqu'à ce que le sifflement entendu devienne grave, puis finisse par un silence. La variation d'accord doit être très lente. Quand vous aurez obtenu le « battement zéro », la différence de fréquence entre l'hétérodyne et la station d'émission est nulle. Notez la lecture de l'hétérodyne et, en face, la fréquence ou la longueur d'onde de la station reçue.

Attention, toutefois, de ne pas confondre la longueur d'onde de la station avec un harmonique de l'oscillatrice du récepteur. Pour vous en assurer, réglez l'hétérodyne jusqu'à entendre, dans le poste, un son soutenu bien audible (300 à 400 vibrations par seconde). Si, en variant doucement l'accord du récepteur, vous entendez une variation de la hauteur du battement, c'est que votre hétérodyne est réglée non pas sur l'onde porteuse, mais sur un harmonique de l'oscillatrice lo. æle.

Les listes d'étalonnage seront ensuite mises sous forme d'abaques (fig. 5).

Comme on l'a compris, notre hétérodyne peut prendre toute autre forme. Elle délivre de la haute fréquence, soit pure, soit modulée, et de la basse fréquence pour le réglage de la partie basse-fréquence des postes.

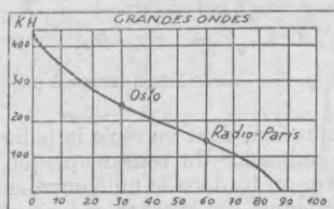


Fig. 5. — Un abaque de réglage.

ANTENNE FICTIVE OU ARTIFICIELLE

Pour que le poste essayé fonctionne avec l'hétérodyne exactement comme s'il recevait une émission par la voie des ondes, il faut raccorder cette dernière à la borne-antenne du poste à l'aide d'une « antenne fic-

tive » possédant, comme l'antenne naturelle, une capacité, une self et une résistance.

On montera donc dans un blindage (pour éviter toute captation des ondes et des parasites), par exemple, un vieux tube de blindage de bobine moyenne fréquence, la chaîne de la figure 6, avec les valeurs suivantes :



Fig. 6. — Antenne fictive.

$C = 200$ centimètres ; $S = 10$ à 25 microhenrys ; $R =$ une vingtaine d'ohms.

A la rigueur, on peut supprimer S , et on porte alors R à une centaine d'ohms. La self S peut être constituée par trente tours de fil 4/10 deux fois coton, spires jointives à une couche, sur mandrin de carton de 3 centimètres de diamètre environ. On relie au poste par un câble blindé, dont l'enveloppe est raccordée au blindage de l'hétérodyne et à la terre du poste.

VOLTMÈTRE A LAMPE

Voici deux réalisations de voltmètre à lampe, l'une simple avec alimentation par batteries, l'autre un peu plus trapue, sur secteur. Toutes deux peuvent utiliser, en guise de milliampèremètre, la boîte de contrôle universelle réglée en position « continu ». Et rien ne vous empêchera, quand vous le désirerez, de mettre un étage amplificateur haute fréquence, dont le schéma est connu de tous (amplificateur à résistances).

Le premier appareil (fig. 7) est la simplicité même. C'est une lampe

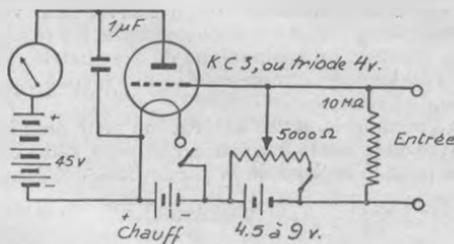


Fig. 7. — Voltmètre à lampe à piles.

triode à faible consommation, dont on règle la polarisation-grille jusqu'à placer la lampe à la naissance du courant-plaque. A ce moment, elle détecte par courbure, et on lit dans le milliampèremètre le courant anodique, qui est proportionnel au courant moyen redressé et aux *volts efficaces* appliqués à la grille, tant que le voltage oscillant de grille est d'allure sinusoïdale et que la fréquence n'est pas trop élevée. Dans ces deux derniers cas, la proportionnalité n'est plus exacte, mais il est bien facile de graduer l'appareil par comparaison, comme nous l'indiquerons plus loin.

Le schéma se passe de commentaires. Les deux interrupteurs sont conjugués pour n'avoir qu'une seule manœuvre. Le potentiomètre sera

branché de telle façon qu'il rende la grille très négative au début de sa course. La batterie de polarisation sera d'un *voltage supérieur aux tensions à mesurer*, et ceci est très important pour éviter la naissance d'un courant-plaque trop élevé, qui pourrait griller le milliampèremètre. L'utilisation d'une boîte de contrôle avec milliampèremètre de 0 à 1 permet d'éviter ce danger ; on essaie avec des sensibilités faibles et on renforce suivant les besoins.

Comme lampe, la KC 3 convient très bien si on la chauffe avec un petit accumulateur. Sinon, prenez une vieille triode à 4 volts, avec un K assez élevé, telle que la LD 410 Tungram. et vous la chaufferez avec une pile ménager.

Un tel appareil ne peut être gradué avec précision, car les voltages des batteries changent avec l'âge, et la graduation se modifierait. Mais, comme l'emploi du voltmètre à lampe dans un atelier de dépannage consiste surtout à comparer des voltages, une précision extraordinaire n'est pas nécessaire. Tel quel, il vous rendra des services insoupçonnés, et c'est pourquoi nous vous conseillons vivement de commencer par cette réalisation simple avant d'aborder les voltmètres amplificateurs à schémas plus ou moins américains.

Le second appareil (fig. 8), fonctionne directement sur le secteur.

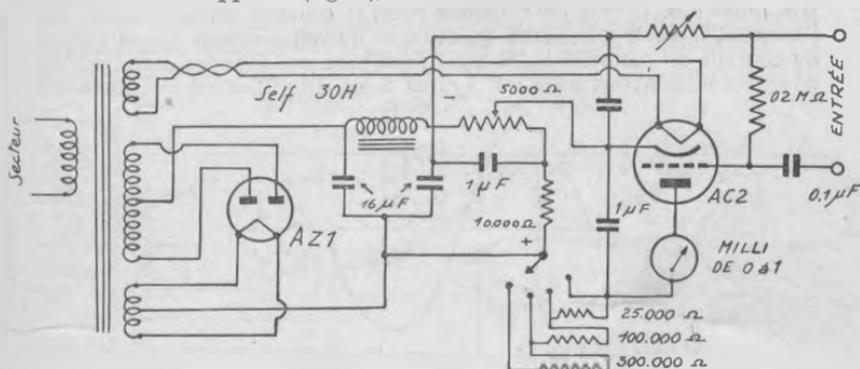


Fig. 8. — Voltmètre à lampe secteur.

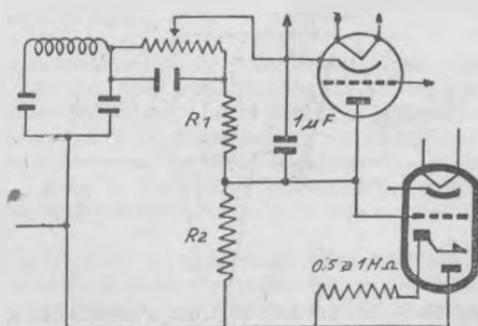


Fig. 8 bis. — Un œil magique remplace le milliampèremètre (méthode du zéro).

L'alimentation n'offre aucune particularité. Une valve biplaque AZ 1 (on pourrait prendre toute autre, par exemple une 80), fournit une tension redressée, que l'on filtre par une self et deux électro-chimiques. La self

est une Ferrix E 50, mais vous pouvez la bricoler avec un vieux transformateur basse fréquence de bonne dimension, sur la carcasse duquel vous enroulerez du fil 15/10 à 20/10, deux fois coton, en spires aussi rangées que possible, autant qu'elle voudra en contenir. Le potentiomètre de 5.000 ohms, ainsi que la résistance de 10.000 ohms, qui bouclent le circuit d'alimentation, sont naturellement bobinés. Dans le circuit de plaque se trouve un milliampèremètre (de 0 à 1 milliampère), avec, en série, un jeu de résistances qu'un commutateur permet d'éliminer successivement. Les autres résistances sont également des carbones, les capacités seront au papier. Comme lampe, on prendra une AC 2, ou encore toute autre lampe ayant une bonne pente et un coefficient d'amplification acceptable (par exemple la lampe ABC 1 dont on n'utilise pas les diodes).

La réalisation proprement dite n'offre pas de difficultés : tout revient à un vulgaire câblage de châssis très simple. Chacun donnera à son appareil la forme et la disposition qu'il voudra, sans aucun inconvénient.

Étalonnage du voltmètre à lampe. — Nous avons dit plus haut que l'ampèremètre du circuit anodique doit être étalonné par comparaison. En effet, d'une part, la lampe travaille au point de courbure de sa caractéristique, donc le courant-plaque n'est pas rigoureusement proportionnel aux volts-grille ; d'autre part, le courant efficace mesuré par l'appareil n'est proportionnel au courant moyen redressé que si l'allure du courant est sinusoïdale. Il nous faut bien comprendre cela, et c'est pourquoi nous avons tracé les figures 9 et 10. Elles représentent une

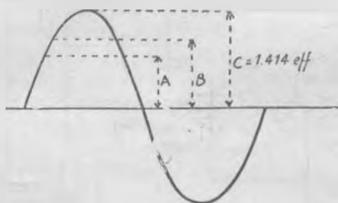


Fig. 9. — Courant sinusoïdal.

A = volts moyens = 0,90 volts efficaces.
 B = volts efficaces = 0,707 volts de pointe.
 C = volts de pointe = 1,414 volts efficaces.

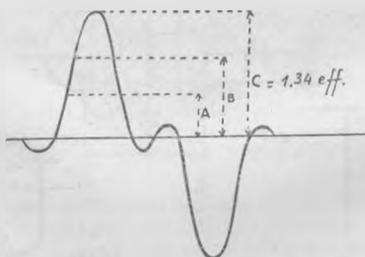


Fig. 10. — Courant avec 50 p. 100 d'harmonique 3.

A = volts moyens = 0,57 volt efficace.
 B = volts efficaces = 0,745 volt de pointe.
 C = volts de pointe = 1,34 volt efficace.

période d'un courant sinusoïdal pur et une période d'un courant avec 50 p. 100 d'harmonique 3. On voit que la relation entre le voltage moyen,

le voltage de pointe et le voltage efficace n'est pas la même dans les deux cas. Rappelons en passant que le voltage de pointe, en courant sinusoïdal, est $\sqrt{2}$ fois le voltage efficace, soit 1,41421, tandis que le voltage moyen est égal à $\frac{2}{\pi}$ fois le voltage de pointe, soit 0,63662.

Pour graduer l'appareil en volts efficaces, le mieux est d'utiliser tout simplement le courant du secteur, en l'abaissant dans un transformateur aux quelques volts nécessaires (qu'on réglera à l'aide d'un potentiomètre), et on appliquera ceux-ci à la fois aux bornes d'entrée de l'appareil et à celles du contrôleur universel. On dresse ainsi la courbe de l'appareil. Pour les raisons exposées plus haut, ces valeurs peuvent différer des volts efficaces, qui nous intéressent, mais, comme les courants que nous aurons à mesurer, en pratique, contiendront des harmoniques tout comme celui du secteur, les relations ci-dessus peuvent être appliquées sans grosse erreur pratique.

Si nous voulons nous donner un peu plus de peine, le voltmètre à lampe pourra mesurer des voltages pouvant atteindre le nombre de volts négatifs donné par l'alimentation, alors qu'en travaillant à la façon habituelle on ne peut pas dépasser le double de la polarisation de la grille de la triode.

Pour cela, nous brancherons le contrôleur sur la sensibilité 100 volts environ, entre la cathode et le point milieu du transformateur alimentant les plaques de la valve (masse). Nous annulerons le courant-plaque en

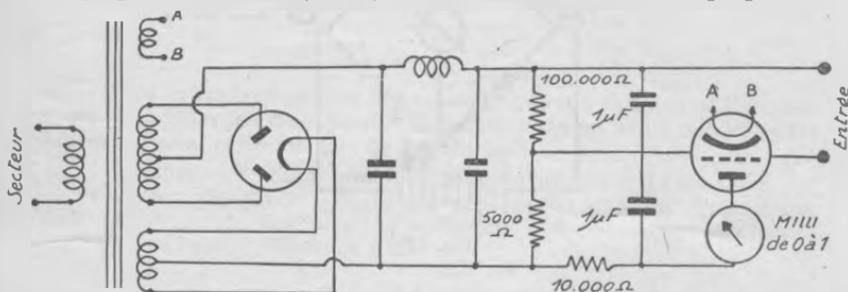


Fig. 11. — Un voltmètre à lampe sur secteur très simple.

La lampe est une triode à fort K, le filtre peut être formé de 2 μ F et un primaire de transfo B. F.

agissant sur le potentiomètre de polarisation, nous noterons la lecture du voltmètre. Ensuite, nous appliquerons la tension à mesurer et nous ramènerons encore le courant-plaque à zéro en agissant sur le potentiomètre. Nous noterons la nouvelle lecture du voltmètre, nous ferons la soustraction entre les deux lectures, et cela nous donnera non plus la tension efficace, mais la tension de pointe. Pour connaître la tension efficace, il suffit de diviser par racine de 2, ou tout bonnement de multiplier par 0,7.

Il est même possible, en appliquant cette méthode du zéro, de simplifier l'appareil et de le rendre en même temps plus robuste. Nous remplacerons tout simplement le milliampèremètre par un œil magique, la lampe détectrice ayant sa plaque alimentée sous une tension plus basse que celle de la plaque de l'œil : ce qui est facile en prenant sa tension sur un diviseur de tension R_1 et R_2 (voir fig. 8 bis, montrant la modification du schéma fig. 8). Les valeurs des résistances R_1 et R_2 varieront suivant le type d'œil et de lampe détectrice choisie, ainsi que des volts disponibles à la sortie de l'alimentation. Le mieux est d'essayer, plutôt que de

s'amuser à calculer, en commençant par 5.000 et 5.000 ohms. De même, la résistance de plaque de l'œil varie suivant la tension anodique : pour 250 volts, mettez 1 mégohm, moins si la tension est plus faible. Mais attention ! l'œil ne peut s'appliquer qu'à la méthode de zéro, pour la mesure des tensions de pointe assez élevées.

PONT DE WHEATSTONE D'ATELIER

Voici un petit appareil robuste, précis, rapide, toujours prêt à servir sans étalonnage ni tâtonnement, et qui, par surcroît, n'est ni difficile, ni coûteux à monter. Il mesure les résistances de moins d'un ohm à plusieurs dizaines de mégohms, les capacités de 50 microfarads à 100 centimètres. Il est à lecture directe sur le cadran, il fonctionne sur le secteur sans tarage préalable, et son indicateur d'équilibre est un œil magique.

Principe. — Nous savons que, si l'on groupe quatre résistances comme l'indique la figure 12 et qu'on applique du courant aux bornes

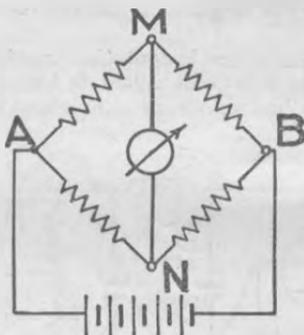


Fig. 12

A et B, un galvanomètre branché en M et N indique zéro quand les deux résistances du bas sont entre elles dans le même rapport que celles du haut. On dit alors que « le pont est en équilibre », parce que le galvanomètre est sur un véritable pont tendu entre M et N, et que ces deux points sont au même potentiel quand l'appareil indique zéro, c'est-à-dire quand le pont n'est parcouru par aucun courant.

Cet état d'équilibre se vérifie tout aussi bien quand la source qui alimente AB est alternative au lieu de continue. Il suffit de remplacer le galvanomètre par un casque, qui se tait quand l'équilibre est atteint. D'où un premier montage simple (fig. 13). Entre A et M, on met une résistance fixe connue, entre M et B une résistance variable (potentiomètre), dont le cadran est gradué de telle sorte que la manœuvre du bouton fait passer le rapport des deux résistances du haut par toutes les valeurs, depuis plus petit jusqu'à plus grand que l'unité. En bas, on place entre A et N la résistance à mesurer et entre N et B un jeu de résistances fixes connues de valeurs simples, autant que possible égales à 10, 100, 1.000, 10.000, 100.000, 1 million d'ohms.

Admettons que nous obtenions l'équilibre avec un rapport AM/BM égal à 3,6 et 10.000 ohms entre N et B. Cela signifie que la résistance mesurée fait 3,6 fois 10.000 ohms, ou 36.000 ohms. Notons que ce qui est vrai quand on met en bas deux résistances reste vrai quand on les

remplace par deux capacités ou deux selfs, à la condition d'alimenter l'appareil avec du courant alternatif. Il suffit que ce soient des impédances de même nature et que leur rapport soit le même que celui de deux résistances du haut. Ainsi, le même outil nous servira indifféremment pour mesurer des résistances et des capacités. Il y a cependant une petite différence, c'est que le rapport des impédances de deux conda-

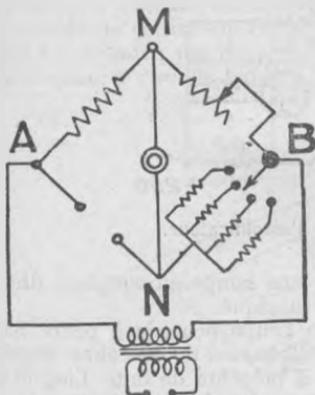


Fig. 13.

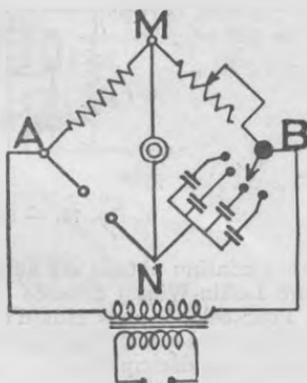


Fig. 14.

sateurs est le rapport *inverse* des capacités, ce qui fait que, si l'on met entre N et B un jeu de capacités étalons comme on avait mis les résistances, on aura cette fois lors de l'équilibre :

C inconnu = C étalon multiplié par rapport MB/AM (fig. 14).

On voit que toute l'astuce du pont réside dans le choix d'une résistance variable MB dont on connaisse bien le rapport à chaque instant avec l'autre résistance AM.

Valeurs à adopter.

Il faut d'abord un jeu de résistances étalons de 100, 1.000, 10.000, 100.000 ohms, 1 mégohm. Théoriquement, le rapport AM/MB devrait varier de 1 à 10 pour tout mesurer, mais, pour être plus sûrs nous le ferons varier entre zéro et 2.000, mais nous n'utiliserons pas toute la variation : c'est justement là toute la particularité du système. Notre potentiomètre sera logarithmique, et en principe de 2.000, mais les régions des bouts, de 0 à 20 ohms et de 1.000 à 2.000 ohms, sont à rejeter, de sorte que la plage utile, c'est le demi-cercle de 20 à 1.000 ohms, avec 140 au milieu. Le rapport AM/MB va donc varier entre $140 : 20 = 7$ et $140 : 1.000 =$ un septième. On aura un cadran qui comportera deux graduations logarithmiques en sens contraire et se croisant sur le milieu du cadran avec le chiffre 1.

Au cas où le potentiomètre ne serait pas très exactement logarithmique au sens mathématique du mot, on trouvera toujours un point du cadran à marquer 1 (ou égalité), mais les graduations dans les deux sens ne seraient pas symétriques, ce qui ne présente aucun inconvénient.

Pour le jeu de capacités étalons, on pourra sagement adopter des valeurs bien étalonnées telles que : 0,1 microfarad, 40.000 centimètres, 4.000 centimètres, 400 centimètres.

Quant à la source d'alternatif, elle sera prise sur le 6 volts de chauffage d'un transformateur d'alimentation.

L'amplificateur-détecteur à œil.

Pour déceler l'équilibre, un casque serait chose peu pratique : perte de temps, fragilité, câble, fiches, sans compter l'impossibilité d'avoir du silence dans un atelier. Voici donc comment nous procéderons :

On détecte le 50 périodes existant dans le pont vertical MN ; le

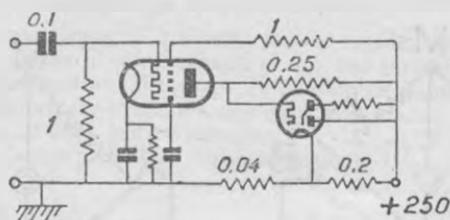


Fig. 15. — Schéma de l'amplificateur.

courant continu obtenu est amplifié par une lampe en couplage direct (genre Loftin-White) associée à un œil magique.

Pour cela, il nous faut d'abord une lampe pentode à pente fixe, pour détecter à coude de grille, plus une polarisation de 400 ohms dans la cathode, bien découplée, et dans la grille 1 mégohm de fuite. Liaison de pont à l'amplificateur-détecteur par 0,1 microfarad. Le potentiel d'écran est pris par une résistance abaissée; la plaque, chargée à la manière habituelle, est reliée directement à la grille de l'œil magique. La grille-écran de la 77 sera sérieusement découplée. Cette 77 peut naturellement être remplacée par toute autre lampe ayant les mêmes caractéristiques, par exemple une EF 8.

L'œil sera monté selon l'usage : plaque triode reliée par 1 mégohm à + HT, et la cible directement à cette source. Reste à se rappeler que l'anode de la 77, dans un montage de ce genre, est à un potentiel de l'ordre de 35 volts : donc, la cathode de l'œil magique sera à 40 volts si l'on veut que sa grille soit à 5 volts plus bas que la cathode. De là les deux résistances de 200.000 et 40.000 formant diviseur de tension entre + HT et masse.

Faire attention que, si par accident, la 77 ne travaille pas (résistance de cathode coupée, émission nulle, lampe morte, mauvais contact aux broches), la plaque de la lampe monte à 250 volts à vide, ainsi que la grille de l'œil. Et on assiste à un beau feu d'artifice.

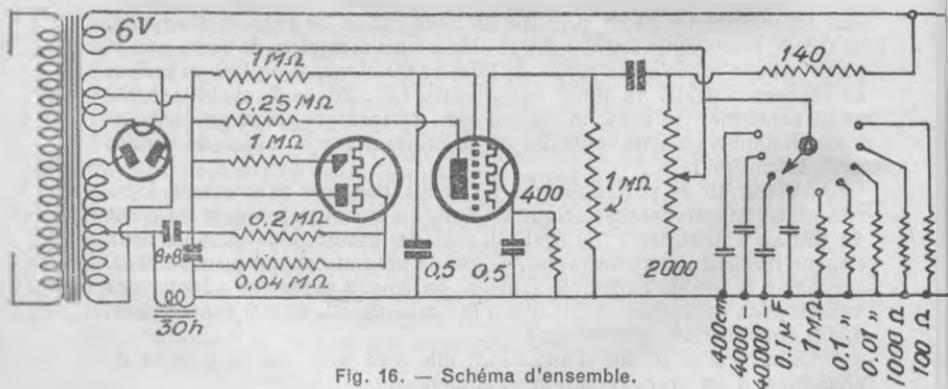


Fig. 16. — Schéma d'ensemble.

Réalisation.

Nous donnerons à notre pont une allure plus professionnelle qu'à un châssis de T. S. F. Comme il n'y a qu'une lampe, la 77, nous n'aurons pas grand effort à faire pour la monter sur pilotis. L'ensemble aura la forme d'un pupitre en tôle en deux morceaux : le fond, avec les deux côtés et l'avant ; l'arrière et le dessus. Au premier morceau se raccordent : potentiomètre, pentode, œil magique, distributeur à plots. La disposition des éléments de contrôle à l'extérieur sera très simple : par derrière, le raccord au secteur ; par devant, la plaquette de raccordement des éléments à mesurer ; sur le pupitre, les boutons et l'œil.

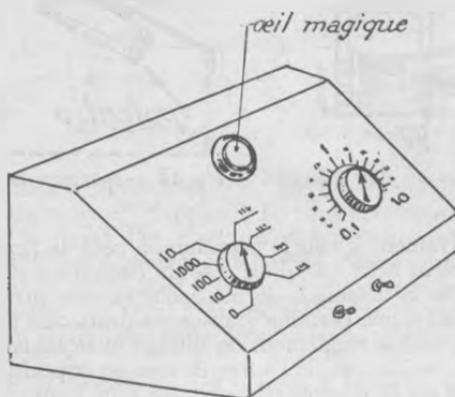


Fig. 17. — Vue du pont.

Précautions à prendre. — 1° Nous n'avons pas de craintes d'accrochage puisqu'il n'y a pas de haute fréquence, donc le montage interne peut être un peu serré. Mais il ne faut pas oublier que nous détectons du 50 périodes avec un appareil alimenté lui-même à 50 périodes : si le filtrage n'est pas parfait, nous aurons un ronflement qui se détectera lui-même, et l'œil magique sera perpétuellement excité, si bien que nous n'aurons jamais la position d'équilibre. Donc, filtrage rigoureux, tout comme pour un gros poste.

2° La cathode et l'écran doivent être sérieusement découplés pour la même raison. Mettre 0,5 microfarad au moins à chaque électrode.

3° Ne pas oublier que, si on veut de la précision, il faut obtenir un clignement d'œil vif et précis. Pour cela, choisir un tube à faible recul de grille, tel que EM 1. Ensuite, tout en observant les valeurs du schéma, il faut comprendre qu'entre deux lampes il peut exister un petit écart, que les résistances ne font pas toujours le chiffre indiqué et que, par conséquent, le potentiel-plaque de la 77 (donc le V_g de l'œil) peut varier d'un ou deux volts, de sorte qu'au moment de l'équilibre l'œil, au lieu d'être grand ouvert, peut être à moitié fermé. Il faut donc avoir soin, le condensateur de découplage étant déconnecté, de tâtonner légèrement sur la valeur de la résistance plaque de la 77 jusqu'à avoir un œil bien ouvert.

On notera que le sens dans lequel marche l'œil est le suivant : un déséquilibre du pont se traduit par un signal à l'entrée de l'amplificateur. Comme celui-ci détecte par la grille, le signal a pour effet d'abaisser le courant-plaque de la 77, donc de remonter son potentiel, par suite l'œil fonctionne en sens inverse et devient obscur. Donc, le déséquilibre se

traduit par l'obscurité et le passage sur l'accord par l'éclairement maximum, tout comme dans un récepteur.

Dernière remarque: Si on n'a pas bien filtré, on observe ceci: en dessous de l'accord, l'allumage de l'œil se fait assez progressivement et, au-dessus de l'accord, l'extinction est brutale. Cette dissymétrie

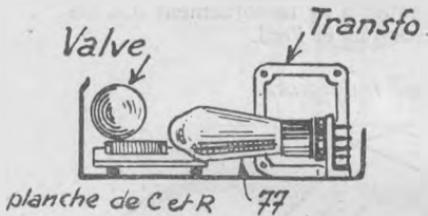


Fig. 18. — Montage du bâti inférieur.

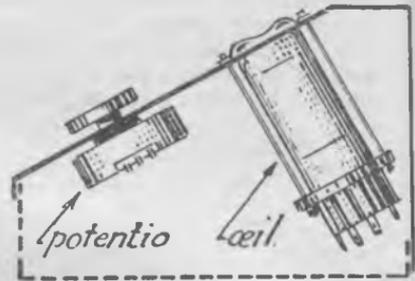


Fig. 19. — Montage du bâti supérieur.

entraîne instinctivement à voir le maximum à côté de l'endroit où il est réellement. Cela tient à ce que, d'un côté de l'équilibre et de l'autre, les potentiels nés dans la diagonale de pont sont en sens inverse. A gauche de l'accord, ils sont d'une certaine phase et, à droite, de phase opposée; si bien que, d'un côté, le ronflement de filtrage et le signal sont en phase et s'additionnent, tandis que, de l'autre, ils sont en opposition de phase et se retranchent, d'où la dissymétrie signalée plus haut.

Les lecteurs qui ont été nourris avec des racines carrées sur une table de logarithme remarqueront, avec une joie intense, que, si le potentiomètre est bien logarithmique, sa graduation est exponentielle et que la courbe d'allumage et d'extinction suit exactement l'allure d'une courbe de résonance.

ESSAYEUR-BUZZER AU NÉON

Voici maintenant un petit appareil ultra-bon marché, mais qui vaut son pesant de francs-papier. C'est tout simplement une lampe au néon que vous montez à l'intérieur d'une petite boîte, avec une ouverture protégée par une visière pour voir sa luminescence dans la pénombre. La boîte contient en outre les organes très simples qu'indique le schéma: un condensateur variable, 0,5 ou mieux 1/1.000 à lames rondes, un de ces bons vieux condensateurs du temps des galéneux à fonds de panier; une résistance variable, faite avec un potentiomètre de haute valeur ohmique, court-circuitable à fond de course; un vieux transformateur basse fréquence; un inverseur unipolaire G, qui sera très avantageusement à poussoir, genre bouton de sonnette; enfin, quelques douilles et bornes. C'est tout.

On connaît le principe du buzzer au néon: un condensateur C se charge sur une source continue, à travers une résistance freinante R. Sa tension s'élève, jusqu'à atteindre la tension d'amorçage de la lampe au néon, soit environ 100 volts. A ce moment, il se décharge dans la lampe, et cela recommence. La fréquence des décharges est d'autant plus grande que R et C sont plus faibles, à tension d'alimentation égale. Le secondaire du transformateur devient le siège d'oscillations de relaxation qui, pour n'être pas sinusoidales, n'en feront pas moins chanter fort confortablement un écouteur de téléphone, ou un haut-parleur à

trompette de nos grand'mères. On règle sa note en agissant sur C et sur R. Les bornes D et E ont été prévues pour recevoir des résistances et

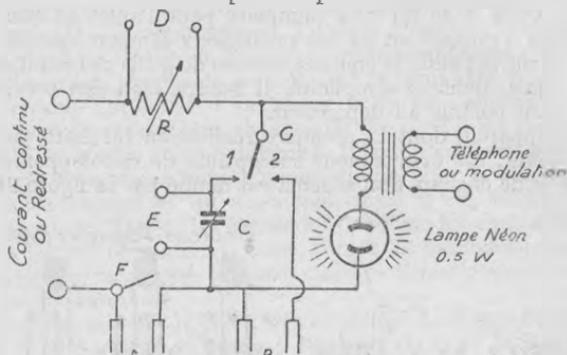


Fig. 20. — Essayeur-buzzer à néon.

des capacités fixes d'appoint, afin de disposer d'une grande souplesse pour les multiples usages de l'appareil. Le bouton G est normalement dans la position de la figure : ce n'est qu'en poussant qu'il prend l'autre position. La clef F est normalement fermée. Aux bornes du secondaire, on peut prélever de l'alternatif à la fréquence voulue pour moduler une hétérodyne, essayer un amplificateur, alimenter un pont à fréquence aiguë, etc. Si l'on préfère du courant continu modulé, il n'y a qu'à ouvrir F et se brancher en A.

Ouvrons F et branchons des pointes à tâter en A : nous voici en possession d'une sonnette à courts-circuits. Un court-circuit larvé agira comme une résistance en série avec R, et la hauteur du son changera. Un isolement défectueux entre les deux pointes produira des éclairs d'autant plus rapides que l'isolement est mauvais, en même temps que monte la hauteur du son. En court-circuitant tantôt F, tantôt D, on arrive très bien à comparer une résistance mise en A avec la résistance R, ou R avec les résistances d'appoint mises en D. Les résistances changeantes, comme les mauvais contacts, produisent des éclats variables de la lampe et des variations de son.

Branchons maintenant un condensateur à essayer en B, soit par pinces crocodile, soit par pointes à tâter. Agissons alternativement sur G, tout en modifiant la capacité de C, au besoin en mettant des résistances d'appoint en E si la capacité à essayer est forte. On arrive ainsi à obtenir la même note dans les deux positions de G : à ce moment, les capacités sont identiques. Pour les fortes capacités, la fréquence des éclairs peut être tellement basse qu'on n'entend rien, mais il suffira de compter les éclairs avec une montre trotteuse. Un bon condensateur donnera des éclairs francs avec R très fort. Si on n'obtient qu'une faible lueur, l'isolement est mauvais.

En essayant des électrolytiques, il faut bien faire attention de les brancher suivant leur polarité et de ne pas mettre 100 volts à des électrolytiques qui ne peuvent les digérer. S'ils produisent des éclairs trop rapides, il faut les rejeter, car ils ont des fuites importantes.

Il y a mille et une autres manières de se servir de ce petit appareil, et on ne tardera pas à les découvrir quand on l'aura essayé. Par exemple, mettez un 2 microfarads en série avec R, l'inversion G en position 2, des pointes à tâter en A : et voilà une simple sonnette à néon alimentable en alternatif, pour vérifier les contacts imparfaits, les résistances parasites, etc.

LAMPÉMÈTRE

Que voilà donc un titre pompeux pour l'appareil que nous allons décrire. Ce n'est pas un de ces prestigieux lampemètres du commerce, qui mesurent la pente, le courant inverse de grille et bien d'autres choses encore. Mais, dans sa simplicité, il rendra bien des services au petit commerçant comme au dépanneur.

Cet appareil, dont la première réalisation fut faite par notre ami, Jean Schérer, est évidemment susceptible de développements, suivant les besoins de chacun. Son schéma est donné par la figure 21.

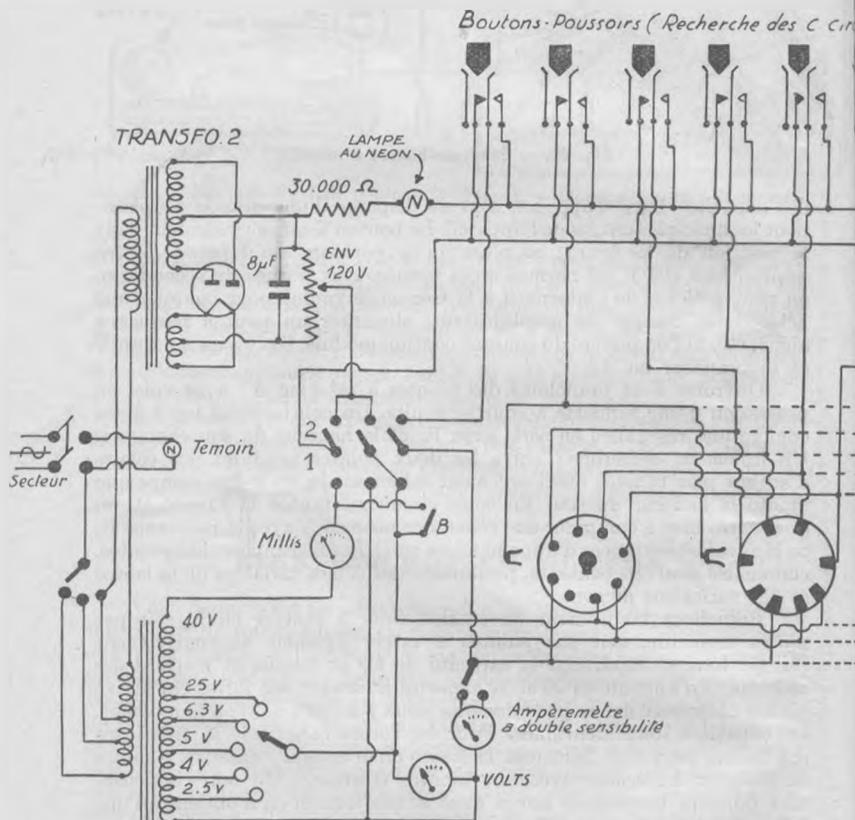


Fig. 21. — Lampemètre pour essais mauvais contacts, courts-circuits et affaiblissement de l'émission électronique.

On voit qu'il se compose d'un redresseur rudimentaire, d'un transformateur capable de donner les tensions alternatives d'alimentation de filament des principales lampes et valves américaines et européennes (2,5, 4, 5, 6,3, 250 volts), plus une tension de 40 volts environ, d'un milliampèremètre de 5 à 200 milliampères (qui peut être le contrôleur universel), d'un ampèremètre alternatif bon marché à palette mobile (de 0 à 3 ampères environ, provenant par exemple d'un vieux chargeur d'accus),

de six inverseurs unipolaires à poussoir, d'une lampe au néon « mignonnette », et enfin de tous les types de sockets possibles et imaginables, si on veut un appareil bien complet (mais on peut se limiter aux types les plus courants pour commencer). Le reste n'est que câblage et pièces courantes, dont un inverseur tripolaire, un commutateur trois positions, une lampe au néon témoin de secteur. Si l'on veut bien faire les choses on agrémentera l'appareil d'un vieux voltmètre alternatif à palette mobile comme l'ampèremètre, capable de lire de 2 à 50 volts.

Le câblage n'offre aucune difficulté. Il peut être serré, puisqu'il n'y a pas de haute fréquence. Nous n'avons figuré, pour la clarté du dessin, qu'un culot européen et un américain, mais il est évident qu'on en mettra davantage. Toutes les électrodes de même fonction seront réunies entre elles par un fil commun : donc, toutes les cathodes seront réunies, toutes les grilles, toutes les plaques, etc. Les lignes pointillées indiquent les connexions omnibus.

En passant, notons qu'il est très avantageux, si l'on veut du travail bien fait et une extension facile à l'avenir, de faire le lampemètre en deux panneaux : l'un qui ne comprendra que les culots et les connexions omnibus, l'autre qui portera tout le reste. On les réunira l'un à l'autre par une prise à huit broches ou davantage. De cette façon, il est très facile d'ajouter ou de retrancher des culots et de tenir le lampemètre à jour.

Examinons maintenant son fonctionnement.

Coupage du filament. — Inverseur : position 1. Le voltmètre indique la tension correcte, la coupure est indiquée par la paralysie de l'ampèremètre. Si la coupure n'est pas franche, l'ampèremètre oscille ou indique un courant qui ne correspond pas aux catalogues. L'essai doit durer assez longtemps pour échauffer les électrodes. A ce moment, il peut arriver que la coupure se produise par alternances. Frapper la lampe avec un petit maillet élastique formé d'une gomme à effacer molle emmanchée sur une lame flexible ou un ressort à boudin, afin de révéler plus sûrement les coupures indécises.

Court-circuit entre électrodes. — Inverseur : position 2. Comme le précédent, cet essai doit être fait à chaud, avec percussion au maillet élastique si on a le temps, car bien des ferraillements dans les postes récepteurs n'ont d'autre origine qu'un court-circuit imparfait variant sous les vibrations du haut-parleur.

Tant qu'on ne pousse pas sur un bouton, toutes les électrodes sont réunies à + 120 volts environ. En appuyant sur un bouton, l'électrode correspondante quitte le + 120 et est réunie au négatif par l'intermédiaire d'une lampe au néon. Si cette électrode touche l'une quelconque des autres, la lampe s'allume. Attention! La cathode doit toujours être positive, et les lampes doivent avoir une résistance de protection commune de 30.000 ohms environ, comme l'indique le schéma.

Affaiblissement. — Inverseur : position 1. Le principe de cet essai consiste à faire fonctionner la lampe comme valve, en réunissant toutes les électrodes opposées à la cathode ou au filament et en appliquant une tension de 40 volts maximum entre la cathode et les autres électrodes. Le courant redressé obtenu est mesuré par le milliampèremètre. On mesure le courant cathodique, qui est proportionnel à la puissance d'émission de la lampe, donc à son état de fraîcheur. Ce courant cathodique est du reste sensiblement proportionnel à la pente de la lampe, et il varie avec elle. Il importe de ne pas dépasser 40 volts, sous peine de « pomper » en quelques instants les cathodes des lampes à oxydes et surtout les filaments thoriés.

L'inverseur étant dans la position indiquée, la cathode (ou une extrémité du filament dans les lampes à chauffage direct) est réunie à l'extrémité inférieure du transformateur 1, tandis que l'ensemble des autres électrodes est réunie à l'autre extrémité marquée 40 volts. Remarque que, dans le cas de lampe à cathode, on a bien 40 volts entre cathode et les autres électrodes, mais, s'il s'agit d'une lampe à chauffage direct, la différence de potentiel alternative n'est plus que de 40 volts moins la moitié du courant de chauffage. Dans ces conditions, on trouvera, au milliampèremètre, des lectures qui seront très approximativement : 4 milliampères pour lampes à filament de tungstène pur, 20 milliampères pour lampes à filament thorié ou à oxydes, 40 à 50 milliampères pour lampes à cathode à chauffage indirect. Mais l'appareil ne rendra les services complets qu'on peut en attendre que si on l'étalonne, car il est bien évident qu'une lampe telle que la EL 5 ne donnera pas la même lecture qu'une AR 4100. L'étalonnage se fera avec des lampes neuves, choisies dans les différentes catégories, ayant la même consommation en watts au filament et le même mode de chauffage : on peut admettre que le courant obtenu à l'essai de quelques types est valable pour les autres lampes de même catégorie. On admettra une tolérance de + ou - 15 p. 100 pour des lampes neuves. Un affaiblissement de 25 p. 100 laisse une lampe encore passable. Au-dessous, la lampe est douteuse. Remarquez que ce courant dépend de la tension, tant au chauffage qu'entre cathode et autres électrodes : d'où l'utilité du voltmètre et du transformateur à prises multiples ou primaire pour opérer toujours dans les mêmes conditions.

Perte de vide. — Une faible perte de vide se décèle par l'ionisation des quelques molécules de gaz rentré : le courant mesuré au milliampèremètre est très supérieur à sa valeur normale, compte tenu du vieillissement de la lampe. L'espace entre les électrodes se colore en bleu, d'autant plus que la rentrée est plus importante (cas de CO^2) ou en rose (cas de rentrée d'air). Si la lueur est intense, la rentrée d'air provoque un véritable court-circuit. Si cette rentrée d'air est plus importante encore, il ne passe plus de courant entre électrodes, car l'ionisation cesse. Quand l'appareille de l'ampoule change — dépôt de getter à l'intérieur du ballon qui devient sale, taché ou opalin — il y a une fêlure, même si elle est invisible.

Microphonie ou effet Larsen. — Inverseur : position 1. En tapant légèrement sur la lampe avec le marteau élastique, on ne doit pas voir dévier l'aiguille du milliampèremètre. Dans le cas contraire, il faut soupçonner de mauvais contacts ou une vibration des électrodes (surtout dans les lampes d'anciens modèles) ; une telle lampe peut encore être utilisée, soit en la changeant d'étage, soit en la changeant de poste.

Fuite entre cathode et filament. — Inverseur : en l'air (ni position 1 ni position 2). On appuie sur le bouton B, ce qui a pour effet d'appliquer une quarantaine de volts entre la cathode et le filament, avec interposition du milliampèremètre (qu'on aura réglé sur une faible sensibilité pour commencer). La présence d'un courant entre cathode et filament est décelée par une déviation de l'aiguille, et il est facile de connaître la résistance du passage. Ce défaut se traduit en réception par un ronflement de secteur, des craquements parasites, etc.

Courant inverse de grille. — Une lampe qui présente un courant cathodique total (essai d'affaiblissement) *plus fort* qu'une lampe de même type neuve doit être soupçonnée de vide imparfait. Dans les lampes desortie principalement, ce phénomène peut aussi déceler la naissance d'un courant de grille, qui augmente quand la grille s'échauffe.

La grille agit alors comme une cathode supplémentaire et elle perd une partie de ses propriétés de commande du flux électronique. Il se traduit en écoute par une déformation de la reproduction, qui se produit après quelques minutes, de façon insensible.

Pour le déceler, on alimente la lampe normalement (par exemple avec des fils volants et des pinces crocodile) en intercalant (fig. 22) :

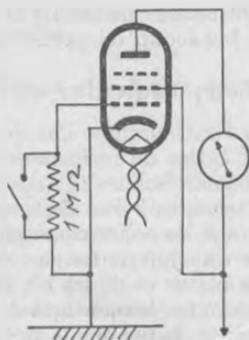


Fig. 22. — Essai du courant inverse de grille (pentode finale).

1° Une résistance de 1 à 10 mégohms, court-circuitable, dans la grille ;

2° Un milliampèremètre dans la plaque.

Si la lampe présente un courant inverse de grille, on voit le milliampèremètre monter peu à peu, pour retomber à sa valeur normale quand on court-circuite la résistance intercalée dans le circuit-grille. On calcule la valeur du courant-grille par la formule :

$$\text{Courant-grille} = \frac{\text{différence entre les deux lectures du milliampèremètre}}{\text{pente de la lampe} \times \text{résistance intercalée}}$$

Si le courant-grille dépasse 1 micro-ampère, il faut rejeter la lampe.

Pente. — L'essai de la pente statique est simple : on alimente la lampe dans les conditions normales indiquée par le catalogue. On met un milliampèremètre dans le circuit anodique. On applique à la grille la tension moyenne normale de service, et on lit le milliampèremètre. On fait varier le potentiel de grille de 1 volt : la différence de lecture du milliampèremètre indique la pente statique pour le potentiel de grille égal à la moyenne des deux potentiels appliqués.

ESSAI SIMPLE D'UN POSTE

Avant d'entreprendre l'étude méthodique d'un poste en panne, on peut souvent s'épargner beaucoup de peine en procédant comme suit.

D'abord, regarder et tâter.

Voir si tout est bien « catholique ». Pas de condensateurs chimiques rongés, décolorés, oxydés ? Pas de résistances rôties ? Pas de câbles ou cordons tordus, dénudés, court-circuités ? Pas de gaine faradisée qui touche son âme, surtout aux extrémités ? Pas de soudure lâchée ? Il n'est pas mauvais de tirer un peu sur les connexions pour faire lâcher ce qui est prêt à le faire, de donner un coup de fer sur toute soudure douteuse, de vérifier les connexions de masse et de les réunir ensemble par un fil de grosse section, soudé, d'examiner les contacts des lampes dans leur socket, les clips de grilles des lampes, le fusible, la position correcte du distributeur de tension sur le transfo d'alimentation, etc.

Vérifier les lampes.

Continuité du chauffage : dans les « tous-courants », essayer la série tout entière en mesurant la résistance ou en sonnant la continuité de toutes les lampes dans leur support, entre la masse et la résistance réductrice. Vérifier cette résistance.

Dans les postes alternatifs, essayer lampe par lampe, au socket de la lampe enlevée, s'il y a la tension correcte de chauffage.

Si possible, remplacer les lampes manifestement vieilles.

Vérifier les tensions-plaque et écran. Si elles sont trop faibles, dans l'ensemble, soupçonner un condensateur de filtrage claqué ou en train de le faire.

Essai de l'alimentation.

Allumer les lampes et observer. Si les lampes ne s'allument pas, vérifier l'interrupteur et les enroulements du transfo. Si les plaques de la valve s'entourent d'un effluve violacé, éteindre aussitôt : le redresseur n'est pas en ordre, le premier condensateur de filtrage est en court-circuit. Si on insiste, les plaques rougissent, la valve est perdue. Si la culasse du dynamique s'échauffe fortement, le second condensateur de filtrage est à changer.

Mesurer la tension de sortie de la valve. Pour un « tous-courants », on doit avoir plus de 100 volts entre cathode et châssis ; pour un poste sur alternatif, la tension doit correspondre à la tension non redressée au transfo d'alimentation. Dans le premier cas, soupçonner une connexion-plaque coupée, une valve douteuse, une cathode brûlée (vérifier si le premier lytique n'est pas en court-circuit). Dans le deuxième cas, vérifier aussi si le courant arrive bien au transfo, si le transfo est intact (secondaire coupé). On peut aussi mesurer la résistance entre cathode de la valve et châssis. Elle doit être au moins égale à 5.000 ohms, sinon soupçonner les condensateurs de filtrage. Une valeur beaucoup plus élevée doit faire soupçonner la valve et le transfo, comme ci-dessus. Si la résistance entre une plaque de la valve et le châssis diffère de celle qui existe entre l'autre plaque et le châssis, vérifiez le secondaire du transfo (spires en court-circuit ou à la masse, coupure amorcée).

Allumer le poste et retirer la fiche de la prise de courant. Mesurer la résistance entre les deux pointes de cette fiche, elle doit être très faible (quelques ohms, 3 à 8 ohms). Si elle est forte, vérifier si le primaire du transfo d'alimentation n'est pas coupé ou dessoudé.

Mesurer la résistance entre la cathode de la valve et l'une des plaques, l'alimentation du champ du haut-parleur étant déconnectée. Si cette résistance n'atteint pas le mégohm, soupçonner une self de filtrage en court-circuit avec le châssis.

Essai du haut-parleur.

En l'écoutant de près, on doit entendre un léger ronflement en l'absence d'émission. Sinon, toucher les grilles. Si on n'entend toujours rien, vérifier si la bobine mobile n'est pas coupée et si le transfo de sortie est en bon état dans ses deux enroulements. Un bruit de mirliton accompagnant l'audition indique un manque de centrage de la bobine mobile. Une grosse perte de rendement peut provenir de spires de la bobine mobile en court-circuit ou frottant dans l'entrefer. L'échauffement du transfo de sortie peut indiquer un court-circuit entre masse et plaque de la lampe finale.

Essai de la basse fréquence.

Observer la lampe de puissance. Si elle est très chaude, vérifier le condensateur de grille d'attaque. Si sa grille-écran rougit, mesurer la tension à la plaque : nulle, elle indique la coupure du primaire du transfo de sortie ou de son circuit.

Brancher une source de fréquence audible (oscillateur basse fréquence, pick-up) à la prise de pick-up ou à la grille de la lampe précédente. Brancher un casque aux bornes du primaire du transfo de sortie : vous devez entendre la basse fréquence injectée. Sinon, enlever la lampe de puissance et brancher le casque à son socket, entre cathode et grille. Si on n'entend rien, vérifier tous les organes de liaison qui se trouvent entre cette grille et le point d'injection de la basse fréquence. Soupçonner en premier lieu le condensateur de liaison (condensateur de grille d'attaque) qui peut avoir des fuites, ce qu'on reconnaît au courant-plaque de la lampe de puissance qui devient exagéré.

Essai de la moyenne et de la haute fréquence.

Vérifier d'abord les tensions-plaque et tensions-écran.

Si l'on dispose d'une fiche de service de l'appareil, mesurer les résistances et tirer les enseignements que ces mesures comportent.

Injecter de la haute fréquence modulée entre la borne antenne et la borne terre, et sonder la basse fréquence au casque ou à l'outputmètre, en remontant depuis le transfo de sortie jusqu'au pick-up. Remplacer successivement les lampes par des neuves, en notant l'amélioration.

S'il y a des oscillations intermittentes, voir les condensateurs de découplage des grilles-écran (claqués, déconnectés).

S'il y a des sifflements ou oscillations au moment de l'accord d'une station, voir si les blindages et les connexions à la masse ne font pas mauvais contact ; sinon, réaligner les circuits oscillants.

La même station reçue sur deux points du cadran demande le recalibrage de la partie haute fréquence.

Un fort ronflement de secteur à l'accord d'une station demande des condensateurs non inductifs à haut isolement, de 0,01 microfarad ou plus, entre l'entrée du transfo d'alimentation et le châssis.

LE DÉPANNAGE SYNOPTIQUE

● Il y a plusieurs manières de dépanner un poste, et voici les plus représentatives :

Celle du flair, qui est du grand art. Certains dépanneurs mettent le doigt sur la panne, un doigt guidé par l'instinct. Ce sont des as. Ce flair peut s'acquérir par une longue expérience, mais souvent il est inné chez son possesseur. C'est la résultante d'un profond don d'observation, d'un esprit déductif et d'une grande connaissance du métier.

Celle du remplacement. Ici, on remplace tout ce qui est susceptible de s'user : les lampes, les chimiques, les condensateurs de liaison, les lytiques de filtrage, etc. Et on les repasse à un autre client ! Nous connaissons des dépanneurs très adroits — et très heureux en affaires — qui ne procèdent pas autrement. Neuf fois sur dix, leur outillage et leur technique se réduit au fer à souder.

Celle des mesures de bout en bout. C'est la méthode américaine, où les dépanneurs ont de véritables machines à dépanner, avec analyseurs, oscillographes, signal tracers, etc. Son avantage est évident ; son inconvénient : cher, à cause de l'appareillage.

Celle, très expéditive, qui consiste à substituer momentanément, à chaque étage du poste, un étage dont on est sûr. On circonscrit ainsi la panne, et la trouver devient un plaisir. Nous consacrons un chapitre à cette méthode recommandable à tous points de vue.

Celle du symptôme diagnostiqué. Elle fait l'objet des tableaux suivants.

Comme les dix-neuf vingtièmes des postes actuels sont des supers, le schéma est standard, les pannes sont communes, du moins pour les postes normaux. Quand on connaît un récepteur, on les connaît tous, aux raffinements près.

● Avant de traiter une panne, il faut toujours s'assurer :

- a) De sa réalité ;
- b) De sa permanence ;
- c) De son ancienneté.

Inutile de démolir un poste qui se porte bien sous prétexte de guérir une panne inexistante. Inutile, également, de perdre une heure à chercher une cause qu'un interrogatoire de cinq minutes aurait dévoilée.

● Les tableaux suivants ne couvrent pas toutes les pannes, mais les plus courantes y sont repérées.

LE POSTE EST MUET

| | | CAUSES probables. | |
|---|--|--|------|
| ● LES LAMPES NE S'ALLUMENT PAS | | | |
| 1 | Récepteur sur alternatif..... | 1 | |
| | Récepteur tous courants..... | 1, 2 | |
| ● LES LAMPES S'ALLUMENT | | | |
| ● TENSION ANODIQUE NULLE A LAMPE FINALE. | | | |
| ● Tension anodique nulle aux autres lampes. | | | |
| 2 | 3 | Tension nulle avant filtrage..... | 3, 4 |
| | | Tension faible avant filtrage..... (Toute l'alimentation chauffe trop.) | 5 |
| | Tension forte avant filtrage..... | 6 | |
| ● Tension anodique normale aux autres lampes..... | | | |
| 7 | | | |
| ● TENSION ANODIQUE NORMALE A LA LAMPE FINALE. | | | |
| ● On entend un « toc » en mettant à la masse la grille de la première lampe BF. | | | |
| <i>Il faut alors mettre l'hétérodyne modulée en marche et chercher à l'entendre, après avoir relié l'antenne à l'une des électrodes :</i> | | | |
| ● Relier l'antenne à grille de la première MF. | | | |
| On n'entend rien..... | | | 8 |
| Si on entend l'hétérodyne : | | | |
| 3 | ● Relier l'antenne à la grille de l'oscillatrice. | | |
| | On n'entend rien..... | | 9 |
| Si on entend l'hétérodyne : | | | |
| ● Relier l'antenne à la grille de la HF. | | | |
| On entend l'hétérodyne..... | | | 10 |
| Si on n'entend rien : | | | |
| ● Déconnecter provisoirement le transfo HF, l'antenne restant à la grille HF. | | | |
| On entend l'hétérodyne..... | | | 11 |
| On n'entend rien..... | | | 12 |
| ● On n'entend rien en mettant à la masse la grille de la première lampe BF. | | | |
| (Suite page 95.) | | | |

NOTA. — Ne pas faire d'opérations accessoires avant d'avoir vérifié les points marqués 1, 2, 3 successivement.

CAUSES PROBABLES

1. a) Pas de courant au secteur (voir aussi fusibles de l'installation);
b) Fusible du poste sauté ou mal enfoncé;
c) Interrupteur du poste défectueux;
d) Primaire du transfo d'alimentation coupé;
e) Coupure ou court-circuit dans le circuit de chauffage du poste;
f) Lampes mortes (voir lampes de cadran);
g) Mauvais contacts aux sockets avec culots des lampes.
2. a) Résistance de chauffage morte (ou cordon chauffant);
b) Ampoule de cadran brûlée.
3. a) Condensateur d'entrée de filtrage claqué;
b) Valve morte, en court-circuit ou mauvais contact au culot.
4. a) Bobinage de culasse à la masse;
b) Défaut du transfo d'alimentation (grillé, déconnecté, prise médiane en l'air, etc.).
5. a) Condensateur de sortie de filtrage claqué;
b) Court-circuit à la masse après filtrage.
6. Coupure dans la culasse du haut-parleur ou dans son cordon.
7. a) Primaire du transfo haut-parleur coupé;
b) Cordon du haut-parleur coupé;
c) Condensateur du ton-control claqué;
d) Coupure quelconque entre + H. T. et + H. P.
8. a) S'il n'y a pas de tension à la plaque de cette lampe moyenne fréquence, le primaire du transfo moyenne fréquence suivant est coupé ou dessoudé;
b) S'il y a de la tension à la plaque, le primaire est court-circuité, ou son trimmer, ou le secondaire est coupé ou court-circuité.
9. a) Le premier transfo moyenne fréquence est malade: primaire, secondaire ou trimmers court-circuités;
b) Secondaire dudit transfo coupé.
10. a) La self d'antenne est défectueuse;
b) Le bloc d'accord est désaccordé;
c) La borne d'antenne, ou son fil, touche la masse;
d) Les gaines blindées sont mal isolées.
11. a) Le bloc d'accord a un court-circuit interne;
b) Le bloc d'accord a une masse;
c) Le bloc d'accord est délabré;
d) Les gaines blindées sont usées aux traversées des blindages.
12. a) Le transfo haute fréquence ou ses circuits sont détériorés;
b) Le présélecteur est coupé ou court-circuité;
c) La résistance de cathode de la lampe haute fréquence est malade;
d) L'oscillatrice a une coupure à la grille.

LE POSTE EST MUET (Suite)

| | CAUSES probables. |
|--|----------------------|
| ● On n'entend rien en mettant à la masse la grille de la première lampe BF. | |
| ● La tension est nulle à l'écran de la BF.... | 13 |
| ● La tension est nulle aux écrans des lampes HF ou MF | 14 |
| ● La tension est nulle à la plaque de la première lampe BF (ou la plaque de la détectrice) | 15 |
| ● On n'entend pas de « toc » en mettant à la masse : | |
| La plaque de la détectrice ou de la première BF | 16 |
| La grille de la détectrice ou de la première BF | 17 |
| La plaque diode détectrice | 18 |
| ● Si on entend un « toc » dans ce dernier cas. | 19 |

CAUSES PROBABLES (Suite)

13. a) La connexion de grille-écran est dessoudée ;
b) Vérifier la résistance chutrice, s'il y en a une.
14. a) Condensateur de découplage d'écran claqué ;
b) Sa connexion est à la masse ;
c) La résistance chutrice, ou le diviseur de tension alimentant l'écran, est malade.
15. a) Le condensateur de découplage de plaque de la première basse fréquence est claqué (ou de la binode, ou de la diode, triode ou pentode) ;
b) La résistance de plaque est coupée ou à la masse ;
c) Le transfo de liaison basse fréquence est coupé.
16. a) Grille de la dernière lampe à la masse ;
b) Son condensateur de liaison à la lampe précédente est coupé, ou déconnecté ;
c) Coupure du secondaire du transfo basse fréquence ;
d) Court-circuit de ce transfo basse fréquence.
17. a) Court-circuit entre grille et masse de la première basse fréquence (ou binode, ou diode, triode ou pentode) ;
b) Défectuosité du volume-control ;
c) Défectuosité de sa gaine blindée.
18. Coupure de la self de choc découplant la haute fréquence entre résistance de détection fixe de la diode et le volume-control sur la grille de la première basse fréquence.
19. a) Résistance fixe de charge de diode malade ;
b) Secondaire du transfo haut-parleur malade ;
c) Bobine mobile du haut-parleur malade.

LE POSTE MARCHE MAL

| | CAUSES probables. |
|--|----------------------|
| ● Première mesure : vérifier les lampes. | |
| ● MANQUE DE SÉLECTIVITÉ | |
| Les stations ne sont plus à leur place sur le cadran . . . | 20 |
| Une gamme d'ondes manque de sélectivité | 21 |
| Les stations sont à leur place sur le cadran | 22 |
| ● MUET EN RADIO, MARCHE EN PICK-UP | 23 |
| ● BRUITS, DÉFORMATIONS | |
| ● Tension-plaque d'oscillatrice nulle | 24 |
| ● Pas de « toc » en touchant la grille 1 d'oscillatrice. | |
| ● La résistance cathodique d'oscillatrice est morte | 25 |
| ● Tension d'écran d'oscillatrice normale | 26 |
| ● Tension d'écran d'oscillatrice nul | 27 |
| ● Tension et « toc », mais bruit sans station ou une seule station | 28 |
| ● SOUFFLES (bruit d'eau qui bout). | |
| ● Amélioré en mettant l'antenne à la grille de la première lampe HF | 29 |
| ● Pas de tension à la plaque de la lampe HF | 30 |
| ● Il y a de la tension à cette plaque | 31 |
| ● TEUF-TEUF (motor-boating). | |
| ● Ne persiste pas en pick-up : | |
| Sur toutes gammes d'ondes, tout le cadran | 32 |
| Sur certaines gammes, tout le cadran | 33 |
| Sur début du cadran | 34 |
| ● Persiste en pick-up | 35 |
| ● CUIC (gazouillis courts le long du cadran). | |
| ● Tensions d'oscillatrice incorrectes | 36 |
| ● Tensions correctes. On entend l'hétérodyne modulée injectée dans grille oscillatrice, la bobine oscillatrice étant en court-circuit (bobine G 2 de l'octode) | 37 |

CAUSES PROBABLES

20. a) Présélecteur désaligné ;
b) Bobinages oscillateurs désalignés ;
c) Moyenne fréquence dérégulée.
21. Bobinages correspondants désalignés.
22. a) Moyenne fréquence dérégulée ;
b) Couplage moyenne fréquence trop serré.
23. a) Vérifier la partie haute fréquence, moyenne fréquence, détection ;
b) Vérifier l'antifading ;
c) Vérifier les lampes haute fréquence, moyenne fréquence, détection ;
d) Antenne débranchée.
24. a) Coupure du bobinage d'oscillatrice ;
b) La résistance donnant haute tension à plaque oscillatrice ou G 2 de l'octode est morte, ou son condensateur est claqué.
25. Résistance de polarisation à remplacer.
26. a) Le condensateur allant de G de l'oscillatrice au bobinage est mort ;
b) La résistance de fuite de la grille oscillatrice (G 1 octode) est coupée, court-circuitée ou vieillie.
27. Une des pannes indiquées aux n^{os} 8 à 12. Pour l'encercler rapidement, voir tableau *Le poste est muet*, division : On entend un « toc » en mettant à la masse la grille de la première lampe BF.
28. a) Le condensateur n'est pas entraîné par son démultiplicateur ;
b) Circuit d'accord ou oscillateur en l'air.
29. a) Bobinage d'antenne défectueux ;
b) Résistance de couplage du présélecteur coupée ;
c) Circuit de couplage du présélecteur insuffisante ;
d) Connexion d'antenne défectueuse.
30. Primaire du transfo haute fréquence coupé.
31. a) Résistance de cathode haute fréquence coupée ;
b) Transfo haute fréquence dérégulé ;
c) Spires de capacité dudit transfo en mauvais état ;
d) Mauvais contact au commutateur d'ondes.
32. a) Une grille de lampe moyenne fréquence en l'air ;
b) Lampe moyenne fréquence défectueuse ;
c) Découplages insuffisants moyenne fréquence ou morts ;
d) Filtrage à vérifier.
33. a) Grille lampe haute fréquence en l'air ;
b) Lampe haute fréquence ou oscillatrice défectueuses ;
c) Découplage haute fréquence insuffisant ou mort ;
d) Filtrage à vérifier.
34. a) Oscillatrice à vérifier ;
b) Retour de masse à vérifier.
35. a) Un condensateur de découplage basse fréquence est claqué ;
b) Condensateur de découplage à l'envers, si c'est un chimique ;
c) Transfo basse fréquence monté à l'envers.
36. a) Résistances chutrices à changer (grille, cathode...) ;
b) Trouble d'alimentation ou de filtrage ;
c) Mauvais contact, oxydation, dans les circuits d'oscillatrice.
37. Blindage moyenne fréquence insuffisant.

LE POSTE MARCHE MAL (Suite)

| | CAUSES probables. |
|--|----------------------|
| ● CUIC (Suite) | |
| ● Tensions correctes, mais on n'entend pas l'hétéro- dyne. Rétablir bobine oscillatrice, injecter hétérodyne entre masse et G. de contrôle de l'oscillatrice, chapeau enlevé : | |
| On entend l'hétérodyne..... | 38 |
| On n'entend pas l'hétérodyne..... | 39 |
| ● RONFLEMENT (50 périodes du secteur). | |
| ● Ne persiste pas en pick-up. Varie avec l'accord..... | 40 |
| Ne varie pas avec l'accord..... | 41 |
| ● SIFFLEMENT (prolongé). | |
| ● Ne varie pas en tournant le volume-control..... | 42 |
| ● Varie en tournant le volume-control..... | 43 |
| ● Disparaît en supprimant antifading et en mettant grilles à masse..... | 44 |
| ● Ne disparaît pas en supprimant antifading et en mettant grilles à masse..... | 45 |
| ● ACCROCHAGES (court sifflement, puis blocage). | |
| ● Disparaissent en supprimant antifading et en mettant grilles à masse..... | 46 |
| ● Ne disparaissent pas en supprimant antifading et en mettant grilles à masse..... | 47 |
| ● FAIBLESSE, CRISSEMENT. | |
| ● Variation avec l'accord..... | 48 |
| ● Pas de variation avec l'accord : | |
| Pas de variation en supprimant antifading et en retournant les grilles aux masses..... | 49 |
| Variation en supprimant antifading et en retour- nant les grilles aux masses..... | 50 |

CAUSES PROBABLES (Suite)

38. a) Mauvais blindage de la bobine oscillatrice,
b) Couplage avec autres organes des fils qui s'y rattachent.
39. a) Oscillatrice dérégulée ;
b) Résistance de grille oscillatrice (G 1 de l'octode) trop forte ou vieillie ;
c) Couplage exagéré des bobinages d'oscillatrice ;
d) Commande unique mal réglée : paddings, trimmers à revoir.
40. a) Sur stations puissantes seules, rien à faire : Ronflement de modulation ;
b) Transfo d'alimentation sans écran électrostatique. Mettre un filtre-secteur le plus près possible du compteur ;
c) Valve mal vidée ;
d) Descente d'antenne parallèle aux fils du secteur.
41. a) Filtrage insuffisant ;
b) Mauvaise prise de terre ;
c) Lampe finale mal polarisée, ou polarisation nulle (résistance cathode malade) ;
d) Câblage basse fréquence mal fait ou mal blindé ;
e) Condensateur découplage basse fréquence claqué ;
f) Condensateur chimique découplage basse fréquence à l'envers ;
g) Éclairage de cadran à la masse ;
h) Condensateur de liaison basse fréquence entre première et deuxième lampe, claqué ;
i) Tube défectueux, ou mal réglé.
42. a) Découplage défectueux ;
b) Résistance de grille trop forte ou coupée.
43. a) Découplage défectueux ;
b) Résistance de grille trop forte ou coupée ;
c) Condensateur de filtrage défectueux ;
d) Volume-control défectueux, ou ses connexions ;
e) Prise de masse résistante.
44. a) Découplage insuffisant d'une lampe haute ou moyenne fréquence ;
b) Condensateur de filtrage insuffisant.
45. a) Blindage moyenne fréquence insuffisant ;
b) Transfo haute fréquence dérégulé ou délabré ;
c) Contact imparfait au commutateur d'ondes ;
d) Mauvais réglage du bloc d'accord ;
e) Mauvaise prise de masse sur blindage ou gaine.
46. a) Découplage insuffisant, surtout haute ou moyenne fréquence ;
b) Tension d'écran moyenne fréquence trop forte, résistance chute ou diviseur mal réglés ou vieilliss ;
c) Condensateur découplage écran MF déconnecté ou mort ;
d) Antifading malade, à revoir, en se basant sur l'indicateur visuel.
47. Blindage moyenne fréquence insuffisant.
48. Déréglage de la commande unique, paddings, trimmers.
49. a) Alimentation trop faible, transfo alimentaire malade ;
b) Diviseur de tension malade ou mal réglé ;
c) Condensateur de filtrage desséché ;
d) Haut-parleur décentré, décollé ;
e) Voir panes n^{os} 8, 9, 10, 11, 12.
50. a) Antifading trop brutal ;
b) Résistance de diode antifading trop forte.

LE POSTE MARCHÉ MAL (Suite)

| | CAUSES probables. |
|--|----------------------|
| <p>● CRACHEMENTS (comme les parasites industriels).</p> | |
| <p>● Ne disparaissent pas en pick-up.....</p> | 51 |
| <p>● Disparaissent en pick-up :</p> | |
| <p>En remplaçant l'oscillatrice par une morte, ou en supprimant provisoirement son chauffage, et en injectant de la MF modulée entre plaque et masse, les crachements disparaissent.....</p> | 52 |
| <p>Les crachements ne disparaissent pas.....</p> | 53 |
| <p>● DISTORSION (caricature de musique).</p> | |
| <p>● Disparaît en pick-up :</p> | |
| <p>Distorsion variant avec l'accord.....</p> | 54 |
| <p>Distorsion ne variant pas avec l'accord.....</p> | 55 |
| <p>Reproduction trop aiguë.....</p> | 56 |
| <p>Reproduction trop grave.....</p> | 57 |
| <p>● Ne disparaît pas en pick-up :</p> | |
| <p>Pas de ronflement exagéré.....</p> | 58 |
| <p>Ronflement et polarisation nulle.....</p> | 59 |
| <p>Ronflement et polarisation normale.....</p> | 60 |

CAUSES PROBABLES (Suite)

51. a) Lampe basse fréquence trop polarisée. Réduire la résistance de cathode ;
b) Condensateur de liaison basse fréquence fuit, est en voie de claquage (étincelles internes) ;
c) Condensateur de découplage cathode première ou deuxième basse fréquence en voie de claquage ;
d) Mauvais contact à une des soudures basse fréquence ;
e) Étincelles quelque part en basse fréquence (voir dans l'obscurité).
52. a) Mauvais contact au présélecteur ;
b) Mauvais contact à l'oscillatrice.
53. Mauvais contact à un transfo moyenne fréquence.
54. Commande unique mal réglée. Revoir paddings, trimmers.
55. Mauvaise polarisation de la lampe basse fréquence.
56. a) Résistance de charge diode trop forte ;
b) Réaction basse fréquence par capacité tendant à exagérer les aiguës.
57. a) Filtres passe-bande ou transfos moyenne fréquence trop pointus. Augmenter les couplages primaire-secondaire ;
b) Accord des transfos moyenne fréquence trop pointu.
58. a) Haut-parleur mal choisi pour le poste ;
b) Transfo de sortie de rapport mal calculé ;
c) Résonance de l'ébénisterie ;
d) Tone-control mal calculé. Changer ses valeurs.
e) Lampe de sortie mal polarisée, ou trop chargée, ou mal alimentée. Voir courbes.
59. Condensateur de découplage de cathode claqué ou inversé.
60. a) Condensateur de liaison basse fréquence claqué (entre première et deuxième basse fréquence) ;
b) Transfo de liaison basse fréquence perforé entre primaire et secondaire.

LE DÉPANNAGE CHIRURGICAL

Similia similibus curantur.

HAHNEMANN.

Dès qu'il a ouvert le ventre de son client, tout chirurgien qui se respecte doit probablement se recueillir (1) et se dire : « Voyons... jusqu'ici, c'est le gésier ; jusque-là, c'est la rate. C'est bien ce petit machin-là qu'il s'agit de mettre hors circuit. » Pour peu qu'il n'oublie pas sa pipe dans les replis de l'intestin, un tel praticien fera évidemment du meilleur travail que celui qui coupe d'abord et se recueille après, à l'enterrement.

En radio, c'est la même chose. Voilà un poste qui marche mal : il ronfle, il accroche, il sifflote, il crachote, il est un peu faiblard : bref, la panne antipathique, qui fait perdre des heures. Avant de lui triturer les entrailles, il faut faire comme le chirurgien. On se recueille devant le châssis mis à nu sur la table d'opération, et on se dit : « Ceci, c'est l'accord et la haute fréquence, jusque-là où commence l'oscillatrice avec ses circuits annexes. Ce circuit-ci fait bien partie de l'oscillatrice, mais cet autre est déjà de la moyenne fréquence. » On repère bien le circuit de chauffage, celui d'antifading, celui d'alimentation haute tension, bref, toute l'anatomie du poste qui, vous l'avez sans doute remarqué, est formé de plusieurs « systèmes » comme le corps humain : système nerveux, système circulatoire, etc.

Ah ! si nous avions un appareil à diagnostiquer, qui nous dirait dans quelle section du poste se trouve la panne ! Comme ce serait commode ! Au lieu de perdre notre temps, nous serions fixés en quelques minutes.

Déjà, nous savons comment dire à coup sûr si la partie basse fréquence est innocente : il n'y a qu'à se mettre en position pick-up et jouer un disque un peu violent. Si cela marche, c'est que la panne est ailleurs. Si cela ne marche pas, cela peut provenir de la basse fréquence, à moins qu'elle ne soit dans l'alimentation, ou dans une autre partie du poste qui paralyse l'alimentation, ce qu'il est facile de vérifier en isolant celle-ci et en la soumettant à la question.

Eh bien ! nous allons généraliser la méthode, en la perfectionnant par des greffes provisoires. Et nous ferons d'une pierre deux coups, en bâtissant un appareillage qui ne nous coûtera pas cher, mais nous fera gagner pas mal d'argent si nous sommes dépanneurs professionnels. Il s'agit des « blocs d'amélioration », dont l'idée première revient à notre ami regretté, l'ingénieur Marc Seignette (à moins que ce ne soit l'ancêtre qui, au temps des fonds de panier, présentait tout un poste commercial en blocs séparés).

D'abord, disséquons le châssis.

La première chose à faire consiste, par quelques coups de fer à souder, à isoler les divers étages du poste.

(1) Nous présentons nos excuses à l'honorable corporation des coupeurs de petits machins si nos connaissances chirurgicales laissent un peu à désirer. On fait ce qu'on peut...

La basse fréquence s'isole, nous l'avons vu, en se mettant en pick-up, ou en attaquant la première basse fréquence entre grille et masse. Cette première basse fréquence peut être l'élément triode ou pentode de la détectrice diode-triode, par exemple.

L'étage de puissance s'isole de même, en attaquant directement sa grille provisoirement débranchée du condensateur de liaison. C'est enfantin.

L'alimentation est aussi facile à isoler : il suffit de couper le + HT à la sortie de la cellule de filtrage. On la fait débiter dans une résistance à grand débit (résistance à collier sur céramique) capable d'absorber 100 à 120 milliampères sous 250 volts, soit donc une trentaine de watts, ce qui permet de l'étudier *in vivo*.

L'antifading s'isole en coupant tous les retours d'antifading, les retours de grille des lampes contrôlées par l'antifading étant réunis provisoirement à la masse. Les potentiels de contrôles de l'antifading sont mesurés par le voltmètre à lampe, pendant qu'on injecte de la haute fréquence à la borne-antenne, ce qui permet d'étudier le fonctionnement de la régulation en traçant sa courbe.

La moyenne fréquence comprend les deux transfos et tout ce qu'ils délimitent, le primaire du premier étant provisoirement isolé de la lampe oscillatrice, en enlevant celle-ci de son socket, tandis que le secondaire du second peut être isolé de la détectrice par le même procédé. On peut isoler aussi ses deux sorties secondaires et en mettre une à la masse. On injecte les signaux de fréquence voulue (135 ou 450 kilocycles) provenant de l'hétérodyne, et on mesure au voltmètre à lampe ce qui sort.

L'oscillatrice s'isole assez facilement : la connexion de la grille de contrôle (n° 4 de l'octode) est dessoudée, ce qui permet de brancher l'hétérodyne modulée entre cette grille et la masse. Le voltmètre à lampe permet de lire pour chaque gamme d'ondes les courants moyenne fréquence créés par l'oscillatrice, soit à sa sortie, soit après l'étage moyenne fréquence. Mais, dans ce dernier cas, il faut avoir soin de supprimer la détection si elle comporte l'antifading.

La détection n'offre pas plus de difficultés, puisqu'elle commence à la sortie du second transfo moyenne fréquence et se termine à la grille de la préamplificatrice basse fréquence, souvent constituée par l'élément triode ou pentode de la détectrice (double diode-triode par exemple), mais il faut avoir soin d'isoler l'antifading et ne pas oublier que le circuit de la diode comprend tout le circuit de sa plaque détectrice, avec le secondaire du transfo (qu'on peut court-circuiter ou remplacer par l'hétérodyne modulée), sa résistance de travail, tout ce qui part du secondaire pour se terminer à la masse. Ne pas oublier non plus, dans les détectrices par les deux plaques diodes sans antifading, le primaire du second transfo, relié à la seconde plaque diode par une capacité. Ce schéma est assez rare : dans ce cas, c'est le primaire, isolé de la plaque moyenne fréquence et de la + HT, qui est l'entrée de la détectrice.

Enfin, la haute fréquence s'isole en dessoudant la connexion de grille de la convertisseuse (ou en enlevant celle-ci dans les lampes modernes où la grille est au sommet du ballon). Cette connexion de grille est reliée à une détectrice suivie d'une basse fréquence, par exemple un poste miniature dont on a supprimé les organes d'accord.

Ensuite, accusons chaque étage.

Bien entendu, nous n'allons pas couper sans réfléchir notre poste en tranches. Nous commencerons par la basse fréquence + alimentation, nous continuerons par convertisseuse + moyenne fréquence + détectrice + basse fréquence ; nous subdiviserons ensuite convertis-

seuse + moyenne fréquence + détectrice s'il y a lieu, la haute fréquence ayant été provisoirement supprimée en réunissant directement le présélecteur à la grille de la convertisseuse.

Et on accuse tous les étages, à charge pour eux de disculper en prouvant successivement qu'ils ne sont pas responsables de la panne. Celui qui ne réussit pas à prouver son innocence, c'est le coupable. Il n'y a plus qu'à l'autopsier, en se servant des tableaux de pannes par étage qu'on trouvera plus loin.

LES BLOCS D'AMÉLIORATION

Avant d'aborder la technique, parlons commerce.

Beaucoup de clients désireraient que leur poste soit perfectionné, mais ils n'ont pas confiance. Si vous pouvez leur faire entendre *sur leur poste* l'amélioration proposée, ils « marcheraient » neuf fois sur dix. C'est ce que vous permettront nos blocs d'amélioration, en plus de leur utilisation habituelle comme blocs de dépannage.

Le principe en est très simple : je prends un châssis courant, à cinq ou six lampes, que je connais bien. A temps perdu, je le remets en état : lampes neuves, perfectionnement suivant la technique moderne, bloc d'accord à fer divisé et moyenne fréquence de même, bref, j'en fais quelque chose qui marche vraiment bien. Je soigne particulièrement la basse fréquence, à laquelle je mets une contre-réaction, et ce qu'il faut pour varier la tonalité. Voilà donc un châssis que je connais bien, puisque c'est moi qui l'ai élevé. Je vais maintenant le diviser en sections : haute fréquence, et convertisseuse, moyenne fréquence détection et basse fréquence, et chacune de ces sections remplacera celle, supposée malade, du poste à dépanner. Premier avantage : en trois coups de fer à souder et quatre déplacements de pinces crocodile, mon poste est ausculté des pieds à la tête, et l'étage défectueux mis en accusation. Second avantage : j'invite le client à venir écouter ce que lui donnerait son cher récepteur, si je lui changeais sa basse fréquence par celle-ci. Troisième avantage : l'exécution sera facile, car je la connais bien. Pas d'aléas, pas de surprise dans le prix de revient.

Mais il y a mieux : afin d'éviter les doutes du client, ainsi que les erreurs et les longues connexions, nous allons réaliser trois blocs autonomes : un changeur de fréquence, une moyenne fréquence, et une détectrice + basse fréquence, le tout moderne, avec lampes neuves 6,3 volts. Ces trois blocs ne nous coûteront pas bien cher, et ils auront tôt fait de se payer par le temps gagné et les affaires conclues.

Nous avons dit : lampes de 6,3 volts. Mais un poste équipé en lampes 4 volts pourront être également dépannés et modernisés par nos blocs, car les culots sont les mêmes que ceux de la série E. Il y aura cependant certaines polarisations à changer, notamment pour AL 2 et AL 3. Comme le poste à transformer possède un transfo suffisant, il n'y a pas à s'en occuper. Pour les postes chauffés sous 2,5 volts, rien n'empêche de réaliser, plus tard, des blocs utilisant des lampes de cette série.

Et pourquoi trois blocs, et non quatre ou cinq ?

Parce que l'universalité, c'est bien, mais la simplification est mieux encore. Parce que la détection et la basse fréquence sont intimement liées par la lampe commune. Parce que l'alimentation, comprenant une haute tension filtrée sous 250 et 300 volts, chauffage 2,5 et 6,3 volts et même polarisation par diviseur de tension à curseurs, existe déjà dans un laboratoire qui se respecte, sous forme d'un châssis fixé à demeure sous l'établi, avec distributeur mural et cordons à fiches. 

Bloc haute fréquence-convertisseuse. — Vous pouvez l'établir suivant

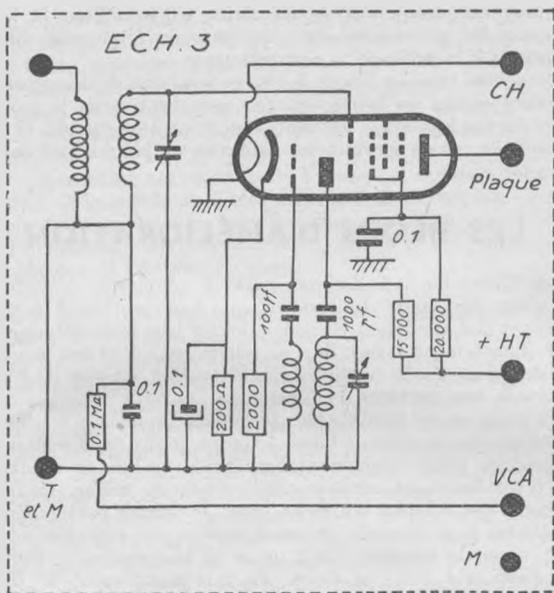


Fig. 1. — Bloc haute fréquence.

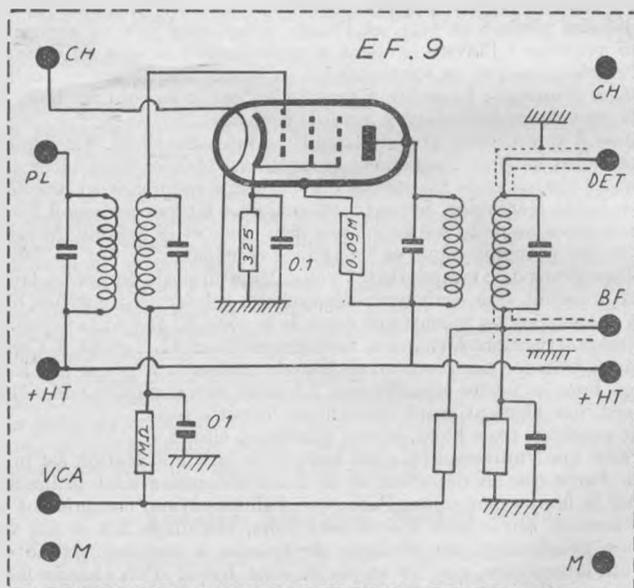


Fig. 2. — Bloc moyenne fréquence.

la schéma de la figure 1. Les bobinages seront modernes, mais, étant donné l'anarchie qui règne chez les constructeurs, nous choisirons un bloc de dimensions très réduites, pouvant aller partout. Nous aurons en outre un autre bloc, très plat, les deux ayant à peu près le même rendement, afin de pouvoir servir tout le monde.

Un point à signaler : le point *plaque haute fréquence* à relier au transfo moyenne fréquence. C'est un point ombrageux. En étudiant les emplacements des culots et des cosses de transfo moyenne fréquence, il faut trouver le chemin le plus court pour les relier. Le mieux est de souder, à la plaque de la convertisseuse, un fil souple de 6 centimètres de longueur, et il faut se débrouiller pour le fixer au transfo moyenne fréquence sans devoir l'allonger. Le châssis est en aluminium de 20/10.

Bloc moyenne fréquence. — Il se fait suivant le schéma de la figure 2. Ici aussi, le point *plaque* demande des précautions ; il faut trouver la connexion la plus courte et la blinder, comme du reste celle qui va au condensateur de liaison.

Bloc-détection et basse fréquence (schéma suivant figure 3). — On le munira d'un bon haut-parleur et on le soignera tout particulièrement pour qu'il soit très musical, très ensorcelant. C'est lui qui se vendra le mieux, vous verrez...

Et voilà. Les trois blocs, en série, forment un récepteur complet. Ils vous épargneront bien des heures de recherches infructueuses, bien des ennuis, bien des clients mécontents. Ils constitueront votre meilleure publicité.

Et rien ne vous empêchera de les compléter par un œil et un antifading...

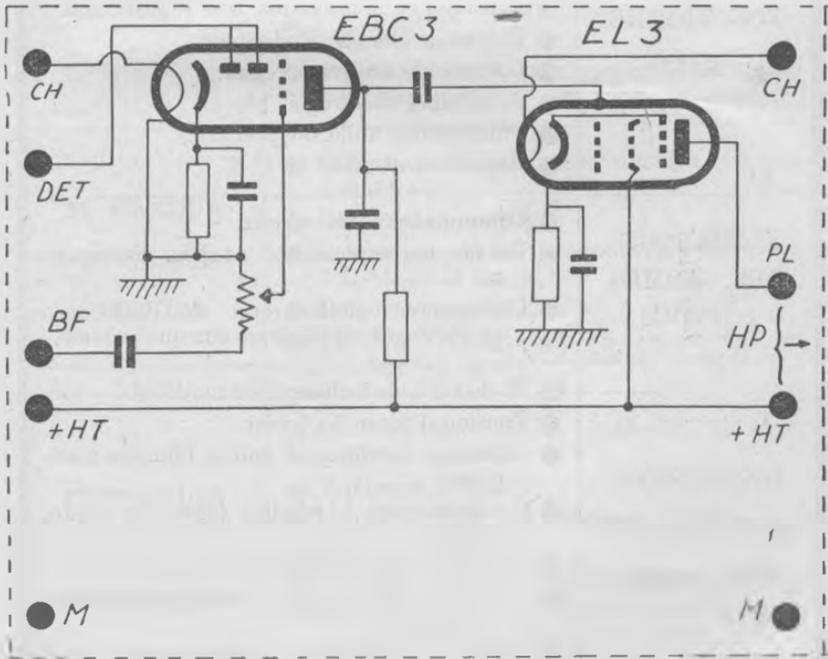


Fig. 3. — Bloc-détection et basse fréquence.

TABLEAUX DES PRINCIPALES PANNES

ÉTAGE HAUTE FRÉQUENCE

| | |
|--|--|
| L'ÉTAGE EST MUET | <ul style="list-style-type: none"> ● Bobine ouverte ou en C.-C. ● Gaine blindée faisant C.-C. avec son fil. ● Lampe douteuse ou morte, socket à vérifier. ● Condensateur d'accord en C.-C. ou débranché. ● Mauvais contact au commutateur. ● Résistance ou condensateur d'anode à changer. ● Circuit-grille coupé ou R. d'antifading morte. ● Pied de lampe en C.-C. |
| L'ÉTAGE FONCTIONNE MAL | <ul style="list-style-type: none"> ● Lampe douteuse. ● Condensateurs fixes ayant des fuites (anode, grille-écran, cathode). ● Fuites entre lames du condensateur variable (sales). ● Tensions et polarisation mal réglées. ● Bobine de choc H. F. douteuse. ● Commande unique à régler. ● Antifading mal réglé, bloque. ● Polarisation nulle ou positive. ● Enroulement-grille en C.-C. |
| IL MANQUE DES GAMMES D'ONDES | <ul style="list-style-type: none"> ● Commutateur défectueux. ● Bobine correspondante coupée, dessoudée ou C.-C. ● Changement malheureux de bobinage : accrochages ou faiblesse sur une gamme. |
| DISTORSION ACCROCHAGES SIFFLEMENTS | <ul style="list-style-type: none"> ● R. de cathode à changer ou modifier. ● Tension d'écran à vérifier. ● Blindages insuffisants, gaines blindées manquent. ● Condensateurs à vérifier (cathode, écran, plaque). ● Surcharge par antenne trop longue. ● Circuit de grille coupé, R. de grille trop forte ou grillée. ● Couplages parasites entre organes trop proches. |

ÉTAGE OSCILLATEUR

| | |
|---|---|
| <p style="text-align: center;">L'ÉTAGE EST MUET</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Lampe morte ou n'oscillant pas. ● Tensions incorrectes. ● Bobinages oscillateurs coupés, déconnectés ou en C.-C. ● Gaines faradisées défectueuses, en C.-C. avec leur conducteur. ● Transfo M. F. malade. ● C.-C. dans condensateur d'oscillation. ● Une soudure a lâché. ● Mauvais contact au socket de la lampe. ● Circuit de grille coupé. |
| <p style="text-align: center;">L'ÉTAGE FONCTIONNE MAL</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Commutateur à vérifier : contacts sales. ● La lampe n'oscille pas ou oscille mal. ● Condensateurs de découplage mal isolés. ● Tension insuffisante à l'anode auxiliaire ou à l'anode oscillatrice. ● Trimmers à régler. ● Mauvais contact ou mauvaise soudure. ● Condensateur variable en C.-C. par poussières, etc. ● Conversion par deux lampes : vérifier organe de couplage. |
| <p style="text-align: center;">IL MANQUE DES GAMMES D'ONDES</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Défaut du commutateur d'ondes (surtout en O. C.). ● Un padding mal réglé. ● Bobine coupée ou dessoudée, ou spires en C.-C. ● Défaut congénital : circuit à modifier. ● En O. C., soupçonner la lampe qui ne « descend » pas. |
| <p style="text-align: center;">DISTORSION ACCROCHAGES SIFFLEMENTS</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● R. chutrice (anode, cathode), à changer. ● Trimmers à régler. ● Condensateurs de découplage claqués. ● Blindage insuffisant. ● Coupure dans le circuit de grille. ● Couplages parasites entre circuits destinés aux deux fréquences interférentes. ● Tension-écran ne convenant pas à la lampe. |

ÉTAGE MOYENNE FRÉQUENCE

| | |
|---|--|
| <p style="text-align: center;">L'ÉTAGE EST MUET</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Lampe morte. ● Transfo coupé ou en C.-C. ● Blindage touche une connexion. ● Mauvais contact au socket de la lampe. ● Condensateur d'accord transfo en C.-C. |
| <p style="text-align: center;">L'ÉTAGE FONCTIONNE MAL</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Variation de puissance : lampes gazeuses. ● Alignement défectueux. ● Condensateurs en C.-C. larvé. ● Condensateur de découplage défectueux. ● R. cathodique mal réglée. ● Tension de grille-écran à vérifier (R. chutrice ou diviseur vieillis). ● C.-C. partiel entre spires. ● L'antifading fonctionne mal et bloque. ● Excès de couplage du transfo M. F. |
| <p style="text-align: center;">IL MANQUE DES GAMMES D'ONDES</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Voir H. F. et oscillatrice. |
| <p style="text-align: center;">DISTORSION ACCROCHAGES SIFFLEMENTS</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Alignement défectueux. ● Lampe usée et surchargée. ● Blindage défectueux. ● Polarisation et découplage cathode à vérifier. ● Dernier condensateur de filtrage à vérifier. ● Mauvais retour de masse, mauvaise soudure. ● Deux connexions non blindées de deux étages se côtoient. ● Crachements : R. chutrice en mauvais état. |

ÉTAGE DÉTECTEUR

| | |
|--|---|
| <p>L'ÉTAGE EST MUET</p> | <p><i>Détection-diode.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● R. de travail de diode coupée ou court-circuitée. ● Potentiomètre de volume-control défectueux. ● Prise de masse défectueuse. ● Lampe défectueuse. <p><i>Détection-grille ou plaque.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Polarisation mal réglée. ● C.-C. aux bobinages, au condensateur d'accord, au condensateur de découplage, à la self de choc. ● Lampe défectueuse. |
| <p>L'ÉTAGE EST INSTABLE OU INTERMITTENT. ACCROCHAGES</p> | <p><i>Détection-diode.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Volume-control défectueux. ● Antifading défectueux. ● R. de charge vieillie, ou mal calculée. ● Condensateur de découplage sur le point de claquer. ● Moyenne fréquence mal alignée. <p><i>Détection-grille ou plaque.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Fuite du condensateur shunté. ● Fuite au condensateur de découplage. ● Découplage insuffisant. ● Réaction mal réglée. ● Circuit-plaque insuffisamment découplé. |
| <p>FAIBLESSE</p> | <p><i>Détection-diode.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Condensateur de liaison B. F. coupé. ● Potentiomètre coupé. <p><i>Détection-grille ou plaque.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Tensions incorrectes. |
| <p>DISTORSION</p> | <p><i>Détection-diode.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Condensateur de liaison malade. ● Fuites au condensateur de découplage. ● Antifading défectueux. ● R. de charge trop forte (ronfle). <p><i>Détection-plaque.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Self de choc H. F. défectueuse ou insuffisante. ● Polarisation de détectrice-plaque mal réglée. ● Surcharge de la lampe. ● Réaction trop intense. ● Mauvaise R. de plaque. |

ANTIFADING

| | |
|--|---|
| <p>L'ANTIFADING NE MARCHE PAS Puissance excessive.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Antifading simple : <ul style="list-style-type: none"> — Condensateur de ligne antifading à la masse. — Autre masse de la ligne antifading. — R. de charge de diode antifading morte. ● Antifading différé : capacité entre anodes diodes nulle. |
| <p>RÉGULATION INSUFFISANTE</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Résistance de retard à modifier. ● Ligne antifading à la masse. ● Condensateur de ligne en voie de claquage. |
| <p>RÉGULATION EXAGÉRÉE</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● R. de charge de diode antifading à changer. |
| <p>RÉCEPTEUR PARALYSÉ</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Condensateur entre plaques de la diode en C.-C. ● Condensateur découplant la base du premier transfo M. F. est coupé ou débranché. ● Mauvais fonctionnement de l'œil magique. |
| <p>ACCROCHAGES</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Condensateur de découplage du circuit antifading coupé ou débranché. ● Polarisation incorrecte des lampes commandées, surtout de la M. F. |

ÉTAGE BASSE FRÉQUENCE

| | |
|---|--|
| <p style="text-align: center;">PRÉAMPLI</p> <p>(Lampe séparée ou diode-triode ou diode-pentode).</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● <i>Muette ou faible :</i> <ul style="list-style-type: none"> — Lampe morte ou usée, ou mauvais contact au pied. — R. de plaque coupée. — Tension-écran dérégulée. — Découplage-écran en C.-C. — Grille à la masse ou à sa gaine. ● <i>Déformations, bruits, oscillations :</i> <ul style="list-style-type: none"> — Condensateur de découplage malade. — Grille en l'air, ou R. de grille trop forte. — Condensateur de volume-control à changer. |
| <p style="text-align: center;">LAMPE (S)</p> <p style="text-align: center;">FINALE (S)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● <i>Silence :</i> <ul style="list-style-type: none"> — Lampe morte, ou mauvais contact au culot. — Absence de tension-plaque ou écran. — Circuit-plaque coupé : <i>la grille-écran rougit</i>, couper aussitôt le courant. — R. anodique précédente coupée. — Transformateur B. F. ou transfo de haut-parleur coupés ou en C.-C. (Voir <i>Condensateur shuntant le primaire</i>). — Connexion coupée. — Découplage-écran en C.-C. — R. de cathode coupée. ● <i>Bourdonnements, ronflements :</i> <ul style="list-style-type: none"> — Polarisation défectueuse, R. cathodique coupée. — Chimique de découplage en voie de claquage. — R. de grille trop forte. — Fuites au condensateur de liaison de grille. ● <i>Distorsion :</i> <ul style="list-style-type: none"> — Condensateur de grille sans capacité. — Mauvais rapport du transfo de sortie : l'impédance du haut-parleur n'est pas bien mariée avec celle de la lampe. — Polarisation défectueuse (Voir <i>Courbes</i>). — Lampe surchargée. — Si push-pull, mauvais déphasage. — Haut-parleur décentré, décollé. — Tone-control mal établi, résonances d'ébénisterie. |

ALIMENTATION

| | |
|---|--|
| <p>PAS DE TENSION ANODIQUE</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Fusible sauté, valve morte. ● Premier condensateur électrolytique de filtrage claqué. ● Mise à la masse : <ul style="list-style-type: none"> — d'une connexion d'excitation du haut-parleur. — du pot du haut-parleur. — du transfo d'alimentation, secondaire haute tension. <p style="text-align: center;"><i>Éteindre immédiatement : LA VALVE SURCHAUFFÉE EST EN DANGER DE MORT.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Second condensateur de filtrage claqué. |
| <p>TENSION ANODIQUE TROP ÉLEVÉE</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Premier condensateur de filtrage bout et va claquer : grave danger pour la valve. ● Tension du secteur trop élevée. ● Fusible mal placé, à une mauvaise tension. ● Polarisation défectueuse de la lampe finale. |
| <p>TENSION ANODIQUE FAIBLE</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● C.-C. entre spires du transfo, dans le secondaire (il chauffe). ● Premier condensateur de filtrage de trop faible valeur, ou desséché. ● C.-C. larvé dans les circuits haute tension. ● Second condensateur de filtrage en voie de claquage. ● Claquage ou C.-C. partiel du primaire du transfo : toutes les tensions sont faibles aux secondaires. |
| <p>RONFLEMENT</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Filtrage insuffisant. Renforcer les condensateurs, ou mieux ajouter une cellule de filtrage. ● Transfo sans écran électrostatique entre primaire et secondaire. ● Second condensateur de filtrage desséché. ● Valve défectueuse. ● Prise de terre défectueuse. ● Tôles du transfo mal serrées. ● Transfo ou circuit-grille H. F. ou M. F. dans le champ des circuits-secteur. |

DÉPANNAGE MÉTHODIQUE

Ce chapitre a été rédigé avec la collaboration
de W. Sorokine.

Nous condensons ci-dessous les principales pannes qu'on peut rencontrer dans un poste courant, soit 4 lampes et 1 valve. Bien entendu, les mêmes pannes peuvent se retrouver dans tout autre récepteur.

Pour dépanner rapidement et proprement un poste, il importe de procéder avec méthode : c'est pourquoi le tableau ci-dessous donne l'enchaînement logique des constatations, qui seront reprises plus loin avec développements.

SILENCE TOTAL

A. Les lampes, y compris la valve, ne s'allument pas.

- 1. Fusible coupé.
- 2. Cordon d'alimentation coupé.
- 3. Interrupteur défectueux.
- 4. Primaire du transfo coupé, ou en court-circuit.
- 5. Secondaire du transfo coupé, ou en court-circuit.
- 6. Lampe ou lampes mortes (surtout dans les tous-courants).
- 7. Support de lampe défectueux.
- 8. Soudure qui a lâché dans le circuit de chauffage.

B. Les lampes s'allument. La valve ne s'allume pas.

- 1. Valve défectueuse (attention ! souvent dû au claquage du premier condensateur électrolytique de filtrage).
- 2. Coupure dans le circuit de chauffage de valve.
- 3. Coupure de l'enroulement-valve du transfo.

C. Toutes les lampes s'allument. Rien en pick-up.

- 1. Panne dans le circuit haute tension (voir Condensateurs de filtrage).
- 2. Lampe BF ou son support défectueux.
- 3. Résistance d'anode ou de cathode BF coupée ou morte.
- 4. Court-circuit dans le circuit anodique de la lampe finale (condensateur de découplage entre plaque et masse).
- 5. Coupure du primaire du transfo de sortie, ou claquage du condensateur qui le shunte.
- 6. Circuit-plaque de la préamplificatrice BF claqué (le plus souvent, la coupure se trouve dans la R de charge).
- 7. Claquage du condensateur de découplage entre plaque de la préamplificatrice BF et la masse.
- 8. Circuit grille de la préamplificatrice BF en court-circuit (par connexion blindée, par exemple).

D. Fonctionnement en pick-up, rien en radio.

● 1. *On n'entend rien dans le haut-parleur quand la tension de l'hétérodyne modulée, réglée sur la fréquence de la MF, est appliquée à la grille de l'amplificatrice MF.*

- a) Lampe MF défectueuse ;
- b) Coupure dans le second transfo MF ;
- c) Court-circuit dans le second transfo MF, le plus souvent par l'ajustable correspondant ;
- d) Court-circuit du secondaire du premier transfo MF ou du circuit-grille de la lampe MF ;
- e) Pas de tension-écran à l'amplificatrice MF (voir Condensateur et résistance dans circuit-écran). Dans ce cas, il reste une réception très faible ;
- f) Résistance de polarisation de la lampe MF coupée ou morte ;
- g) Court-circuit ou coupure dans le circuit de détection.

● 2. *On n'entend rien dans le haut-parleur quand la tension de l'hétérodyne modulée, réglée sur la fréquence de la MF, est appliquée à la plaque de la changeuse de fréquence.*

- a) Coupure dans le premier transfo MF ;
- b) Court-circuit du premier transfo, presque toujours par l'ajustable correspondant.

● 3. *On n'entend rien dans le haut-parleur quand la tension de l'hétérodyne modulée, réglée sur la fréquence de la MF, est appliquée à la grille modulatrice de la changeuse de fréquence.*

- a) La changeuse de fréquence est défectueuse ;
- b) Court-circuit dans le condensateur variable (lames qui se touchent ou court-circuit dans le trimmer).

● 4. *On n'entend rien quand l'hétérodyne modulée, réglée sur une longueur d'onde quelconque des gammes P. O. ou G. O., est connectée directement à la grille modulatrice de la changeuse de fréquence,*

On peut faire le même essai en connectant l'antenne directement à la grille modulatrice.

- a) Court-circuit dans le CV correspondant (lames qui se touchent ou trimmer en court-circuit) ;
- b) Changeuse de fréquence défectueuse ;
- c) Pas de tension à l'écran de la changeuse de fréquence par court-circuit du condensateur correspondant ou coupure de sa résistance ;
- d) Défaut dans les circuits oscillateurs (coupure, court-circuit du primaire, absence de tension à l'anode oscillatrice).

FONCTIONNEMENT DÉFECTUEUX

A. Manque de puissance persistant en pick-up.

- 1. Lampe finale ou préamplificatrice défectueuse.
- 2. Coupure du condensateur de liaison entre les deux lampes finales.
Dans ce cas, le manque de puissance est accompagné d'une distorsion importante, et la tonalité est suraiguë.
- 3. Haut-parleur défectueux (par exemple, membrane coincée).
- 4. Haute tension trop faible après filtrage, soit par court-circuit partiel dans la ligne haute tension, soit par vieillissement de la valve.
- 5. Défaut dans le circuit de polarisation de l'une des lampes BF (court-circuit du condensateur électro-chimique shuntant la résistance

de polarisation, résistance de polarisation coupée). Dans ce cas, la distorsion est importante.

● 6. Fuite importante dans le circuit de grille de la lampe préamplificatrice, par défaut d'isolement des connexions blindées, par exemple, détériorées par soudure trop chauffée.

B. Manque de sensibilité, avec fonctionnement normal en pick-up.

- 1. Lampe amplificatrice MF défectueuse.
- 2. Changeuse de fréquence défectueuse.
- 3. Tension-écran incorrecte aux deux lampes ci-dessus.
- 4. Polarisation incorrecte des deux lampes ci-dessus.
- 5. Transformateurs MF désaccordés.
- 6. Circuit d'antifading défectueux (voir surtout le découplage).

C. Manque de sensibilité sur certaines longueurs d'onde.

- 1. *Manque de sensibilité vers 20 mètres.*
 - a) Mauvais alignement des trimmers O. C. ;
 - b) Changeuse de fréquence qui ne « descend » pas ;
 - c) Bobinages oscillateurs défectueux ou mal établis ;
 - d) Pertes importantes dans le circuit d'entrée O. C. (par exemple par une descente d'antenne blindée à trop grande capacité).
- 2. *Manque de sensibilité vers 50 mètres.*
 - a) Insuffisance de couplage entre le primaire et le secondaire de l'oscillateur O. C. ;
 - b) Absence de padding O. C., court-circuit de ce padding, ou valeur incorrecte ;
 - c) Oscillateur O. C. trop proche d'une masse métallique absorbante, par exemple le châssis.
- 3. *Manque de sensibilité vers 200 mètres.*
 - a) Mauvais alignement des trimmers P. O. ;
 - b) Insuffisance de couplage entre le circuit d'antenne et celui de grille de la première lampe.
- 4. *Manque de sensibilité vers 500 mètres.*
Padding P. O. mal aligné ou de valeur incorrecte.
- 5. *Manque de sensibilité vers 1.200 mètres.*
Mauvais alignement des trimmers G. O.
- 6. *Manque de sensibilité vers 1.900 mètres.*
Padding G. O. mal réglé.

D. Oscillations spontanées, accrochages.

- 1. *Sifflements et hurlements à pleine puissance.*
 - a) Découplage insuffisant de l'anode de la lampe finale ;
 - b) Découplage insuffisant de la grille de la lampe finale ;
 - c) Découplage insuffisant de l'anode de la préamplificatrice BF ;
 - d) Connexion BF insuffisamment blindée ;
 - e) Capacité entre le cordon du haut-parleur et le circuit de grille de la préamplificatrice BF.

● 2. *Sifflements et hurlements sur toutes les gammes, même à puissance réduite.*

- a) Antifading insuffisamment découplé (un condensateur de découplage peut être coupé accidentellement);
- b) Découplage cathodique de la changeuse de fréquence et des amplificatrices MF insuffisant (condensateurs coupés, etc.);
- c) Découplage défectueux de la tension d'écran des deux lampes ci-dessus;
- d) Second condensateur de filtrage trop résistant (le shunter par un condensateur de 0,1 MF au papier);
- e) Accrochage dans l'étage amplificateur MF (blinder la grille).

● 3. *Accrochages sur certains points des gammes d'ondes*

- a) Oscillateur de gamme mal établi (courant d'oscillation trop élevé en un point);
- b) Valeurs incorrectes des éléments de liaison des circuits oscillateurs;
- c) Transfos MF mal alignés.

E. Distorsion.

● 1. *La distorsion existe même en pick-up.*

- a) Une des lampes BF est défectueuse;
- b) Défaut dans le dynamique (membrane décentrée, limaille dans l'entrefer. S'entend surtout à grande puissance);
- c) Polarisation incorrecte d'une des lampes BF;
- d) Résistance de fuite de grille de la lampe finale coupée;
- e) Condensateur de liaison entre deux lampes BF claqué.

● 2. *La distorsion disparaît en pick-up.*

C'est le plus souvent l'antifading qui est en cause.

F. Ronflement.

● 1. *Le ronflement est uniforme sur tous les réglages.*

- a) Filtrage insuffisant, le plus souvent par défaut d'un des condensateurs;
- b) Une des lampes BF est défectueuse, mauvais isolement entre filament et cathode;
- c) Insuffisance de blindage de certaines connexions sensibles, par exemple la connexion-grille de la préamplificatrice;
- d) Insuffisance de découplage du circuit anodique de la préamplificatrice BF;
- e) Condensateur défectueux entre les deux dernières lampes.

● 2. *Le ronflement se produit surtout sur accord d'une station puissante.*

- a) Induction du secteur sur le circuit d'entrée du récepteur, descente d'antenne, antenne elle-même;
- b) Défaut d'isolement entre filament et cathode d'une lampe HF ou MF.

G. Motor-Boating.

- a) Circuit-grille coupé;
- b) Résistance de fuite de grille BF trop élevée;
- c) Découplage insuffisant d'un circuit anodique BF;
- d) Circuit antifading défectueux (manque de découplage).

DEVANT LE POSTE MUET

Nous branchons le poste sur le secteur : observons les lampes, celles du cadran et celles du châssis. Ou bien elles s'allument, ou elles ne s'allument pas.

TOUTES LES LAMPES RESTENT ÉTEINTES

Avant de se lancer dans la chirurgie, il faut d'abord penser aux choses simples :

Y a-t-il du courant à la prise de courant ?

La prise de courant est-elle bien enfoncée ?

Le fusible n'a-t-il pas sauté ?

Le fil du fusible, très fin, n'est pas toujours très visible : donc, nous le vérifierons à la loupe, ou mieux à la sonnette. Mais ne nous hâtons pas de le remplacer ! Car, s'il a sauté, c'est qu'il avait de bonnes raisons de le faire, et il faut les connaître.

Nous vérifierons au voltmètre si le secteur n'a pas une tension très supérieure à celle choisie sur le distributeur de tension du transfo, et nous modifierons le cas échéant la position du distributeur. Nous vérifierons également si la tension ne subit pas de fortes variations au cours de la journée : dans ce cas, le poste demande un régulateur de tension simple, par exemple un survolteur-dévolteur.

Avant de remettre un nouveau fusible, il est prudent de vérifier le débit du primaire du transfo d'alimentation, afin de voir s'il est normal pour le poste que nous devons réparer. Voici, pour 110 volts et lampes de 6,3 volts, les débits moyens qu'on doit trouver :

| | |
|-----------------------------------|---------------------|
| 5 à 6 lampes sans push-pull | 0,50 à 0,60 ampère. |
| 6 à 8 — — — — — | 0,60 à 0,65 — |
| 6 à 8 — avec push-pull | 0,70 à 0,80 — |
| 8 à 10 — — — — — | 0,80 à 0,90 — |

Quand le récepteur est équipé avec des lampes anciennes, 2,5 ou 4 volts, le débit primaire est plus important, de même que lorsque la tension en ligne est plus élevée que celle indiquée par le distributeur. Il va sans dire que le débit diminue si le distributeur est sur 130 volts, par exemple, pour 110 volts au secteur. De même, ce débit est d'environ moitié si la tension d'alimentation est 220 volts.

Mesure du débit primaire. — Le plus simple est d'enlever le fusible et de brancher un ampèremètre alternatif à sa place. On peut aussi s'enfoncer qu'une broche de la prise de courant dans une douille et mesurer entre l'autre broche et l'autre douille.

Si le châssis est déjà démonté, la mesure se fait simplement en court-circuitant l'interrupteur *laissé ouvert* à l'aide de l'ampèremètre alternatif : c'est ce dernier qui sert provisoirement d'interrupteur. *Si le débit primaire est exagéré, couper immédiatement le courant.*

La lecture du débit du primaire du transfo nous donne de précieux renseignements :

1° Si elle est nulle, nous vérifierons le cordon d'alimentation qui peut être déconnecté ou coupé. Nous contrôlerons si l'interrupteur de l'appareil n'est pas détérioré, car il arrive qu'il ne fasse pas contact,

malgré un fonctionnement mécanique qui semble irréprochable. On le vérifie en mettant l'ampèremètre à ses bornes, fusible en place : si l'ampèremètre dévie quand l'interrupteur est déclenché, c'est que ce dernier est défectueux. L'absence de courant primaire peut être due à une coupure de ce primaire. Quand la coupure se produit près des cosses, il est généralement facile de la réparer ; mais, si elle se trouve à l'intérieur du bobinage, le mieux est évidemment de changer le transfo.

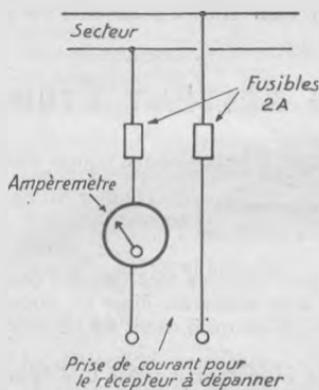


Fig. 1. — Prise de courant de dépannage. Ampèremètre à fer mobile 0,2 ampère.

2° Si le débit primaire est nettement exagéré, enlevons la valve et allumons de nouveau.

a) Ou bien le courant dans le primaire du transfo redevient normal et même inférieur à la moyenne : la panne est dans le circuit haute tension :

b) Ou bien le débit primaire est encore trop élevé. Nous débranchons les deux secondaires de chauffage : le débit primaire doit tomber à une valeur *très faible*, car le transfo marche à vide. Si, malgré tout, le débit reste élevé, c'est qu'il y a un court-circuit dans le transfo, soit au primaire, soit au secondaire.

Nous aurons soin, avant de conclure, de débrancher les deux fils qui vont aux plaques de la valve, car il peut arriver que le support soit défectueux, ce qui se traduit par un court-circuit franc ou larvé, qui se découvre à la sonnette.

Cas des tous-courants. — Dans ces appareils, dont la race devrait être éteinte depuis longtemps, l'extinction des lampes est presque toujours due à la rupture d'un filament, puisque tous les filaments des

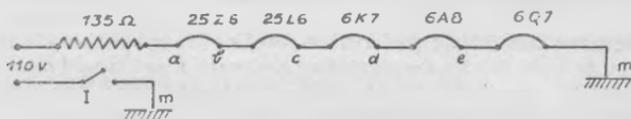


Fig. 2. — Circuit de chauffage d'un tous-courants. Volter d'abord entre a et m : si la tension est nulle, la résistance de 135 ohms est coupée.

lampes sont montés en série, ce qui condamne irrémédiablement à mort les plus faibles.

La vérification se fait très rapidement en munissant deux pointes à tâter d'un bout de fil qui les court-circuite, avec une résistance de quelques ohms intercalée si nous voulons faire bien les choses. Nous court-circuitons successivement chaque filament à l'aide de notre machine,

très rapidement, et nous observons. Si le récepteur s'allume, c'est que la lampe touchée était morte. Il ne faut pas prolonger le court-circuit, car il est bien évident que les autres lampes sont soumises à une surtension au cours de cet essai, si nous n'avons pas eu la sagesse d'intercaler une résistance suffisante.

En dehors du filament coupé, les tous-courants peuvent souffrir des mêmes pannes qu'un récepteur alternatif : interrupteur défectueux, et surtout cordon d'alimentation coupé, surtout si celui-ci est un cordon chauffant. Le cordon chauffant contient, en effet, un fil résistant enroulé en spirale sur une âme d'amiante, et ce fil est très fragile, surtout aux extrémités. Toutefois, les tous-courants modernes comportent une régu-

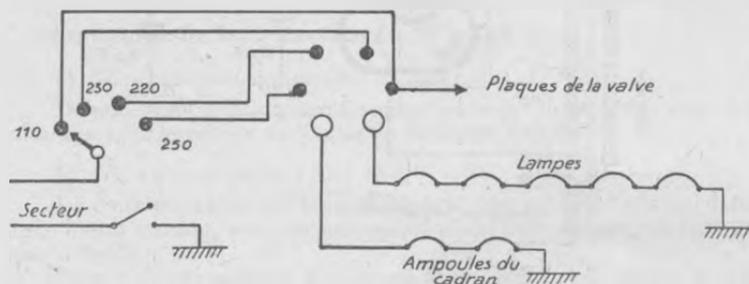


Fig. 3. — Régulatrice à circuit séparé pour éclairage du cadran.

latrice remplaçant le cordon chauffant. Comme le circuit de cette régulatrice comprend parfois une branche complètement séparée pour l'éclairage du cadran, il faut bien vérifier si les lampes de réception s'allument également.

LES LAMPES S'ALLUMENT, SAUF LA VALVE

Évidemment, il faut soupçonner la mort de la valve, à moins qu'il ne s'agisse du cas très rare de coupure de l'enroulement de chauffage de celle-ci. Mais une valve ne meurt pas sans bonnes raisons qu'il faut connaître, si nous voulons éviter le même sort à sa remplaçante.

Le plus souvent, la cause réside dans le claquage — franc ou larvé — du premier condensateur de filtrage. Ce claquage est un véritable court-circuit de la haute tension redressée, qui démolit une valve en quelques minutes par volatilisation de son filament, ou pompage de sa cathode dans les cas les plus bénins.

Donc, nous vérifierons toujours très soigneusement les condensateurs de filtrage, le premier principalement, en cas de défectuosité de la valve. Et nous ne remplacerons cette dernière que si tout est en ordre, sous peine de démolir la nouvelle, et le transfo par-dessus le marché.

LES LAMPES S'ALLUMENT, MAIS IL N'Y A PAS DE TENSION REDRESSÉE

C'est la panne du circuit haute tension. La figure 4 représente l'alimentation classique d'un récepteur alternatif, dont la self de filtrage est constituée par le « pot » du haut-parleur. La mesure de la haute tension se fait donc simplement entre la masse et l'une des extrémités de la bobine d'excitation du haut-parleur.

Cette mesure est l'une des premières qu'il faut faire, car une tension nulle, ou à peu près nulle, est l'indice d'une panne dans le système de redressement et de filtrage, et il faut éteindre aussitôt, car la valve, le transfo et la culasse du haut-parleur sont en train de griller, et la fumée ne tarde pas à se montrer. Cette panne ne trompe pas même les plus novices : les résistances roussissent, les enroulements aussi, les plaques de la valve rougissent en quelques secondes.

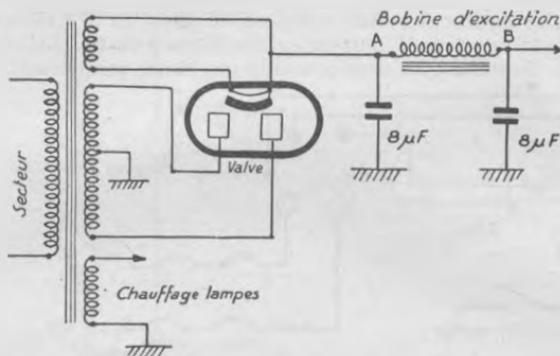


Fig. 4. — Alimentation classique sur alternatif. Tensions normales : 375 à 370 volts entre A et masse, 230 à 260 volts entre B et masse. Intensité dans bobine : 60 à 65 milliampères pour 5 lampes.

Une valve peut s'allumer tout en étant défectueuse, surtout si c'est une valve à chauffage indirect. La plupart de ces valves ont, à l'intérieur de l'ampoule, un petit fil très mince qui relie la cathode à la connexion allant à la broche. Ce fil sert de fusible et saute lorsqu'un court-circuit augmente le courant redressé. Les 25 Z 5 et 25 Z 6 sont particulièrement fragiles de ce côté ; le moindre court-circuit entre la haute tension et la masse les fait sauter.

ON N'ENTEND RIEN EN PICK-UP

La marche en pick-up élimine tous les organes de haute tension : donc, le silence en pick-up indique une panne de la basse tension ou de l'alimentation. Ces pannes sont faciles à découvrir ; malheureusement, elles ne sont pas aussi faciles à guérir, car elles intéressent souvent des organes volumineux, solidement fixés, et coûteux...

Nous venons de voir que le premier condensateur électrolytique de filtrage était à surveiller très sérieusement. En cas d'absence de courant redressé, il faut débrancher ce condensateur, puis mesurer la tension redressée. Si elle redevient normale, il faut changer le premier lytique de filtrage. Sinon, c'est que la valve elle-même doit être changée. Cette manière de procéder est la plus sûre, car elle ne met pas la valve en danger. Inutile de vouloir sonner un électrolytique, car on opère généralement à trop faible tension pour déceler le court-circuit.

En passant, signalons le truc bien connu pour vérifier s'il y a de la tension redressée : on présente un tournevis au noyau du haut-parleur. S'il est aspiré, c'est que la culasse est bien aimantée, donc que le premier condensateur de filtrage n'est pas en court-circuit.

Mesurons la haute tension avant filtrage :

- a) Elle est trop élevée (plus de 420 volts).

Donc, le courant redressé est trop faible. Cela peut provenir de l'enroulement d'excitation du dynamique, qui est coupé, ou encore d'un défaut dans l'étage final, qui consomme trop peu. Dans le premier cas, la culasse n'est pas aimantée.

b) *Elle est trop faible (moins de 300 volts).*

Donc, la consommation est trop élevée dans le circuit haute tension, ce que nous allons voir par la suite. Mais vérifions d'abord si la valve n'est pas usée : souvent, elle a besoin d'être changée, car les tubes qui s'usent le plus sont, on le sait, la valve et la lampe finale.

Mesurons la tension après filtrage :

a) *Elle est trop élevée (moins de 300 volts).*

Donc, consommation insuffisante. Dans la plupart des cas, il y a coupure dans le circuit anodique de la lampe finale.

b) *Elle est trop faible (plus de 200 volts).*

La consommation est trop forte, soit par un court-circuit dans la ligne haute tension, soit par une polarisation défectueuse, surtout de la lampe finale.

Pour nous en assurer, branchons le voltmètre à la sortie du filtre, à l'aide de pinces crocodile, et coupons successivement l'alimentation

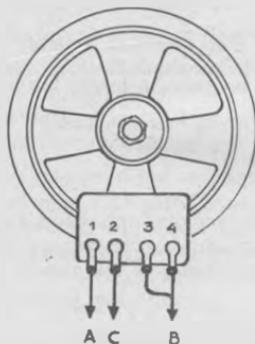


Fig. 5. — Branchement courant d'un dynamique. 1 et 4 : excitation ; 2 et 3 primaire du transfo. On mesure la haute tension, avant filtrage entre A et masse, après filtrage, entre B et masse ; la tension-plaque de la finale entre C et masse.

haute tension à chacune des lampes, en commençant par la dernière. Lorsque la valeur normale de tension haute tension est de nouveau atteinte au cours de ces essais, nous avons mis le doigt sur le point malade.

Si la tension redressée après filtrage est inférieure à 50 volts, il faut soupçonner le condensateur placé entre la plaque de la lampe finale et la masse. En cas de court-circuit, la tension entre l'anode finale et la masse est nulle.

c) *Elle est nulle.*

Si la haute tension *avant* filtrage est trop élevée pendant que la haute tension *après* filtrage est nulle, il y a une coupure dans le circuit de filtrage, par exemple dans la culasse du dynamique qui ne s'aimante pas.

Par contre, si la tension *après* filtrage est nulle pendant que celle *avant* filtrage est trop faible, c'est le second condensateur qui est claqué : tout le courant passe dans la culasse du haut-parleur, lequel chauffe avant de s'incinérer.

Silence de l'étage final.

Tout étant en ordre du côté de l'alimentation — qu'il faut toujours vérifier avant toute autre chose, car ses pannes peuvent coûter cher — le silence en pick-up doit faire soupçonner l'étage final.

1. Le haut-parleur est défectueux.

Le plus souvent, le défaut se trouve dans un enroulement de son transfo. Nous vérifierons :

a) Si son primaire n'est pas en court-circuit par le condensateur qui le shunte. Pour cela, mesurons la haute tension après filtrage, puis la tension de la plaque finale : cette dernière doit être inférieure de 10 à 20 volts à la précédente.

■ Si les valeurs sont les mêmes, il y a court-circuit du primaire ; il faut changer le condensateur.

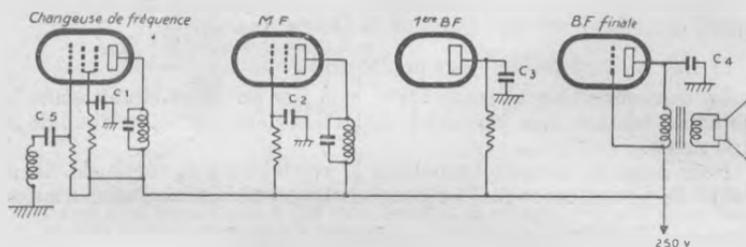


Fig. 6. — Schéma simplifié du circuit H. T. d'un 4 lampes + valve.

C₁, C₂, C₃ claqués détruisent la résistance correspondante.

C₄ claqué annule la tension-plaque de la finale, chauffe le transfo du dynamique.

C₅ claqué augmente le débit haute tension et détruit souvent la résistance correspondante.

b) Si le primaire n'est pas coupé.

Pour nous en assurer, nous mesurerons la tension appliquée à l'anode finale, qui est alors nulle. Il faut savoir que la lampe est en danger, car sa grille écran, toujours alimentée, est très surchargée, et elle rougit vivement.

c) Si le circuit secondaire n'est pas coupé.

La vérification se fait en déconnectant la bobine mobile du dynamique qui est reliée aux bornes du secondaire, après quoi on sonne chaque élément.

2. La lampe finale est défectueuse.

Le remède va de soi : il suffit de changer la lampe, et tout rentre dans l'ordre.

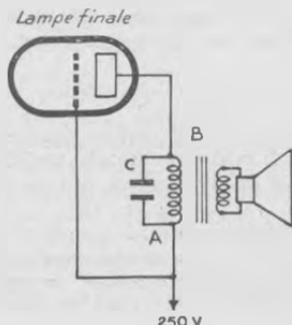


Fig. 7. — Le claquage de C égalise les tensions entre A et masse et entre B et masse.

3. Polarisation⁷ défectueuse.

Lorsque la résistance de polarisation est coupée ou vieillie, le condensateur électrochimique qui la shunte est soumis à une tension trop élevée, et il claque le plus souvent.

Si ce condensateur a résisté, le récepteur est muet. S'il a claqué, la cathode est en court-circuit avec la masse, la polarisation est nulle, la distorsion est considérable, la haute tension après filtrage est anormalement basse, à cause de l'importance du courant demandé par la finale.

4. La résistance de fuite de grille est en court-circuit, ou, ce qui revient au même, la grille est à la masse.

Le fait est assez courant avec les finales dont la grille sort par le sommet de l'ampoule (EL 2, EBL 1, CL 2, CL 6). La connexion blindée qui se rend à cette grille peut faire contact avec un point relié à la masse, ou avec son blindage.

5. Le volume-control est coupé.

On n'entend la musique que s'il est à bout de course.

Silence de l'étage préamplificateur BF.

On vérifie que l'étage final est en bon ordre en injectant la tension d'un pick-up entre sa grille et la masse, ou encore en touchant sa grille du doigt, après avoir vérifié les tensions. Si tout va bien, le silence en pick-up (inséré dans la prise de pick-up du récepteur) indique la panne dans l'étage de préamplification.

1. La lampe préamplificatrice est défectueuse.

2. Son circuit anodique est coupé.

La tension-plaque est alors nulle. Il faut vérifier la résistance de charge de la lampe, dans le cas d'un couplage par résistance-capacité, ou le primaire du transfo, si la liaison utilise cet organe.

3. Court-circuit du condensateur entre plaque et masse.

La valeur de cette capacité est de 300 à 500 centimètres. Ce court-circuit annule la tension anodique. Donc : lorsque la tension-plaque de la préamplificatrice est nulle, débranchons son condensateur de découplage. Si la tension redevient normale, il faut changer le condensateur. Si la tension reste nulle, il faut changer la résistance de charge.

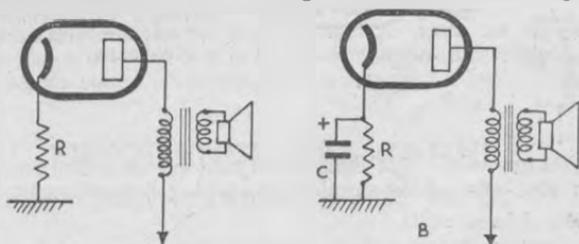


Fig. 8. — Deux façons de polariser la lampe finale :

a) Sans condensateur (contre-réaction) ;

b) Avec condensateur chimique en parallèle. Ici, la résistance co p e n'amène pas le silence, mais la distorsion par polarisation incorrecte.

4. Coupure dans le circuit cathodique.

C'est, le plus souvent, la résistance de polarisation qui est coupée. On le vérifie en la changeant — ou encore en mesurant la tension de polarisation, comme il est dit au chapitre *Les Mesures du radiotechnicien*.

Dans ce cas, la tension de polarisation est de 10 à 15 volts, au lieu de 2 volts.

On peut aussi mesurer la tension anodique. Elle est trop élevée lorsque le circuit anodique est coupé, parce que la lampe ne débite pas. On trouve, par exemple, 120 à 150 volts au lieu de 50 ou 60, avec un milliampermètre de 333 ohms par volt.

5. *La grille est en court-circuit avec la masse.*

Comme la grille est reliée au potentiomètre du volume-control et qu'il comporte souvent des connexions blindées, il suffit qu'un blindage touche accidentellement la connexion.

MARCHE EN PICK-UP, SILENCE EN RADIO

Injecter, [dans [la grille de la lampe MF, le signal de l'hétérodyne modulée réglée sur la fréquence MF.

Si le son de l'hétérodyne n'est pas entendu :

1. *Vérifier la lampe MF.*
2. *Vérifier le second transfo MF.*

Une coupure du primaire se traduit par l'annulation de la tension à la plaque de la lampe MF.

Une coupure du secondaire se vérifie à la sonnette.

Un court-circuit d'un enroulement — qu'on vérifie à la sonnette — est souvent dû au condensateur ajustable qui est à ses bornes. A titre indicatif, la résistance des enroulements oscille entre 6 et 20 ohms. Donc, si la résistance est anormalement faible, soupçonner les ajustables. Si ceux-ci sont normaux, vérifier si les spires ne sont pas en court-circuit.

3. *Secondaire du premier transfo MF en court-circuit.*

Nous nous en assurerons en débranchant la connexion de grille de la lampe MF, et en injectant dans la grille le signal de l'hétérodyne à travers

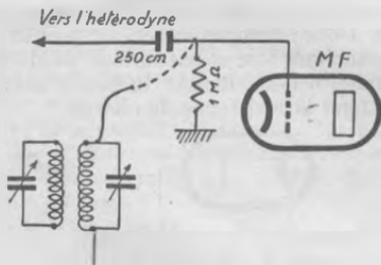


Fig. 9. — Attaque de la grille MF par hétérodyne modulée à travers 250 centimètres et 1 mégohm, si le transfo est soupçonné.

un circuit tel que celui de la figure 9. Si tout est en ordre, on entend le signal. On peut aussi, plus simplement, sonner l'enroulement.

4. *Tension d'écran nulle.*

La résistance correspondante est coupée, ou son condensateur de découplage est claqué. Nous débrancherons d'abord le condensateur : nous le changerons si la tension d'écran redevient normale, et nous changerons la résistance si la tension reste nulle.

5. *La tension de polarisation est trop élevée.*

La résistance de polarisation est coupée ou trop élevée.

6. *Panne dans le circuit de détection.*

Nous nous en assurerons en branchant l'hétérodyne aux plaques de

la diode : on doit l'entendre dans le haut-parleur. Sinon, la détectrice est défectueuse, à moins qu'un court-circuit par connexion blindée, ou la détérioration d'une résistance par choc ou mauvaise soudure, ne permette de la disculper.

On n'entend rien en injectant, à la plaque de la changeuse de fréquence, l'hétérodyne modulée réglée sur la moyenne fréquence.

Ce branchement sera fait à l'aide d'un condensateur, à cause de la haute tension présente à la plaque.

1. *Enroulements du premier transfo coupé.*

Il n'y a pas de haute tension à la plaque de la changeuse de fréquence, s'il s'agit du primaire.

2. *Enroulements du premier transfo en court-circuit.*

Le plus souvent, c'est l'ajustable correspondant qui est coupable.

On n'entend rien en injectant, à la grille modulatrice de la changeuse de fréquence, la tension de l'hétérodyne réglée sur la fréquence MF.

Cette grille est habituellement sortie par le sommet de l'ampoule.

1. *La changeuse de fréquence est défectueuse.*

2. *Le CV d'accord est en court-circuit.*

Lames qui se touchent poussières, métalliques, etc...

3. *Le trimmer du condensateur variable est en court-circuit.*

Déplacement d'une armature, mauvais centrage, etc.

4. *La tension d'écran est nulle.*

Vérifier le condensateur de découplage, qui peut être en court-circuit et la résistance correspondante, qui peut être coupée.

5. *La tension de polarisation est trop élevée.*

La résistance de polarisation est coupée.

6. *La tension de polarisation est nulle.*

Dans ce cas, il est rare de constater l'arrêt complet du récepteur. Vérifier le condensateur de découplage cathodique.

Toutes ces vérifications étant faites, le poste ne doit normalement plus être muet. Même si la lampe oscillatrice n'oscille pas, on peut entendre les émetteurs puissants, mais le réglage est fantaisiste.

FRÉQUENCE DES PANNES de l'alimentation et de la B. F.

1. *Primaire du transfo d'alimentation.*

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| Fusible sauté | 70 p. 100 |
| Cordon d'alimentation coupé | 15 — |
| Interrupteur défectueux..... | 5 — |
| Connexion débranchée | 7 — |
| Primaire coupé..... | 3 — |

2. *Secondaire et filtrage.*

| | |
|------------------------------------|-----------|
| Premier condensateur claqué | 55 p. 100 |
| Deuxième condensateur claqué | 15 — |

| | | |
|---|----|--------|
| Valve défectueuse..... | 10 | p. 100 |
| Circuit de chauffage en court-circuit..... | 5 | — |
| Bobine d'excitation coupée | 10 | — |
| Court-circuit dans un secondaire | 5 | — |
| 3. tage final. | | |
| Coupure ou court-circuit du circuit anodique... | 60 | p. 100 |
| Lampe défectueuse..... | 25 | — |
| Haut-parleur défectueux (secondaire coupé ou C.-C.) | 10 | — |
| Coupure dans cathode ou court-circuit de grille.... | 5 | — |
| 4. Étage préamplificateur. | | |
| Coupure ou court-circuit du circuit anodique... | 50 | p. 100 |
| Lampe défectueuse..... | 35 | — |
| Coupure ou court-circuit du circuit d'écran.... | 10 | — |
| Court-circuit de grille..... | 5 | — |

LES TROUBLES DE LA BASSE FRÉQUENCE

A. — LA BASSE FRÉQUENCE MARCHE, MAIS FAIBLEMENT

Les essais précédents nous ont révélé que l'appareil n'est pas mort. Afin de sonder la basse fréquence, nous nous servons d'un pick-up, car une hétérodyne ou un oscillateur basse fréquence ne nous donneraient aucune idée de la qualité de reproduction.

Pour commencer, nous brancherons notre pick-up à la grille de la préamplificatrice BF, soit la lampe L_1 (fig. 10).

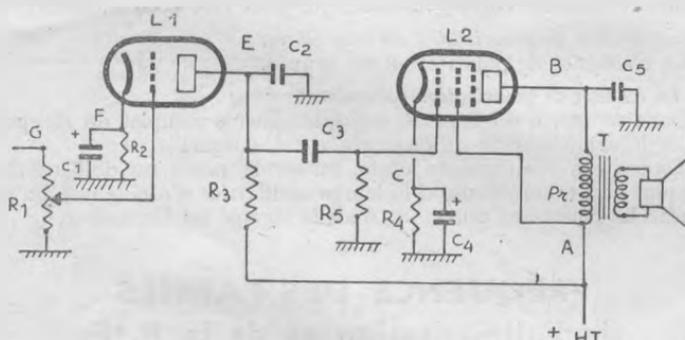


Fig. 10. — Basse fréquence classique à pentode finale et liaison par résistance-capacité.

1. L'ampli BF est faible, mais la musique est nette.

Les déformations, s'il y en a, sont peu perceptibles : à peine le registre est-il plus aigu.

● a) Branchons le pick-up à la grille de la finale (donc entre la grille et la masse).

Si l'audition devient complètement imperceptible, il est à présumer que l'étage final est défectueux. Par contre, si l'audition n'a pas varié,

il est probable que le défaut se trouve dans l'étage préamplificateur, autrement dit dans la première BF (qui, dans la plupart des appareils actuels, comprend l'élément triode ou pentode de la lampe double-diode-triode ou pentode assurant la détection).

b) *L'étage préamplificateur est soupçonné.*

Nous vérifierons :

La résistance R_3 . Elle peut avoir varié, elle est beaucoup trop forte : alors, la tension de la plaque de L_1 est presque nulle, et l'amplification s'en ressent.

La lampe L. Nous la passerons au lampemètre, ou plus simplement nous la remplacerons.

Le circuit de grille L_1 . Peut-être est-elle court-circuitée quelque part avec la masse, par exemple dans le potentiomètre ou la connexion blindée.

Enfin, le condensateur de liaison C_3 peut être coupé, ou malade. Si tel est le cas, l'audition est nettement aiguë.

● c) *L'étage final est soupçonné.*

Nous vérifierons :

— La résistance R_5 , dont la valeur peut être trop faible.

— Si le dynamique est excité : en lui présentant un tournevis, il doit être aspiré par le noyau. Toutefois, cet essai ne s'applique pas aux appareils tous courants, ou aux récepteurs sur alternatif dont le dynamique est excité en parallèle ou par circuit indépendant.

— La lampe L_2 , que nous remplacerons par une autre ou que nous passerons au lampemètre.

Le voltmètre à lampe, combiné avec la tension basse fréquence de l'hétérodyne, est très pratique pour vérifier le fonctionnement d'un amplificateur basse fréquence. Voici comment il faut opérer :

Nous branchons l'hétérodyne entre le point G et la masse, nous montons le voltmètre amplificateur entre le curseur du potentiomètre R_1 et la masse, et nous réglons l'hétérodyne de façon à avoir environ 0,5 volt au voltmètre.

Nous branchons ensuite le voltmètre à lampe à la grille de la lampe finale, entre la grille et la masse, sans toucher au potentiomètre R_1 . Si l'étage fonctionne normalement, nous devons lire, entre le point D et la masse, une tension de huit à douze fois supérieure à celle que nous avons relevée à la grille de la lampe précédente, soit donc 4 à 6 volts.

2. L'ampli BF est faible et il déforme la musique.

● a) *Vérifions la polarisation de L_1 .*

Plusieurs sortes de pannes peuvent se produire à cet endroit. La résistance R_2 peut avoir une valeur trop faible ou trop élevée; elle peut être coupée. Le condensateur électrochimique C_1 peut être coupé ou en court-circuit.

● b) *Vérifions la lampe L_1 .*

● c) *Mesurons la polarisation de la lampe L_2 .*

Cette polarisation ne se mesure pas de grille à masse, mais entre la cathode de la lampe et la masse, avec les précautions indiquées dans le chapitre *Les Mesures du radiotechnicien*. Les pannes de polarisation peuvent se produire comme à l'étage précédent : R_1 et C_1 seront donc vérifiés.

● c) *Vérifions la lampe L_2 .*

● d) *Vérifions le haut-parleur.*

Sa membrane peut être déformée, décollée, coincée. Sa bobine mobile peut être excentrée, déformée. Ses spires peuvent être libres sur

la carcasse. Le spider peut être déformé, déchiré, desserré. Des corps étrangers peuvent s'être glissés dans l'entrefer.

Enfin, le transformateur T (transfo de sortie) ne convient peut-être pas à la lampe finale. Il faut le remplacer par un autre de rapport plus approprié aux impédances de la lampe et de la bobine mobile, ou remplacer le haut-parleur par un autre dont l'impédance nous est connue.

B. — LA BASSE FRÉQUENCE EST PUISSANTE, MAIS IMPARFAITE

1. Ronflement, légère distorsion.

● a) Observons après l'allumage. Si tout est normal pendant vingt-trente secondes, après quoi il se produit un petit claquement sec suivi de ronflement, le condensateur C_3 doit être changé, car il est claqué ou mal isolé. On constate une faible tension positive entre la grille et la masse (fig. 11) ;

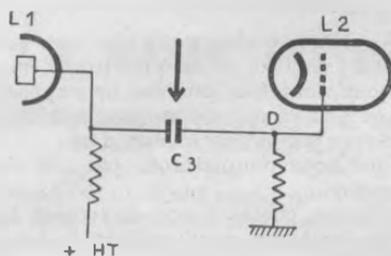


Fig. 11. — Le condensateur C_3 est à surveiller :
Mauvais isolement : ronflement et déformation ;
Claquage : faiblesse et tonalité aiguë.

● b) Remplaçons successivement les lampes L_1 et L_2 par d'autres éprouvées. Le ronflement peut provenir d'un défaut d'isolement interne, qui ne se montre qu'à chaud. Un essai au lampemètre nous édifiera ;

● c) Court-circuitons R_3 en reliant, par une connexion volante, le point E à la haute tension. Si le ronflement disparaît, il était dans l'étage préamplificateur. S'il persiste, il est dans l'étage final ;

● d) Suivant l'étage incriminé, remplaçons C_2 ou C_5 . Comme ce sont des chimiques, l'essai à tension réduite de ces condensateurs ne donne aucune indication. Rien ne vaut le remplacement ;

● e) Vérifions R_5 , qui peut être coupée. Dans ce dernier cas, la panne se traduit par un débit exagéré de la lampe finale (par exemple, 55 milliampères au lieu de 36 ou 40 milliampères).

2. Le récepteur ronfle.

● a) Essayons d'abord d'augmenter la capacité des condensateurs de filtrage, dont il a été question dans la partie *Alimentation*. Pour cela, on ajoute en parallèle, sur chaque condensateur de filtrage, un autre de 8, 12 ou même 16 microfarads, à l'aide de connexions volantes. Pour plus de sûreté, on peut même débrancher le condensateur suspect, car il peut être desséché ;

● b) Pour localiser le ronflement, nous court-circuiterons la résistance R_3 , comme il a été dit plus haut ;

- c) Vérifions l'isolement cathode-filament de la lampe qui correspond à l'étage soupçonné ;
- d) Vérifions, dans les mêmes conditions que plus haut, les condensateurs C_2 et C_3 ;
- e) Assurons-nous que toutes les connexions de grille de la première BF sont bien blindées, et que ces blindages sont bien à la masse. De même, le blindage du potentiomètre R_1 doit être mis à la masse ;

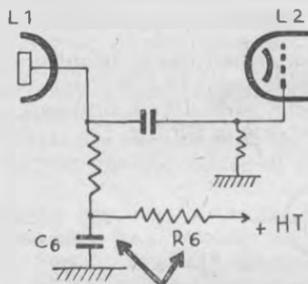


Fig. 12. — Cellule de découplage contre les accrochages et certains ronflements.

- f) Essayons de découpler le circuit anodique de la première BF en réalisant le montage de la figure 12. Dans les cas les plus courants, R_6 fera 25.000 à 50.000 ohms, et C_6 fera 1 microfarad ;
- g) Le ronflement se produit parfois parce que le secteur est couplé avec la grille de la première BF, par le potentiomètre qui porte l'interrupteur. Débranchons donc le secteur du potentiomètre et observons ce qui se passe.

3. Le récepteur ne ronfle pas, mais déforme.

- a) Si la distorsion affecte l'audition aussi bien à faible qu'à forte puissance, on peut soupçonner la polarisation incorrecte des lampes L_1 ou L_2 . La valeur de R_2 dépend de celle de R_3 . On peut donc déduire l'une de l'autre, à l'aide des courbes des lampes.

Il se peut aussi que l'impédance du primaire du transfo T de sortie soit mal adaptée à celle de la lampe finale. Le remède consiste évidemment à choisir un transfo mieux calculé. Mais on peut essayer un autre haut-parleur si on en a un sous la main.

Une autre cause de déformation réside dans la bobine mobile qui est peut-être décentrée, ou dans la membrane coincée ou déformée.

Enfin, les lampes L_1 ou L_2 sont douteuses : les remplacer par des lampes éprouvées.

- b) La distorsion n'apparaît qu'à grande puissance.

Polarisation légèrement incorrecte des lampes L_1 ou L_2 , ce qui se traduit par la déformation de la musique quand le swing de grille est important.

La partie BF du récepteur est mal calculée. Une des lampes L_1 ou L_2 est surchargée. En d'autres termes, quand le potentiomètre est poussé à fond, l'une des deux lampes, quelquefois les deux, reçoit plus qu'elle ne peut admettre. Le sûr moyen de contrôler cet état de choses réside dans l'emploi du voltmètre à lampe. On mesure avec cet appareil la tension appliquée aux grilles de L_1 et L_2 à partir de l'instant où la distorsion est sensible à l'oreille. Neuf fois sur dix, nous constaterons qu'une des grilles

est lamentablement débordée (l'admissibilité de grille se lit sur les courbes des lampes, voir le chapitre *Harmoniques et distorsions*). La tension maximum admissible à une grille est toujours inférieure à la polarisation.

Le dynamique est très légèrement décentré. La bobine mobile ne touche l'entrefer que pour les puissances élevées. Ce type de distorsion est très reconnaissable, le poste joue du mirliton.

4. Tonalité trop aiguë accompagnée de sifflements. Accrochage brutal quand on pousse le potentiomètre. Pétrarades à cadence plus ou moins rapide.

Il faut d'abord nous assurer que le défaut provient bien de la partie BF. Pour cela, mettons le point G à la masse. Comme ce point G est l'entrée de l'amplificateur, si le défaut disparaît, c'est qu'il se trouve dans les étages qui précèdent la BF (fig. 13).

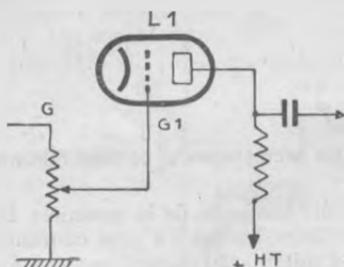


Fig. 13. — Si G est mis à la masse, le ronflement cesse si le défaut est dans la BF. S'il cesse en mettant G₁ à la masse et persiste avec G à la masse, le défaut est dans le potentiomètre : induction par le secteur.

● a) Si la tonalité est trop aiguë, avec sifflement suraigu, presque inaudible, nous essayerons successivement :

— les condensateurs de découplage C₂ et C₆, qui peuvent être coupés ;

— l'effet d'une cellule de découplage dans la liaison entre L₁ et L₂. Cette cellule sera montée suivant le schéma de la figure 14. On donnera, par exemple, les valeurs suivantes aux éléments :

$$R_7 = 50.000 \text{ ohms} \quad C_7 = 150 \text{ à } 250 \text{ centimètres (mica)} ;$$

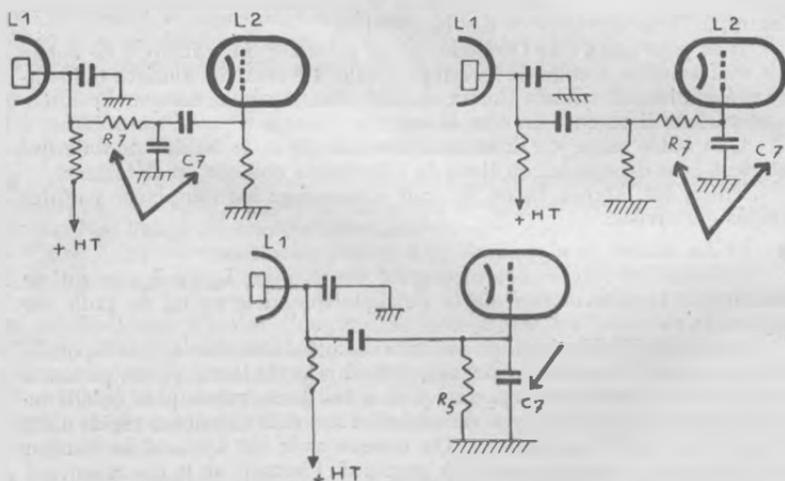


Fig. 14. — Lutte contre les accrochages.

— nous shunterons la résistance R_5 par un condensateur de faible valeur (100 à 200 centimètres, mica) ;

— nous découplerons le circuit anodique de la première lampe BF, soit L_1 , comme nous l'avons déjà fait plus haut ;

— nous remplacerons la lampe finale L_2 par une autre de même type.

● b) Si un accrochage brutal se produit en poussant le potentiomètre, nous retombons souvent dans le cas ci-dessus, et les remèdes sont identiques.

● c) Il se produit des accrochages en BF.

Nous essayerons d'abord de shunter le deuxième condensateur de filtrage par une capacité au papier de 0, 1 à 0,5 microfarad.

Nous vérifierons l'état des condensateurs électrochimiques de polarisation (C_1 et C_5), qui peuvent être desséchés.

Nous vérifierons l'état des circuits-grille des deux lampes. En effet, une résistance de grille telle que R_5 , coupée ou trop élevée, peut provoquer ce phénomène.

Nous nous assurerons que tous les retours à la masse sont impeccables et, par précaution, nous les réunirons tous par une barre omnibus, ou connexion de forte section, soudée à chacune d'elles, ainsi qu'à la masse. C'est ce qu'on appelle faire masse commune, et cette précaution permet d'éliminer toutes sortes d'accrochages bien difficiles à localiser.

Nous nous assurerons également que le cordon du haut-parleur ne passe pas à proximité de la grille de la préamplificatrice BF.

5. Ronflements, crépitements, faible tension haute tension.

● a) Un ronflement accompagné d'une tension redressée trop faible indique presque toujours le vieillissement des condensateurs de filtrage, qui ont fui, se sont desséchés et filtrent mal ;

● b) Des crépitements irréguliers, des claquements dans le haut-parleur, avec parfois un bruit de friture dans le poste, doivent faire soupçonner un condensateur de filtrage en train de rendre l'âme. Attention ! La valve, le transformateur et le reste ne vont pas tarder à en faire autant, si on n'y porte pas *immédiatement* remède ;

● c) Une cause de ronflement assez négligée réside dans la surtension du récepteur. Il y a toujours intérêt à mettre le distributeur sur la plus basse tension possible : le ronflement s'atténue, les lampes durent davantage, la puissance n'est pas sensiblement diminuée, seule la durée d'allumage est allongée ;

● d) Enfin, le ronflement d'excitation du haut-parleur s'élimine en le remplaçant par un haut-parleur à aimant permanent.

6. Le contrôleur de tonalité fonctionne mal.

● a) Il mange les aiguës : le volume-control est en court-circuit ;

● b) Il agit comme volume-control : vérifier son condensateur ;

● c) Il n'agit pas : sa résistance est coupée, ou la masse est mauvaise.

7. Troubles de préampli BF par pentode ou lampe multiple.

(Double diode-pentode, binode, tétrode BF.)

Le schéma général d'un tel étage est celui de la figure 15. A noter

que la grille supprimeuse (G_3) est reliée à la cathode, soit intérieurement, soit par borne extérieure.

Ces lampes, ayant une tension d'écran, sont sujettes à des pannes spéciales. Cette tension est obtenue par un pont diviseur de tension à deux résistances (R_8 et R_9), dont le calcul est donné au chapitre spécial *Les Calculs simples de la radio*. Un tel pont est représenté sur la figure. La tension d'écran s'obtient aussi plus simplement par chute de tension dans une résistance : dans ce cas, la résistance R_9 est supprimée.

La tension d'écran obtenue par pont diviseur est toujours préférable à celle obtenue par chute dans une résistance simple, car elle est plus stable.

● a) *L'audition est très faible.* Nous mesurons la tension entre le point H et la masse (fig. 15).

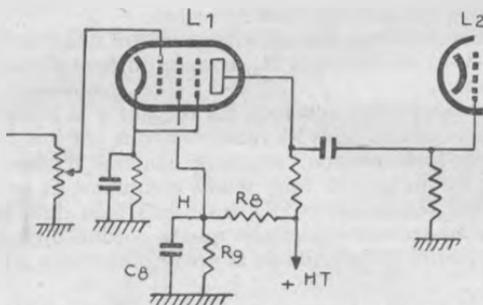


Fig. 15. — Préampli à lampe pentode ou tétrode.

La tension au point H est nulle.

Débranchons C_8 et mesurons de nouveau. Si la tension redevient normale, C_8 est claqué. Si la tension reste nulle, R_8 est coupée. Les deux pannes peuvent se combiner, le claquage de C_8 provoquant la destruction de R_8 . Donc, avant de remettre C_8 , s'assurer qu'il n'est pas en court-circuit.

La tension au point H est trop élevée.

Pour certaines lampes (binodes, tétrodes), la tension d'écran est assez critique. Trop élevée, elle fait apparaître de la faiblesse, de la distorsion, des accrochages. Pour toutes ces lampes chatouilleuses, la tension d'écran est comprise entre 30 et 50 volts.

La tension au point H est normale.

Vérifier si C_8 n'est pas coupé, en branchant 0,1 microfarad en parallèle.

● b) *L'audition est presque normale, le fonctionnement est instable.*

Il se produit des accrochages, des distorsions mouvantes. C_8 est peut être coupé. Vérifier en outre si la tension d'écran correspond bien aux données du catalogue.

C. — PANNES DE L'AMPLIFICATION PUSH-PULL

Un étage final push-pull classe *a* comprend deux lampes L_2 et L_3 montées suivant le schéma général de la figure 16, le plus courant dans les postes un peu anciens. Le déphasage, obtenu ici par transfo, peut encore se faire par lampe déphaseuse, par lampe à émission secondaire, par montage cathodyne et quelques autres systèmes. Nous ne pouvons évidemment entrer dans les arcanes de ces montages, de réalisations trop différentes suivant les constructeurs : bornons-nous donc à signaler la

méthode qui a toujours fait ses preuves quand on se trouve devant un dispositif pas trop touffu qu'on ne connaît pas à fond. Les lampes sont passées au lampemètre, les résistances sont provisoirement déconnectées par un bout, vérifiées et provisoirement remplacées par une résistance

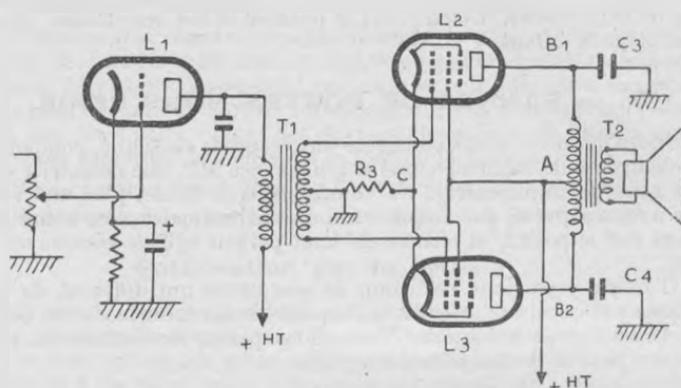


Fig. 16. — Push-pull à transfo.

variable de valeur moyenne semblable, reliée par pinces crocodile (un dépanneur devrait avoir un jeu de telles résistances de valeurs diverses), les condensateurs traités de la même manière et remplacés provisoirement par des capacités mobiles, raccordées par deux connexions volantes avec pinces crocodile aux deux bouts, toutes les soudures sont refaites et les contacts nettoyés avec une goutte d'huile minérale russe (attention ! pas d'huile minérale courante), qui n'a pas son pareil pour dissoudre les cambouis tenaces, adoucir les contacts glissants et éteindre les crachements. A défaut, le nettoyage peut se faire avec du tétrachlorure de carbone et un pinceau un peu dur.

Mais revenons à notre push-pull à transfo.

Les pannes sont les mêmes que celles des amplis à lampe unique, sauf quelques particularités.

1. Arrêt complet.

Cet accident est rare. Il se produit dans les cas suivants :

- a) Coupure de la résistance de polarisation R_3 . La haute tension après filtrage est alors très élevée, de même que celle entre le point C et la masse ;
- b) Coupure dans le secondaire de T_2 ;
- c) Claquage d'un des condensateurs C_3 ou C_4 . La tension entre la plaque correspondante et la masse est nulle, celle de l'autre plaque est très faible (15-30 volts).

2. Distorsion.

Elle peut provenir d'une des lampes, qui est morte ou mourante. Toutefois, le poste continue à fonctionner, mal, car la lampe restante est mal polarisée, et sa tension anodique est trop élevée. En effet, R_3 n'étant plus traversé que par le courant d'une seule lampe, la polarisation est réduite de moitié (pas tout à fait cependant, car la tension anodique augmente).

3. Pour le reste, accrochages, ronflements, la recherche et l'élimination des pannes sont les mêmes que dans le cas d'une seule lampe. Signalons cependant une cause de ronflement particulière à tous les montages à transfo BF. Il peut exister un couplage magnétique entre le transfo BF et celui d'alimentation. Le seul remède consiste à démonter le transfo BF et de le promener, en changeant sa position et son orientation, jusqu'à disparition du défaut.

D. — PANNES DE POSTES HORS SÉRIE

Jusqu'ici, nous avons considéré un récepteur classique, comportant une changeuse de fréquence, une amplificatrice MF, une détectrice combinée avec préamplificatrice BF et une pentode finale, plus une valve. Nous avons supposé que l'alimentation était normale, c'est-à-dire avec filtrage par le positif, et culasse du haut-parleur utilisée comme self de filtre.

Il existe cependant beaucoup de récepteurs qui diffèrent du type classique par quelque particularité, capable de dérouter même un réparateur blanchi sous le harnais. Nous allons passer rapidement en revue quelques pannes de ces postes hors série.

Filtrage par le négatif.

● 1. Récepteur alternatif. — L'alimentation-type est celle de la figure 17. La self de filtrage, séparée ou formée par la culasse du haut-parleur, est

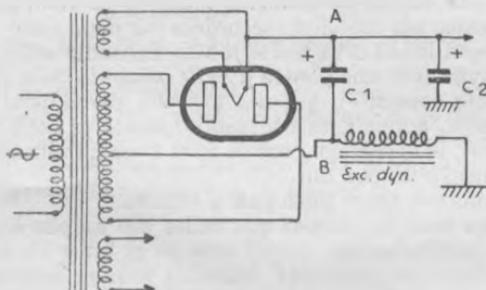


Fig. 17. — Filtrage par le « moins » : C₁ est isolé de la masse.

insérée entre le point milieu de l'enroulement haute tension du transfo et la masse. La particularité principale de ce montage est que le premier condensateur de filtrage est isolé de la masse, et les deux pôles « plus »

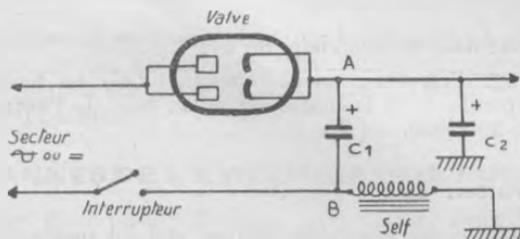


Fig. 18. — Filtrage par le « moins » dans un tous-courants, très utilisé dans les récepteurs miniatures.

des condensateurs sont réunis. Par conséquent, la mesure se fera de la façon suivante :

- a) Haute tension avant filtrage : entre le point A et le point B ;
- b) Haute tension après filtrage : entre le point A et la masse ;
- c) Chute de tension aux bornes de la bobine de filtre : entre le point B et la masse. Pour cette dernière mesure, le pôle « plus » du voltmètre doit être à la masse.

● 2. Récepteur tous courants. — Le montage le plus utilisé est celui de la figure 18. La bobine de filtre est insérée entre l'un des fils du secteur et la masse du châssis. Le premier condensateur de filtrage a son pôle « moins » réuni au pôle du secteur correspondant, qui aboutit à la bobine de filtre. Les deux pôles « plus » des deux condensateurs de filtrage sont encore réunis ensemble. Les mesures se font de la façon suivante :

- a) Haute tension avant filtrage : entre le point A et le point B ;
- b) Haute tension après filtrage : entre le point A et la masse.

Polarisation par la grille.

Alors que les postes classiques sont polarisés par chute de tension entre la cathode et la masse, on voit assez souvent des récepteurs dans lesquels la polarisation des grilles se fait directement, en reliant le retour de ces grilles à un point porté à un potentiel négatif fixe. Ce potentiel négatif s'obtient très simplement, par une résistance convenable insérée entre le point milieu de l'enroulement haute tension du transfo et la masse. C'est donc ce point milieu qui fixe le potentiel, et l'on y raccorde

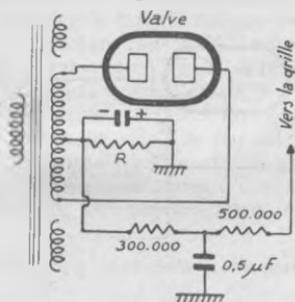


Fig. 19. — Polarisation négative directe. R = 100 à 150 ohms.

la grille de la lampe finale à travers la résistance de fuite, ou encore par une cellule de découplage formée d'une résistance d'environ 300.000 ohms et un condensateur de 0,5 microfarad (fig. 19).

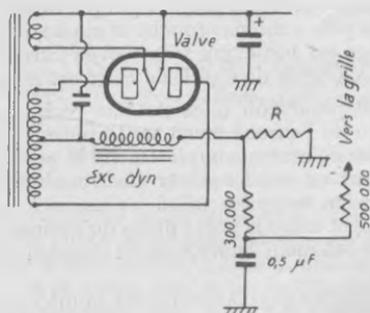


Fig. 20. — Polarisation directe avec filtrage par le « moins ».

Cette polarisation est souvent combinée avec le filtrage par le négatif, la tension de polarisation étant obtenue soit par une résistance en série avec la bobine d'excitation, soit par un pont en parallèle sur cette bobine (fig. 20 et 21).

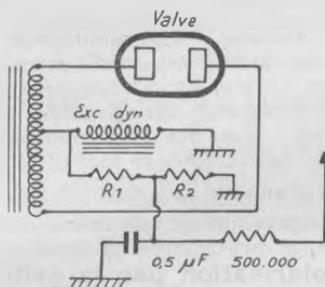


Fig. 21. — Polarisation par pont à deux résistances, R_1 et R_2 (de 50.000 à 250.000 ohms suivant la tension à obtenir).

La résistance de polarisation est souvent shuntée par un condensateur électrochimique, dont le pôle « plus » est connecté à la masse. Lorsqu'il s'agit d'un tous-courants, la tension de polarisation est obtenue en général en connectant le circuit de grille à l'extrémité de la self de filtrage opposée à la masse (fig. 22).

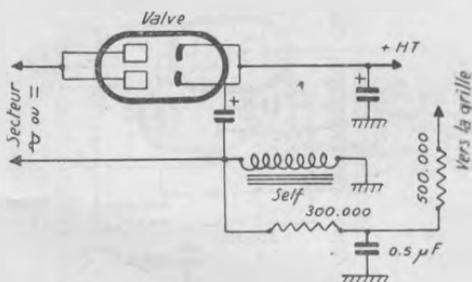


Fig. 22. — Polarisation dans un tous-courants par résistance de self déterminée.

Quelques pannes particulières à ces systèmes.

1. Dans les récepteurs à filtrage par le « moins », le premier condensateur de filtrage est souvent isolé par une simple rondelle de bakélite, qui peut se déplacer. Le pôle « moins » touche la masse, le récepteur ronfle, la tension après filtrage est beaucoup trop élevée (environ 350 volts) et la chute de tension aux bornes de la self de filtre est nulle.

2. Dans les récepteurs où il existe une résistance de polarisation entre le point milieu de l'enroulement haute tension et la masse, la coupure de cette résistance arrête complètement le poste si cette résistance n'est pas shuntée par un condensateur électrochimique. On le constate en mesurant la tension entre les pôles « plus » des condensateurs et la masse (tension nulle) et entre le pôle « plus » du premier condensateur et le point milieu de l'enroulement haute tension (tension très élevée, de 400 à 450 volts).

Lorsque la résistance de polarisation est shuntée par un condensateur électro-chimique, la coupure de la résistance entraîne infailliblement le claquage du condensateur, car il n'est pas prévu pour une tension très

élevée. Le point milieu se trouve alors à la masse, la polarisation est nulle, le débit anodique de la lampe finale est très élevée, et parallèlement la haute tension après filtrage baisse fortement.

3. Dans les récepteurs polarisés directement par la grille, un découplage insuffisant des circuits de grille peut produire du ronflement. Par exemple, lorsque le condensateur C est coupé ou déconnecté (fig. 23).

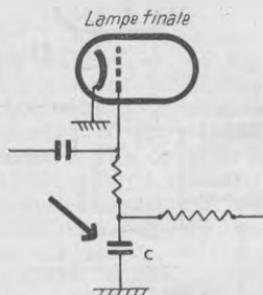


Fig. 23. — C coupé détermine le ronflement.

4. Pour mesurer la polarisation d'une lampe polarisée directement par sa grille, il faut se garder de faire la mesure entre la grille et la masse : nous n'aurions qu'une déviation fautive du voltmètre, même à résistance très élevée, à cause de la valeur très forte des résistances en circuit. Nous mesurerons cette polarisation entre l'extrémité de la résistance qui la donne et la masse, le pôle « plus » du voltmètre étant lui-même à la masse.

Lorsque la polarisation est obtenue par un pont en parallèle sur la bobine d'excitation, la mesure directe ne donne que des résultats approximatifs. Mieux vaut recourir aux mesures d'intensité, puis à appliquer la loi d'Ohm, comme il est dit au chapitre des mesures.

Polarisation des lampes à chauffage direct.

Les pentodes finales à chauffage direct sont le plus souvent polarisées par une résistance insérée entre le point milieu de l'enroulement de chauffage et la masse. Cette résistance est habituellement shuntée par un condensateur de 10 à 25 microfarads.

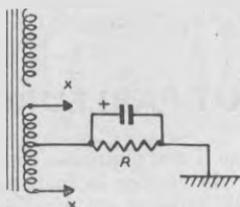


Fig. 24. — Polarisation d'une lampe à chauffage direct (X, X = enroulement de chauffage)

Il ne faut pas confondre ce montage avec celui de polarisation par le « moins », car ici la chute de tension obtenue est positive par rapport à la masse. La panne la plus fréquente est le court-circuit accidentel entre un fil de chauffage et la masse, qui se produit parfois dans les supports des ampoules de cadran assez mal isolés. On constate alors que l'éclat des ampoules de cadran baisse un peu. Le récepteur ronfle et sa reproduction laisse à désirer.

Doubleur de tension.

Les montages de valves en doubleuses de tension ont été à la mode voici quelques années, mais ils sont presque abandonnés. La figure 25 en donne un exemple.

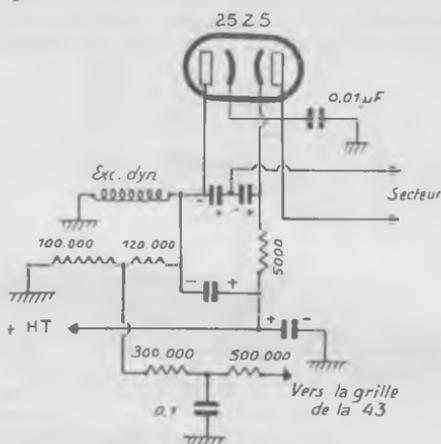


Fig. 25. — Une 25 Z 5 en doubleuse de tension, avec filtrage par le « molns » et polarisation par pont.

Quand on a un poste muni d'un doubleur à dépanner, on fera surtout attention aux condensateurs du doubleur et à ceux du filtre. Le ronflement d'un tel poste provient, neuf fois sur dix, d'un défaut dans l'un des électrolytiques.

Étage final à deux lampes en parallèle.

On rencontre de temps en temps un vieux poste muni de deux lampes en parallèle, qu'il ne faut pas confondre avec un push. La panne la plus fréquente est une de ces lampes défectueuses, ce qui se traduit par une baisse de puissance et l'élévation de la tension anodique.

Notons que la résistance de polarisation commune aux deux lampes doit être moitié de celle nécessaire à une seule lampe. De même, l'impédance du transfo de sortie n'est que moitié de celle nécessaire à une seule lampe. Donc, vérifions ces points, si le poste a déjà été réparé.

RÉPARATION DES HAUT-PARLEURS

Quand on n'arrive pas à trouver la cause d'une mauvaise reproduction dans le châssis, il ne faut pas oublier de vérifier le haut-parleur. En fait, on devrait même commencer par là, puisque cet essai est très rapide : une coupure dans le circuit de plaque de la dernière lampe, deux pinces crocodile, et le haut-parleur du laboratoire se trouve branché à la place de l'autre en moins d'une minute. Bien entendu, le haut-parleur du laboratoire sera muni d'un transfo à prises pour essayer diverses impédances de charge.

Comme les défauts qui peuvent se manifester sont multiples, nous allons examiner successivement les plus courants.

1. **Entrefer encombré.** — Surtout dans les nouveaux dynamiques à aimant permanent, l'entrefer s'encombre assez souvent de poussière métallique qui freine la bobine mobile, amortit les graves et produit des crissements. Pour l'enlever, il faut évidemment démonter le cône, et faire passer dans l'entrefer un chiffon enduit de vaseline qui retient la limaille, puis un chiffon sec pour enlever les traces de vaseline. On remonte ensuite le cône, et on le centre comme il est dit plus loin.

2. **Bobine mobile décentrée.** — Le haut-parleur donne un bruit de mirliton dû au frottement de la bobine dans l'entrefer. Il faut d'abord s'assurer que la bobine mobile n'est pas déformée, ce qui rendrait illusoire tout essai de centrage.

On desserre les vis fixant le frein ou spider (qui se trouve soit devant le noyau, soit derrière le cône, et sert à le centrer tout en permettant son mouvement) et on introduit délicatement trois ou quatre bandes de bristol mince ou de cellulo dans l'entrefer, en trois ou quatre points équidistants. Si l'épaisseur des bandes a été bien choisie, la bobine mobile est maintenant bien centrée. Il ne reste qu'à resserrer progressivement les vis, puis à enlever les bandelettes. Un dépanneur doit avoir une trousse de ces bandelettes, larges de 6 à 8 millimètres, en différentes épaisseurs.

Avec un peu d'habitude, on arrive très bien à recentrer un haut-parleur, simplement en desserrant et resserrant le spider pendant que le poste exécute un morceau un peu violent, à pleine puissance. Cela réussit surtout pour la suspension par spider avant, qui est bloqué par une seule vis centrale.

3. **Déformation ou excentrage de l'entrefer.** — Quand le haut-parleur a été malmené ou par suite d'une chute, il arrive que l'entrefer soit excentré. On démonte alors le cône et on recentre l'entrefer, soit avec un calibre, soit en interposant des bandes de métal (tirées de tôles de transfo et de déchets de fer-blanc), suivant la technique du centrage de la bobine mobile. Par contre, si le châssis du cône a été faussé, comme l'indique la figure 27, la bobine mobile bascule dans son entrefer, et on entend le mirliton, à moins que tout le cône ne soit immobilisé. Le remède découle de source.

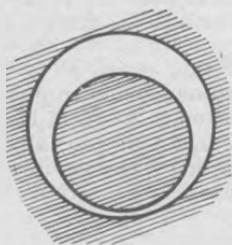


Fig. 26.
Entrefer excentré.

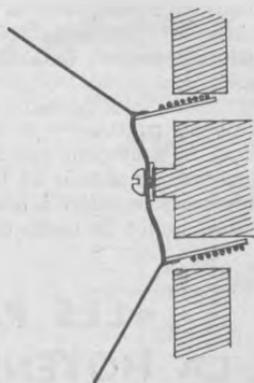


Fig. 27. — La bobine mobile basculée frotte dans l'entrefer.

4. **Spires décollées.** — Il arrive que certaines spires de la bobine mobile deviennent libres sur le tube de support, ce qui produit un crisse-

ment, sur certaines fréquences, rappelant le frottement d'une carte sur les dents d'un peigne. Les spires seront recollées à l'aide de ciment cellulosique, ou, à défaut, avec une dissolution de celluloid dans un mélange d'acétone et d'acétate d'amyle. Le celluloid peut être remplacé par des débris de rhodoïd.

On se servira de la même colle pour recoller la bobine mobile qui se décolle de son cône, ce qui se traduit par des vibrations insupportables.

5. Spider déchiré ou distendu. — Cet accident peut se produire quand un poste a fonctionné longtemps avec du « motor-boating », ou oscillations à basse fréquence, qui soumet le cône à de violents efforts. Le meilleur remède est le remplacement du spider. En attendant, on pourra rejoindre les bords de la bande rompue en doublant celle-ci, sur les deux faces, de papier nerveux collés à la colle cellulosique. Il faut d'abord mettre une couche très mince de cette colle sur le spider et sur les bandes, laisser sécher, puis mettre une nouvelle couche très mince, appliquer aussitôt et mettre sous pression. On peut aussi se servir de dissolution de caoutchouc et, à l'extrême rigueur, de colle de poisson.

6. Cône déchiré, déformé. — Ici encore, le meilleur remède est le remplacement du cône. On peut essayer d'y mettre une pièce, comme indiqué ci-dessus ; parfois, un filet de colle cellulosique sur les bords de la déchirure suffisent à réparer le mal. Un cône déformé fait frotter la bobine mobile dans l'entrefer.

7. Spires dénudées, en court-circuit. — On les enduit de colle cellulosique et on les laisse sécher. Ce défaut se traduit par une déformation semblable à celle que produit un haut-parleur mal calculé pour l'impédance de la lampe de sortie, c'est-à-dire une tonalité très défec-tueuse. On le vérifie en mesurant la résistance de la bobine mobile.

8. Bobine de champ grillée. — Si la coupure est au début, on sacrifie les premières spires sans grand dommage. Par contre, un court-circuit dans les spires peut se traduire par une tension excessive appliquée à la valve, car la bobine de champ est moins résistante, et l'excès de courant parcourant la bobine la met rapidement encore hors service. Le remède consiste à remplacer la bobine. Si le mal n'est pas grave, on peut débobiner les premières spires et interposer un papier de soie entre couches. Ou encore, on sature de vernis à la gomme-laque ou de vernis bakélite.

9. Note trop grave. — Si le haut-parleur donne trop de basses, et que le défaut ne provienne pas du châssis, on se trouvera bien d'éloigner de l'ébénisterie le châssis du haut-parleur, à l'aide de cales de liège ou de caoutchouc, de manière à laisser un espace vide d'environ 1 centimètre qui réduit l'effet de baffle de l'ébénisterie.

LES PANNES DE LA MOYENNE FRÉQUENCE

Voici un récepteur qui n'est pas « nerveux », comme on dit en argot de métier. Ce manque de vitalité peut avoir plusieurs raisons, mais l'une des plus fréquentes est un défaut ou un dérèglement de la moyenne fréquence.

Pour le constater, nous réglons notre hétérodyne modulée sur la fréquence des transfo MF et nous l'injectons d'abord dans la plaque de la lampe MF, ensuite dans sa grille. Si nous ne touchons pas à l'atténuateur de l'hétérodyne, ni au potentiomètre de renforcement, nous devons constater une forte différence de puissance de réception. Par contre, si l'étage MF n'est pas sans reproche, non seulement nous n'aurons pas davantage de puissance en injectant l'hétérodyne dans la grille, mais, au contraire, nous pourrions constater une diminution. Aucun doute n'est alors possible : cet étage réclame nos soins.

S'il y a deux lampes MF, la technique reste la même, il n'y a qu'à extrapoler la méthode ci-dessus. Et, si nous n'avons pas d'hétérodyne (nous avons bien connu un dépanneur qui n'avait pas de milliampère-mètre !), nous nous débrouillerons comme nous le pourrons, en envoyant directement le secondaire du transfo d'entrée à la détectrice, en sautant par-dessus la lampe MF. Évidemment, nous perdrons l'amplification d'un étage, mais nous saurons au moins s'il ne freinait pas au lieu d'amplifier.

La première chose à faire, quand l'étage MF est soupçonné, c'est de s'assurer que c'est bien lui qui est le coupable, et non l'antifading qui le freine. Pour cela, le retour de la grille MF est coupé de la ligne d'antifading et raccordé provisoirement à la masse par une connexion volante. Si tout rentre dans l'ordre, c'est l'antifading qui doit être vérifié. Sinon, nous sommes en présence d'une authentique panne de moyenne fréquence. Nous en profiterons pour relever les tensions avant de remettre l'antifading en fonction.

1. Lampes défectueuses.

C'est le défaut le plus banal. Si nous avons une autre lampe dont nous sommes sûrs, nous remplacerons celle soupçonnée. Sinon, nous la passerons au lampemètre.

2. Tension-écran trop faible.

Dans ce cas, l'amplification baisse et la sensibilité du récepteur s'en ressent.

Cette tension d'écran peut baisser, soit par suite d'un court-circuit dans la ligne haute tension, soit par variation d'une résistance chutrice ou d'une résistance du diviseur de tension qui donne la tension d'écran.

La figure 28 donne trois types d'alimentation d'une grille-écran.

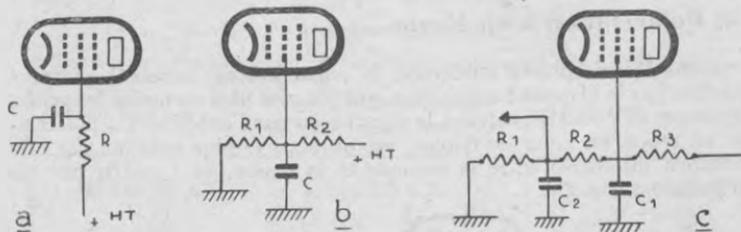


Fig. 28. — Diverses alimentations d'écran.

Dans le schéma *a*, nous pouvons trouver que *R* a varié, ou que *C* présente une fuite importante, sans être tout à fait claqué. Nous serons renseignés en commençant par débrancher *C*. Si la tension redevient normale, c'est bien lui qui est malade, sinon c'est la résistance *R*.

Dans le schéma *b*, les mêmes troubles peuvent se produire : R_1 ou R_2 qui ont varié, ou C qui fuit. Signalons toutefois que R_2 est assez souvent à changer, parce que cette résistance est parcourue par un courant assez intense qui l'échauffe. Comme les constructeurs mettent rarement des résistances à dissipation confortable, cette intensité augmente la valeur de la résistance. En la changeant, ne craignons donc pas de mettre une résistance plus stable.

Le schéma *c* est moins courant. La tension d'écran est prise ici sur un pont qui alimente aussi d'autres électrodes. On conçoit que le claquage d'un condensateur tel que C_2 provoque une baisse de tension considérable à l'écran de la lampe.

3. Tension d'écran trop élevée.

Les lampes à écran modernes donnent leur maximum d'amplification pour une tension d'écran bien déterminée. Trop de tension ne vaut guère mieux que pas assez, la sensibilité s'en ressent.

Dans le cas de la figure 28 *b*, la tension d'écran devient trop élevée si la résistance R_1 est coupée ou si elle augmente de valeur par vieillissement. De même dans la figure 28 *c*, lorsque l'une des résistances R_1 ou R_2 est coupée ou vieillie.

Pour savoir si une tension d'écran est correcte, le mieux est encore de consulter le catalogue de lampes.

Tensions-écran au repos.

Antenne débranchée, HT = 250 volts.

Poste au maximum de sensibilité.

| LAMPES | TENSION D'ÉCRAN NORMALE |
|----------------------|-------------------------|
| E 445, E 455 | 70 à 100 volts. |
| E 447, AF 2 | 80 à 110 — |
| AF 3, EF 5 | 60 à 100 — |
| EF 9 | 90 à 100 — |
| 35 | 70 à 90 — |
| 58, 78, 6 D 6, 6 K 7 | 80 à 110 — |

4. Polarisation trop élevée.

Dans les récepteurs modernes, la sensibilité est automatiquement contrôlée par le dispositif antifading, qui polarise plus ou moins les grilles des lampes HF ou MF, suivant le signal reçu par l'antenne. La polarisation au repos, ou polar de départ, est obtenue le plus souvent par une résistance intercalée entre la cathode et la masse, et shuntée par un condensateur (fig. 29).

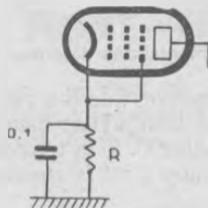


Fig. 29. — Polarisation MF classique. R = environ 300 à 600 ohms.

Par contre, dans les récepteurs plus anciens, et notamment dans la plupart des « cigar box », ou postes miniature, qui infestaient le marché voici quelques années, la sensibilité du récepteur est commandée par un potentiomètre qui fait varier la polarisation des lampes MF, suivant les deux schémas de la figure 30.

Dans les récepteurs modernes, polarisés comme l'indique la figure 29, il est rare de voir une polarisation trop élevée, sauf en cas de coupure franche de la résistance R : alors, le poste devient complètement muet.

Par contre, les systèmes de commande manuelle de la sensibilité occasionnaient et occasionnent encore des pannes assez fréquentes. Nous voyons, sur la figure 30 a, qu'un défaut de contact du curseur supprime toute variation de sensibilité et polarise la lampe au maximum, ce qui se traduit par une faiblesse à l'état chronique : ce mal est très courant dans les postes miniature.

Dans le cas de la figure 30 b, le même phénomène peut se manifester. Le potentiomètre peut aussi se couper, ce dont on est averti quand

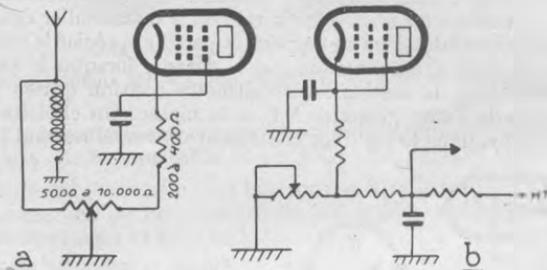


Fig. 30. — Deux commandes automatiques de sensibilité. En a, la commande agit également en amortissant l'antenne.

l'audition passe brusquement du silence complet à une audition puissante, ou inversement. Il suffit, pour déceler la panne, de brancher un voltmètre (sensibilité 30 volts) entre la cathode de la lampe et la masse, et de manœuvrer le bouton du potentiomètre. On voit l'aiguille faire un bond brusque quand le curseur passe sur la coupure.

Les valeurs normales de polarisation et les limites de variation en réglage manuel des principales lampes MF sont condensées dans le tableau suivant.

POLARISATION DES LAMPES MF.

Antenne débranchée.

| LAMPES | POLARISATION minimum normale | LIMITES DE VARIATION |
|----------------------|---------------------------------|----------------------|
| E 445, E 455 | 1,5 à 2 | 1,5 à 40 |
| E 447 | 2 | 2 à 35 |
| AF 2 | 2 | 2 à 20 |
| AF 3 | 2 | 2 à 45 |
| EF 5 | 2 à 3 | 2 à 45 |
| EF 9 | 2,5 | 2,5 à 49 |
| 35 | 3 | 3 à 40 |
| 58, 78, 6 D 6, 6 K 7 | 3 | 3 à 45 |

La plage de réglage d'une lampe à pente variable est d'autant plus étendue que la tension-écran est plus élevée.

Exemple : pour EF 5, elle est de 2 à 35 volts pour 60 volts d'écran, et de 2 à 50 volts pour 100 volts d'écran.

5. Déréglage des transfos MF.

Dès que les transfos MF sont déréglés, la sensibilité du récepteur est fortement altérée, en même temps que paraissent des défauts plus graves, qui se traduisent par un manque de sélectivité intolérable et des sifflements d'interférence un peu partout sur le cadran.

Autrefois, on remédiait à cet état de choses en retouchant les ajustables des transformateurs MF pendant l'écoute d'une émission. Pour cela, on choisissait une émission quelconque, vers le milieu des petites ondes, suffisamment stable, sans fading.

L'alignement à l'oreille est à déconseiller, parce qu'il manque de précision. La méthode qui consiste à brancher un voltmètre alternatif aux bornes du primaire du transfo de sortie est à déconseiller également, car l'aiguille suit la modulation et ne permet pas d'apprécier le maximum avec netteté. Il reste l'œil magique, ou à défaut, lorsque le poste est muni d'un antifading, la méthode du voltmètre continu qui se branche entre la cathode de l'amplificatrice MF et la masse. On choisira la sensibilité de 7,5 volts, dans le cas d'un contrôleur universel normal (fig. 31).

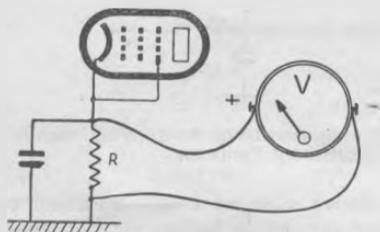


Fig. 31. — Indicateur d'accord par voltmètre continu sur résistance de polarisation.

Si nous nous guidons sur l'œil magique, nous retoucherons les ajustables des transformateurs, l'un après l'autre, en cherchant à obtenir le maximum d'épanouissement de la plage lumineuse. Il arrive quelquefois, avec les indicateurs tels que EM 1 ou 6 E 5, que l'épanouissement soit maximum avant que nous n'arrivions au réglage exact, ce qui empêche d'apprécier avec précision le meilleur point de réglage. Le remède n'est pas compliqué : nous réduirons la longueur d'antenne, en nous contentant au besoin de 50 centimètres à 1 mètre de fil, ce qui nous donnera toute latitude pour régler notre œil au mieux de nos désirs.

Si nous nous guidons sur un voltmètre branché entre masse et cathode de la lampe MF, nous retoucherons les ajustables en cherchant à obtenir le *minimum de déviation du voltmètre*. Cela paraît paradoxal ? Disons donc que, sous l'action de l'antifading, la polarisation de la lampe MF augmente à mesure que le signal se renforce, c'est-à-dire que l'accord des transfos MF se perfectionne. Par conséquent, le débit de la lampe diminue et la chute de tension aux bornes de la résistance de polarisation en fait autant : c'est ce qu'indique notre voltmètre.

Nous avons dit plus haut que c'est ainsi qu'on opérait autrefois... mais nombre de dépanneurs mal outillés ne procèdent pas encore autrement aujourd'hui. Cela ne vaut évidemment pas l'alignement à l'hétérodyne, qui permet non seulement de travailler à n'importe quel moment, mais aussi d'obtenir plus de précision et la certitude d'un alignement correct.

L'alignement à l'aide de l'hétérodyne.

Voici la méthode générale, autour de laquelle chacun brodera à sa guise :

1. Régler l'hétérodyne modulée sur la longueur d'onde des transformateurs MF.
2. Mettre à la masse la grille oscillatrice de la changeuse de fréquence, à l'aide d'une connexion volante, ce qui se fait très simplement en mettant à la masse le condensateur variable correspondant.
3. Connecter un indicateur d'accord quelconque, comme il a été dit plus haut : soit l'œil magique du poste, soit un voltmètre. Si l'on adopte



Fig. 32. — Réglage MF sur l'œil magique. On part de a pour aboutir à c.

le voltmètre alternatif aux bornes du primaire du transfo du haut-parleur, on le réglera sur la sensibilité 50 ou 150 volts, suivant le poste.

4. Connecter la sortie de l'hétérodyne à la grille de l'amplificatrice MF, à travers une petite capacité de 250 à 500 centimètres. L'antenne fictive est alors sans utilité (fig. 33).

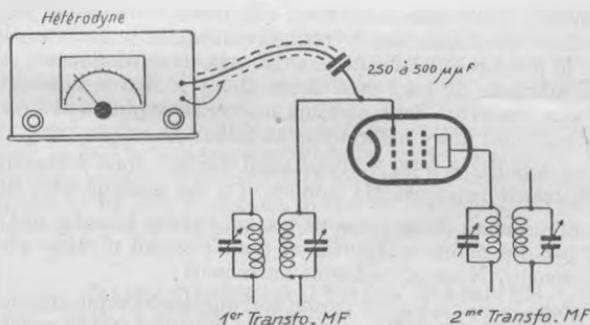


Fig. 33. — Branchement de l'hétérodyne pour l'alignement MF.

5. Régler les deux ajustables du second transfo MF jusqu'à obtenir le maximum de déviation à l'indicateur d'accord (ou le minimum de voltage si l'indicateur est un voltmètre continu branché entre cathode et masse). Opérer avec une tension de sortie d'hétérodyne plutôt faible, le réglage de la sensibilité du récepteur étant fixé au maximum : ceci est important, surtout quand il s'agit d'un réglage manuel de sensibilité agissant sur la polarisation des lampes.

6. Déconnecter l'hétérodyne de la grille de la lampe MF et la brancher à la grille modulatrice de la changeuse de fréquence. Cette grille est facilement accessible, elle est presque toujours au sommet de l'ampoule. Régler les deux ajustables du premier transfo MF.

7. Il faut maintenant parfaire le travail, qui est complet dans ses

grandes lignes. Pour cela, on retouchera, très peu à la fois, les ajustables du second transfo, jusqu'à obtenir le maximum de l'indicateur d'accord : c'est le « fignotage ».

8. Sans toucher à quoi que ce soit, tourner lentement le bouton d'accord de l'hétérodyne modulée, de part et d'autre de la position de l'accord exact. Si l'alignement est correctement fait, on doit constater une chute assez brusque de l'indicateur d'accord de part et d'autre du point d'accord exact.

Lorsque la fréquence des transfos MF nous est inconnue.

Il arrive assez souvent d'avoir affaire à un récepteur dont nous ne connaissons ni le schéma, ni les caractéristiques, ni, *a fortiori*, la fréquence d'accord de ses transfos MF.

● Si le désaccord de ces derniers n'est pas important, ce qui est le cas général, le défaut sera corrigé de la façon suivante :

1. D'après l'aspect, déterminons la fréquence d'accord probable, qui est de l'ordre de 135 ou 460 kilocycles, ce n'est pas bien sorcier : une bobine pour 460 kilocycles comporte beaucoup moins de spires que les premières et, de plus, elle est très probablement en fil divisé.

2. Mettons le commutateur de l'hétérodyne sur la gamme de l'accord résumé de nos transfos, et branchons la sortie de ladite hétérodyne à la grille de la lampe MF, comme précédemment.

3. Parcourons lentement le cadran de l'hétérodyne, dans les environs de la fréquence MF supposée, en cherchant le point de résonance.

4. Pendant cette opération, nous observons l'indicateur de sortie, dont le meilleur, dans ce cas, est le voltmètre alternatif branché sur le haut-parleur. Si le passage sur l'accord est très net, avec diminution de puissance bien marquée de part et d'autre, il n'y a rien à retoucher. Par contre, si nous observons deux maxima successifs, le plus souvent rapprochés, nous réglerons notre hétérodyne au milieu de ces maxima.

5. Sans toucher à l'hétérodyne ainsi réglée, nous reprendrons le réglage des transformateurs MF comme il a été indiqué plus haut.

● Malheureusement, nous pouvons tomber sur des transfos qui ont été malmenés par des mains inexpertes et dont l'accord n'existe plus qu'à l'état de souvenir. Nous procéderons autrement :

1. Réglons le récepteur en panne sur une quelconque fréquence au milieu de la gamme des petites ondes, par exemple 1.000 kilocycles, soit environ 300 mètres. Si le récepteur n'est pas complètement gâté, l'hétérodyne modulée nous permettra de trouver ce point. Par contre, si le désaccord des transfos MF ne permet aucune réception, nous réglerons le poste suivant l'indication de son cadran. Tant pis pour la précision si le cadran lui-même ne sait pas ce qu'il dit !

2. Connectons la plaque de la changeuse de fréquence à la borne antenne d'un autre récepteur fonctionnant correctement. Le branchement se fera à travers une petite capacité de 100 à 250 centimètres (fig. 34).

3. En tournant le bouton d'accord du récepteur témoin, nous chercherons à produire un battement d'interférence avec l'oscillateur du récepteur en panne. Supposons que ce dernier soit réglé sur 1.000 kilocycles (ou kilohertz, c'est la même chose), nous trouverons le battement vers 1.135 kilocycles si les transfos sont accordés sur 135 kilocycles, et vers 1.460 kilocycles s'ils sont accordés sur 460 kilocycles.

4. Le point de battement étant trouvé, il faut maintenant apprécier aussi exactement que possible la fréquence de ce battement. Pour cela, nous libérons le poste en panne du poste témoin, et nous attaquons la borne antenne de ce dernier avec notre hétérodyne. En tournant le bouton d'accord de l'hétérodyne, nous retrouvons la résonance avec le point de battement, et l'indication du cadran de l'hétérodyne nous donne sa fréquence. Par exemple, si la résonance a lieu sur 1.125 kilocycles, nous pouvons en conclure que la valeur de la MF en panne est de $1.125 - 1.000 = 125$ kilocycles.

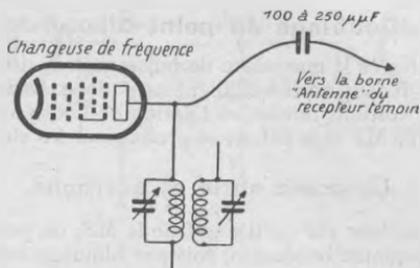


Fig. 34. — Branchement de l'oscillateur du poste malade à l'antenne du poste témoin.

Cette méthode est beaucoup plus compliquée à décrire qu'à mettre en pratique. Cependant, comme des erreurs peuvent se produire, il est prudent de répéter la manœuvre sur deux ou trois points du cadran et de faire la moyenne.

Lorsque nous alignons des transfos de moyenne fréquence, nous regarderons attentivement, à l'indicateur de sortie, si la « courbe » est régulière, sans pointes de résonance parasites près de la résonance principale. Il est souvent nécessaire de procéder à plusieurs retouches avant d'arriver à l'accord exact.

On voit quelles difficultés on peut rencontrer quand on se trouve devant un récepteur inconnu dont l'accord MF est détruit : d'où l'intérêt d'une documentation aussi complète que possible sur les récepteurs les plus anciens et les plus biscornus, quand on est dépanneur professionnel et qu'on veut s'éviter des pertes de temps importantes.

QUELQUES AUTRES PANNES DE LA MOYENNE FRÉQUENCE

Bien entendu, un étage de MF est capable, comme tous les autres, d'avoir les pannes communes quand une capacité, ou une résistance, est en mauvais état.

Le poste est muet.

C'est le plus souvent le court-circuit d'un transfo par son ajustable claqué ou déformé. Cela se vérifie à l'ohmmètre après avoir éteint les lampes. Voir aussi, naturellement, les tensions anodique, écran et polarisation.

Le poste est faible.

En dehors des cas étudiés ci-dessus (mauvaise polarisation, écran mal réglé), on peut soupçonner un court-circuit partiel entre les spires des transfos, quand la sélectivité est faible, et l'intégrité des condensateurs

de découplage. Par contre, si la faiblesse varie suivant l'accord, il faudra vérifier la commande unique avant d'accuser la moyenne fréquence.

Le poste est instable.

Si sa sensibilité varie sans motif, avec chutes inexplicables, vérifier si la lampe MF n'est pas gazeuse. S'il crache, c'est que la tension anodique n'est pas régulière : vérifier les résistances abaisseuses ou diviseuses qui se trouvent dans le circuit plaque.

Doublage du point d'accord.

Quand on trouve le maximum de puissance sur deux points rapprochés du cadran, il faut vérifier l'alignement des transfos si le défaut se produit pour les stations faibles, et l'action de l'antifading sur la polarisation de la lampe MF si le défaut se produit sur les stations puissantes.

Le poste siffle et accroche.

Quand on est bien sûr qu'il s'agit de la MF, on peut soupçonner un couplage parasite entre bobinages, soit par blindage insuffisant, soit par les connexions qui sont trop voisines. Une autre cause réside dans un condensateur de découplage à la cathode, à la plaque ou à l'écran, qui est grillé, desséché, déconnecté, etc.

Si l'accrochage se produit lorsque l'accord du cadran approche de l'accord des MF (par exemple, pour 460 kilocycles, en haut de la gamme P. O. et en bas de la gamme G. O.), c'est que le découplage laisse à désirer entre la haute et la moyenne fréquence. Eloigner les connexions, blinder, découpler les alimentations avec le plus grand soin.

LA SÉLECTIVITÉ VARIABLE

Beaucoup de postes modernes sont munis d'un dispositif de sélectivité variable, qui permet soit d'admettre une large bande de fréquences pour reproduire correctement les aiguës et les graves, soit de limiter cette bande à 9 kilocycles pour séparer nettement les stations de longueur d'onde voisine. Un poste très sélectif ne peut pas être très musical, et *vice versa*. La sélectivité variable permet de choisir le meilleur compromis entre ces deux qualités contradictoires.

Ce résultat est généralement obtenu en faisant varier le couplage entre les deux bobines du transfo MF, ce qui s'obtient de diverses façons par la manœuvre d'un bouton du panneau. Ce n'est, somme toute, que la mécanisation des transfos à couplage réglable, où l'une des bobines peut être bloquée dans une position choisie par rapport à l'autre.

Un autre système est constitué par un circuit d'absorption couplé avec les bobines du transfo MF (fig. 35). Ce circuit absorbe de l'énergie, surtout à la résonance, si bien qu'il aplatit la courbe de réponse en absorbant la pointe de résonance à l'accord exact. Il peut être soit à deux positions (musicalité ou sélectivité), soit réglable par une résistance variable.

Réglage. — Le réglage se fait toujours dans la position de sélectivité maximum. Les ajustables sont réglés comme il a été dit, en amenant chaque enroulement exactement à la résonance. Ceci est important, car la courbe de réponse serait dissymétrique en position de musicalité si ce résultat n'était pas atteint. On vérifie la courbe de réponse en injectant l'hétérodyne, réglée à la fréquence de la MF, *plus ou moins 5 à 10 kilocycles* (par exemple, on essayera d'abord à 460 kilocycles pour le

réglage, et on passera successivement à 455 et à 465 kilocycles pour le contrôle). En mettant l'appareil sur la position de haute musicalité — ou, ce qui revient au même, de sélectivité réduite — on ne doit pas entendre une différence de puissance sensible aux deux réglages de l'hétérodyne. Sinon, c'est que les trimmers doivent être retouchés, à moins que

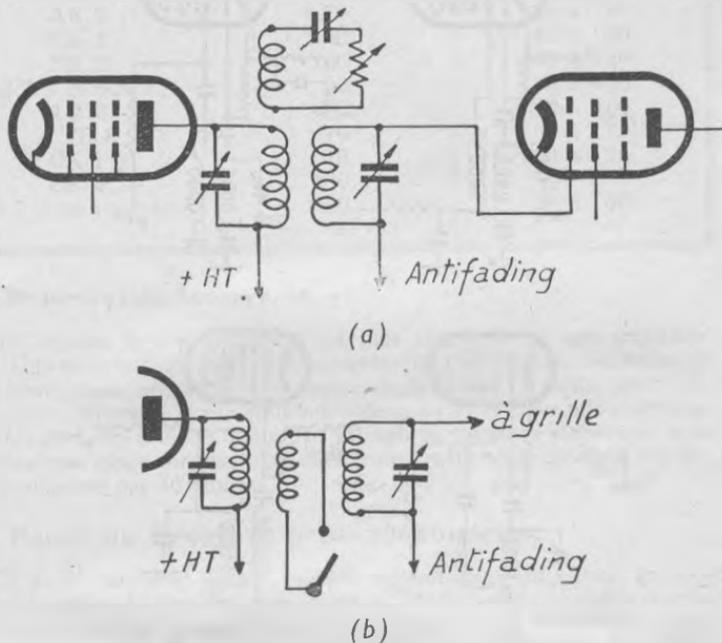


Fig. 35. — a) Sélectivité variable par circuit accordé absorbant.
b) Système simplifié Elcosa.

des capacités importantes entre bobinages primaires et secondaires ne soient la cause du mal.

À part cela, l'alignement est le même que pour la sélectivité fixe, les pannes identiques, — plus, bien entendu, celles qui peuvent se produire dans les dispositifs simples donnant le réglage de la sélectivité.

LES PANNES DU CHANGEMENT DE FRÉQUENCE

Le temps n'est plus des bigrilles changeuses de fréquence, ni des convertisseuses triodes à montages savants. Et, pourtant, les bigrilles vous battaient une moyenne fréquence presque aussi bien que nos lampes modernes, quand on avait la sagesse de ne pas vouloir descendre trop bas...

Dans la presque-totalité des récepteurs modernes, le changement de fréquence se fait par une seule lampe complexe, d'autant plus complexe

du reste qu'elle est plus moderne (pentagrinde, octode, triode-hexode). Chacune de ces lampes comporte deux éléments bien distincts : l'oscillatrice et la modulatrice. Les pannes peuvent affecter l'une ou l'autre.

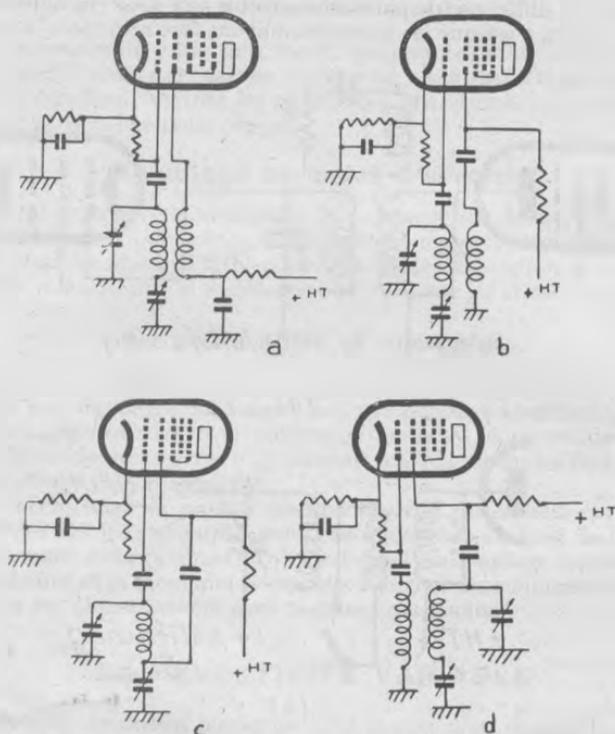


Fig. 36. — Différents montages changeurs de fréquence :

- a) Alimentation série de l'anode oscillatrice ;
- b) Alimentation parallèle ;
- c) Alimentation parallèle avec couplage par padding seul ;
- d) Alimentation parallèle avec anode accordée.

PANNES DE LA MODULATRICE

Ces pannes sont analogues à celles qui se produisent dans les lampes haute ou moyenne fréquence : court-circuit anodique, tension d'écran nulle ou incorrecte, polarisation de cathode à revoir, court-circuit dans la grille. Deux pannes surtout influent grandement sur la sensibilité du récepteur :

1. Tension d'écran incorrecte.

Les raisons en sont les mêmes que pour les lampes MF. Cependant, le mal est aggravé par le fait que certaines lampes changeuses de fréquence sont très sensibles aux variations de leur tension d'écran. Le tableau ci-après indique les tensions normales et les variations admissibles pour les convertisseuses les plus courantes en dépannage, la haute tension étant de 250 volts pour les postes alternatifs, et 100 volts pour les tous-courants.

| LAMPE | TENSION-ÉCRAN normale | LIMITES ADMISSIBLES |
|------------------------|-----------------------|---------------------|
| AK 1 | 70 | 65 à 80 |
| AK 2 | 70 | 60 à 80 |
| EK 2 | 50 | 45 à 60 |
| EK 2 | 100 | 80 à 110 |
| 2 A 7 et 6 A 7 | 90 | 80 à 100 |
| 6 A 8 | 90 | 80 à 100 |
| 6 TH 8 | 70 | 60 à 80 |
| CK 1 | 70 | 60 à 75 |
| CK 3 | 100 | — |
| 6 A 7 (tous courants). | 60 | 50 à 70 |

2. Polarisation incorrecte.

Ici encore, la convertisseuse est plus exigeante qu'une amplificatrice. Une polarisation trop élevée entraîne non seulement une baisse de rendement, mais encore le décrochage de la lampe. Il suffit, pour s'en convaincre, de remplacer la résistance de polarisation par une résistance variable de 1.000 à 2.000 ohms. En faisant varier cette résistance, nous noterons une plage de sensibilité maximum : cette plage est très réduite, elle ne dépasse pas 40 ohms.

3. Panne du circuit de grille modulatrice.

Il s'agit rarement d'une coupure du bobinage du circuit accordé de cette grille ; le plus souvent, c'est le condensateur variable correspondant qui est en court-circuit, généralement dans le trimmer ajustable. Cette panne assez courante n'arrête pas forcément le poste, qui peut continuer à recevoir faiblement les émetteurs puissants.

Donc, pour nous résumer, la première chose à faire consiste à vérifier la ou les lampes de l'étage, et les tensions, avec toutes les précautions voulues pour la mesure des tensions d'écran qui, nous le savons, se fait en mesurant les courants et en appliquant la loi d'Ohm quand on veut de la précision (voir à ce sujet le chapitre des mesures).

PANNES DE L'OSCILLATRICE

Nous donnons quelques schémas d'oscillateurs, dont certains — en particulier ceux assez anciens à pentode — peuvent dérouter un réparateur non averti,

La première qualité d'un oscillateur, aurait dit M. de La Palice, c'est d'osciller. Comme rien ne nous indique si l'oscillateur fonctionne correctement, nous le vérifierons par un indicateur. C'est très simple : il nous suffira de mettre un milliampèremètre sensible dans le retour de fuite de grille de la lampe oscillatrice séparée, ou de la grille n° 1 de l'octode, ou de l'électrode qui en tient lieu dans les autres lampes modernes. Par exemple, on déconnecte la résistance de fuite de grille du côté de la masse et l'on intercale le milliampèremètre dans la coupure, le pôle « plus » de l'instrument tourné du côté de la masse. On peut shunter le milliampèremètre par un condensateur de 0,1 microfarad, et faire les connexions très courtes, pour ne pas compromettre l'équilibre oscillatoire de la lampe.

Si la lampe oscille, le milliampèremètre dévie d'autant plus que l'oscillation est plus puissante. Nous vérifierons donc cette oscillation sur toutes les gammes, en les parcourant d'un bout à l'autre et en notant les trous et anomalies. Nous vérifierons aussi le bon départ de l'oscillation

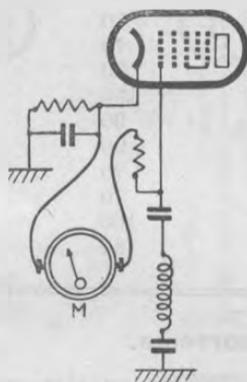


Fig. 37. — Mesure du courant d'oscillation.

au moment de l'allumage : quand on est obligé d'allumer plusieurs fois pour obtenir une oscillation qui a l'air de se produire à regret, c'est le signe d'un couplage entre spires trop faible, ou encore de tensions insuffisantes.

La déviation du milliampèremètre n'est pas identique sur toutes les gammes. Il peut être, par exemple, de 500 microampères dans le bas de la gamme P. O. et de 300 microampères seulement dans le haut de la même gamme, alors qu'il n'est que de 100 microampères dans le haut de la gamme O. C.

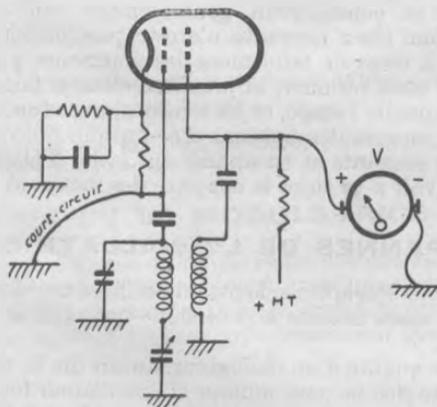


Fig. 38. — Vérification de l'oscillation : la tension anodique doit baisser.

Chaque changeuse de fréquence est prévue pour un courant moyen d'oscillation, qu'on trouve dans les caractéristiques et les courbes des lampes. Un courant trop fort peut provoquer des bloquages, un courant trop faible se traduit par un manque de sensibilité et de nervosité fort gênant. Chaque fois que nous le pourrons, nous rectifierons donc le courant d'oscillation, car l'opération en vaut la peine : le poste en sort tout revigoré.

Il existe un autre moyen, plus rapide, pour vérifier l'oscillation. Comme l'anode oscillatrice est ordinairement alimentée à travers une résistance d'environ 20.000 ohms, il y a une chute de tension le long de

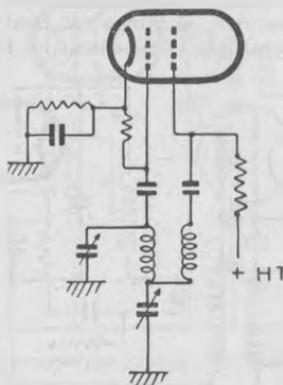


Fig. 39. — Le circuit de réaction de l'oscillateur peut être retourné à la masse par le padding. Le couplage avec la grille s'en trouve renforcé et corrigé.

cette résistance, et la tension entre l'anode et la masse est de 120 à 150 volts. Si nous mettons à la masse la grille oscillatrice et s'il y a des oscillations, un voltmètre branché entre l'extrémité-plaque oscillatrice de la résistance et la masse indiquera non plus 120-150 volts, mais 100-120 volts seulement.

Un troisième moyen consiste à coupler la plaque de la lampe changeuse de fréquence à la borne antenne d'un récepteur quelconque, à travers une petite capacité de 100 à 250 centimètres. Si l'oscillatrice fonctionne, il se produira des sifflements d'interférence dans le poste témoin, quand on tourne le bouton d'accord du récepteur à dépanner.

Ceci dit, voyons les pannes.

1. La lampe n'oscille pas.

Le récepteur ne reçoit pas les émissions, mais il continue à donner les parasites atmosphériques et industriels, ce qui prouve qu'il n'est pas tout à fait mort. Voici encore trois points de diagnostic faciles à vérifier : en touchant la grille modulatrice avec un objet métallique tenu à pleine main, on entend un toc ; — on n'entend pas de toc en touchant les lames fixes du condensateur variable d'oscillateur ; — on entend un toc au moment du changement d'onde. Ces trois tests montrent suffisamment que l'oscillateur est atteint.

a) Si aucune gamme ne veut osciller, on peut soupçonner :

- la lampe qui est une mauvaise oscillatrice ;
- un court-circuit du condensateur variable d'oscillateur, le plus souvent dans son trimmer ;
- un mauvais contact au commutateur de gamme ;
- un condensateur de fuite de grille coupé ;
- une tension déréglée ;
- un court-circuit ou une coupure dans les enroulements oscillateurs ou dans leurs circuits.

b) Si une gamme entière refuse d'osciller, il faut vérifier le commutateur d'ondes. En outre :

- le bobinage oscillateur peut être en court-circuit partiel, ou mal adapté ;
- un padding peut avoir un mauvais contact ;
- en ondes très courtes, la lampe est peut-être incapable de descendre assez bas... à moins que ce ne soient les bobinages.

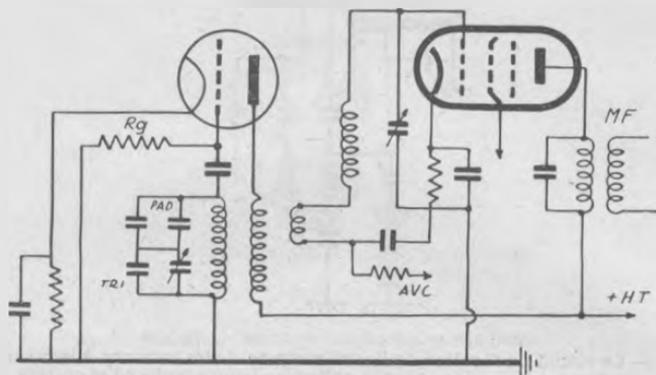


Fig. 40. — Conversion par triode oscillatrice et pentode modulatrice.

2. La lampe oscille normalement.

a) Si, malgré tout, le poste reste silencieux, bien que la panne soit localisée dans l'étage convertisseur, nous vérifierons les tensions aux diverses électrodes, le premier transfo MF qui est peut-être en court-circuit, (lui ou ses condensateurs), les condensateurs de découplage ;

b) Si le poste siffle, surtout aux extrémités des gammes d'ondes, il faut vérifier s'il n'y a pas de couplages par voisinage des circuits de grilles destinées aux fréquences différentes, si la résistance de fuite de grille oscillatrice n'est pas trop forte, si le découplage cathodique et la tension-écran sont corrects. Tout ceci vu, il reste encore à essayer d'autres lampes, car les changeuses de fréquence ont parfois des lubies ;

c) Si le poste a perdu sa vigueur et sa sensibilité, sauf sur une plage assez étroite du cadran, ou encore si l'on ne retrouve plus les stations à leur place sur le cadran, il faut réaligner le poste, régler la commande unique, et vérifier s'il n'y a pas des jeux ou des résistances mécaniques dans la commande de l'accord.

3. Le courant d'oscillation est trop faible.

Ici, les symptômes peuvent être complexes et aller du manque de sensibilité à la réception puissante de quelques émetteurs en des points fantaisistes du cadran. Les causes sont :

- a) Couplage insuffisant entre les bobinages de l'oscillateur ;
- b) Encore une fois, la lampe défectueuse ;
- c) Tension insuffisante de l'anode oscillatrice.

Voici quelques moyens de remonter le courant d'oscillation et de le régulariser le long d'une gamme.

Augmenter le nombre de spires de réaction. En shuntant l'enroule-

ment de réaction par une résistance de 500 à 1.000 ohms pour les gammes P. O. et G. O., et de 5.000 ohms pour les gammes O. C., on arrive à équilibrer l'oscillation qui était trop forte dans le bas de la gamme.

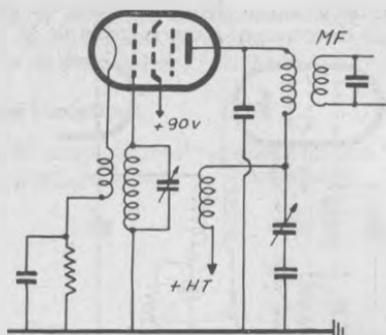


Fig. 41. — Conversion par pentode à couplage cathodique.

Retourner l'enroulement de réaction par le padding, ce qui produit un couplage capacitif supplémentaire par la base de la gamme.

Renforcer le condensateur de liaison entre la grille oscillatrice et son bobinage. Toutefois, en O. C., cette capacité ne doit pas excéder 100 centimètres.

Réduire la valeur de la résistance de fuite de grille oscillatrice.

Éloigner du châssis, et de toute masse métallique ou blindage rapprochés, les bobinages oscillateurs O. C. qui sont trop amortis.

Enfin, le remède de cheval : changer les bobinages d'oscillation.

4. Le courant d'oscillation est trop fort.

On constate alors le blocage avec hurlements et accrochages. Le poste est pris de folie.

Les remèdes sont évidemment les contraires de ceux qui ont été indiqués ci-dessus. On arrive toujours à étouffer une oscillation trop forte, ne serait-ce qu'en introduisant une résistance en parallèle sur l'enroulement de réaction.

LES TROUBLES DE LA HAUTE FRÉQUENCE

Bien que la plupart des postes modernes soient dépourvus d'étage haute fréquence, les récepteurs soignés d'aujourd'hui et d'hier comportent presque toujours ce raffinement. En général, le schéma est celui de la figure 42, qui se simplifie parfois comme ceci : le primaire du transfo haute fréquence est remplacé par une bobine de choc haute fréquence, la plaque émettant une bobine de couplage de quelques spires à bout libre couplée avec le circuit accordé, ce qui permet d'éviter la commutation du primaire. Le premier schéma est évidemment préférable.

Le plus souvent, le poste muni d'un étage haute fréquence n'est précédé que d'un circuit d'accord. Certains postes ont cependant un préselecteur, qui était nécessaire, voici quelques années, quand les moyennes fréquences étaient accordées sur 135 kilocycles, afin de ne pas trouver

les stations en deux points du cadran. L'adoption de la moyenne fréquence de 450 ou 460 kilocycles a rendu cette précaution beaucoup moins nécessaire. La figure 43 représente un tel étage haute fréquence à présélection.

Avant toute autre chose, nous nous assurerons que nous avons bien affaire à une panne de la haute fréquence. Rien de plus simple : nous n'avons qu'à injecter directement dans la grille de la convertisseuse la

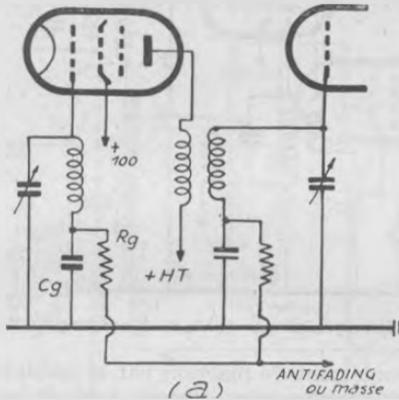


Fig. 42. — Haute fréquence à transfo HF.

haute fréquence modulée de l'hétérodyne, ou, plus simplement encore, les oscillations de l'antenne qui seront transmises à cette grille par un petit condensateur au mica de 25 à 50 centimètres. Si nous avons une boîte d'accord ou une haute fréquence étrangère, nous pourrions l'employer comme l'hétérodyne : l'avantage de cette dernière méthode, c'est qu'elle permet d'utiles comparaisons entre la haute fréquence du poste à réparer et notre étage témoin.

Si nous entendons les émetteurs ou l'hétérodyne, plus faiblement il est vrai, notre religion est faite : il y a panne dans la haute fréquence.

1. Silence absolu.

Si c'est sur toutes les gammes, vérifier la lampe, les contacts du support, les courts-circuits ou coupures possibles dans le circuit oscillant ou le condensateur.

Si c'est sur une gamme, il y a court-circuit dans l'enroulement correspondant.

2. Réception faible, accord vague.

Le condensateur de découplage de grille C_g est coupé, sec.

La lampe a besoin d'être changée.

Mauvaise commutation, mauvais contact quelque part.

Polarisation de grille défectueuse ou trouble d'antifading.

3. Faiblesse avec hoquets et sifflements.

Il y a une coupure dans le circuit de grille.

La résistance de grille est coupée ou trop forte.

4. Accrochages.

Vérifier les découplages, surtout celui de grille.

Vérifier les prises de masse en mauvais contact.

Éloigner l'un de l'autre les organes des circuits de grille et de plaque.

Faire « masse commune », c'est-à-dire réunir la prise de masse de la haute fréquence à celles des autres étages par une connexion de fort calibre, soudée, dite barre omnibus.

Réduire la tension anodique en augmentant la valeur de la résistance qui se trouve dans le circuit de plaque.

Vérifier l'action de l'antifading, insuffisante.

5. Décalage de l'accord.

La commande du condensateur variable a patiné.

Des spires du circuit-grille sont en court-circuit.

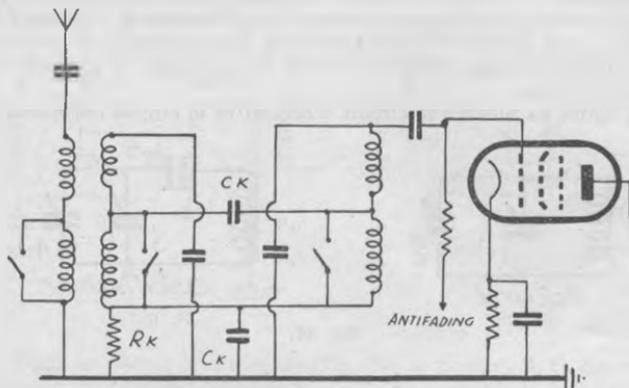


Fig. 43. — Haute fréquence avec présélecteur.

6. Troubles de présélection.

Si la sensibilité diminue en bas des gammes, vérifier la résistance de présélection R_k (fig. 43).

Si c'est en haut des gammes, vérifier C_k , claqué ou qui fuit.

Si l'on retrouve la même station sur deux points du cadran, avec des sifflements aux abords de ces points, le présélecteur est déréglé (spires déplacées ou en court-circuit, résistance de contact dans la commutation), ou bien la commande unique est défectueuse.

LA COMMANDE UNIQUE

A part quelques rares fossiles religieusement manœuvrés par des « amateurs » aux complaisantes oreilles, on ne rencontre plus guère que des supers à commande unique. Comme la vie est trop courte pour nous occuper des pièces de musée en voie de disparition, nous ne considérerons pas ici les systèmes d'accord biscornus qui ont précédé la commande unique standard, pas plus du reste que les multiples accords motorisés, commandes automatiques et postes à boutons, trop nombreux pour être décrits et trop éphémères pour en valoir la peine.

Principe de la commande unique.

Deux principes sont généralement utilisés : celui du condensateur à profil spécial et celui des condensateurs de correction.

Le premier système se voit sur quelques postes américains. Chaque gamme de longueur d'onde a son condensateur dont les lames mobiles ou fixes sont spécialement profilées, de telle manière que les circuits restent rigoureusement d'accord pendant tout le balayage du cadran. Cette solution est théoriquement parfaite, mais elle est coûteuse, et elle exige des bobinages rigoureusement étalonnés et stables. Elle est complètement abandonnée dans les postes modernes. Nous ne la citons que pour mémoire, afin que nos lecteurs ne s'étonnent pas s'ils voient arriver dans leur clinique un poste aux condensateurs bizarrement découpés. Neuf fois sur dix, le désaccord doit être cherché dans les bobinages.

Le second système permet d'employer des condensateurs identiques en tandem, tout en maintenant une différence de fréquence constante entre les circuits d'accord et ceux d'oscillatrice. Ce résultat est obtenu en modifiant la self d'oscillatrice et en utilisant une combinaison de condensateurs.

La figure 44 montre le circuit d'accord et le circuit oscillateur. Les



Fig. 44.

deux condensateurs 1 et 3 sont les variables en tandem, 2 et 4 sont les trimmers (du verbe anglais *ajuster*), tandis que 5 est le padding (du verbe anglais *rembourrer*). On voit que les deux circuits sont semblables, sauf que la self de l'oscillateur est plus faible que celle d'accord et que le condensateur 5 est en série avec elle.

On conçoit qu'en haute fréquence, 5 a peu d'effet, car sa capacité est grande par rapport à 3 et 4, les lames de 3 étant presque sorties. A fréquence plus basse, 3 et 4 tout seuls seraient trop importants pour obtenir la fréquence correcte, mais l'importance de 5 devient de plus en plus prépondérante pour réduire la capacité totale du groupe de condensateurs. Par un calcul judicieux des éléments, on arrive à obtenir non pas un écart de fréquence rigoureux entre accord et oscillateur sur toute la portée des condensateurs mobiles, mais sur trois points du parcours la correction peut être rigoureuse. En dehors de ces trois points, il existe de faibles erreurs, dont l'importance dépend de la fréquence de conversion adoptée et de l'étendue des gammes.

Ceci dit, voyons les symptômes de désaccord. Ils peuvent être multiples. La sensibilité et la sélectivité sont généralement réduites sur tout ou partie des gammes — mais comme ce défaut peut se manifester aussi quand les moyennes fréquences sont désaccordées, *il faut toujours vérifier l'accord des condensateurs de moyenne fréquence sur la fréquence de conversion avant de toucher à la commande unique*. Cette règle est générale : l'alignement doit commencer par la moyenne fréquence.

Le désaccord de la commande unique s'accompagne souvent d'un décalage des stations sur le cadran, de sifflements d'interférence. Quant aux causes, elles sont faciles à deviner : variation des éléments ajustables, ainsi que des bobinages, et interventions maladroites d'un bricoleur qui croit qu'on règle un super comme une détectrice à réaction du bon vieux temps.

Les dispositifs pratiques.

Les figures 45 à 49 montrent les dispositions les plus courantes.

Le schéma de la figure 45 représente la commutation des grandes aux petites ondes par court-circuit d'une partie du bobinage. Les éléments de la commande unique sont les deux trimmers des condensateurs variables, et les deux paddings P_1 et L_2 en série sur le retour de grille de l'oscillateur. Cette disposition est en voie de disparition.

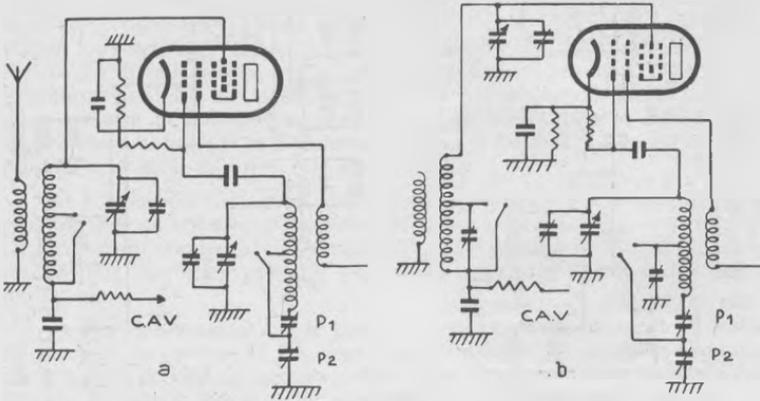


Fig. 45.

Fig. 46.

Dans les postes plus soignés (fig. 46), la portion G. O. des bobinages comporte un trimmer particulier pour l'alignement de cette gamme.

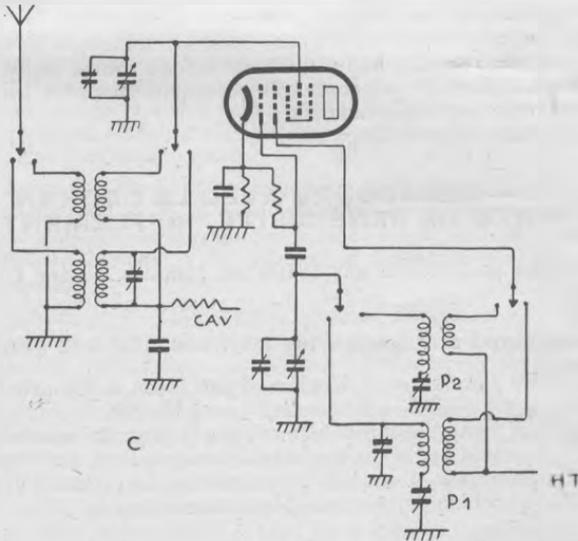


Fig. 47.

Dans les postes modernes (fig. 47), les enroulements de chaque gamme sont séparés. L'alignement en P. O. est fait par les trimmers du bloc de condensateurs, tandis que des trimmers complémentaires en

parallèle sur les enroulements G. O. permettent de parfaire l'alignement sur cette gamme.

Dans le schéma 48 également courant, les trimmers sont placés

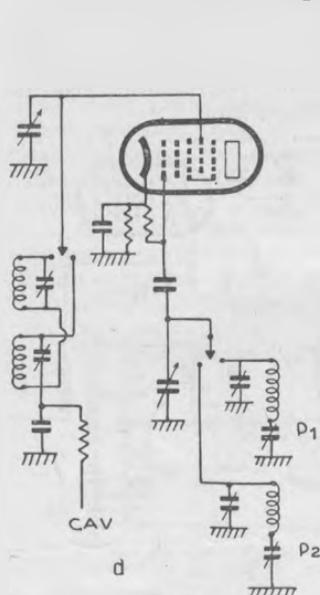


Fig. 48.

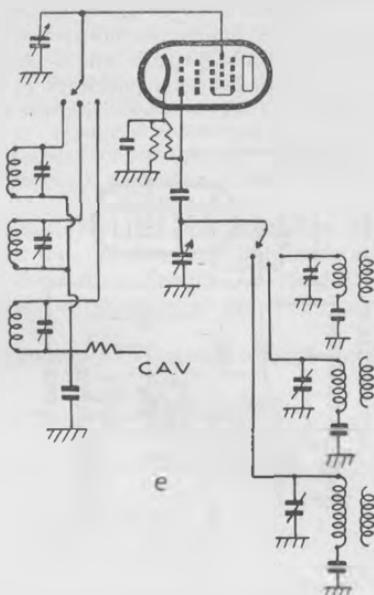


Fig. 49.

sur les bobinages et non plus sur les condensateurs. Le résultat est évidemment identique.

Dans ce qui précède, nous avons omis les bobinages P. O. pour ne pas compliquer le dessin : une commande unique toutes ondes est représentée par la figure 49 qui, comme la précédente, montre les trimmers shuntant directement les bobinages.

Maintenant, voyons les pannes.

A. — DÉSACCORD AVEC LE CADRAN PERTE DE SENSIBILITÉ, SIFFLEMENTS

Ce défaut peut exister sur toutes les gammes, ou sur l'une d'elles seulement.

1. Désaccord sur toutes les gammes, bonne sensibilité.

Toutes les gammes sont décalées d'une façon à peu près uniforme. Cependant, la sensibilité et la sélectivité sont bonnes.

Le défaut vient très probablement du bouton de commande qui a tourné d'un certain angle sur l'arbre du condensateur, ou d'un accident analogue (voir tout le dispositif de commande du cadran). Tout rentre dans l'ordre en reboquant convenablement les organes.

2. Désaccord complet, sélectivité et sensibilité défectueuses.

Ce défaut se manifeste surtout sur les récepteurs anciens ou bon marché, dont la commande unique correspond aux figures 45 et 46. Dans

ces systèmes, le désaccord des trimmers et du padding entraîne le désaccord sur toutes les gammes.

Pour corriger rapidement ce défaut, nous procéderons comme suit.

a) Réglons le poste sur une émission connue dans le bas de la gamme P. O., soit 215-220 mètres, stable et sans fading. Ceci fait, amenons l'aiguille juste sur le repère du cadran correspondant à cette émission : la réception disparaît, ou du moins s'affaiblit. Nous allons la faire réapparaître en retouchant lentement le réglage du trimmer du condensateur variable d'*oscillateur*. Nous contrôlerons l'opération par l'indicateur visuel, ou encore avec un voltmètre résistant mis en parallèle sur la résistance de polarisation de la lampe moyenne fréquence. L'accord est maximum quand la déviation du voltmètre est minimum. Nous pouvons aussi utiliser un milliampèremètre de 0 à 10 inséré dans le circuit anodique, entre ce circuit et l'alimentation haute tension. L'accord est indiqué par une chute très nette de l'intensité.

b) L'émission choisie est maintenant à sa place sur le cadran. Sans plus toucher au trimmer d'*oscillateur* ni au bouton d'accord, nous réglons le trimmer du condensateur variable d'*accord* jusqu'à ce que l'indicateur soit le plus lumineux possible, ou que le voltmètre donne la déviation minimum.

c) Réglons maintenant le poste sur un émetteur puissant et stable du haut de la gamme P. O., vers 520-530 mètres, et amenons l'aiguille sur le repère du cadran correspondant à cet émetteur : l'émetteur s'affaiblit ou disparaît. Nous le ferons revenir au maximum de netteté en modifiant lentement le padding P. O.

Si nous suivons l'alignement à l'aide d'un indicateur visuel ou d'un voltmètre sur la résistance de polarisation de la moyenne fréquence, il peut arriver que le maximum de luminosité de l'œil, ou le minimum de déviation du voltmètre, ne correspond pas au repère en toute rigueur. Nous chercherons un compromis, en décalant légèrement l'axe du bloc condensateur par rapport à son démultiplicateur et nous retoucherons l'alignement dans le bas de la gamme. Il y a bien un autre remède, qui consiste à modifier légèrement le bobinage accordé de l'oscillateur en déplaçant quelques spires, mais c'est une opération dangereuse si l'opérateur n'est pas très expérimenté.

d) L'alignement du haut de la gamme P. O. étant fait, il est prudent de revenir en bas de la même gamme et de vérifier si l'alignement n'a pas varié. Nous corrigerons le léger écart, s'il existe, en retouchant légèrement le réglage du trimmer d'*oscillateur* d'abord, puis le trimmer d'*accord*.

e) La gamme P. O. étant réglée, passons à la gamme G. O. Si elle n'a pas de trimmers séparés, il suffira d'ajuster le padding G. O. sur une fréquence de 180 à 200 kilocycles (1.700 à 1.500 mètres) provenant, soit d'un émetteur, soit de l'hétérodyne modulée.

Si la gamme G. O. comprend des paddings séparés, réglons d'abord sur 230 kilocycles (ou sur l'onde de Luxembourg). Nous mettrons l'aiguille exactement sur son repère du cadran et nous retoucherons le trimmer d'*oscillateur* jusqu'à faire réapparaître le son, puis le trimmer d'*accord* jusqu'à épanouissement maximum de l'œil magique.

Ensuite, nous passons dans le haut de la gamme G. O., et nous cherchons soit une station connue, soit l'émission de notre hétérodyne modulée réglée sur 160 kilocycles, ou 1.875 mètres (l'onde de Hilversum). Nous réglons le padding G. O. de façon à faire concorder simultanément le repère correct du cadran et le maximum de sensibilité (toujours en observant l'indicateur d'accord). Nous observerons, en vérifiant l'accord

le long de la gamme, que le récepteur correctement réglé en haut de la gamme donne un décalage sur les stations de longueur d'onde moins grande : à nous de juger s'il n'est pas préférable d'accepter un léger décalage sur le haut de la gamme pour avoir un réglage rigoureux sur 1.650 mètres par exemple.

Après ceci, il faut revenir à 230 kilocycles, ou l'onde de Luxembourg, et corriger les trimmers comme il a été dit plus haut. Et, comme la correction des trimmers pour donner Luxembourg correctement modifie légèrement l'accord du haut de la gamme, il faut revenir à 160 kilocycles et retoucher le padding. Après quoi, les consciencieux ne manqueront pas de revenir à 230 kilocycles... et ainsi de suite, *ad infinitum*. Dame ! la précision, cela se paie... Un étalonnage parfait ne se fait pas sans tâtonnements.

Il est bien évident que, si les bons appareils ont des paddings séparés pour les G. O., ce n'est pas sans bonnes raisons. On peut fort aisément perfectionner ceux qui n'en ont pas en branchant sur les bobinages G. O. des ajustables de 50 centimètres, qui seront doublés d'un fixe au mica de 50 à 100 centimètres s'ils ne sont pas suffisants.

f) Quant à la gamme O. C., elle est souvent sommairement alignée dans les récepteurs populaires. Si cette gamme est traitée comme l'est habituellement la gamme G. O. des postes bon marché, c'est-à-dire si elle n'a pas de paddings séparés, il n'y a évidemment pas grand'chose à faire. Dans les récepteurs plus soignés, qui ont des trimmers O. C. et un padding O. C., le réglage est semblable à celui des petits ondes : nous réglerons le trimmer d'oscillation sur un émetteur de 20 mètres, par exemple, pour placer l'émission, puis le trimmer d'accord pour obtenir le maximum.

Mais ici apparaît une petite difficulté : alors qu'en P. O. le deuxième battement est rejeté en dehors de la gamme, la gamme O. C. est beaucoup plus étendue en fréquence, et l'on trouve le second battement à faible distance du battement principal. Donc, en réglant le trimmer d'oscillateur O. C., nous devons faire attention de ne pas nous tromper : nous choisirons le réglage du trimmer le *moins serré* qui nous donne l'émission à sa place sur le cadran, car il y a deux réglages distincts du padding qui nous donne la même émission sur le même réglage du bouton d'accord.

Le trimmer d'oscillation étant réglé, nous réglons le trimmer d'accord, comme il a été dit plus haut. Nouvelle difficulté : le réglage du trimmer dérègle la position de la station sur le cadran, si bien que nous devons manœuvrer simultanément le trimmer et le bouton d'accord. C'est le phénomène de glissement de fréquence, la fréquence de l'oscillateur varie en même temps que celle de l'accord, comme si elle cherchait à la suivre.

g) Après avoir réglé les trimmers O. C. sur 20 mètres ou à peu près, nous vérifions le haut de la gamme O. C., vers 50 mètres. Généralement, il n'y a pas d'éléments ajustables, le padding lui-même est fixe. Si la sensibilité est faible, nous pouvons essayer de remplacer ce padding par un autre *au mica* de 3.500 à 5.000 centimètres. On essayera quelques valeurs ; au besoin, même, on le shuntera par un variable pour déterminer la valeur optimum.

S'il n'y a pas de padding O. C., ou si sa retouche n'apporte pas d'amélioration, nous pouvons modifier l'oscillateur O. C.

Pour cela, si l'émission choisie comme point d'alignement est plus haut que son réglage, nous écarterons légèrement une ou deux des dernières spires. Si, au contraire, l'émission choisie est plus basse que son réglage, nous rapprocherons une ou deux des dernières spires.

3. Désaccord sur une gamme seulement.

Revenons aux schémas des figures 46 à 49.

Dans le cas de la figure 46, le désaccord sur une gamme seule ne peut affecter que la gamme des grandes ondes, et il est dû au désaccord des trimmers G. O. Comme le trimmer d'oscillateur G. O. agit de façon beaucoup plus brutale qu'en P. O., le poste peut être muet quand ce trimmer est désaccordé.

Dans le cas des figures 47 et 48, les grandes ondes seules peuvent être désaccordées, mais, dans le schéma 2 d, les G. O. peuvent être normales et les P. O. désaccordées, à cause de la séparation des éléments ajustables des deux gammes.

Quand une gamme seulement est désaccordée, nous examinerons donc le schéma de la commande unique et nous agirons en conséquence.

4. L'alignement par arrêt de l'oscillateur.

Voici une autre méthode qui, pour être moins mécanique, a l'avantage de permettre le réglage précis sans devoir régler simultanément deux circuits. Toutefois, il ne peut guère être appliqué que sur les postes munis d'un dispositif antifading. C'est la meilleure méthode quand le poste est complètement désaligné.

A l'aide d'une connexion volante terminée aux deux bouts par une pince crocodile, nous paralyserons l'oscillateur en court-circuitant une de ses bobines. Nous mettons l'aiguille du bloc-condensateurs tout au début du cadran, nous mettons le commutateur sur la position P. O.

Nous réglons notre hétérodyne modulée à 1.500 kilocycles, nous réglons son atténuateur à la puissance maximum et nous branchons l'instrument entre les bornes antenne et terre du poste.

Il est évident que le haut-parleur restera muet comme une carpe, puisque nous avons paralysé son oscillateur, mais nous allons quand même voir ce qui se passe : nous mettrons soit un voltmètre en shunt sur la résistance de polarisation, soit un milliampermètre sensible dans le circuit anodique d'une lampe contrôlée par l'antifading, et c'est lui qui nous indiquera la résonance, comme il a été dit plus haut. Sous son contrôle, nous retoucherons les trimmers des bobinages d'accord, et de haute fréquence s'il y en a une, jusqu'à ce que le voltmètre indique le minimum de déviation. Ceci fait, nous mettons l'aiguille du cadran sur 1.400 kilocycles (ou une longueur d'onde correspondant à peu près à cette fréquence) et nous réglons l'hétérodyne à 1.400 kilocycles (ou la longueur d'onde choisie). Toujours sous le contrôle du voltmètre ou du milliampermètre, nous retouchons les trimmers d'accord. Rien ne nous empêche du reste de vérifier ainsi toute la gamme.

Voici donc nos circuits d'accord bien réglés. Nous laissons l'hétérodyne sur 1.400 kilocycles, mais nous réduisons sérieusement sa puissance, et nous enlevons le court-circuit de l'oscillateur. Nous réglons le padding d'oscillateur jusqu'à ce que l'indicateur ou l'outputmètre nous indique le maximum de sensibilité.

Il se peut que nous trouvions plusieurs points de réglage de ce trimmer qui nous permettent de « recevoir » l'hétérodyne. Nous choisissons celui qui donne la plus forte réponse, et, s'il y en a deux de même force, celui qui correspond à la plus petite capacité du trimmer.

Nous allons maintenant recourt-circuiter l'oscillateur et régler l'hétérodyne sur 600 kilocycles (500 mètres) environ et tourner le bouton du bloc condensateur jusqu'à ce que l'indicateur nous donne la réponse maximum. Ceci fait, nous enlevons le court-circuit de l'oscillateur et nous retouchons le padding d'oscillateur pour obtenir le maximum de

sensibilité, en choisissant le réglage qui demande le minimum de capacité, si nous trouvons deux points de réglage de ce padding.

Il est bon de vérifier si l'accord tient toujours sur 1.400 kilocycles, en répétant l'opération.

Rappelons en passant que la fréquence de l'oscillateur doit toujours être plus élevée que celle de l'accord.

B. — LE REPÉRAGE DES AJUSTABLES

Il y a des postes biscornus où les ajustables sont assez peu reconnaissables. Comment les identifier ?

Le trimmer d'oscillateur P. O.

Ce n'est pas toujours l'ajustable qui se trouve sur le bloc des CV. Réglons-nous sur une émission quelconque en bas de la gamme, vers 220 mètres, et retouchons, avec beaucoup de précautions pour ne pas les dérégler, tous les ajustables l'un après l'autre. Celui qui fait disparaître brusquement l'émission est le trimmer O. C. Pour cette manœuvre, il faut avoir soin de revenir toujours à son point de départ, pour remettre l'ajustable à sa position initiale.

Le trimmer d'accord P. O.

Le trimmer d'oscillateur étant revenu à son point de départ, nous n'y touchons plus et nous recommençons prudemment l'opération sur les autres ajustables, en observant l'indicateur ou l'œil magique. Celui qui occasionnera une variation d'épanouissement de l'œil est le trimmer d'accord P. O. A défaut d'indicateur visuel, un voltmètre en shunt sur la résistance de polarisation de la lampe moyenne fréquence, ou un milliampèremètre dans sa plaque, nous renseignera presque aussi bien.

Le trimmer d'oscillateur G. O.

L'opération est assez délicate, car ce trimmer agit sur toute la gamme et sa capacité est assez élevée. Il vaut mieux suivre le circuit G. O. en partant du commutateur; le trimmer est évidemment en parallèle sur le bobinage G. O. Nous rechercherons, par tâtonnements, les deux ajustables qui déplacent une émission sur la gamme G. O. : le plus faible est le trimmer, l'autre est le padding.

Le padding P. O.

Le padding G. O. étant repéré, le padding P. O. est facile à identifier. Nous contrôlerons notre choix en vérifiant que ce padding déplace bien une émission dans le haut de la gamme P. O.

Le trimmer d'oscillation et le trimmer d'accord O. C.

On les détermine de la même façon que les trimmers P. O. Mais il faut se souvenir qu'en O. C. le glissement de fréquence peut se manifester, si bien que la manœuvre du trimmer d'accord déplace l'émission sur le cadran, en modifiant la fréquence de l'oscillateur. Toutefois, le déplacement est beaucoup plus net quand on retouche le trimmer d'oscillateur, ce qui permet de l'identifier sans erreur.

C. — LES CAS PARTICULIERS

1. Étage d'amplification haute fréquence

Généralement, la liaison entre la lampe haute fréquence et la changeuse de fréquence est semblable au système d'accord. La commutation se fait soit par court-circuit, soit par branchement de bobines séparées pour chaque gamme.

L'alignement se fait comme celui de l'accord. Après avoir réglé le trimmer d'oscillation de chaque gamme, nous réglons d'abord le trimmer haute fréquence, puis le trimmer d'accord, en nous guidant sur l'indicateur visuel.

Dans beaucoup de récepteurs, l'amplification haute fréquence est supprimée en ondes courtes, le secondaire du circuit d'entrée O. C. est relié directement à la grille de la lampe changeuse de fréquence.

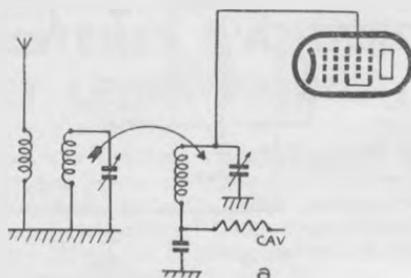


Fig. 50.

2. Présélecteur.

Les postes à présélecteur étaient fort en vogue, voici quelques années, lorsque les moyennes fréquences étaient comprises entre 110 et 135 kilocycles. Pour se débarrasser de l'odieuse fréquence-image, on était obligé de n'admettre à l'étage de changement de fréquence qu'une onde épurée, réduite à la seule bande de l'émission désirée.

La figure 50 représente un présélecteur dont les deux circuits sont couplés par induction. Comme dans les transfo moyenne fréquence le couplage trop lâche réduit la sensibilité, le couplage trop serré réduit la sélectivité et produit des sifflements d'interférence.

La figure 51 représente un présélecteur très répandu, à couplage

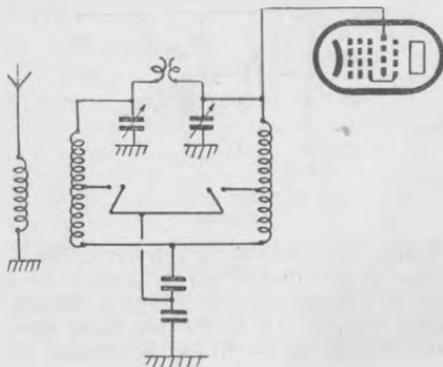


Fig. 51.

capacitif par la base et le sommet. Habituellement, la valeur de la capacité de couplage à la base est assez élevée : de 5.000 à 20.000 centimètres. Elle est souvent différente suivant la gamme, plus petite en G. O., plus grande en P. O. La capacité de couplage au sommet est très faible, de 5 à 10 centimètres, et le plus souvent elle est formée de deux fils isolés torsadés sur une certaine longueur. Ici comme dans le couplage inductif, trop de couplage réduit la sélectivité, et trop peu réduit la sensibilité. Mais, dans le couplage capacitif, la sensibilité peut manquer dans le haut ou le bas de la gamme. Si elle manque dans le haut de la gamme P. O. ou G. O., il faut modifier le couplage à la base. Si elle manque dans le bas de la gamme, il faut régler la capacité au sommet en l'augmentant légèrement.

L'alignement se fait comme s'il s'agissait d'un étage haute fréquence supplémentaire.

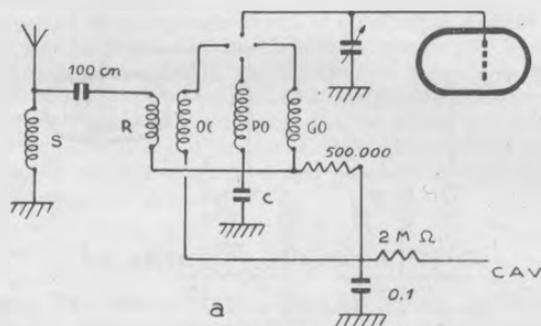


Fig. 52.

3. Accord à couplage capacitif à la base.

Connu sous le nom de « couplage 37 », ce montage est sujet à des troubles assez déroutants pour qui ne le connaît pas bien. Son schéma est celui de la figure 52, tandis que la figure 53 représente le couplage 37

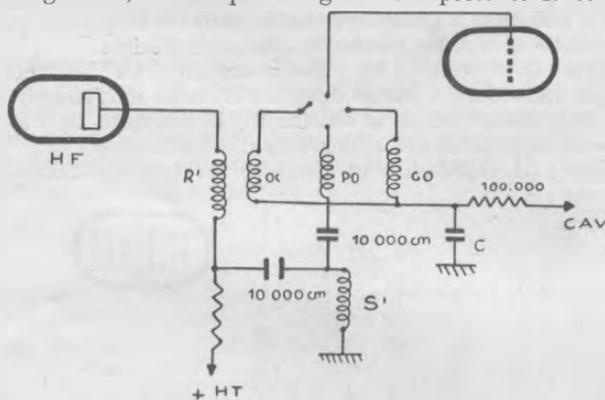


Fig. 53.

entre la lampe haute fréquence et la convertisseuse. S est une bobine de choc pour éviter la modulation par le secteur de l'émission haute fréquence. R est un enroulement de réaction destiné à améliorer la réception des ondes courtes. La haute fréquence reçue par l'antenne est appliquée aux bornes de C qui sert également au découplage du circuit d'antifading.

Voici les principales pannes de ce montage :

a) *Ronflement sur émission.*

C'est la panne courante, due à la coupure de la bobine S. Celle-ci peut être remplacée à la rigueur par une résistance de 5.000 ohms.

b) *Freinage de l'émission.*

La réception est nulle ou faible, elle s'améliore en branchant l'antenne directement à la grille de la changeuse de fréquence : condensateur de liaison d'antenne coupé, enroulement de réaction coupé, capacité C en court-circuit, réaction O. C. en court-circuit avec le circuit d'accord O. C.

c) *Saturation et déformation sur les émetteurs locaux.*

Mauvais isolement du condensateur C, ce qui dérègle l'antifading. Coupure de S', qui produit des accrochages sur émission et des sifflements.

LES SYSTÈMES D'ANTIFADING ET LEURS PANNES

Les pannes dues aux systèmes d'antifading sont certainement les plus difficiles à localiser, d'une part parce qu'elles se manifestent de trente-six façons différentes; de l'autre, parce que l'appareillage ordinaire d'un dépanneur (contrôleur universel, hétérodyne modulée quand il en a une) ne permet guère de déceler la panne par une mesure, comme cela se fait le plus souvent pour les autres organes du poste.

Nous venons de dire que les pannes de l'antifading se manifestent de trente-six façons différentes. Aucune règle générale ne peut donc être indiquée pour leur recherche, et nous pouvons rencontrer tous les phénomènes allant d'un simple manque de sensibilité à un accrochage violent, en passant par le ronflement, le motor-boating, etc.

Deux systèmes d'antifading sont utilisés dans les récepteurs modernes, à peu près aussi souvent l'un que l'autre : l'antifading simple,

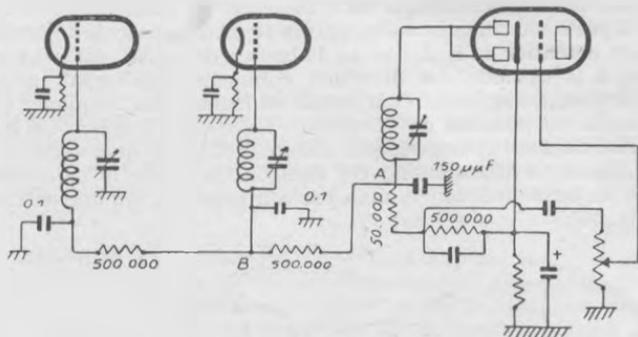


Fig. 54.

non retardé, et l'antifading retardé. Le premier est réalisé suivant le schéma de la figure 54. Lorsqu'un signal arrive aux plaques diodes, un certain courant parcourt la résistance de charge de détection, et le sens de ce courant est tel que le point A du schéma tend à devenir négatif par rapport à la cathode de la lampe, et d'autant plus négatif que le signal est plus intense.

Si donc nous relierons ce point A aux retours des grilles à pente variable que nous voulons contrôler, nous obtiendrons la variation automatique de leur polarisation, et par conséquent leur amplification changera suivant les besoins, car la polarisation sera minimum pour un faible signal, et maximum pour un signal très fort.

Cependant, avant d'appliquer la tension du point A aux grilles, il faut d'abord la nettoyer, c'est-à-dire la débarrasser de sa composante alternative basse fréquence. C'est l'affaire d'un filtre composé d'une résistance assez élevée (1/2 à 1 mégohm) et d'un condensateur de 0,1. Un tel antifading commence son freinage dès qu'un signal arrive, et ceci est un inconvénient quand on reçoit une station faible ou éloignée, car la station faible devient plus faible encore.

Pour y parer, on a imaginé l'*antifading « retardé »*, terme assez malheureux, car il agit sans aucun retard. On voit, figure 55, que l'une des

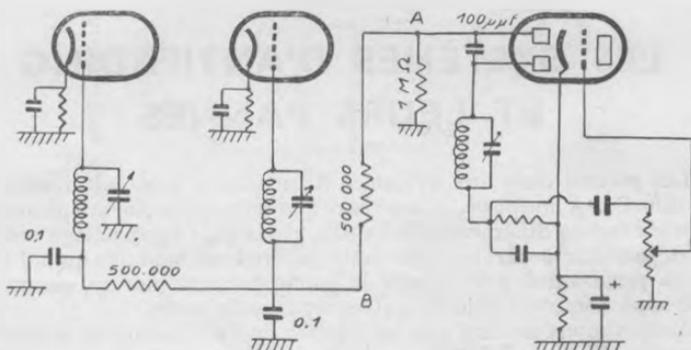


Fig. 55.

plaques seulement de la diode est utilisée pour la détection du signal. L'autre reçoit les tensions moyenne fréquence *via* une petite capacité, et se relie à la masse par une résistance de charge de 1 mégohm. C'est donc une détectrice, mais qui ne commence à détecter que lorsque le signal dépasse une certaine valeur, car cette diode consacrée à l'antifading, étant au potentiel de la masse en l'absence de signal, est négative par rapport à la cathode. La détection commence seulement quand un signal suffisant augmente l'amplitude de la moyenne fréquence jusqu'à dépasser la polarisation de la cathode. Le reste du système est le même que celui de l'antifading simple. Disons toutefois que, dans certains postes, la diode d'antifading est contrôlée non par le secondaire du transfo moyenne fréquence, mais par son primaire, *via* une petite capacité (fig. 56).

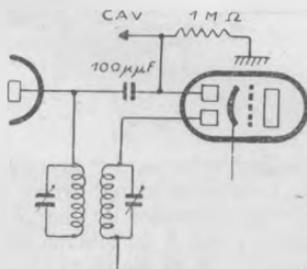


Fig. 56.

Il y a encore un autre genre d'antifading, qu'on ne trouve que sur les postes de luxe : c'est l'*antifading amplifié*. Après le dernier étage moyenne fréquence on détecte pour obtenir la musique, mais une partie de la moyenne fréquence, non détectée, continue son chemin dans un nouvel étage moyenne fréquence peu accordé. Alors intervient la diode d'antifading pour créer la tension de contrôle amplifiée. Il est nécessaire de bien s'enfoncer dans la tête le principe de ces systèmes. Voyons maintenant le point qui nous intéresse : la panne, souvent bizarre quand l'antifading est en jeu, à tel point que nous ferons bien de penser à l'antifading quand nous aurons vainement cherché une panne banale dans le poste.

Dans un antifading simple, les points névralgiques sont le condensateur et la résistance de découplage d'antifading. Le plus sûr guide, c'est l'œil magique, et on note :

- a) L'œil paraît peu sensible, la musique est faible : panne de détection. Vérifier son condensateur et sa résistance ;
- b) Bonne musique, mais l'œil est obscur : polarisation trop faible ou nulle des lampes, donc voir le condensateur de découplage d'antifading ;
- c) Distorsion, surcharge sur postes puissants : la résistance de découplage d'antifading peut être claquée.

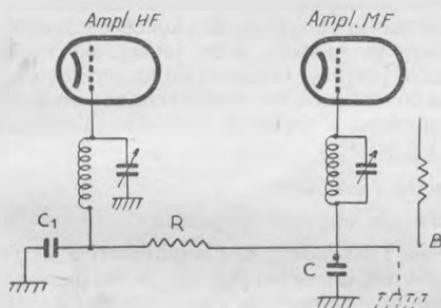


Fig. 57.

Voilà, en gros. Mais le procédé le plus expéditif consiste tout bonnement à supprimer provisoirement l'antifading, par exemple en coupant au point B (fig. 57) et en mettant à la masse les retours de grille. Ne nous étonnons pas si, l'antifading cessant son freinage, notre poste se sature sur les émetteurs puissants et hurle à la mort. C'est normal. Voyons ce qui se passe.

1. Manque de sensibilité. — Tout le poste semblant correct, les émissions lointaines ou faibles étaient mal reçues. Dès que l'antifading est supprimé, la sensibilité revient. Il faut vérifier le condensateur C, à la base du transfo moyenne fréquence (fig. 57) qui peut être coupé, déconnecté, etc.

Il peut arriver que le montage de la ligne antifading soit un peu différent : le circuit-grille de la moyenne fréquence peut comporter une cellule de découplage distincte (fig. 58). Dans ce cas, la coupure au point B n'améliore pas la sensibilité, si le condensateur C n'est pas en bon état.

Comme nous l'avons dit plus haut, un antifading simple est un frein toujours plus ou moins serré : donc, le fait de le déconnecter augmente normalement la sensibilité sur les faibles émissions, particulièrement en

O. C. où la sensibilité n'est jamais trop forte. Il faut en tenir compte en établissant le diagnostic.

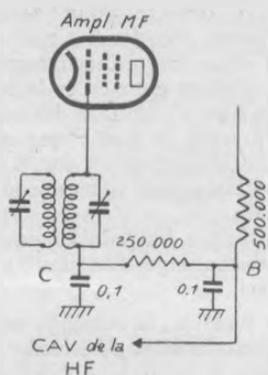


Fig. 58.

2. Accrochages. — L'antifading peut provoquer des pannes. Par exemple, en figure 57, une lampe haute fréquence et une lampe moyenne fréquence sont contrôlées par le circuit d'antifading comprenant une cellule de découplage C_1R afin d'éviter toute réaction de l'étage haute fréquence sur la moyenne fréquence et inversement. Si C_1 est coupé, le couplage se produit, avec toutes ses variantes, depuis la baisse de sensibilité jusqu'au teuf-teuf du motor-boating, en passant par l'accrochage plus ou moins violent vers 500 mètres en P. O. et 1.000 mètres en G. O. La lampe haute fréquence hurle dès qu'on touche sa grille.

La marche à suivre est la suivante :

- a) Déconnecter l'antifading ;
- b) Vérifier l'étage moyenne fréquence ;
- c) Rebrancher l'antifading à l'amplificatrice moyenne fréquence et couper le circuit des autres lampes (fig. 59) en mettant provisoirement à la masse la base du bobinage de l'amplificateur haute fréquence ;
- d) Si le défaut cesse, vérifier C_1 .

On procédera de même si l'antifading agit sur d'autres lampes.

3. L'antifading n'agit pas. — Soupçonner une coupure de son circuit, ou le court-circuit d'un condensateur de découplage, tel que C ou C_1 (fig. 59), ce dernier cas étant assez rare. Un antifading qui n'agit pas sature le poste sur les émetteurs puissants.

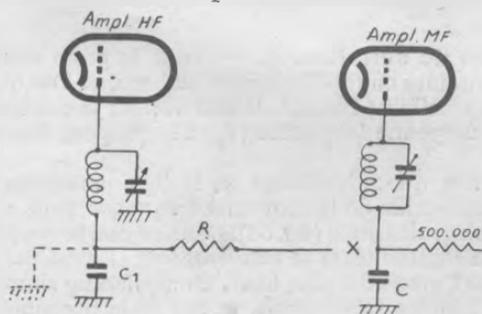


Fig. 59.

4. **Blocage sur les émissions puissantes.** — L'audition s'étrangle à un certain moment. Soupçonner une coupure ou le mauvais état de la résistance de charge de la diode antifading (fig. 60).

Si, par surcroît, le poste manque de sensibilité, il est bon de vérifier si la polarisation positive de cathode de la première basse fréquence

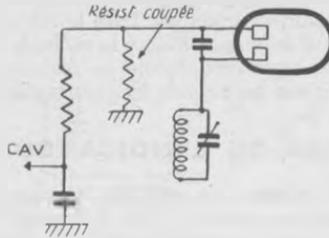


Fig. 60.

ne dépasse pas celle des lampes commandées par l'antifading, qui travailleraient alors avec une polarisation positive, d'où courant-grille avec toutes ses séquelles. Ce cas se produit quand la résistance de polarisation de la première basse fréquence se coupe, ou quand l'électrolytique qui la shunte fuit, ou encore quand on remplace une lampe par une autre qui demande une autre polarisation ou dont le courant cathodique est différent, ce qui nécessite une nouvelle résistance de polarisation.

5. **Accrochage entre émissions,** qui cesse dès qu'on est réglé sur une station. Le défaut n'est pas dû à l'antifading, mais à sa sœur, la polarisation insuffisante de l'amplificatrice moyenne fréquence : donc, augmenter la résistance de polarisation (fig. 61).

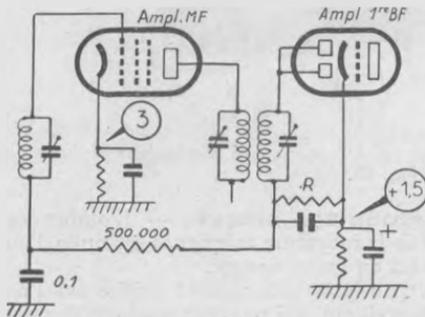


Fig. 61.

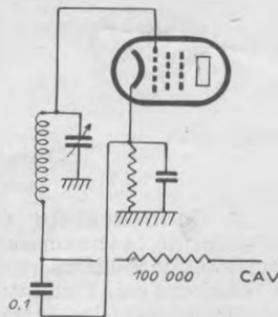


Fig. 62.

6. **Le rendement est insuffisant en O. C.** — Tout ayant été vérifié dans le poste, l'alignement ne laissant rien à désirer, nous pouvons essayer de faire le retour d'antifading directement aux cathodes des lampes correspondantes et non plus à la masse, comme en figure 62. Nous essayerons de doubler le condensateur de découplage de 0,1 par un condensateur au mica de 1.000 à 2.000 centimètres (ce qui revient à réduire l'antifading).

7. **Récepteur trop sensible, pas assez sélectif.** — La fuite de diode est trop faible, ce qui réduit le freinage de l'antifading. Par

contre, le transfo moyenne fréquence est aplati par la fuite en shunt sur son primaire (fig. 56).

8. **Retard trop faible.** — Voir si la détectrice n'a pas une baisse d'émission. Comme ce qui règle le retard, c'est la tension de la plaque de la diode antifading par rapport à la cathode, il faut modifier cette tension. Nous commencerons par faire le retour de la résistance de fuite de la diode, non à la masse, mais à la cathode d'une des moyennes fréquences. Ou encore, nous modifierons la résistance de fuite et nous vérifierons si les grilles des moyennes fréquences ne sont pas en l'air.

LES PANNES DE L'INDICATEUR VISUEL

Il y a quelques années, on utilisait couramment l'indicateur à ombre, qui est un milliampèremètre dont l'aiguille est remplacée par un volet qui obstrue plus ou moins un pinceau lumineux. Le schéma est celui de la figure 63, l'ombre étant minimum à l'accord. Voici les pannes les plus fréquentes de cet indicateur.

1. **Milliampèremètre grillé.** — L'ombre est alors très étroite, comme en pleine émission ; la tension à l'anode de la moyenne fréquence est nulle. Remède : néant. Il faut court-circuiter le milliampèremètre, si on n'en a pas un autre sous la main.

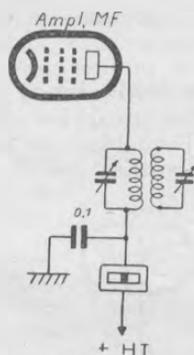


Fig. 63.

2. **Condensateur de découplage claqué.** — L'ombre est envahissante, la tension d'anode de la moyenne fréquence est nulle, l'enroulement du milliampèremètre est en grave danger.

Aujourd'hui, l'indicateur à peu près uniquement utilisé est l'œil magique ou son frère, le trèfle cathodique, qui peuvent produire des perturbations dans les récepteurs, surtout quand ils dépendent d'une double diode-triode ou pentode et antifading simple.

Le schéma habituel est celui de la figure 64, qui produit parfois une perte de sensibilité. Cela provient du fait qu'au repos la grille de l'œil reçoit le potentiel positif de la cathode de la première basse fréquence : elle est donc positive par rapport à la cathode reliée à la masse, d'où naissance d'un courant-grille, chute de tension sur la résistance de charge de détection, si bien que les plaques diodes sont négatives par rapport à la cathode. La détection se trouve retardée, le récepteur est moins sensible.

Si le fait se produit, on peut polariser la cathode de l'œil par une résistance de 1.000 à 3.000 Ω découplée par 0,1 μ F. On peut aussi relier la

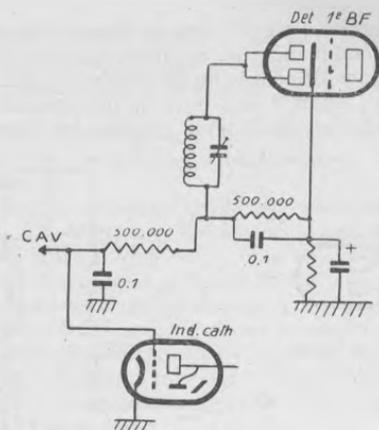


Fig. 64.

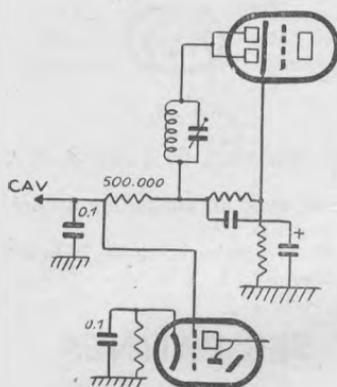


Fig. 65.

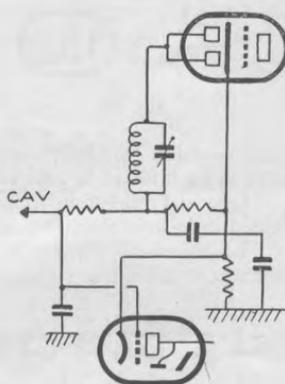


Fig. 66.

cathode de l'œil à celle de la première basse fréquence, mais il faut alors diminuer la résistance de polarisation (fig. 65 et 66).

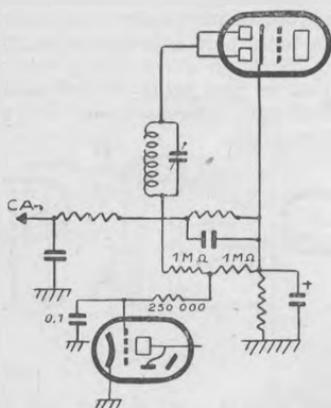


Fig. 67.

Quand l'œil « croise », c'est-à-dire se ferme trop, il faut réduire sa tension détectée de commande, en montant un pont à deux résistances élevées sur la résistance de charge de détection (fig. 67). La valeur totale du pont doit être d'au moins $2\text{ M}\Omega$, pour ne pas amortir la résistance de charge. On fera quelques essais pour trouver les bonnes valeurs. Une

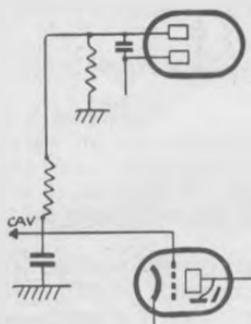


Fig. 68.

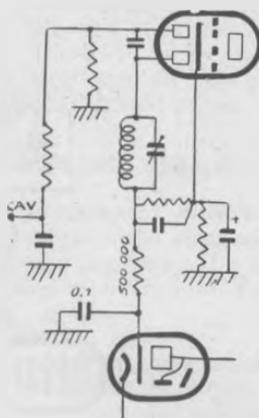


Fig. 69.

autre solution consiste à mettre une forte résistance, de quelques $\text{M}\Omega$, entre la cathode et la plaque de l'œil.

Quand l'œil est insuffisamment sensible, avec un antifading différé, c'est que le branchement est incorrect à sa grille.

La figure 68 montre le branchement incorrect; la figure 69, le branchement correct qui redonnera toute sa sensibilité à l'œil.

LA DÉTECTION ET SES PANNES

De nos jours, la détection se fait presque uniquement par diode, mais un dépanneur rencontre souvent des récepteurs plus ou moins anciens où la détectrice est une triode ou une lampe à écran. S'il est jeune dans le métier, il peut éprouver quelque difficulté à saisir le fonctionnement du système. Nous allons donc passer en revue les différents systèmes de détection et signaler leurs particularités et leurs pannes.

Détection-grille. — Son principe de fonctionnement est assez compliqué; du reste, il ne nous intéresse guère. Ce qu'il faut retenir, c'est

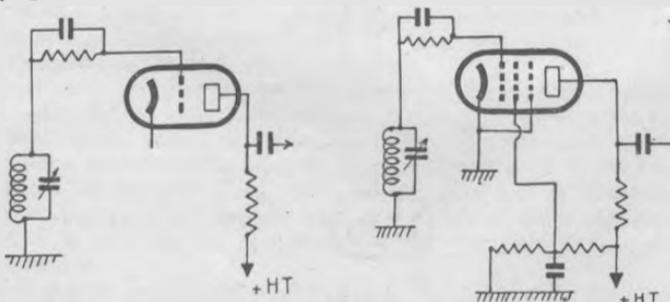


Fig. 70.

que cette détection est caractérisée par la présence d'un condensateur shunté par un condensateur entre le bobinage et la grille de la détectrice, à moins que la résistance ne relie la grille à la masse, ou à la cathode mise à la masse.

La détectrice peut être soit une triode, soit une lampe à écran (tétrode ou pentode). Le montage, dans les deux cas, est identique et se résume à la figure 70.

Actuellement, la détection-grille est pour ainsi dire abandonnée, sauf dans les petits récepteurs, détectrices à réaction mono et bilampe. Cependant, il n'y a pas si longtemps, on a essayé de lancer sur le marché plusieurs modèles de supers à nombre de lampes réduit, composés d'une changeuse de fréquence, d'une détectrice à réaction (réaction sur le transformateur moyenne fréquence) et d'une basse fréquence finale.

Malgré la sensibilité relativement bonne de ces petits montages, leur succès a été sans lendemain. Nous donnons cependant, à titre de curiosité (fig. 71), le schéma de la détectrice-grille avec réaction sur le transformateur moyenne fréquence.

Lorsque la détectrice est constituée par une lampe à écran, le point le plus délicat est la tension-écran qui est assez critique s'il s'agit d'une tétrode telle que la E 442 ou la 24. En général, la tension d'écran est de 30 volts, et il est préférable de l'obtenir par un diviseur de tension,

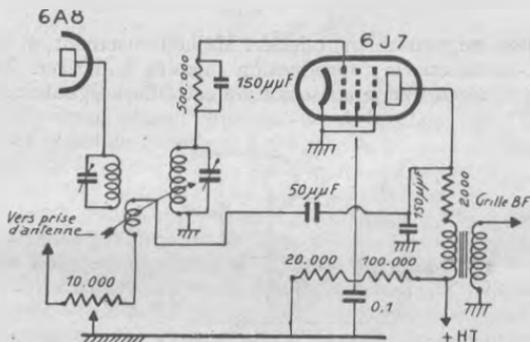


Fig. 71.

comme celui de la figure 71 (100.000 et 20.000 ohms). On verra, au chapitre *Les Calculs simples*, comment on établit un diviseur de tension rationnel. Et, si on veut figoler, on peut commencer par monter un potentiomètre, comme le montre la figure 72, ce qui permet de recher-

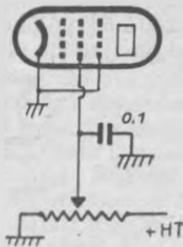


Fig. 72.

cher de quoi doit être fait le pont le plus avantageux. Ceci fait, on mesure à l'ohmmètre les portions de résistance délimitées par le curseur, à moins qu'on n'ait utilisé un potentiomètre à lecture directe.

Quand une détectrice-grille à lampe à écran fonctionne mal, essayons d'abord de réajuster la tension-écran. Les pentodes sont de meilleure composition, sauf la 77 qui est assez capricieuse.

Le deuxième point délicat, c'est le circuit de grille qui va du bobinage à la grille: la moindre induction, surtout celle du secteur, apporte un ronflement tenace. Le remède, c'est le blindage de cette connexion sensible par un gros soupliso sous tresse métallique mise à la terre (fig. 73).

La figure 74 montre comment on adapte une prise de pick-up, dont

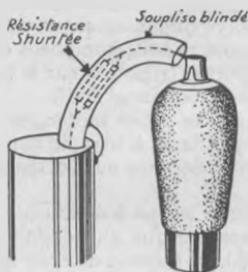


Fig. 73.

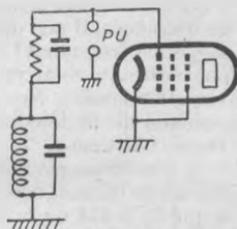


Fig. 74.

la connexion sera soigneusement blindée. Malheureusement, si nous marchons sans polarisation, la reproduction laissera à désirer. Nous préviendrons donc sagement une polarisation de cathode, suivant la figure 75,

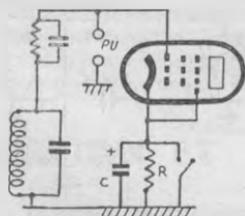


Fig. 75.

que nous court-circuiterons à l'aide d'un interrupteur pour passer à nouveau à l'écoute de la radio.

La résistance R oscille de 2.500 à 5.000 ohms avec un condensateur de découplage de 2 à 5 μF . Quand une détectrice par courbure de caractéristique-grille est instable, siffle, accroche, on peut souvent la calmer en mettant un condensateur de 250 à 500 μF au mica entre l'anode et la masse (fig. 76), ou mieux encore un système plus complexe comprenant

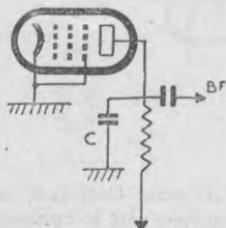


Fig. 76

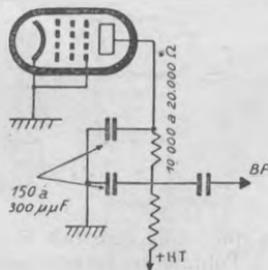


Fig. 77.

une résistance ou une bobine de choc haute fréquence et deux condensateurs de fuite. La résistance fera 10.000 à 20.000 ohms, les condensateurs 150 à 300 μF (fig. 77).

Détection-plaque. — Contrairement à la détectrice-grille, la détectrice par courbure de caractéristique-plaque est fortement polarisée et n'a pas de condensateur shunté dans son circuit-grille. Une telle détectrice triode est, aujourd'hui, rarissime. A moins que l'appareil ne date de l'arche de Noé, la fonction est assurée par une tétrode ou une pentode.

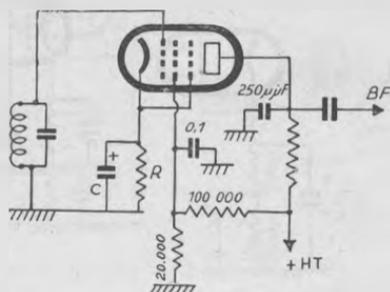


Fig. 78.

comme l'indique la figure 78. La résistance de polarisation R fait quelque 20.000 à 50.000 ohms, et son chimique de découplage, de 5 à 10 μF .

Comme ce genre de détection a été très largement employé, surtout dans les appareils à amplification directe, avant l'avènement des diodes simples ou combinées, il est utile de bien le connaître.

Tout d'abord, il faut une polarisation correcte, telle qu'en l'absence de signal le courant-plaque soit presque nul (0,05 milliampère environ). La résistance polarisante doit être ajustée en conséquence. La valeur exacte se trouve aisément en regardant la courbe I_p/V_g correspondant à la tension anodique : le point de fonctionnement doit se trouver au point de courbure inférieur, tel qu'en rendant la grille un peu moins positive, le courant-plaque fasse un bond en avant. C'est donc le point où la courbure de la courbe est maximum.

Malheureusement, toutes les lampes d'un même type n'ont pas la même régularité, et notre détectrice marchera mal si sa polarisation est mal réglée. Par conséquent, le plus sage consiste encore, quand on remplace une détectrice-plaque, à intercaler un milliampèremètre très sensible dans le circuit anodique, et à voir si, au repos, le courant s'approche de la valeur théorique trouvée sur les courbes ou indiquée par le constructeur. Cette vérification s'imposera toujours quand nous remplacerons la détectrice par un type différent, par exemple une 77 par une 6 C 6, etc.

Dans un poste qui arrive au dépannage, la détectrice plaque est presque toujours une lampe à écran. Ces lampes ont, on le sait, une tension d'écran très chatouilleuse, qui agit sur la polarisation et le courant-plaque. Or, la tension d'écran peut varier aisément, par vieillissement des résistances, échauffement, humidité, etc. Comme la résistance cathodique d'écran est de valeur élevée, toute variation de celle-ci entraîne des variations importantes de tension. C'est pourquoi on fera bien de suivre le conseil que nous donnons au chapitre *Les Calculs simples*, en remplaçant la résistance cathodique d'écran par un diviseur de tension potentiométrique bien plus stable.

Donc, répétons-le, le point névralgique d'une détectrice-plaque, c'est la polarisation, qui dépend de la tension-écran. Inutile de prétendre régler

un poste à détectrice-plaque, si on n'a pas vérifié soigneusement cette polarisation.

Une prise de pick-up s'intercale suivant la figure 79 et on la court-circuite par un cavalier en temps normal. Pour la polariser correctement lorsqu'elle marche en amplificatrice basse fréquence, le plus simple est encore de diviser en deux la résistance de polarisation : les deux sections en série polarisent correctement en détectrice le court-circuitage de la résistance de 20.000 ohms, polarise en ampli de pick-up (fig. 80).

Signalons, pour terminer, que, dans certains récepteurs (notamment

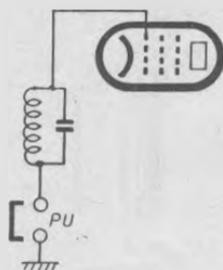


Fig. 79.

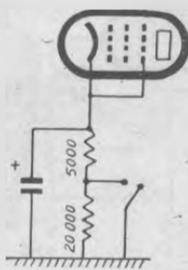


Fig. 80.

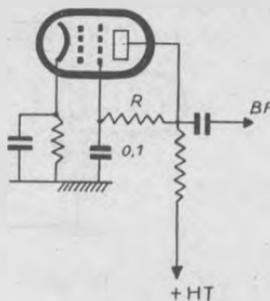


Fig. 81.

le Sonora 7 lampes 1932-1933), la tension-écran de la détectrice est obtenue suivant la figure 81. La valeur de résistance est de 1/2 à 1 M Ω .

Détection-diode. — Les deux schémas classiques sont ceux de la figure 82 : détection par diode séparée et par double diode-triode.

Les pannes sont très rares, car les intensités sont faibles. Voici quelques cas :

1. *Lampe défectueuse.* — Le mauvais isolement cathode-filament se traduit par un ronflement.

2. *Secondaire du transfo moyenne fréquence en court-circuit.* — C'est souvent l'ajustable qui est en cause. On reconnaît ce court-circuit : 1° en injectant la tension d'une hétérodyne modulée accordée sur la moyenne fréquence aux plaques de la diode détectrice, ce qui ne produit aucun son dans le haut-parleur, et 2° en mesurant la résistance ohmique du secondaire, qui en temps normal doit atteindre 10 à 80 ohms.

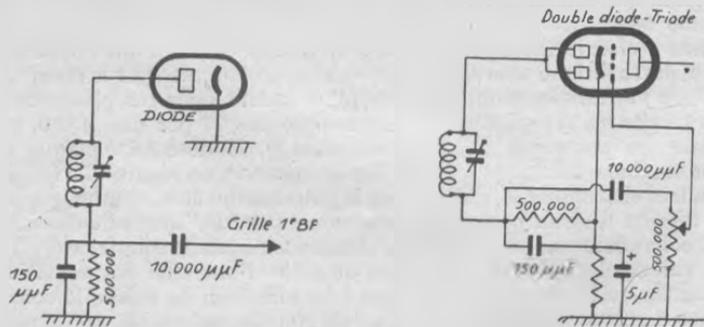


Fig. 82.

3. *Condensateur de shunt de la résistance de charge coupé* (fig. 82). — La valeur classique de condensateur est égale à 150 μ F. Vérifier les

fils de sortie, parfois détachés invisiblement des armatures, ce qui produit des accrochages, des sifflements, etc.

4. *Coupage du condensateur de liaison à la grille de la préamplificatrice basse fréquence.* — L'audition est faible et aiguë en radio et normale en pick-up.

Si ce condensateur est en mauvais état, l'audition en radio est vibrée. Le réglage de l'intensité se fait par un des schémas de la figure 83.

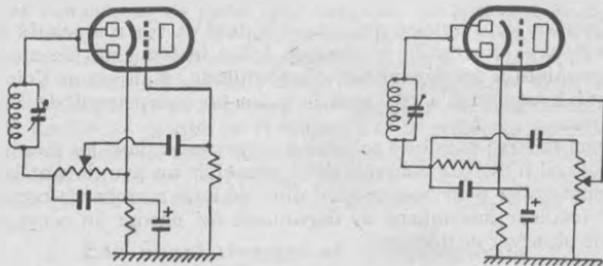


Fig. 83.

Dans le premier cas (résistance de charge par potentiomètre), si le condensateur électro-chimique découplant la cathode est coupé, il est impossible de diminuer complètement l'audition. Dans le second cas (réglage de la puissance par potentiomètre dont le curseur va à la grille de la préamplificatrice basse fréquence) nous pouvons rencontrer les pannes suivantes :

5. *Réglage de puissance non progressif.* — Pas d'audition sur une partie de la course, puis, brutalement, de la musique. Le diagnostic découle de source : le potentiomètre est coupé.

6. *Puissance incontrôlable, toujours maximum.* — Le potentiomètre est coupé entre sa partie résistante et la masse, ou sa connexion de masse est dessoudée.

Détection Sylvania. — Assez peu employée, elle peut néanmoins se présenter un jour dans un atelier de dépannage : il est donc bon de la connaître. Son schéma est celui de la figure 84, pour triode 6 C 5.

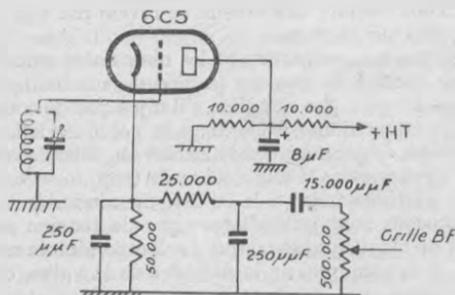


Fig. 84.

La tension d'anode très stable, d'environ 100 volts, règle la sensibilité : donc, la vérifier et, au besoin, la stabiliser par un diviseur de tension.

LE DÉPANNAGE DE FORTUNE

Quel est le technicien qui, une fois dans sa vie, n'a pas dû dépanner un poste avec des outils de charron ? Les instruments de mesure sont indispensables à un dépanneur, c'est entendu. Mais on ne doit pas être paralysé lorsqu'on n'a pas sous la main un équipement de laboratoire américain.

Bien mieux : avant de se jeter à corps perdu dans les mesures systématiques, il n'est pas mauvais de se recueillir un peu devant le malade, de le chatouiller pour voir ce qu'il dira, de faire marcher la comprenotte. Car le meilleur instrument de dépannage est encore un cerveau lucide, qui sait observer et déduire.

Devant le poste mort.

Partout où passe le courant, vérifions si les circuits ne sont pas rompus : interrupteur, fusible, cordon, prise de courant ; puis le chauffage ; puis la tension anodique. Faute de voltmètre, nous ferons l'instrument bien connu des électriciens : une lampe témoin 220 volts, avec une ampoule de 25 watts *au plus*, ou deux lampes de 110 en série, et deux longs fils. Avec cela, nous vérifierons s'il y a du courant au transfo, à la lampe finale, à l'excitation du haut-parleur, aux condensateurs de filtrage : les différences d'éclairement nous fixeront. Nous vérifierons les filaments des lampes, l'une après l'autre, si elles ne s'éclairent pas. Une telle lampe témoin constitue un milliampèremètre grossier : une lampe de 10 watts rougit très visiblement avec un courant de 10 milliampères, une lampe de 25 watts 220 volts rougit à 15 milliampères dans une obscurité relative. Si on l'alimente avec le secteur 110 volts, voilà une sonnette qui nous permettra de déceler les courts-circuits ou les coupures dans les organes.

Vérifions si une soudure n'a pas lâché, si un contact n'est pas défectueux. Pour cela, nous les pousserons prudemment avec un long crayon, en tous sens. Tout contact défectueux se révèle par des craquements, le courant étant mis sur le poste.

Regardons les condensateurs, et les résistances surtout, pour voir si elles n'ont pas changé de couleur (indice de surchauffe), voyons si les prises de masse ne sont pas oxydées, s'il n'y a pas de courts-circuits à la masse ou entre connexions. Regardons la valve : si elle s'emplit d'une lueur bleu violacé, le premier condensateur de filtrage est mort. Tâtons la culasse du dynamique : si elle s'échauffe trop, le second condensateur est à changer. Vérifions aussi si la culasse est aimantée.

Les conclusions sont immédiates : pas de tension anodique, il y a quelque chose de claqué ou de coupé. La lampe témoin nous dira si c'est le transfo, ou le dynamique, ou le filament de la valve, ou les condensos de filtrage.

La lampe finale.

Si nous avons de la tension anodique, si les lampes s'allument bien, la première chose à faire est de vérifier la lampe finale. Touchons sa

grille avec un objet métallique tenu à la main : on doit entendre un « toc », sinon l'étage est en défaut. Pour voir si c'est la lampe, il n'y a qu'à la remplacer par une pentode du poste, par exemple la moyenne fréquence, qui doit donner un « toc » quand on touche sa grille. Si oui, la finale est morte. Si non, vérifier les autres organes de l'étage.

La lampe empruntée à un autre étage étant remise à sa place, nous répéterons l'essai du toucher des grilles, en remontant vers l'antenne, jusqu'à la rencontre de l'étage défectueux. Nous détacherons provisoirement ses connexions de grille (par exemple, en enlevant le capot) et, si nous entendons un « toc » en touchant la grille libérée, la faute est évidemment dans les organes du circuit de grille, donc en amont.

Si la lampe en faute est une lampe haute fréquence, nous la supprimerons simplement et nous la remplacerons par un condensateur placé entre la douille de plaque et la connexion de grille, en attendant une lampe de rechange. Le poste marchera quand même, avec un peu moins de puissance. De même, la préamplificatrice basse fréquence peut être remplacée par une capacité provisoire branchée de la même manière.

Les crachements et craquements.

Ils proviennent soit des parasites (s'en assurer en déconnectant l'antenne, pour voir s'ils cessent), soit d'un contact défectueux (en particulier, à l'interrupteur et surtout aux sockets des lampes), soit d'une connexion branlante ou d'un potentiomètre malade, soit d'un organe en train de rendre l'âme (vérifier en particulier les chimiques de filtrage). Les contacts au culot des lampes se vérifient en les poussant légèrement en tous sens ; les mauvais contacts internes, en les frappant en marche avec un marteau formé d'une tige flexible et d'une gomme à effacer : on entend alors un redoublement de crachements. Vérifier aussi les gaines faradisées et les contacts de blindages, pour voir s'il n'y a pas de courts-circuits avec la masse.

La recherche peut aussi se faire en mettant la grille de la finale à la masse. Si les craquements cessent, le défaut est dans les étages précédents. S'ils continuent, le défaut est dans la lampe, le haut-parleur ou l'alimentation. En remontant progressivement vers l'antenne, cet essai répété sur les lampes des étages précédents finit par déceler le point défectueux.

L'essai des organes.

Si vous disposez d'une lampe de poche, rien n'est plus facile de la convertir en « sonnette » pour vérifier la continuité d'un enroulement, pour déceler un court-circuit franc quelque part. Mais un court-circuit larvé, insuffisant pour allumer la lampe, suffit parfois pour arrêter un poste. Nous transformerons donc notre lampe de poche en microampèremètre, tout simplement en ne gardant que la pile ! A cette pile, nous mettrons deux fils souples, dont l'un sera coupé quelque part ; les deux bouts de la coupure seront dénudés, et nous les tiendrons dans la bouche, sans se toucher, mais en contact avec la langue. C'est idéalement sensible : en touchant avec les deux bouts restant libres tout organe soupçonné de fuite, nous « sentons » le passage d'un courant, même extrêmement faible. Avec cette super-sonnette, nous vérifierons les claquages de condensateurs, les contacts de lames de blocs condensateurs, les variations de contact le long d'un potentiomètre quand on déplace le curseur : on sent alors les moindres sautes de courant.

Rappelons qu'un condensateur se vérifie en lui appliquant le + HT pendant un instant à une borne, l'autre étant à la masse. Le courant est

ensuite enlevé, le condensateur laissé au repos (jusqu'à trois à quatre minutes pour un condensateur au mica, deux ou trois pour un condensateur au papier) et enfin court-circuité avec la lame d'un tournevis. On doit avoir une étincelle. Avec un petit condensateur, c'est plus délicat : il faudrait un écouteur dans lequel on entend un « toc » lorsqu'on court-circuite le condensateur chargé avec ses deux fiches. Voici encore une autre manière : on charge un condensateur de bonne qualité, éprouvé, de 2 microfarads. Le petit condensateur à éprouver est relié à ses bornes. On laisse ensemble les deux condensateurs pendant quelques minutes, puis on court-circuite avec la lame de tournevis : il doit se produire une forte étincelle si le petit condensateur n'a pas de fuites.

Les improvisations.

A défaut de pièces de rechange, il est parfois possible d'emprunter au poste lui-même de quoi se dépanner.

Par exemple, la lampe haute fréquence et la lampe moyenne fréquence sont souvent du même type, ou à peu près. Si donc la moyenne fréquence est morte, nous supprimerons la haute fréquence comme il a été dit plus haut, ou plus simplement nous mettrons l'accord directement à la grille d'attaque de la convertisseuse, et la lampe haute fréquence devient moyenne fréquence.

Un petit condensateur peut souvent se remplacer par une torsade de deux fils isolés, plus ou moins longue suivant la capacité à obtenir.

Une résistance peut se remplacer provisoirement par une bande de papier buvard trempée dans l'encre de Chine et séchée, en recommençant plusieurs fois si nécessaire. La bande est ensuite rognée en largeur, suivant les indications données par l'écoute. Une telle résistance n'est pas très stable, mais elle suffit souvent pour attendre la remplaçante.

Les condensateurs qui shuntent le primaire du transfo de sortie, le secondaire du transfo moyenne fréquence précédant la détection, peuvent à la rigueur être supprimés sans autre inconvénient qu'une différence dans la tonalité et la sélectivité. Ils remplaceront provisoirement un autre condensateur claqué, même si leur valeur est très différente.

Par ces moyens tout simples, la bonne moitié des pannes possibles seront découvertes, sinon guéries, et ce n'est déjà pas si mal que cela.

LES ANTENNES DE RÉCEPTION

Depuis que la T. S. F. a été commercialisée, il s'est toujours trouvé de purs philanthropes pour proposer au bon public, contre une honnête rétribution, de mirifiques appareils fonctionnant « sans antenne, ni terre ». Récemment, l'industrie de ces bienfaiteurs de l'humanité s'est enrichie d'ustensiles encore plus admirables : les « éliminateurs d'antennes » qui, sous les noms les plus divers, ont été vendus en quantité infinie à une infinité de gogos. Et, si ces purs chercheurs ne mettent pas leur puissante cervelle au cran d'arrêt, nous risquons fort d'être dotés prochainement d'un éliminateur de lampes, semblable en tout point à un cristal de galène, avec un éliminateur de haut-parleur formé d'un casque à deux écouteurs. Car toute cette soi-disant suppression d'antennes revient, en fin de compte, à faire fonctionner le poste sur cadre, sur antenne intérieure, sur le secteur ou la terre en guise d'antenne. Et les bobinettes des éliminateurs n'y changeront rien, car elles ne sont là que pour justifier la facture malgré leur petit air scientifique et indéfrisable.

Sans doute, le cadre a toujours des défenseurs farouches. A notre avis, il doit être lui-même éliminé quatre-vingt-dix-neuf fois sur cent, malgré ses très intéressantes qualités directionnelles, et peut-être justement à cause d'elles. D'abord, il prend une place énorme à moins d'avoir une sensibilité ridicule. Ensuite, il réclame une manœuvre supplémentaire d'orientation. Enfin, il est placé au centre des circuits électriques de l'immeuble, c'est-à-dire aux meilleures loges pour recueillir les parasites, à moins d'utiliser les cadres blindés compensés, chers et peu sensibles.

Nous en dirons autant des antennes d'intérieur et de la terre comme antenne : trop de parasites, trop peu de sensibilité aux ondes utiles ; tout cela ne peut être toléré que pour la réception des émetteurs rapprochés. Quant à l'antenne-secteur, c'est la plus belle source de friture et de crachements qu'il est possible d'imaginer.

En définitive, rien ne remplace une bonne antenne dans l'état actuel de la science. Même le poste le plus perfectionné, quel que soit le nombre de ses lampes, vous manifestera magnifiquement sa reconnaissance si vous lui faites cadeau d'une antenne digne de ce nom. A plus forte raison le poste populaire, auquel une bonne antenne est aussi indispensable que l'air aux poumons.

Laissons donc aux naïfs, qui savent tout sans avoir rien appris, l'opinion que l'antenne est un vestige démodé du temps des fonds de panier. Et voyons comment fonctionne une antenne et comme on en tire la quintessence.

Qu'est-ce qu'une antenne ?

Vous savez ce que c'est qu'un transformateur : un conducteur appelé primaire, parcouru par un courant variable, produit un champ magnétique variable. Un conducteur appelé secondaire, placé dans ce champ, devient le siège d'un courant induit, créé par les variations du champ magnétique, et ce courant reproduit les variations du courant primaire. Eh bien ! un transformateur n'est autre chose qu'un système complet de

T. S. F., dans une certaine mesure. Le primaire, c'est l'antenne émettrice, le secondaire est l'antenne réceptrice, le circuit relié au secondaire est le poste récepteur. Si j'éloigne de plus en plus le secondaire du primaire, le courant induit devient plus faible, *mais il ne cesse pas d'exister*. De même, si je développe le secondaire jusqu'à en faire un fil rectiligne, il sera toujours soumis à l'induction du primaire, et il y naîtra des différences de potentiel variables, minuscules sans doute, mais décelables à l'aide d'appareils très sensibles. Le secondaire de mon transformateur est devenu une antenne. Nous pouvons faire subir le même sort au primaire : à la condition de créer des tensions rapidement variables dans le primaire devenu simple fil rectiligne, il induira des tensions microscopiques, mais semblables, dans un autre fil récepteur. Par exemple, le bout du fil peut être réuni à la terre, ce qui lui donnera le potentiel zéro. A l'autre bout, nous créerons un potentiel variable : le même phénomène se reproduira dans le fil récepteur ou antenne réceptrice, qui sera parcourue par un courant microscopique variable. Nous aurons donc transporté sans fil de l'énergie d'une antenne à l'autre. Et le rendement de l'opération dépendra de la fréquence des variations de tension dans l'antenne primaire, de l'importance de ces variations, de la distance et... de bien d'autres choses encore.

Car ceci, bien entendu, n'est qu'une explication simpliste, dans laquelle nous avons volontairement négligé la théorie du rayonnement électromagnétique, les équations de Maxwell, l'ionisation, etc., qui remplissent de gros bouquins du plus haut intérêt pour ceux qui sont capables de les lire. Sans faire appel au calcul transcendant, tâchons d'approfondir la question, car toute la radio en dépend.

Nous avons dit qu'un conducteur ouvert peut être parcouru par un courant si nous le plaçons dans un champ magnétique variable. Voilà qui choque les notions élémentaires d'électricité ! Nous pensions qu'un courant ne pouvait naître que dans un circuit fermé, et vous nous dites le contraire ! Eh bien ! notre conducteur est fermé sans en avoir l'air. Regardez la figure 1 *a*. Elle représente une antenne verticale reliée à la terre par un bout. Mais la partie supérieure de cette antenne constitue, avec le sol, un condensateur dont l'air est le diélectrique, et tout se passe comme si une infinité de condensateurs minuscules reliaient l'antenne au sol : c'est la *capacité répartie* de l'antenne. Donc, la figure 1 *a* est équivalente à la figure 1 *b*, où ces petits condensateurs sont remplacés par un

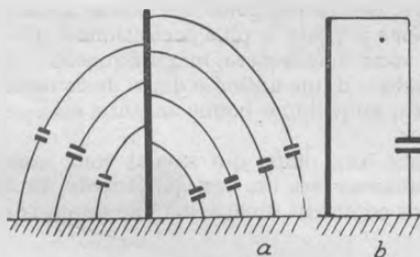


Fig. 1.

seul. Si bien que notre conducteur dit ouvert est en réalité *un circuit fermé par la capacité répartie entre l'antenne et le sol*. Rien ne s'oppose donc à ce que l'antenne soit le siège d'un courant induit, du moment que la fréquence est assez élevée pour que la résistance fictive due à la capacité (ou capacitance) soit assez faible.

Il en est de même à l'émission. Créons dans l'antenne une différence

de potentiel variable à haute fréquence, par une source S : l'antenne sera parcourue par un courant à haute fréquence, grâce à la capacité répartie qui ferme le circuit. Or, tout courant engendre dans son voisinage un

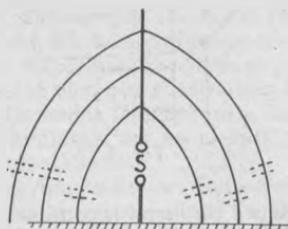


Fig. 2.

champ magnétique en phase avec lui, c'est-à-dire qu'il s'annule quand le courant s'annule, deux fois par période. Mais ce champ n'est autre chose que de l'énergie en conserve (1) : quand le courant s'annule, le champ, en s'annulant, induit un courant dans le conducteur qui l'a engendré : c'est l'extra-courant de rupture, qui se traduit par une étincelle chaque fois qu'on coupe un courant électrique.

Or, le champ n'envahit pas brusquement l'espace, il se propage, en partant du fil, à la vitesse de la lumière. De même, quand il s'annule au moment où le courant s'annule, cette annulation se produit d'abord tout contre le conducteur, et elle gagne de proche en proche. Comprenez bien : l'énergie emmagasinée par le champ s'est mise en route, quittant l'antenne quand le champ se crée, et elle y revient quand le champ s'annule, *mais avec un certain retard*, parce que son voyage lui demande du temps. Mais si, au moment où l'énergie, revenant de loin, arrive à l'antenne, celle-ci est déjà parcourue par une nouvelle impulsion du courant qui crée un nouveau champ, donc expédie de nouveau l'énergie, l'énergie ne peut plus rentrer au bercail, car la place est prise. La voilà libérée dans l'espace, sous forme d'un champ magnétique qui se propage. Nous pouvons même supprimer le courant dans l'antenne : les ondes d'énergie déjà expédiées ont maintenant leur existence propre, et elles se propageront jusqu'à ce qu'elles soient absorbées. C'est le rayonnement, de l'énergie détachée de la matière et voyageant dans l'espace.

Ainsi, le rayonnement n'est autre chose que l'énergie du champ magnétique qui n'a pas eu le temps de revenir s'annuler en créant un courant inverse dans l'antenne, parce qu'elle s'en était trop éloignée. On conçoit que plus on augmentera la fréquence du courant alternatif de l'antenne, moins le champ formé aura de temps pour revenir s'annuler, et plus grande sera la proportion d'énergie rayonnée.

Mais, direz-vous... quand une de ces ondes magnétiques qui voyageant s'annule, pourquoi se reforme-t-elle à la même fréquence, puisqu'il n'y a plus de courant à proximité pour lui donner naissance ? Car, enfin, il y a bien une annulation toutes les demi-périodes...

■ C'est ici que les choses deviennent merveilleuses !

Voyez la figure 3. Quand un courant alternatif traverse une boucle d'un conducteur, il y induit un courant de même fréquence. Et, si nous

(1) L'énergie emmagasinée par un champ a pour formule :

$$W = \frac{H^2 \mu}{8 \pi} \text{ ergs par centimètre cube,}$$

H étant la valeur du champ en gauss, μ la perméabilité = 1 pour l'air.

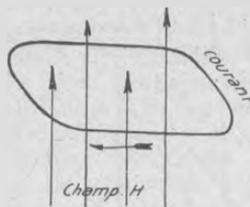


Fig. 3.

supprimons le conducteur ? Eh bien ! le courant se formera quand même, sans conducteur ! Car un courant n'est pas formé par un fil de cuivre, mais par un déplacement d'électrons, et, si vous vous êtes donné la peine de lire le chapitre *L'Electricité en raccourci*, vous savez que les électrons n'ont pas besoin de matière pour exister, puisqu'ils sont des ondes stationnaires de l'éther. Ces courants sans support matériel s'appellent *courants de déplacement*. Ils enveloppent tout champ magnétique oscillant : dès que le champ s'annule, une force électromotrice perpendiculaire à la direction du champ prend naissance et forme un courant de déplacement de même fréquence qui recrée le champ. Donc, le champ en s'annulant recrée le courant, et le courant en s'annulant recrée le champ. N'est-elle pas admirable, cette loi de ce que nous appelons la Nature, qui fait jaillir la vie de la mort et qui forme tout, même la Radio, avec le néant ?

Ce rayonnement, on l'a baptisé onde électromagnétique, car les courants de déplacement qui accompagnent le champ magnétique se propagent comme lui à la vitesse de la lumière et oscillent comme lui. Le champ magnétique et le champ électrique ne peuvent exister l'un sans l'autre dans le rayonnement, et encore faut-il qu'ils soient créés l'un par l'autre. Si nous faisons à part, dans l'espace, un champ magnétique oscillant et un champ électrique également oscillant, nous aurions beau les synchroniser, ils ne formeraient pas le rayonnement, qui est de l'énergie voyageant sans support, en ne suivant même pas la loi du carré des distances comme le font chacun des champs. Une onde électromagnétique est une chose presque vivante, dont les deux champs magnétique et électrique sont père et fils l'un de l'autre. Ils ne peuvent exister l'un sans l'autre.

Rayonnement polarisé.

Le rayonnement électromagnétique, avons-nous dit, voyage à la vitesse de la lumière. Bien mieux : *c'est* de la lumière, mais à très grande longueur d'onde, ou, si vous préférez, à fréquence beaucoup plus basse (1). Comme la lumière visible, le rayonnement hertzien peut être réfléchi, réfracté, dirigé.

L'antenne verticale de la figure 2 émet un rayonnement dont la composante électrique est perpendiculaire à la terre : on dit que le rayonnement a une polarisation verticale. Si on transmettait un rayonnement polarisé horizontalement, donc tel que sa composante alternative électrique s'étende à la surface du sol, ce champ serait rapidement court-circuité, car la terre est conductrice, et le rayonnement serait vite éteint, faute de composante électrique. Au contraire, la polarisation verticale est désirable, car la portée est plus grande. C'est une des raisons pour lesquelles les antennes modernes des postes émetteurs sont formées d'un

(1) Voir chapitre : *Les Sources lumineuses*.

conducteur vertical. Nous verrons que c'est aussi l'une des meilleures solutions de l'antenne de réception.

Or, l'antenne émet son rayonnement en tous sens, quoique certaines directions soient favorisées par certains types d'antennes. Une partie de ce rayonnement atteint directement l'antenne réceptrice, c'est la plus constante, car elle n'est pas affectée par l'heure de la journée. Malheureusement, la proximité du sol atténue rapidement ce rayonnement direct, surtout en ondes courtes, si bien que la réception en rayonnement direct n'est assurée que pour les ondes longues, ou à courte distance pour les ondes courtes. Et c'est dommage, car les réceptions les plus stables sont obtenues par le rayonnement direct.

Mais une partie du rayonnement est émise vers le ciel, tout comme une bombe envoie ses éclats autour d'elle. Or, il existe dans la haute atmosphère une couche de gaz ionisés par le rayonnement solaire, c'est-à-dire rendus conducteurs de l'électricité (1). Cette couche qui entoure la terre agit comme un miroir à l'égard du rayonnement: il le rabat vers la terre en le réfléchissant, ou bien il le réfracte. C'est ainsi qu'on voit en figure 4 que le rayonnement] très incliné de l'antenne d'émission, subit

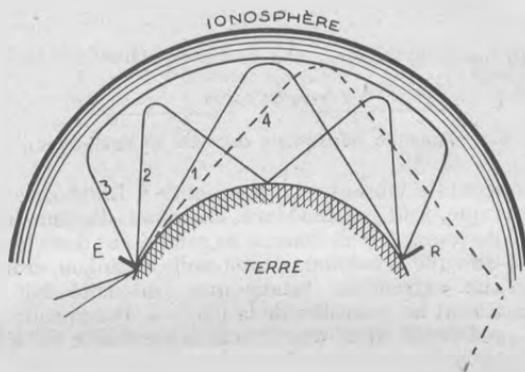


Fig. 4. — Comment l'ionosphère réfléchit ou conduit par réfraction le rayonnement électromagnétique.

deux réflexions sur la couche ionisée (dite ionosphère) et le rayonnement 3, moins incliné encore, longe l'ionosphère jusqu'à ce qu'il puisse s'échapper.

Cette ionosphère est un mauvais miroir, variable suivant l'activité du soleil, sujet à des orages qui le bouleversent: aussi les ondes ainsi réfléchies sont-elles fantasmagoriques, et, en outre, elles interfèrent les unes avec les autres, ce qui cause des distorsions et du fading. Mais elles renforcent considérablement les réceptions à longue distance, et ceci compense cela (2).

Antennes accordées.

Tout comme un circuit oscillant, l'antenne présente une capacité (la capacité répartie) et une self (puisque, grâce à sa capacité avec le sol, elle

(1) Il y aurait même plusieurs couches superposées, dont les deux principales, à 100 et 200 kilomètres de hauteur, la couche de Heaviside et la couche d'Appleton.

(2) Les chemins parcourus par l'onde réfléchie et par l'onde directe ne sont pas de même longueur. Si elles sont en phase en arrivant à l'antenne réceptrice, elles se renforcent; sinon, elles s'annulent: c'est le fading.

constitue une bobine à une spire). Par conséquent, elle a une fréquence d'oscillation propre. Si nous l'excitons avec un courant alternatif reproduisant cette fréquence, ou un harmonique, l'antenne vibrera en résonance. Et nous savons que, lorsqu'il y a résonance, les oscillations peuvent prendre une très grande amplitude, parce que la réactance s'annule et qu'il ne reste plus que la résistance ohmique. C'est pourquoi les antennes d'émission sont presque toujours accordées sur l'onde à transmettre et que certaines antennes de réception le sont aussi : à ce moment, le rendement est maximum.

Pour bien comprendre ceci, considérons la figure 5, qui représente

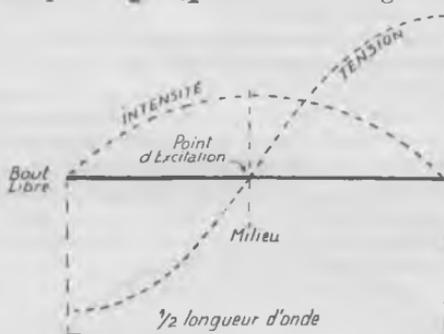


Fig. 5. — Antenne horizontale oscillant en demi-onde.

une antenne horizontale vibrant « en demi-onde ». La théorie et l'expérience enseignent que, tout comme dans un tuyau d'orgue, des ondes stationnaires (1) de courant et de tension se produisent dans une antenne accordée, c'est-à-dire que la tension, qui est nulle au milieu, croît progressivement jusqu'aux extrémités, tandis que l'intensité fait l'inverse, comme le schématisent les pointillés de la figure 5. Pour exciter une telle antenne, nous produirons donc une intensité oscillante en son milieu, au « ventre d'intensité » : c'est à ce ventre que nous placerons la bobine de couplage avec l'oscillateur chargé de produire le courant à haute fréquence. On voit que l'intensité est décalée d'un quart de période par rapport au voltage.

La figure 6 représente une antenne verticale reliée au sol par sa

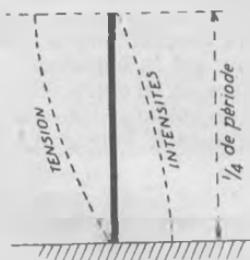


Fig. 6. — Antenne verticale oscillant en quart d'onde.

(1) Rappelons qu'une onde stationnaire se produit lorsque l'onde d'excitation voyage jusqu'au bout de l'antenne et se trouve renvoyée en sens inverse, le bout de l'antenne agissant comme un miroir grâce au brusque changement d'impédance due à l'ouverture du circuit. Dans une antenne accordée, l'onde réfléchie est en phase avec les ondes incidentes successives et leur résultante est une onde stationnaire, une onde figée le long de l'antenne. L'antenne « demi-onde » est assimilable à un tuyau ouvert.

base et oscillant en quart d'onde. Naturellement, comme la terre est au potentiel zéro, la tension est nulle en bas de l'antenne. A la résonance, il se produira également une réflexion de l'onde voyageuse sur l'extrémité qui agit comme un miroir, et il s'établira une onde stationnaire, avec un ventre d'intensité en bas et un ventre de tension en haut, la distribution de l'intensité et de la tension le long de l'antenne ayant lieu comme l'indique la figure. Puisque le ventre d'intensité est en bas, c'est donc là que nous injecterons le courant de haute fréquence qui fera résonner notre antenne.

Une antenne peut aussi osciller « en harmoniques », c'est-à-dire à une fréquence double, triple, quadruple... de la fréquence fondamentale, donc en émettant ou en recevant une onde deux, trois, quatre, ... fois

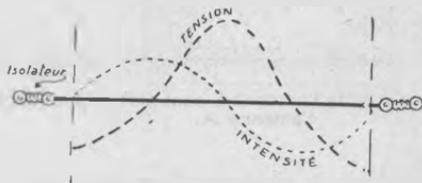


Fig. 7. — Antenne horizontale vibrant en harmonique 2 (longueur d'onde moitié fréquence double).

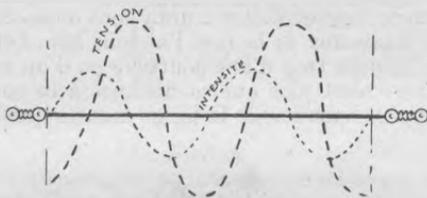


Fig. 8. — Antenne verticale vibrant en harmonique 4 (fréquence quadruple).

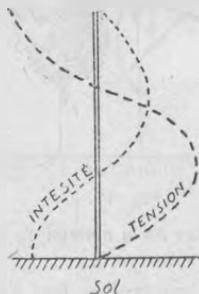


Fig. 9. — Antenne verticale vibrant en harmonique 3 (fréquence triple).

plus courte. Les figures 7, 8 et 9 montrent la répartition des tensions et des intensités.

Il va de soi que, si une antenne accordée est frappée par l'onde de son accord, elle entrera en résonance et deviendra le siège de courants beaucoup plus intenses et de différences de potentiel beaucoup plus grands que dans une antenne non accordée, ce qui se traduit par une réception très nettement améliorée. C'est pourquoi les antennes accordées jouissent d'une grande faveur pour la réception des ondes courtes.

La hauteur effective d'une antenne.

Il est évident que la partie la plus active d'une antenne de réception est celle qui se trouve la plus éloignée du sol, car les lignes de force qui joignent ses différents points à la terre sont plus longues et embrassent un espace plus important (fig. 10). Or, cet espace embrassé par les lignes

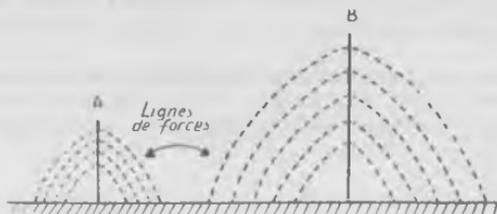


Fig. 10. — Les lignes de force de l'antenne B sont plus développées que celles de l'antenne A.

de force constitue le terrain de chasse de l'antenne : plus il sera grand, meilleure sera la captation. Donc, une bonne antenne apériodique (1) doit être aussi haute que possible.

Mais cette hauteur, ce n'est pas seulement l'éloignement du sol : c'est aussi l'éloignement des conducteurs qui y sont reliés. Si mon antenne monte à 20 mètres au-dessus de la rue, j'ai tout lieu d'être content, à moins qu'elle ne s'approche trop d'une gouttière ou d'un arbre, car alors sa « hauteur effective » n'est plus que sa distance à ce conducteur relié au sol (fig. 11). Le simple examen de la figure montre que la présence de

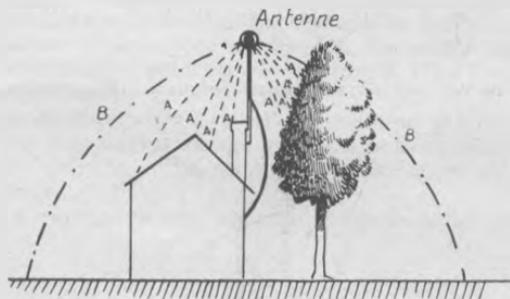


Fig. 11.

- A. Lignes de force réelles ;
- B. Lignes de force en l'absence de la maison ou de l'arbre.

ces conducteurs (toit en zinc, poutrelles, fers à béton, arbres) raccourcit singulièrement les lignes de force et réduit le « coup de dents » de l'antenne dans l'éther. Le brave homme qui se félicite d'être au cinquième étage, en se figurant que son antenne intérieure a « une bonne hauteur », se fait de douces illusions sur son efficacité : la hauteur effective est tout juste égale à la distance qui sépare son antenne des plus proches conducteurs reliés à la terre, c'est-à-dire les canalisations, les ferrailles des murs, la cage de l'ascenseur... Heureusement, cette antenne si peu « haute »

(1) Une antenne apériodique est une antenne non résonnante, donc sans préférence pour certaines longueurs d'onde. Par exemple, sa fréquence propre est en dehors des fréquences qu'on cherche à recevoir.

peut avoir la chance d'être couplée par capacité avec d'autres masses conductrices pratiquement isolées du sol, et avec le secteur, ce qui augmente un peu sa hauteur effective au prix d'autres embêtements.

La terre comme antenne.

Mais alors, dira le lecteur attentif... d'où vient que j'entends très bien sans aucune antenne, bien mieux : en mettant la prise de terre directement à la borne antenne, avec rien du tout à la borne terre ? Ici, ma hauteur effective, dont vous nous vantez les bienfaits, devient rigoureusement égale à zéro !

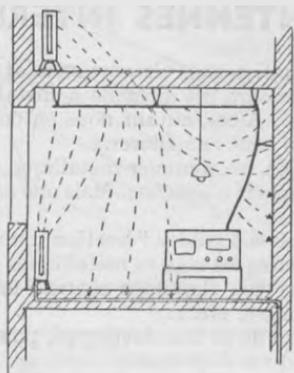


Fig. 12. — Les lignes de fuite d'une antenne d'intérieur.

Pas précisément, car le châssis d'un poste est capacitivement réuni à la terre par le fil neutre du secteur (lequel est mis à la terre au poste de transformation). Donc, la borne « terre » est toujours à la terre, mais par un long fil suivant un trajet sinueux. Si nous mettons la borne

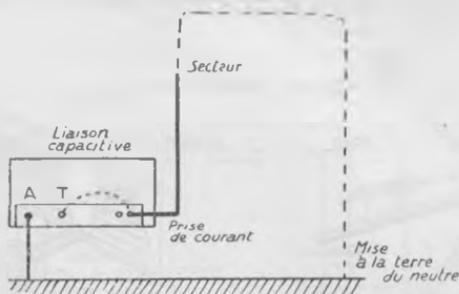


Fig. 13. — Fonctionnement avec la terre en guise d'antenne.

« antenne » à notre prise de terre, tout se passe comme si nous avions branché, entre l'antenne et la terre de notre poste, un très grand cadre à une spire, la terre formant une portion de cette spire. Un cadre très amorti, très biscornu, mais nous recevons sur cadré, tout simplement ! et d'autant mieux que nous habiterons plus près des combles. Mais un tel « cadre » reçoit admirablement les parasites, puisqu'il est en partie formé par un fil du secteur.

Antennes directives.

Toutes les antennes ont des propriétés directives, qu'on peut exalter en combinant judicieusement les caractéristiques. Par exemple, l'antenne « demi-onde » favorise un peu la direction qui lui est perpendiculaire. Comme les antennes directives n'intéressent guère que les émetteurs, nous glisserons sur ce sujet et nous nous bornerons à constater que, pour la radio ordinaire, la meilleure antenne est celle qui n'est pas directive du tout, car elle permet de recevoir sans manœuvre supplémentaire d'orientation les émetteurs des quatre points cardinaux.

LES ANTENNES INTÉRIEURES

Malgré la condamnation sans circonstances atténuantes dont elle est frappée, l'antenne intérieure est si facile à installer qu'elle est la plus répandue dans les villes. Alors, autant nous en occuper d'abord, n'est-il pas vrai ? et voir ce qui peut l'améliorer.

Une conduite de gaz, un sommier métallique, voire le corps humain peuvent, à la rigueur, servir d'antenne. Mais une antenne plus sérieuse ne marche pas plus mal.

Trois directives doivent guider l'érection d'une antenne d'intérieur :

1° S'éloigner de toutes les masses métalliques en liaison avec la terre ou la maçonnerie : eau, gaz, chauffage central, ferraille du béton armé, cage d'ascenseur, gouttière, etc. ;

2° Mettre beaucoup de fil très développé, pour utiliser au maximum la surface d'un plafond ou d'un mur ;

3° Choisir la solution qui donnera le plus de hauteur effective : donc, si nous avons la possibilité d'atteindre le grenier ou une pièce au-dessus de celle où se trouve le récepteur, il ne faut pas hésiter à profiter de l'aubaine.

Il existe dans le commerce des bandes décoratives formées d'un isolant porteur de fil qu'on cloue au mur comme un galon. Mais mieux vaut tendre un fil isolé de 8/10 à 3 centimètres du mur ou du plafond, en le supportant soit par des piliers isolants, soit par un haubanage en

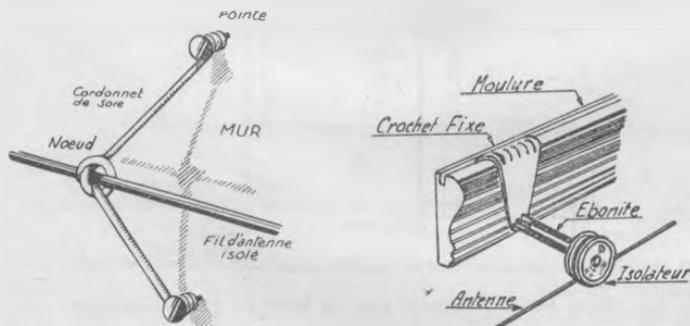


Fig. 14. — Fixation d'antenne d'intérieur par ponts de soie et crochets.

soie ou en caoutchouc (fig. 14). En passant, signalons que le fil ordinaire sera très avantageusement remplacé par du fil divisé (*litzendrath*), qu'on trouve actuellement partout (1).

(1) Voir également le chapitre *Du neuf avec du vieux*

Quelle forme faut-il donner à l'antenne d'intérieur ? Elle importe peu, mais il faut se mettre dans l'esprit que l'antenne, telle une racine, aspire en quelque sorte les ondes autour d'elle. Donc, si possible, elle ira se promener dans plusieurs pièces en enfilade, en s'isolant bien aux traversées des cloisons, elle sera tendue aussi loin du mur que possible (au moins 1 centimètre), elle se repliera en bordure grecque au besoin pour exploiter tout un mur ou un plafond, avec des plis distants d'au moins 60 centimètres, ou bien elle formera une nappe si l'esthétique le permet (fig. 15). Les figures 16 et 17 indiquent comment on peut exploiter un

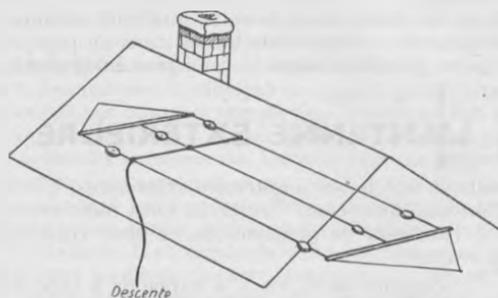


Fig. 15. — Antenne sous grenier.

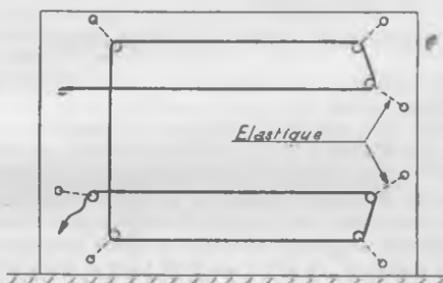


Fig. 16. — Antenne intérieure sur mur ou plafond.

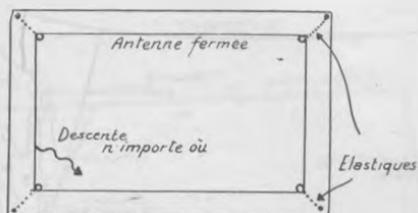


Fig. 17. — Antenne Intérieure bouclée.

mur ou un plafond. Le fil de descente sera considéré comme faisant partie de l'antenne, il arrivera donc à un isolateur, d'où il se rendra au poste.

Mais, surtout, il faut éviter comme la peste la proximité et le parallélisme avec les fils d'éclairage ou de sonnerie qui sont les pires ennemis de votre audition, ainsi que les tuyaux d'eau ou de gaz qui « pomperaient »

votre antenne. N'en approchez à moins de 50 centimètres que sur une très petite longueur, croisez-les toujours à angle droit. Toutefois, si vous êtes obligé de vous approcher d'un fil électrique, vous avez la ressource de blinder votre antenne à cet endroit, en utilisant en ces parages dangereux un bout de descente blindée d'antenne dont vous mettez le blindage à la terre.

Et souvenez-vous que les bons contacts font les bonnes auditions, — que 1 centimètre de soudure vaut mieux que 1 décimètre de torsade — et que 2 mètres d'antenne dans un éther propre sont préférables à 10 mètres dans un éther sale.

Malgré tous vos soins, cependant, la meilleure antenne d'intérieur, à moins d'habiter loin de toute distribution dans un pays sans moteurs, n'est jamais qu'un pis-aller, bonne tout au plus en attendant mieux.

L'ANTENNE EXTÉRIURE

Il y a mille et une forme d'antennes extérieures, qui toutes valent mieux que l'antenne intérieure. Toutefois, nous n'étudierons que celles qui intéressent l'amateur de programmes, et nous voici arrivés à faire la sélection suivante :

- a) Antenne courante, en L, en T, à nappe ou à cage d'écureuil ;
- b) Antenne à capacité terminale et descente blindée ;
- c) Antenne verticale à descente blindée ou transformateur ;
- d) Antenne doublet ou dipole.

Antenne extérieure courante.

Nous en dirons peu de chose, car tout le monde la connaît : un fil simple ou multiple, aussi élevé que possible, avec un conducteur de descente qui peut être son prolongement. La matière de choix est le câble de bronze non étamé, $7 \times 7 \times 0,25$ millimètres, ou sept fois 0,7 millimètre, quoique un fil simple de 12/10 convienne parfaitement. Les isolateurs seront assez développés pour ne pas être court-circuités par la moindre pluie. On évitera les nœuds, et, si l'on est obligé de faire des épissures, elles seront longues, serrées et soudées soigneusement.

Un simple fil suffit du moment qu'il est haut et bien dégagé de toutes masses métalliques, lui *et sa descente*. Il n'y a pas grand'chose à gagner

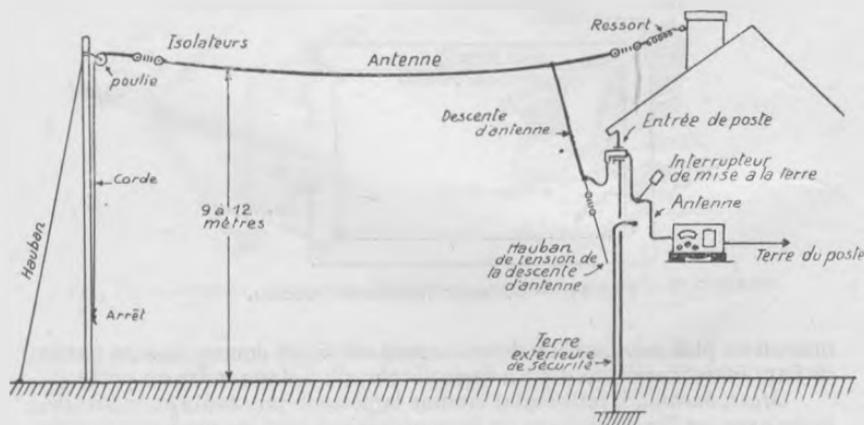


Fig. 18. — Installation type d'une antenne normale.

en torturant votre aérien en nappe, en V, en prisme ou de toute autre manière. Dites-vous bien que les ondes n'ont pas le même goût que nous, et qu'une belle antenne bien décorative n'est pas forcément celle qui leur plaira le mieux. Le temps et la matière ainsi dépensés seraient plus utilement employés à donner de la hauteur à l'antenne, surtout à l'extrémité opposée à la descente. Quant à la longueur, pour une antenne P. O.-G. O., elle variera entre 10 et 40 mètres. Bien entendu, on fuiera comme la peste les fils électriques.

La figure 18 montre une antenne normale. On voit qu'elle est munie d'une poulie pour faciliter sa tension et permettre sa visite, qu'un ressort de tension est prévu pour éviter la rupture par les bourrasques (ressort en bronze avec ficelle goudronnée de sécurité empêchant une extension trop grande), que la descente est tendue par un hauban pour éviter les mouvements désordonnés par mauvais temps, que l'entrée se fait par une pipe empêchant l'introduction de l'eau et qu'une boucle est prévue avant l'entrée pour éviter les suintements. Un interrupteur permet, par temps d'orage, de mettre l'antenne à la terre, mais autant que possible à une terre extérieure et non à une conduite d'eau intérieure. On perfectionnera encore cette protection contre la foudre en installant un *parafoudre*, de préférence à l'extérieur. Il en existe de remarquables, constitués par une lampe au néon dont les électrodes sont des peignes se faisant face. Mais, à défaut, vous en ferez un vous-même, avec deux peignes parafoudres à dents très longues (pour éviter la capacité si gênante en ondes courtes), un fusible genre Gardy et une lampe au néon. En cas de coup de foudre, le fusible saute et l'arc passe entre les peignes. En cas de surtension dangereuse, c'est la lampe au néon qui décharge l'antenne (fig. 19). Répétons que la prise de terre de sécurité doit se trouver le plus près possible, avec le trajet le plus direct, sans coudes ni mauvais contacts, et que cette prise

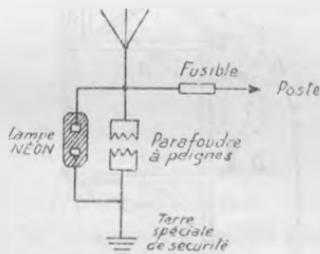


Fig. 19.

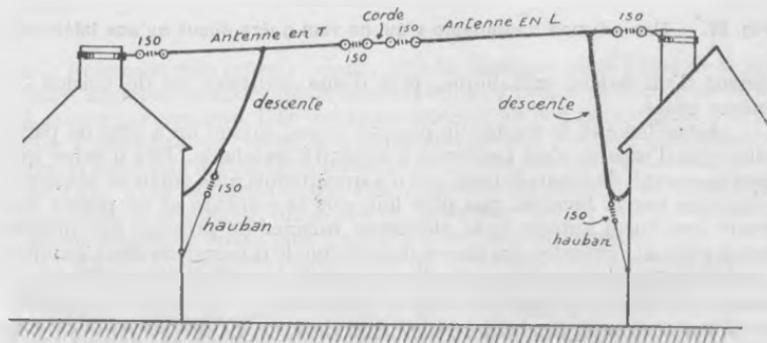


Fig. 20. — L'antenne commune entre deux voisins.

de terre doit être extérieure à la maison (plaque enterrée, puits). Bien entendu, le parafoudre extérieur sera protégé contre la pluie. Les peignes seront assez rapprochés pour laisser passer le courant à partir de 400 volts, et la lampe au néon à partir de 100 volts environ. Nous noterons cependant l'importance, surtout en O. C., de la réduction des capacités parasites entre l'antenne et la terre. Le matériel parafoudre sera donc choisi avec soin, les isolateurs d'antenne seront à faible capacité, l'entrée de poste se fera, chaque fois qu'il sera possible, par un trou percé dans l'encadrement de la fenêtre, avec descente bien éloignée du mur. Combien de récepteurs fonctionnant mal en O. C. ne doivent leur paralysie qu'à une antenne mal établie !

Avant de quitter le chapitre de l'antenne courante, signalons qu'entre deux maisons voisines, on peut tendre très commodément deux antennes avec deux points d'appui seulement. La figure 20 montre que la bonne entente entre voisins vaut mieux que les mâts les plus perfectionnés.

L'antenne à capacité terminale.

L'antenne courante a rendu de grands services et procure toujours d'excellentes auditions aux veinards qui ont beaucoup de place, loin des parasites. Mais tout le monde n'a pas les moyens d'installer des mâts avec 40 mètres de fil plus ou moins horizontal. D'autre part, les parasites industriels et domestiques se multiplient avec une rapidité inquiétante. Dans ces conditions, mieux vaut abandonner l'antenne courante plutôt que de l'ériger comme le montre la figure 21, à 1 mètre d'un mur, au-

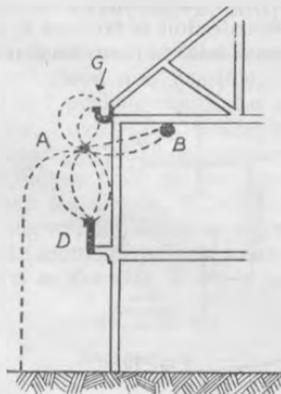


Fig. 21. — Une antenne « extérieure » qui ne vaut guère mieux qu'une intérieure.

dessus d'un balcon métallique, près d'une gouttière ou de voisins du même genre.

Actuellement, le modèle le plus en vogue, quand on a plus de parasites que d'espace, c'est l'antenne à capacité terminale. Elle n'exige que peu de travail de l'installateur, qui n'a quelquefois qu'à sortir sa précieuse personne par la lucarne, pas plus loin que la ceinture et en passant une autre (ceinture) autour de la cheminée voisine. Le principe qui préside est le suivant : prendre une masse métallique de dimensions assez réduites constituant une capacité *ponctuelle* concentrée (par opposition à l'antenne horizontale qui constitue une capacité répartie); — mettre cette capacité à quelques mètres au-dessus de la toiture, de telle manière qu'elle surplombe le « brouillard de parasites » créé par les champs électriques à courte portée qui rampent et foisonnent sur toutes les masses conduc-

trices de nos immeubles modernes ; — et amener jusqu'à la borne antenne du poste les ondes captées par ladite capacité sans qu'elles se polluent ou s'évanouissent en traversant le brouillard mortel.

De là résulte l'anatomie de notre antenne : primo, une belle pièce métallique ajourée, qui peut prendre toutes les formes que l'on voudra : panier à salade, sphère, hérisson, pinceau, parapluie désentoilé ou toute autre plus intelligente, ou moins, aucune importance ; secundo, un bon câble, c'est-à-dire ayant très peu de capacité par mètre de longueur avec une peau conductrice métallisée : donc, pas de fil de magnéto. On reconnaît un bon câble blindé à ce qu'il est gros, quoique son âme soit mince et

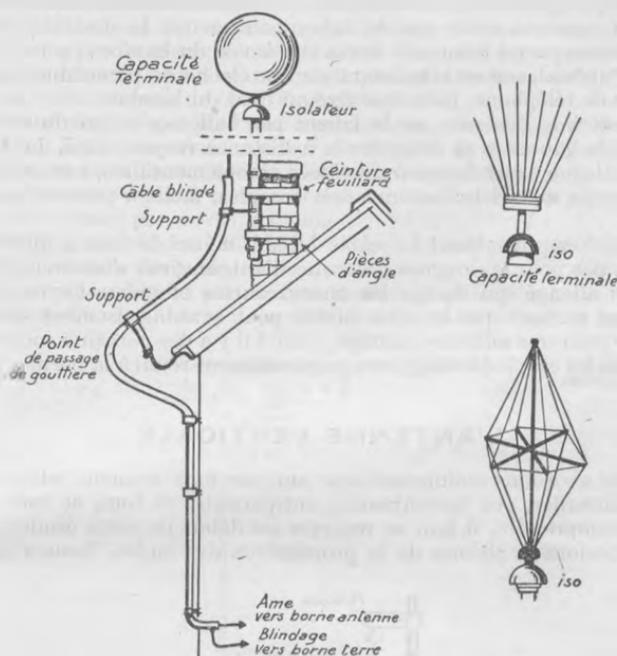


Fig. 22. — Antenne à capacité terminale.

Écart du mur : Si fil ordinaire : 1 mètre ;
Si câble blindé : 2 centimètres.

Aux supports et aux parties ballantes, enfilez le câble dans une gaine de caoutchouc.

son isolement très poreux : donc, grande distance entre l'âme et le blindage, afin que les courants de haute fréquence véhiculés aient plus de mal à sauter par capacité. Une deuxième qualité, un peu moins facile à apprécier à première vue, c'est la qualité de l'isolant. Celui-ci doit présenter peu d'hystérésis diélectrique, de sorte qu'il doit être surtout constitué par de l'air, avec séparation par des rondelles de trolitul ou céramiques spéciales, à la rigueur, du papier et, en dernier lieu, le coton et le caoutchouc. Rappelez-vous : plus il y a d'air, meilleur est le câble.

Enfin, le troisième constituant de l'antenne, c'est toute la série des supports et isolateurs. Le mât lui-même sera en bambou, en tube, en cornière d'aluminium. Il sera fixé à une cheminée, ou, à défaut, posé sur une semelle et tenu par trois ou quatre tirants en fil de fer galvanisé, avec ridoirs à vis, selon la technique des campeurs. Surtout, n'écrasez pas au

marteau le linteau et le zinc de la cheminée. Ne vous contentez pas d'une simple ceinture de fil de fer, qui rentre dans le revêtement et prend du mou. Prenez du vrai feuillard fort, renforcez cela d'un petit carré de tôle plié en deux suivant la diagonale, fabriquez une cale en bois, et fermez votre ceinture par un boulon de 8. Autre solution : un bout de tube d'acier ; deux ceintures en fort fil de fer galvanisé, qui font un tour autour du tube, embrassent la cheminée avec interposition de carrés de tôle aux angles ; fermeture par un boulon passant dans deux boucles terminales. Le bout de tube reçoit un bambou *ajusté* et luté à chaud avec du bitume, ou encore avec du vernis bakélite à plusieurs couches pour empêcher les pénétrations d'eau. Le bambou lui-même sera peint de plusieurs couches, ainsi que le tube, pour éviter la destruction trop rapide. La capacité terminale devra être isolée du bambou, soit avec un isolateur spécial, soit en le montant sur une cloche de porcelaine, un gros isolateur de téléphone, lui-même fixé au bout du bambou.

Quant à la descente, ne la laissez pas balloter au gré du vent. Ne tuez pas la gouttière et débordez-la à distance respectueuse. La lecture d'un catalogue vous donnera des idées complémentaires, car on fait de nos jours du matériel d'antenne très complet, facile à poser et souvent efficace.

Toutefois, attention ! Le câble blindé, même de bonne qualité, ne convient pas pour les longues descentes d'antenne, car c'est un condensateur très allongé qui dissipe les ondes courtes et même les moyennes. Disons en passant que le câble blindé peut avantageusement servir de descente pour une antenne normale, quand il y a des parasites industriels. Dans tous les cas, le blindage sera soigneusement réuni à la borne terre du poste.

L'ANTENNE VERTICALE

Nous abordons maintenant une antenne extrêmement intéressante, facile à installer, peu encombrante, antiparasite, et tout, et tout. Pour bien la comprendre, il faut se reporter au début de cette étude, quand nous exposons la théorie de la propagation des ondes. Nous avons vu

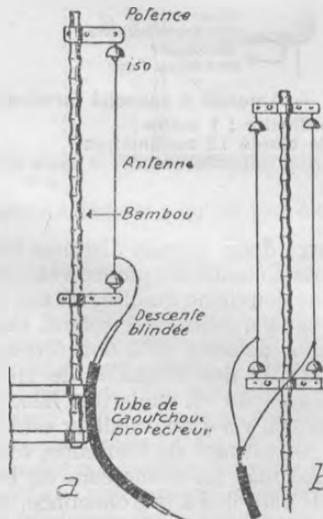


Fig. 23. — Réalisation d'antennes verticales en fil.

que l'on revient de plus en plus, pour l'émission, aux antennes verticales qui rayonnent leur énergie surtout sous forme d'ondes directes polarisées verticalement, afin d'éviter autant que possible les réflexions multiples sur l'ionosphère, qui causent des distorsions et le fading. Une antenne de réception verticale, pour des raisons évidentes, recevra de préférence ces mêmes ondes polarisées verticalement, et la réception sera moins sujette au fading. Par contre, à longueur égale, elle est plus sensible aux parasites atmosphériques (orages) que l'antenne horizontale, mais cela n'a aucune importance, parce qu'on n'utilise pas des longueurs comparables pour obtenir les mêmes résultats.

Ce n'est pas tout : puisque c'est surtout la hauteur qui compte pour une antenne, le bon sens indique qu'on ne peut mieux utiliser la longueur dont on dispose qu'en la plaçant verticalement. Et voilà notre antenne qui se libère des champs parasites rampants, en même temps qu'elle se sensibilise aux ondes venues de loin. Tout est bénéfique.

Une antenne verticale, cela se fait de plusieurs façons. On peut fixer un long bambou à une cheminée, après l'avoir garni de deux potences, entre lesquelles on tend l'antenne bien isolée par des isolateurs-cloches. Longueur de l'antenne : 4 à 5 mètres, longueur du bambou : 5 mètres, ou plus. Et l'on descend par un câble blindé (fig. 23 a).

On peut même mettre deux fils d'antenne sur double potence. De la sorte, le bambou restera droit (fig. 23 b).

On peut remplacer le tout par un tube de laiton, qu'à défaut d'isolateurs spéciaux on fixe par des isolateurs de téléphone à cloche à un mât



Fig. 24. — Une potence faite de deux bouts de feuillard.

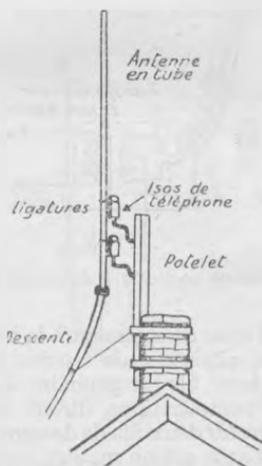


Fig. 25. — Antenne verticale en tube.

fixé à la cheminée (fig. 25). On peut même imaginer d'autres antennes verticales : ce n'est ni défendu ni difficile. Les longueurs indiquées sont des minima. Disons en passant qu'un long bambou se fait avec des petits de section croissante, qu'on emmanche à la façon des tronçons de canne à pêche. Les extrémités femelles sont ligaturées très long et très serré,

avec de la ficelle de chanvre goudronnée. Les extrémités mâles sont enfoncées dans les douilles ainsi formées, préalablement remplies de colle de caséine. Le tout est peint ou vernis plusieurs fois.

Avant de quitter la descente blindée, n'oublions pas de dire qu'il faut avoir soin de protéger soigneusement les extrémités contre la pluie, à l'aide d'embouts spéciaux, et d'éviter toute solution de continuité dans le blindage. Les câbles blindés perdent par capacité une partie de la haute fréquence, qu'ils véhiculent : avec les postes puissants et les faibles longueurs de câble, cette perte passe inaperçue, sauf en O. C. Mais, avec les postes populaires et les longues descentes, le défaut peut devenir plus grave. Alors, on pourra essayer de supprimer la terre en réunissant cependant le blindage à la borne terre du poste, la capacité parasite étant utilisée comme contrepoids. Cela réussit parfois très bien.

Notons que la descente blindée n'arrête que la composante électrique du champ parasite. Elle est toujours sensible à la composante magnétique. Pour éliminer celle-ci, il faut utiliser une descente à deux fils équilibrés, ce qui nécessite des transfos aux deux extrémités.

La figure 26 donne le schéma d'une antenne verticale à deux transfos.

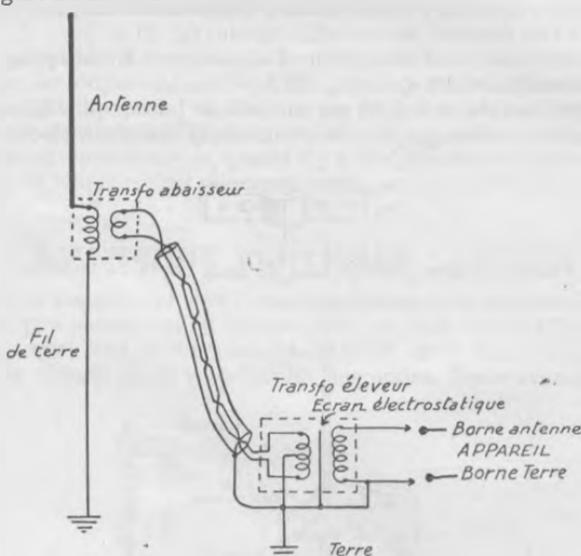


Fig. 26. — Antenne verticale à descente par transfos.

On voit que l'antenne est mise directement à la terre par le primaire d'un transfo haute fréquence, abaisseur de tension, dont le secondaire est relié par une descente à deux fils au primaire d'un transfo éleveur qui alimente le poste. Que de complications, diront certains. D'accord ! Mais 1° en torsadant légèrement les deux fils de descente, ils sont équilibrés, les champs magnétiques sont sans action sur eux, car les courants induits par ces champs s'annulent ; 2° les pertes par capacité deviennent presque négligeables, car elles diminuent comme le carré du rapport de transformation : si les transfos ont un rapport 5, par exemple, la perte par capacité n'est plus que le 1/25 de ce qu'elle était. Avec un rapport 15, la perte est seulement de 1/225. Donc, on peut utiliser une longue descente et du câble ordinaire à deux fils torsadés sous plomb. La figure 26 montre la meilleure disposition avec blindage mis à la terre par le bas seulement, terre séparée pour l'antenne, transformateur de poste à écran électrostatique entre

primaire et secondaire. Le matériel pour réaliser ces antennes se trouve dans le commerce, et il vaut mieux l'acheter, car la fabrication de bons transfos d'antenne à faibles pertes et l'adaptation des impédances demande du calcul, du fer divisé et de l'expérience. Toutefois, si vous y tenez absolument, vous pouvez établir vous-même des transfos comme indiqué à la rubrique *L'Utilisation des restes*, et vous contenter de réaliser la descente simplifiée suivant la figure 27.

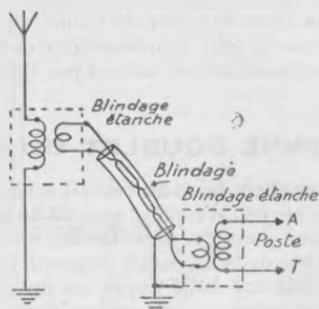


Fig. 27. — Antenne à descente par transfo, simplifiée.

On peut simplifier encore en utilisant une descente d'antenne très ordinaire, comme au bon vieux temps. Seulement, comme il faut bien compenser les perturbations recueillies par cette descente d'avant l'autre guerre, nous mettrons une seconde descente *rigoureusement identique*, dont le bout du haut sera libre. Donc, les deux fils recevront également les parasites. Mais nous les annulerons dans le primaire d'un unique transfo placé près du poste, comme l'indique la figure 28. En pratique,

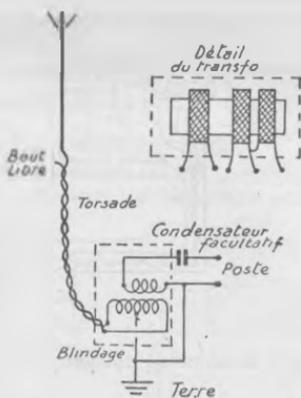


Fig. 28. — Antenne à descente équilibrée.

les deux descentes sont formées d'une torsade à deux conducteurs fortement isolés au caoutchouc. Le transfo, peu couplé, pourra être fait de deux nids d'abeilles en fil divisé de petit diamètre, dont un à prise médiale, de quelque 30 ou 60 spires (essayer des valeurs différentes au primaire et au secondaire). Ce système, s'il ne donne pas des résultats transcendants, est susceptible de réduire considérablement les parasites.

Pour terminer, faisons trois remarques :

1° Une antenne verticale est, en somme, le perfectionnement de l'antenne à capacité terminale, et rien n'empêche du reste de la doter de ladite capacité.

2° Rien n'empêche non plus de doter l'antenne courante horizontale, bien dégagée du champ de parasites, d'une descente blindée ou par transfos.

3° Une antenne verticale, à l'accord, vibre en quart d'onde. Sa longueur optimum est donc le quart de l'onde qu'on désire recevoir de préférence, ou de l'onde la plus représentative de la gamme qu'on reçoit le moins bien. On peut modifier cet accord par l'insertion d'un bobinage à faibles pertes.

L'ANTENNE DOUBLET OU DIPOLE

Cette fois, nous voulons faire du travail scientifique. Nous voulons les O. C., nous avons un peu d'espace, soit 15-20 mètres au-dessus d'un toit, par exemple, nous pouvons donc tendre un fil d'assez bonne longueur, bien dégagé. Avec de telles cartes dans son jeu, un amateur d'il y a quinze ans vous eût fait une belle nappe ou un prisme soigné, à grand renfort de vergues, de jantes de vélo et une descente en fil de magnéto dans une cheminée inutilisée. Nous ferons mieux : une antenne blindée contre les parasites industriels, peu sensible aux atmosphériques et à rendement élevé. Cette supériorité s'étendra aux ondes courtes, parce qu'on s'approchera de la disposition en ondes stationnaires.

Diverses solutions existent, assez copiées l'une sur l'autre, on les range en deux classes : antennes en doublet et antennes en gamma (Lévy ou Zeppelin). Dans le premier modèle, l'antenne est coupée en deux et ses moitiés sont réunies par le primaire d'un transfo dont le secondaire descend par deux fils jusqu'au poste. Cette descente est ordinairement formée de deux fils fins torsadés avec un cordon d'écartement en trolitul ou vinyl, le tout sous gaine blindée. Comme nous l'avons expliqué plus

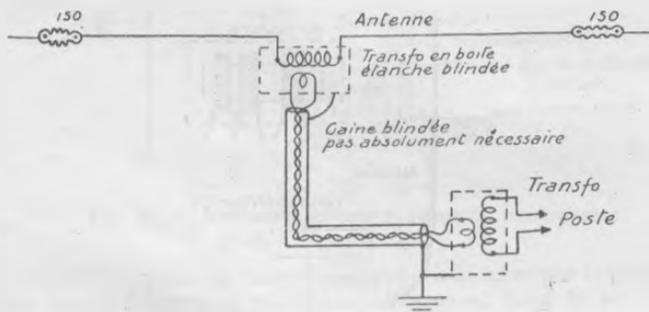


Fig. 29. — Antenne en doublet pour O. C.

haut, l'emploi des transfos qui « marient » les impédances d'antenne et de poste (exactement comme le transfo du haut-parleur adapte l'impédance de la bobine mobile à celle de la lampe finale) permet de négliger les capacités parasites de la descente, qui peut être longue. Elle se terminera par un autre transfo de même rapport, mais éleveur de tension. Le blindage, quoique utile, n'est pas absolument indispensable, il doit être mis à la terre.

En pratique, l'efficacité d'une telle antenne décroît avec la longueur d'onde. Pour en tirer le parti maximum, une solution se présente immé-

diatement à l'esprit: jusqu'à 250 mètres, nous l'utiliserons en dipole, quitte à tolérer une perte de rendement dès que nous sortons de la résonance. Au-dessus de 250 mètres, nous réunirons les deux brins en un seul, ce qui nous fera une antenne en T tout à fait standard. On obtient aisément ce résultat en réunissant le milieu du primaire au milieu du secondaire du transfo du haut et en munissant le transfo du bas d'un commutateur, comme le montre la figure 30. Les bricoleurs pourront

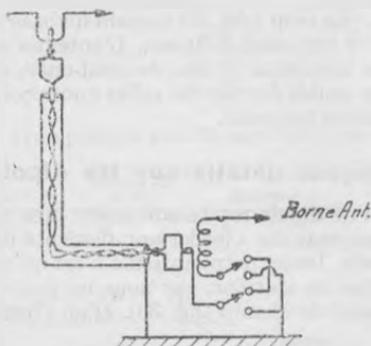


Fig. 30. — Doublet toutes ondes

s'amuser à faire le transfo du haut avec un bobinage habituel d'accord P. O. en deux moitiés séparées de 1 centimètre environ. On recouvre le

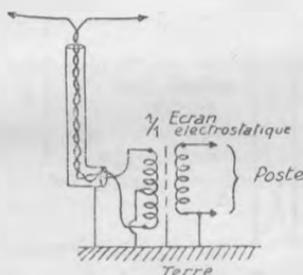


Fig. 31. — Antenne doublet simple pour O. C.

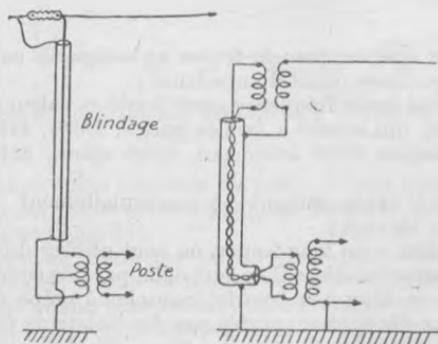


Fig. 32. — Deux formes d'antenne en gamma.

milieu d'un papier manille et on enroule sept fois moins de spires, avec prise médiane. Le transfo sera enfermé dans un boîtier pas trop petit, absolument étanche et mis à la terre. Son semblable, placé près du poste, n'aura besoin que d'un blindage ordinaire.

La disposition en gamma consiste à n'avoir qu'un transfo éleveur de tension placé en bas et à utiliser le blindage du fil de descente comme contreponds (terre fictive) du fil de descente lui-même. C'est donc un câble à un seul brin, la chasse à la capacité y a la même importance : donc, un bon câble blindé, pas trop long. Le transfo de base a les mêmes caractéristiques à peu près que celui ci-dessus. L'antenne en gamma, travaillant en quart d'onde horizontal au lieu de demi-onde, aura son maximum de rendement sur les ondes doubles de celles que reçoit le mieux un doublet ou dipole de même longueur.

Quelques détails sur les dipôles.

a) Chaque bras de dipole représente à peu près un quart de la longueur d'onde. La longueur du « feeder » ou descente doit être théoriquement d'une demi-onde. Donc, notre antenne n'est qu'un compromis pour la réception de toutes les stations, car nous ne pouvons en changer les dimensions à tout bout de champ (fig. 33). D'où l'intérêt du transfo qui

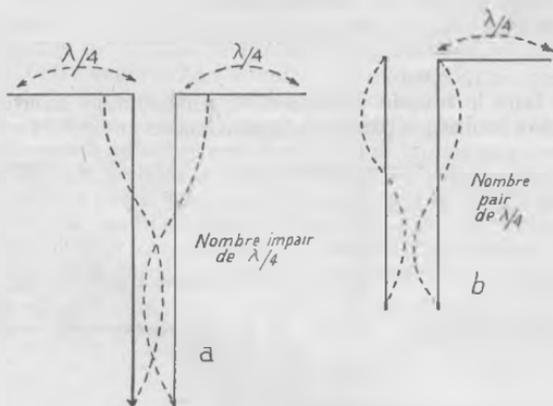


Fig. 33. — Descente par feeders accordés.

- a) A faible impédance (Zeppelin) ;
- b) A forte impédance (Lévy).

rend la descente apériodique : le feeder se comporte comme une ligne négligeable de quelques ohms d'impédance ;

b) Le fil divisé haute fréquence garde toute sa valeur pour la fabrication des transfos, qui seront à faibles pertes. Donc, éviter autant que possible les capacités entre bobinages, entre spires, entre bobinage et blindage ;

c) Le doublet capte surtout perpendiculairement à sa direction, comme le fait un barrage ;

d) Si le doublet a un long feeder, on peut utiliser du fil ordinaire de lumière (rendu imperméable, s'il ne l'est déjà, par une couche de vernis ou encore par une ou deux couches de caoutchouc crêpe dissous dans la benzine. Les deux fils sont supportés par des isolateurs transposés qui inversent les positions des fils tous les 80 centimètres environ (fig. 34) ;

e) Le doublet n'a toute son efficacité qu'en ondes courtes (fig. 35).

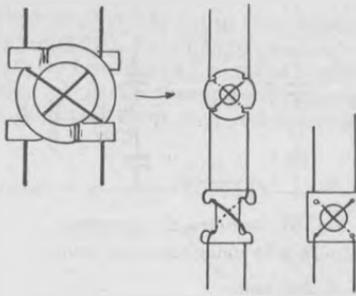


Fig. 34. — Transposition des fils par isolateurs spéciaux.

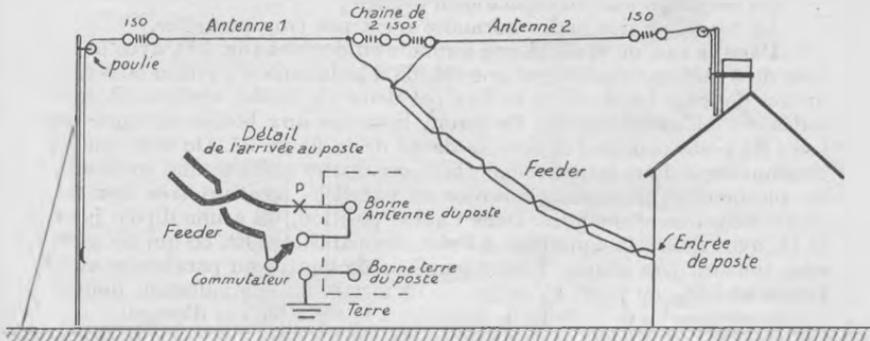


Fig. 35. — Antenne doublet pour O. C. transformable en antenne normale P. O. et G. O.

Au delà, on peut constituer une bonne antenne en utilisant l'astuce de la figure 30, mais alors on perd les propriétés antiparasites de la descente ;

f) L'antenne en doublet est peu sensible aux parasites atmosphériques ;

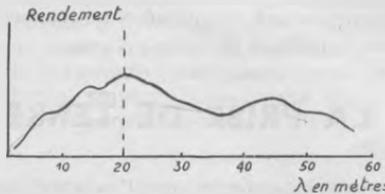


Fig. 36. — Rendement d'une antenne doublet de 5 mètres de bras, accord sur 20 mètres.

g) Si, l'antenne étant détachée du poste, il reste des parasites, c'est qu'ils sont véhiculés par le secteur jusqu'au poste. Il faut alors installer un filtre au compteur (fig. 37).

Avant de quitter l'antenne en doublet, nous allons décrire une antenne toutes ondes, ayant un rendement remarquable, qu'il est intéressant d'installer quand sont réunies les conditions suivantes :

On désire les ondes de 20 mètres, avec haut rendement ;

Le quartier est infesté d'autos, dont l'allumage produit des crépitements en O. C. ;

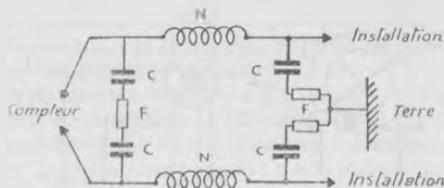


Fig. 37. — Filtre de compteur.

N. Nids d'abeille 75 tours 9/10 deux couches coton.

F. Fusibles.

C. Condensateurs 2 μ F, 250 volts.

On dispose d'assez d'espace bien dégagé ;

La réception des ondes normales n'est pas trop parasitée.

Dans ce cas, on établira une antenne en doublet (fig. 35), avec deux bras de 5 mètres, séparés par une chaîne d'isolateurs d'environ 50 centimètres de long. La descente se fera par deux fils isolés, légèrement torsadés, ou mieux transposés. Ils seront branchés aux bornes antenne et terre du poste comme l'indique le détail de la figure 35. On voit que le commutateur dans la position de la figure donne une antenne courante, ou plutôt deux antennes courantes en parallèle, recevant très bien les ondes moyennes et longues. Dans l'autre position, on a une dipôle pour O. C., avec descente équilibrée à l'abri des parasites. Et, ce qui ne gêne rien, tout est très simple. Rien n'empêche de mettre un parafoudre avec lampe au néon au point P, ou encore de mettre un commutateur double qui connectera les deux brins de descente à la terre, en cas d'orage.

POUR CONCLURE :

Dans l'état actuel de la technique, l'antenne est irremplaçable, même par des lampes supplémentaires. Neuf fois sur dix, montez une bonne antenne verticale, avant de vous lancer dans les grands travaux. Laissez les antennes compliquées, les feeders accordés, les toiles d'araignée, les doubles doublets et autres moutons à cinq pattes aux amateurs enragés, qui ne craignent ni les frais ni les mises au point laborieuses. Pour l'amateur normalement constitué, une verticale ou un doublet doivent suffire dans la plupart des cas.

LA PRISE DE TERRE

La terre est aussi importante que l'antenne, aussi convient-il de réfléchir en l'établissant. Méfiez-vous des conduites de gaz, d'eau, de chauffage central, qui ont beaucoup de joints isolés à la cêruse et à la filasse. Donc, si vous voulez les utiliser, branchez-vous sur le tuyau principal, et soudez, soudez ! Les colliers de serrage ne valent rien, les torsades autour d'un tuyau, même serrées à la pince ou par un coin ne valent pas davantage, car on ne peut serrer sur le plomb qui se relâche toujours à la longue.

Parmi les meilleures terres, citons :

Celle du paratonnerre ; un seau neuf plein de coke immergé dans un puits ; des feuilles de zinc ou de cuivre, enfouies dans l'humus et enfin un pieu métallique enfoncé bas dans le sol humide (on en vend de remarquables étudiés dans ce but) ou, à défaut, un bout de tuyau galvanisé

enfoncé verticalement, avec la connexion dégagée du sol et soudée (longueur au moins 2 mètres).

Les amateurs de beau travail se ménageront plusieurs prises de terre réunies entre elles et ils les mesureront comme indiqué plus loin. Une bonne terre ne doit pas avoir une résistance supérieure à une dizaine d'ohms.

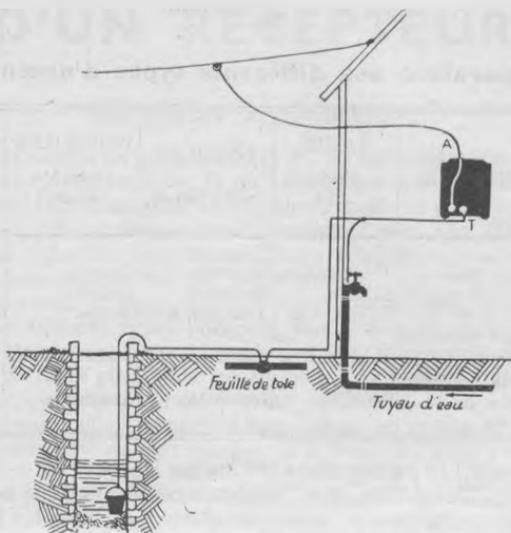


Fig. 38. — Bonne terre s'étendant sous toute l'antenne.

Nous passerons sous silence l'arrosage de la prise de terre, en été ; et l'arrosage avec des sels hygrométriques, déjà moins recommandable. On améliore une prise de terre en la noyant dans un lit de coke bien pulvérisé, bien tassé, recouvert de terre et arrosé de temps à autre en été.

Et nous laisserons le « contrepoids » aux amateurs d'émission, car son installation est vraiment trop coûteuse et encombrante.

Pour terminer, disons qu'on peut toujours avoir raison des joints résistants dans un tuyauterie en les court-circuitant par un pont de fil soudé aux deux bouts, suivant la technique des chemins de fer pour assurer la continuité électrique des rails.

NOTES ET FORMULES

Hauteur efficace. — Soit H la hauteur au-dessus du sol ou la distance avec une grande masse conductrice mise à la terre. La hauteur efficace h d'une antenne avec forte capacité terminale (nappe, conducteur horizontal, etc.) oscille de 0,5 à 0,7 H . Pour une antenne unifilaire vibrant en quart d'onde, $h = \frac{2H}{\pi}$. Sa résistance au rayonnement est :

$$Z = 160 \pi^2 \left(\frac{h}{\lambda} \right)^2.$$

Rendement. — Le rendement d'une antenne est le quotient de son

Z par $Z + R$, R représentant les diverses pertes dans le fil et les organes ajoutés (selfs, etc.). Un bon rendement exige que Z soit plus grand que R, lequel ne peut descendre au-dessous de 1 ou 2 ohms dans les meilleures conditions, d'où l'importance de la hauteur efficace h dont on tire la valeur de la formule de Z :

$$h > \frac{\lambda}{50} \text{ environ.}$$

Comparaison des différents types d'antennes.

| TYPES D'ANTENNES | HAUTE (à plusieurs # fils) ↓ | DOUBLET (feeder blindé) | VERTICALE (descente blindée) | BASSE intérieure (fil horizontal près du sol) |
|--|------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|--|
| Sensibilité aux ondes ... | Très sensible. | Moyenne. | Grande. | Assez faible. |
| Aptitude aux P.O. et G.O. | Grande. | Moyenne. | Grande. | Égale. |
| Aptitude aux O. C. | Faible. | Très grande. | Bonne. | Égale. |
| Sensibilité aux parasites atmosphériques..... | Très sensible. | Assez sensible. | Assez sensible. | Quasi nulle. |
| Sensibilité aux parasites industriels..... | Sensible. | Insensible. | Insensible. | Nulle. |

Mesure de la résistance de prise de terre. — Il faut avoir trois prises distinctes (eau, gaz, paratonnerre, égout) que nous appellerons A, B, C. On mesure la résistance entre A et B, soit p ohms, entre B et C, soit q ohms, entre C et A, soit r ohms. Il vient :

$$\text{Résistance de A} = \frac{p + r - q}{2} \text{ ohms.}$$

$$\text{Résistance de B} = \frac{p + q - r}{2} \text{ ohms.}$$

$$\text{Résistance de C} = \frac{q + r - p}{2} \text{ ohms.}$$

On conservera la moins résistante. Cette résistance varie souvent au cours de l'année. Les valeurs trouvées ci-dessus ne sont pas mathématiquement exactes, mais elles constituent une très bonne approximation.

L'INSTALLATION D'UN RÉCEPTEUR

Où placer le récepteur.

Quand on achète un poste de T. S. F., on sait déjà où le placer : à la place d'honneur, bien entendu, là où les amis ne peuvent manquer de le voir en entrant. Évidemment, un récepteur moderne est, assez décoratif, exception faite de quelques rares horreurs, mais son rôle véritable est de se faire entendre dans les meilleures conditions possibles.

Or, un haut-parleur est une sorte de projecteur sonore qui, chose triste, a un pouvoir de projection qui varie suivant les notes : les aiguës partent en un faisceau quasi parallèle, tandis que les graves rayonnent sphériquement en tous sens. Il faudrait donc théoriquement mettre le poste au centre de la pièce pour les graves, et au bout de celle-ci pour les aiguës. Un juste milieu s'impose donc et, si l'on tient absolument à mettre l'appareil contre un mur, il faut laisser au moins 10 centimètres d'air pour faire matelas derrière lui et, si possible, garnir le mur d'un feutre ou d'une étoffe à cet endroit.

Un autre phénomène vient compliquer l'audition : c'est la réverbération (dont il est question en détail au chapitre de la sonorisation). Les graves rebondissent mal et les aiguës très bien : d'ailleurs, une surface lisse est pour les deux un tremplin, mais, après plusieurs ricochets, les aiguës prédominent. Par contre, les graves, qui ont été absorbées par l'obstacle, tendent à faire résonner celui-ci : c'est ainsi qu'une armoire, un placard, un coffre, un vase semblent émettre un son. Il s'en suit qu'une bizarre mixture de sons arrive à l'oreille. Tant que la pièce se rapproche du cube, et qu'elle n'est pas trop grande, ces défauts sont peu perceptibles. Mais, dans le cas contraire, des précautions sont à prendre :

1. Vous n'aurez jamais de bonnes auditions dans une pièce à murs nus. Un garnissage de meubles, de tableaux, de tapis, de rideaux améliore déjà beaucoup la qualité du son.

2. Il ne faut jamais pointer le haut-parleur sur un obstacle nu, particulièrement sur une vitre. Un essai à pleine puissance, fenêtre ouverte, puis fermée, est convaincant.

3. Si l'on a une pièce rectangulaire très longue, on peut mettre le haut-parleur en bout, légèrement pointé vers le bas et très haut perché. Inutile de garnir le mur d'en face qui est loin, mais cette précaution est utile pour les murs latéraux dans la région voisine du haut-parleur, là où l'onde sonore se dilate à la sortie du poste.

4. Si l'on est contraint de le mettre dans le sens de la petite dimension de la pièce, il faut l'adosser entre deux baies, un peu pointé vers le haut si possible, et bien tapisser le mur d'en face.

5. Si l'appareil est mis dans un angle, bien calfeutrer par derrière et sur les murs adjacents. Percher l'appareil le plus haut possible.

Quelques préceptes fondamentaux.

1. Il existe, pour n'importe quelle pièce, un taux de remplissage optimum, à peu près toujours le même. Il est plus difficile de faire

de la bonne musique dans une pièce trop nue que trop encombrée.

2. La musique doit être diffusée, et cependant il y aurait intérêt à diriger légèrement le son vers le lieu d'écoute. Mais c'est la diffusion qui prime. En d'autres termes; la source sonore doit être d'aussi grandes dimensions que possible, ce qui s'obtient en pratique par l'emploi de plusieurs haut-parleurs fonctionnant ensemble, à faible distance l'un de l'autre.

3. L'amortissement des parois doit aller en décroissant à mesure qu'on s'éloigne de la source : donc, le haut-parleur doit être placé dans le nid le plus « étouffé », le recoin le plus caché de la pièce, avec beaucoup de tissu ou de matériaux absorbants derrière lui. Par exemple, un rideau tombant de la cymaise en plis ondulés servira de toile de fond à l'appareil, qui sera mis en valeur et dont la reproduction sera bien meilleure : l'œil et l'oreille y trouveront leur compte.

4. Les objets creux, les potiches, les meubles vides causent des résonances désagréables. Si on ne peut les mettre hors du « souffle » du haut-parleur, il faut les bourrer de papier, d'étoffe, etc...

5. Pour chaque position du haut-parleur dans une pièce donnée, il y a production d'ondes stationnaires à certaines fréquences, celles-ci étant particulièrement gênantes aux « ventres », comme on dit en acoustique. Expliquons-nous :

Dans la pièce, il y a des endroits où, par exemple, telle note sera favorisée, et d'autres endroits où elle sera étouffée. C'est un phénomène d'interférence dû à l'alliance ou à la lutte des ondes sonores directes et réfléchies. En réunissant ces endroits favorisés ou défavorisés, on obtient, sur le plan de la pièce, des courbes dites « isobares », dont la position varie suivant celle du poste et des rideaux ou remplissages amortisseurs. Il faut étudier soigneusement ce phénomène dans chaque pièce pour chaque position du haut-parleur et choisir celle qui donne le moins possible de renforcements ou d'affaiblissements parasites aux endroits d'où l'on écoute de préférence (fauteuils, par exemple). Le simple déplacement de quelques décimètres du poste, des fauteuils ou des rideaux, voire d'un meuble, suffit souvent à modifier profondément le rendu de la musique.

6. On peut marier une pièce avec un récepteur en corrigeant dans le récepteur les résonances particulières de la pièce. C'est l'affaire des filtres : filtres électriques (passe-haut, passe-bas, passe-bande ou coupe-bande), filtres acoustiques (formés de cavités résonatrices accordées placées dans l'ébénisterie), ainsi que des haut-parleurs spécialisés (tweeters qui reproduisent surtout les aiguës, haut-parleurs directs, etc.).

7. Enfin, si nous tenons à nous assurer la meilleure reproduction et si nous ne craignons pas notre peine, nous reviendrons sagement aux dispositions des ancêtres de la radio, qui séparaient le haut-parleur du récepteur proprement dit. Cela permet de mettre le haut-parleur à l'endroit le plus favorable pour une bonne acoustique, et le châssis là où c'est plus commode pour le régler. Et nous nous rappellerons que le meilleur baffle est encore un trou dans une cloison. Qui veut la fin veut les moyens.

Le second haut-parleur.

C'est un appareil extrêmement intéressant, quoique bien méconnu. Pourtant une dose élémentaire d'altruisme devrait faire songer que, pendant qu'un habitant écoute dans une pièce, il y en a peut-être un autre qui est retenu ailleurs et qui serait content d'en faire autant.

Comme il ne peut être question de déplacer le poste et tout le tremblement, on sacrifie à l'égoïsme, et le poste marche pour un seul ou ne

marche pas. Et, pourtant, ce serait si simple d'avoir une prise de courant, un fil souple de quelques mètres et un second haut-parleur accroché au mur dans une autre pièce. On le déplacerait aussi aisément qu'un radiateur parabolique.

Et même, qu'est-ce qui empêche de poser entre la chambre, la salle à manger et la cuisine une canalisation à deux fils, avec trois prises de courant, ou davantage, de sorte que si vous connectez le récepteur à l'une

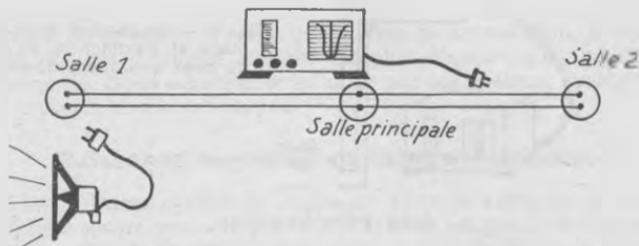


Fig. 1. — Le haut-parleur déplaçable d'une pièce à l'autre.

d'elles, vous n'avez plus qu'à brancher votre petit haut-parleur portatif à l'une des autres.

Le haut-parleur supplémentaire sera à aimant permanent. Il faudra s'enquérir auprès du fabricant de l'appareil récepteur de l'impédance optimum du haut-parleur supplémentaire, afin de ne pas commettre d'erreur grossière et de calculer judicieusement le rapport du transfo d'adaptation qui convient. Mais hâtons-nous de dire qu'on obtient souvent des résultats fort passables avec un bon diffuseur à moteur 4 pôles datant d'il y a dix ans, ce qui permet d'utiliser le vieux matériel considéré comme perdu.

Le haut-parleur supplémentaire peut aussi corriger ce que celui du poste peut avoir de caverneux. Car les basses étaient à la mode, voici quelques années, et beaucoup d'appareils ont des voix d'outre-tombe, encore aggravées par l'entrée en résonance des meubles de la pièce, ou de la pièce elle-même. Comme le haut-parleur magnétique a le défaut opposé, on peut arriver à une correction satisfaisante en faisant fonctionner ensemble le dynamique du poste et un magnétique supplémentaire, avec au besoin un doseur permettant d'avantager l'un ou l'autre. Ajoutons qu'on vend sous le nom de « tweeter » des haut-parleurs aigus spéciaux, le plus souvent à cristal, qui corrigent les haut-parleurs trop graves tout comme une source de lumière bleue ou violette corrige un éclairage trop jaune.

Il y a même matière à recherches intéressantes en plaçant le poste avec son haut-parleur à un endroit et en cherchant pour le second la position et l'emplacement qui donne le résultat le plus harmonieux.

La commande à distance.

Sans prétendre engager nos lecteurs dans la voie tracée par certaine marque américaine, qui créa un petit émetteur portatif à pile commandant le poste récepteur par voie des ondes, on peut réaliser très simplement un extincteur à distance. C'est tout bonnement un « va-et-vient » sur la prise de courant alimentant le poste, les deux boutons se trouvant dans les autres pièces, à côté de la prise de haut-parleur supplémentaire.

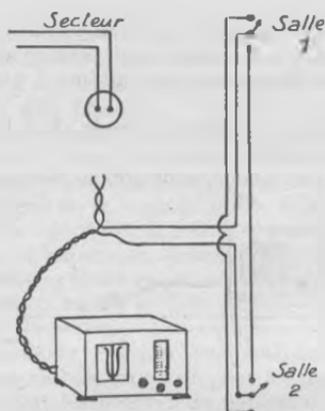


Fig. 2. — Va-et-vient pour l'allumage et l'extinction du poste de deux endroits différents.

Les représailles.

■ Pour vous débarrasser des fâcheux qui encombrant « votre » éther, soit avec les « cuic » de leur détectrice à réaction (race non encore éteinte), soit avec leurs réceptions toutes fenêtres ouvertes, vous avez plusieurs solutions :

Par une enquête discrète, sachez qui est le coupable et parlez-lui gentiment le langage de la raison. Après tout, il ne demande peut-être pas mieux que de recevoir une leçon de réglage d'un poste de T. S. F., surtout si cette leçon est donnée avec politesse.

Si le pauvre malheureux qui manœuvre son poste comme un sabot se double d'un cuistre, alors, allez-y carrément. Chaque fois qu'il divague, faites-en autant. Comme votre poste n'est pas aussi antédiluvien que le

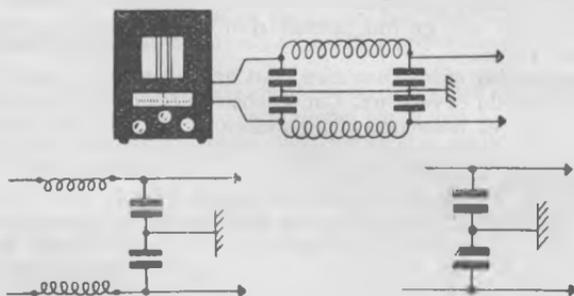


Fig. 3. — Trois filtres antiparasites, de plus en plus sommalres (capacités : environ $1 \mu\text{F}$; selfs : 1.000 à 10.000 ohms).

sien, prenez un bout de fil torsadé pour lumière, environ 40 centimètres et reliez un des fils à l'antenne et l'autre à la borne-plaque de l'oscillatrice. Vous pourriez aussi mettre un condensateur variable entre la plaque et l'antenne.

Quant aux épateurs de galerie qui vous obligent à admirer leur haut-parleur, vous commencerez par les prévenir gentiment, puis vous passerez aux actes en cas d'insuccès. Si vous êtes plus riche qu'eux en watts modulés, trouvez un de ces disques catastrophiques exécuté par un orchestre de brutes bien nourries. Et, si vous êtes le plus faible, cherchez le plus idiot, le plus cadencé, le plus rengaine de vos vieux disques, et jouez-le à répétition, jusqu'à ce que mort s'ensuive.

LA SONORISATION DES SALLES

Avant de se lancer à corps perdu dans la sonorisation, il n'est pas superflu d'avoir quelques notions simples d'acoustique, générale et architecturale. Nous commencerons donc par ces notions, avant d'aborder la pratique des installations.

Puissance rayonnée et intensité sonore.

Il faut bien se garder de confondre l'énergie rayonnée par seconde et l'intensité sonore produite par une source en un point de l'espace. La puissance rayonnée P s'exprime en watts; c'est le débit de la source. L'intensité sonore w en un point donné est l'énergie par seconde que transmet 1 centimètre carré de l'onde sonore à ce point, et on l'exprime en watts par centimètre carré. On voit que l'intensité sonore en un point dépend de deux choses: la puissance de la source dans la direction considérée et l'éloignement. On pourrait aussi l'exprimer en considérant la surpression acoustique produite par l'onde sonore au point considéré et mesurer cette surpression en dynes par centimètre carré. Cette surpression p se relie à l'intensité sonore w par la relation:

$$w = \frac{p^2}{415 \times 10^6}$$

Le seuil d'audibilité, Décibels.

Pour qu'un son puisse être perçu par l'oreille, il faut que son intensité sonore w soit supérieure à une certaine limite, qui varie suivant les personnes, mais qui a pour valeur générale 10^{-16} watts par centimètre carré.

On pourrait donc évaluer les différentes intensités sonores soit en watts par centimètre carré, soit en dynes par centimètre carré, mais, en pratique, on préfère utiliser les *décibels*, et voici pourquoi.

Notre oreille mesure bien les intensités sonores, mais, chose curieuse, un peu comme une balance qui serait beaucoup plus sensible aux faibles poids qu'aux gros. Si nous multiplions par 10 l'intensité sonore en un point où se trouve notre oreille, en d'autres termes, si nous faisons débiter dix fois plus de watts modulés par un haut-parleur, notre oreille ne nous dit pas: « J'entends dix fois plus fort », mais bien « Le son a doublé ». Notre oreille ne mesure pas le son comme on mesure une quantité donnée d'une marchandise, mais elle nous indique qu'il existe un certain rapport entre deux sons d'intensité différente tel que nous percevons le double quand le son est dix fois plus grand, le triple quand l'intensité sonore est multipliée par 100, etc.

Mais qu'est-ce que le décibel ?

C'est, bien entendu, la dixième partie du bel, qui est lui-même le logarithme vulgaire du rapport de deux puissances sonores. Si P_1 et P_2 sont deux puissances à comparer, on dit que leur différence en décibels est:

$$\text{Nombre de décibels} = \frac{10 \log. P_1}{P_2}$$

Les décibels sont très commodes pour comparer deux intensités sonores : ainsi, quand une intensité sonore est cent fois plus grande qu'une autre, on dit qu'elle la dépasse de 20 décibels, ou 2 bels, parce que le logarithme de 100 est 2. Si elle était mille fois plus grande, elle la dépasserait de 30 décibels, et ainsi de suite. Voyons cela de plus près.

| | | | |
|----------------------------|-------------------|---|----------------------|
| Un rapport de puissance de | 1 (égalité) donne | 0 | décibel d'écart. |
| — — — | 10 | — | 10 décibels d'écart. |
| — — — | 100 | — | 20 — — |
| — — — | 1.000 | — | 30 — — |
| — — — | 10.000 | — | 40 — — |
| — — — | 100.000 | — | 50 — — |

etc...

Il est aisé de voir que, dès qu'on connaît le rapport de puissance de deux sources à comparer, on obtient *grosso modo* le nombre de décibels en procédant comme suit : on compte le nombre de chiffres dont le rapport est formé, on diminue de 1 et on met à la suite le premier chiffre du rapport. (Exemple : rapport 4.000. Il y a 4 chiffres, j'écris donc 3, suivi du premier chiffre, soit 4. Cela me fait 34 décibels). Ceux qui préfèrent les logarithmes multiplieront par 10 le logarithme du rapport.

Puisque les décibels servent à comparer l'écart qui existe entre deux intensités sonores, il était tout naturel de prendre une intensité de référence à laquelle on assignerait la dénomination de « 0 décibel ». C'est justement la limite inférieure d'audibilité qui a été choisie, soit une intensité sonore à peine perceptible. Pour donner une idée de la progression, disons que :

Un murmure à 1 mètre correspond à 20 décibels (dix fois plus intense) ;

Un bureau moyen correspond à 40 décibels (dix mille fois plus intense) ;

Des cris à 2 mètres correspondent à 80 décibels (cent millions de fois plus) ;

Un avion à 3 mètres correspond à 120 décibels ;

Et qu'enfin, entre 130 et 140 décibels, la sensation est douloureuse : c'est la limite supérieure d'audibilité pour l'homme, correspondant à une puissance de *dix millions de millions de fois* supérieure à celle du plus léger murmure que nous pouvons entendre. On voit par là quel domaine formidable peut explorer notre oreille.

La réverbération.

Si nous faisons fonctionner une source sonore dans une grande salle, le son va d'une part aux oreilles des auditeurs, tandis qu'une partie se dirige vers les parois qui en absorbent une portion et réfléchissent le reste. Une partie de ce reste va vers les auditeurs, tandis que l'autre va se faire réfléchir par les parois. Dans ces conditions, le même son arrive à l'oreille après avoir parcouru des trajets différents à raison de 340 mètres par seconde, si bien que le son semble prolongé par ces réflexions successives. Comme, d'autre part, une certaine partie est absorbée à chaque réflexion, il est bien évident que si la source se tait, la prolongation de son due aux réflexions va se mettre à décroître rapidement. Ce phénomène a été baptisé « réverbération ».

Pour les mêmes raisons, si nous mettons en marche une source sonore d'intensité constante, le son ne va pas atteindre instantanément

son régime stable. Il faut qu'en tous points les réflexions successives aient eu le temps de s'additionner. Le son se réfléchira sur les parois, autant de fois qu'il sera nécessaire pour absorber toute son énergie, et le maximum d'intensité sonore ne sera atteint que lorsque cette absorption sera justement égale au débit de la source. Le temps nécessaire pour « construire » le son est le même que celui qui est demandé pour l'éteindre totalement après arrêt de la source. Il est plus long dans les pièces de grandes dimensions, puisque le chemin à parcourir par les ondes sonores est plus long entre deux réflexions. Il est plus court si les parois sont absorbantes, car chaque réflexion absorbe une grande partie de l'énergie. On a donné une formule pour calculer approximativement ce temps :

$$T_{secondes} = \frac{0,186 V}{A},$$

dans laquelle V est le volume en mètres cubes de la pièce, et A la surface en mètres carrés de fenêtre ouverte qui absorberait autant que la totalité des parois (car il est évident qu'une fenêtre ouverte absorbe intégralement tout son qui l'atteint et ne réfléchit rien du tout).

D'une façon générale, la variation de l'intensité sonore exprimée en décibels est, après arrêt de la source, à peu près linéaire (fig. 1). Mais,

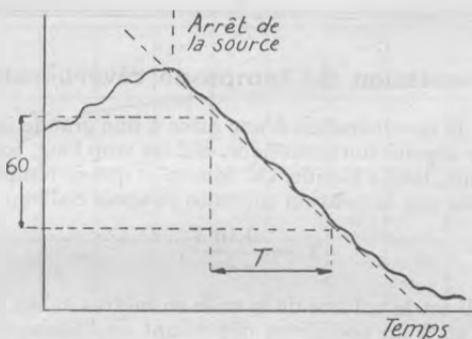


Fig. 1.

pratiquement, il est impossible, sans appareillage très spécial, d'établir la courbe d'affaiblissement sonore d'une pièce. Comme la formule ci-dessus, pour utile qu'elle soit, est peu commode à cause de son facteur A, bien difficile à mesurer, voici comment on peut opérer :

On fait marcher une source sonore, en regardant un chronomètre. On arrête brusquement la source et on note le temps t_1 que met le son à disparaître. On répète l'expérience, en changeant la puissance de la source et on note le temps t_2 . Dès lors, le temps de réverbération T de la salle est donné par la formule :

$$T = 60 \frac{t_1 - t_2}{d},$$

d étant le nombre de décibels d'écart entre les puissances sonores mises en jeu. Ce nombre de décibels s'obtiendra très simplement en mesurant, au cours des deux essais à l'aide d'un haut-parleur, les volts ou les ampères alternatifs appliqués au haut-parleur, ou encore la puissance modulée à la sortie de l'amplificateur (à l'aide d'un outputmètre). On fait le rapport soit des volts, soit des ampères, soit des watts, et on lit les décibels dans le tableau ci-dessous :

| DÉCIBELS | RAPPORT des volts ou des ampères | RAPPORT des watts | DÉCIBELS | RAPPORT des volts ou des ampères | RAPPORT des watts |
|----------|---|-------------------------|----------|---|-------------------------|
| 0 | 1,00 | 1,00 | 18 | 7,9 | 68 |
| 1 | 1,12 | 1,26 | 20 | 10,0 | 100 |
| 2 | 1,26 | 1,59 | 22 | 12,6 | 160 |
| 3 | 1,41 | 2,00 | 24 | 16,0 | 250 |
| 4 | 1,59 | 2,5 | 26 | 20 | 400 |
| 5 | 1,78 | 3,2 | 28 | 25 | 630 |
| 6 | 2,00 | 4,00 | 30 | 32 | 1.000 |
| 7 | 2,24 | 5,00 | 32 | 40 | 1.590 |
| 8 | 2,51 | 6,30 | 34 | 50 | 2.510 |
| 9 | 2,82 | 7,90 | 36 | 63 | 3.980 |
| 10 | 3,16 | 10 | 38 | 79 | 6.310 |
| 12 | 4,00 | 16 | 40 | 100 | 10.000 |
| 14 | 5,00 | 25 | 45 | 178 | 31.600 |
| 16 | 6,80 | 40 | 50 | 316 | 100.000 |

La variation du temps de réverbération.

Le temps de réverbération d'une pièce a une grande importance, car c'est de lui que dépend son acoustique. S'il est trop long, tout se mélange; s'il est trop court, tout s'étouffe. On démontre que ce temps de réverbération T est donné par la relation suivante (d'après Sabine):

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

dans laquelle V est le volume de la salle en mètres cubes, S la surface en mètres carrés et k un coefficient dépendant de l'absorption des parois. Ce coefficient k , c'est la surface en mètres carrés de fenêtre ouverte qui absorberait autant qu'un mètre carré de paroi. On le calcule en faisant la moyenne des coefficients respectifs de chaque portion différente de paroi. Le tableau suivant donne, pour différentes fréquences et différents matériaux, la valeur des coefficients d'absorption k .

| | 128 | 512 | 1.024 |
|----------------------------------|------|------|-------|
| Plein air ou ouverture | 1 | 1 | 1 |
| Futre de jute (6 millimètres) .. | 0,43 | 0,75 | 0,67 |
| Insulite | 0,24 | 0,28 | 0,30 |
| Plâtre acoustolithe | 0,17 | 0,28 | 0,36 |
| Béton | 0,15 | 0,43 | 0,37 |
| Parquet de bois | 0,05 | 0,06 | 0,09 |

Ce qu'il faut retenir, c'est que le temps de réverbération est proportionnel au volume de la salle, inversement proportionnel à la surface de ses parois et au coefficient moyen d'absorption.

Influence de la réverbération.

Une certaine « résonance » est toujours appréciée du public, car elle donne plus de rondeur à la musique, plus d'ampleur à la parole. C'est ce qu'il exprime en disant que la salle a une bonne acoustique. Cependant, l'exagération de la résonance, comme dans les grandes cathédrales à parois de pierre, est un défaut, car la réverbération trop longue se traduit par le chevauchement des mots brefs, l'audition perd toute netteté, et il faut, pour se faire entendre, parler lentement en articulant bien.

Il faut qu'il existe entre deux sons successifs un intervalle d'un quinzième de seconde au moins pour que l'oreille les différencie. Donc, les sons réfléchis qui parviennent moins d'un quinzième de seconde après le son direct renforcent celui-ci : ce sont les « sons utiles ». L'autre partie des sons réfléchis, c'est-à-dire ceux qui arrivent après un quinzième de seconde ont pour effet de prolonger le son direct et ils contribuent à l'agrément d'une audition musicale, faisant un peu l'effet de la pédale forte du piano.

Dans chaque cas particulier, il existe un *temps optimum de réverbération*, plus faible pour la parole que pour la musique et fonction du volume d'air de la salle. Le graphique de la figure 2 indique le temps de réverbération

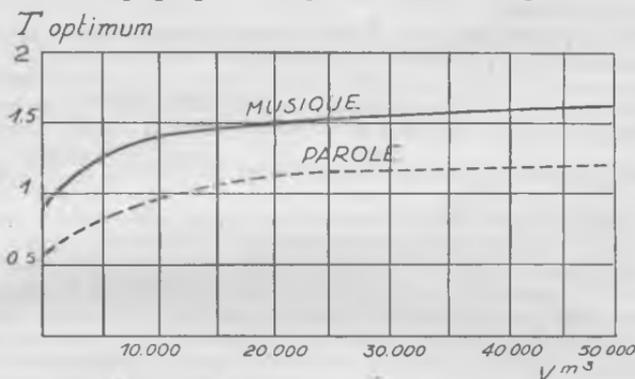


Fig. 2. — Temps optimum de réverbération.

tion optimum pour des salles de volumes différents, dont les dimensions n'offrent pas de disproportions trop grandes.

Les puissances nécessaires.

Pour obtenir une bonne audition, il faut évidemment une puissance sonore suffisante. Mais c'est là un terme bien vague. Il y a plusieurs manières de déterminer la puissance modulée nécessaire pour obtenir, dans une salle donnée, les meilleurs résultats. Par exemple, on peut évaluer le niveau de l'intensité sonore qui doit exister dans l'ensemble de la salle, déduire la puissance de la source, puis calculer la puissance électrique appliquée aux haut-parleurs et enfin la puissance modulée de l'amplificateur.

Pour la meilleure audibilité de la parole, il faut qu'on ait en tous points 65 décibels de plus que le bruit parasite. De même entre les pianissimi et les fortissimi de l'orchestre, il doit y avoir une différence de 65 décibels pour une bonne audition. Cela veut dire que les haut-parleurs doivent créer, dans tous les points intéressants de la pièce, une intensité de 80 décibels de plus que le seuil d'audibilité de l'oreille, pour tenir

compte des bruits parasites qu'ils créent eux-mêmes, ainsi que des brouhahas, piétinements, etc.

Calculons maintenant la *puissance acoustique* que devront nous donner les sources sonores pour produire une intensité moyenne de 80 décibels. Si V est le volume de la pièce, T son temps de réverbération en secondes, la puissance acoustique P_a est approximativement égale à $1/100.000$ de $\frac{V}{T}$. Par exemple, une salle de 50.000 mètres cubes ayant

un temps de réverbération de deux secondes demandera seulement 0,25 watt de puissance sonore. C'est peu, pensez-vous ? Non, car, si l'amplificateur doit fournir bien davantage, cela tient au mauvais rendement de nos appareils, entre autres raisons.

Reste maintenant à calculer la *puissance électrique* W . Elle est égale à la puissance acoustique, multipliée par l'inverse du rendement du haut-parleur. Or, ce rendement varie entre 2 à 3 p. 100 pour les haut-parleurs courants et 25 à 50 p. 100 pour les appareils spéciaux à chambre de compression et pavillons développés et cloisonnés. Si, dans notre exemple, nous prenons un haut-parleur dont le rendement est de 5 p. 100, il faudra lui fournir vingt fois plus de puissance électrique, soit 5 watts pour en retirer 0,25 watt *acoustique*.

Mais ce n'est pas tout. Si nous alimentons notre haut-parleur par un amplificateur qui donne « 5 watts modulés », nous n'aurons pas assez de puissance sonore. Parce que cette dénomination de « watts modulés » n'est valable que s'il s'agit d'oscillations sinusoïdales pures. Or, ce n'est pas le cas des oscillations musicales, et le rapport entre la tension efficace et la tension de pointe d'oscillations complexes est inférieur à $\frac{1}{\sqrt{2}}$, soit 0,7.

Comme, d'autre part, la tension de pointe ne peut dépasser un certain maximum, sous peine de voir apparaître le courant de grille dans le dernier étage, la puissance modulée effective (qui est proportionnelle au carré de la tension efficace) est nettement plus faible, en oscillations non sinusoïdales, que celle indiquée sur les catalogues. C'est du reste pour cela qu'on prévoit souvent, dans les gros amplificateurs, un étage « driver » précédant l'étage de puissance et rendant possible l'apparition du courant de grille : on peut obtenir une tension de pointe plus élevée, sans cependant corriger tout à fait l'écart.

Ce qu'il faut bien retenir de tout ceci, c'est qu'il convient d'augmenter notablement la puissance électrique calculée pour obtenir la « puissance modulée » telle qu'on l'indique dans les catalogues, de même, du reste, qu'il faut augmenter la puissance du haut-parleur théoriquement nécessaire. Par exemple, le calcul qui nous donna 0,25 watt acoustique et de là nous conduisit à 5 watts électriques pour un haut-parleur à 5 p. 100 de rendement doit être complété par la prévoyance qui triplera ces chiffres théoriques : c'est donc un amplificateur du type « 15 watts modulés » et un haut-parleur (ou une somme de haut-parleurs) de 12 watts qu'on choisira finalement.

Maintenant, pour les gens qui aiment le travail tout fait, nous avons dressé un graphique, figure 3, qui donne une idée de ce que doit être la puissance modulée en fonction du volume et du temps de réverbération de la salle. Les valeurs qu'on y trouvera sont des maxima qui peuvent être légèrement diminués. Et, puisque nous en sommes au paragraphe des simplifications, nous pourrons tout simplement calculer le temps de réverbération en secondes en prenant les $4/100$ de la longueur en mètres d'une pièce cubique de même volume que la salle et en ajoutant $8/10$ de seconde. C'est assez grossier comme procédé, mais cela marche pour des pièces courantes à coefficient d'absorption normal.

Enfin, une idée très approximative, mais rapide, de la puissance modulée sans distorsion est donnée par le graphique de la figure 4, dans laquelle n'entre même plus le temps de réverbération : elle n'offre donc

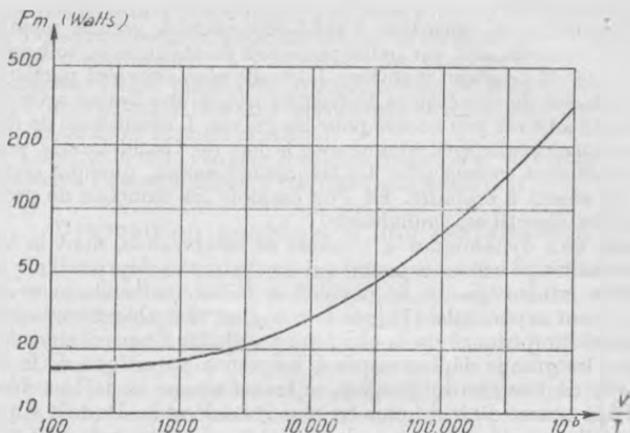


Fig. 3. — Puissance modulée requise (V = volume de la salle ; T = temps de réverbération).

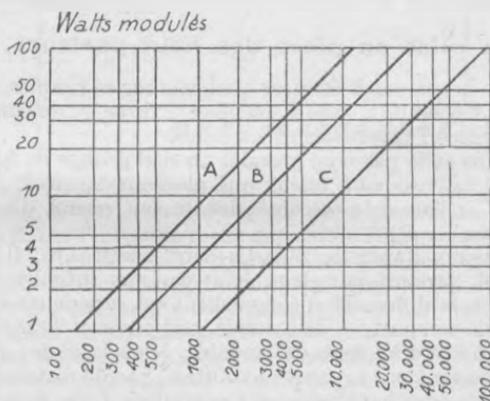


Fig. 4. — Volume de la salle : puissance modulée.

A. Pour salle très bruyante. B. Pour salle moyenne. C. Pour salle paisible.

aucun caractère de précision, mais elle est commode pour les avant-projets.

Les haut-parleurs.

Presque tous les haut-parleurs employés actuellement sont des dynamiques, qui se divisent en plusieurs races de mœurs assez différentes.

Il y a d'abord les haut-parleurs à excitation, qui sont en passe d'aller rejoindre ceux en papier plissé au musée des antiquités. Depuis l'invention des aciers spéciaux à l'aluminium, nickel, cobalt, on est arrivé à produire dans l'entrefer des champs très élevés, sans courant d'excitation, sans ronflement, sans complications de branchement.

Un seul inconvénient : ils recueillent aisément les poussières magné-

tiques dans leur entrefer, ce qui demande de temps à autre un démontage et un nettoyage dudit entrefer à l'aide d'un feutre raide enduit de vaseline. Nous les emploierons donc de préférence aux anciens modèles à pot excité.

Les dynamiques normaux, c'est-à-dire ceux à grande membrane conique, se montent soit sur baffle plan, soit en ébénisterie, soit dans un pavillon court et de grand diamètre. Le baffle plan convient particulièrement aux salles de dimensions moyennes ayant une bonne acoustique, car l'effet directif est peu accusé pour les graves. L'ébénisterie de dimensions exactement calculées, connue sous le nom de « baffle infini », possède un bon rendement, même pour les fréquences basses, quoique certaines résonances soient à craindre. Et l'on emploie les tronçons de pavillon là où un effet directif est souhaitable.

Quant aux dynamiques à *chambre de compression*, dont la bobine mobile actionne un véritable piston qui comprime et déprime l'air d'une chambre de faible capacité, le pavillon à faible embouchure et grand développement exponentiel (1) joue le rôle d'un véritable transformateur en adaptant l'impédance de la chambre à celle de l'espace environnant l'appareil : les grands déplacements à fréquence acoustique de la petite masse d'air de l'entrée du pavillon se transforment en faibles déplacements d'une masse d'air de plus en plus considérable. De tels appareils ont un excellent rendement, mais ils sont chers. Leur effet directif est très marqué, même pour les basses fréquences. On le corrige en remplaçant le pavillon simple par un pavillon multicellulaire grand angulaire.

La mise en place des haut-parleurs.

Nous nous bornerons à énoncer quelques règles simples, car, dans ce domaine, tout dépend de la salle à sonoriser et de ce qu'on entend y faire ; et rien ne remplace l'expérience et les essais.

1. Dans une salle pas trop grande, un seul groupe de haut-parleurs (grave et aigu) vaut souvent mieux que plusieurs appareils répartis aux quatre coins. Car l'oreille aime entendre un son venant d'une direction bien déterminée.

2. Si plusieurs appareils répartis sont nécessaires, il faut éviter l'écho artificiel, produit par deux haut-parleurs inégalement éloignés de l'auditeur : si la différence d'éloignement est supérieure à la distance parcourue par le son en 1/15 de seconde, soit environ 20 mètres, on a la sensation très nette d'un écho désagréable. D'où la règle : pas de haut-parleur trop puissant par rapport aux autres, pas de distance supérieure à 15 mètres entre deux haut-parleurs susceptibles d'être entendus dans la même direction.

3. L'écho artificiel étant évité, il s'agit d'éviter aussi l'écho naturel. Donc, les haut-parleurs ne seront pas dirigés vers un mur réfléchissant éloigné.

4. Une réverbération trop forte se corrige par des matériaux absorbants, l'ouverture des portes ou des fenêtres, des tentures placées au bon endroit, le déplacement des haut-parleurs, qu'on essaiera toujours avec des câbles volants avant de les fixer à demeure.

5. Si on se trouve obligé de disposer plusieurs haut-parleurs de telle manière qu'on puisse craindre les phénomènes d'écho artificiel, il reste la ressource d'utiliser des appareils très directifs, exploitant chacun une aire bien déterminée, et dont le jet est arrêté par une surface absorbante.

(1) Un pavillon exponentiel est tel que son diamètre D_x en tout point est lié à la distance x de ce point à l'embouchure par l'expression : $D_x = D_0 \times e^{kx}$; D_0 étant le diamètre de l'embouchure, k un coefficient, et e égal à 2,7182.

6. Si la salle est normalement remplie par un public nombreux, les essais seront faits avec la présence du public, ou de matériaux très absorbants qui en tiennent lieu. Faute de cette précaution, on aurait en pratique des résultats très différents de ceux obtenus au cours des essais.

7. Lorsque la salle à sonoriser comporte un microphone, il faudra le soustraire soigneusement à l'influence des haut-parleurs, pour éviter l'effet Larsen. Donc, emploi de microphones et de haut-parleurs à effet directif : interposition d'écrans absorbants et distance suffisante entre les haut-parleurs et le microphone.

8. Lorsque la salle exagère certaines fréquences, on corrige ce défaut en munissant l'amplificateur d'un filtre correcteur.

Disposition générale d'une installation.

Il y a deux types d'installations : celles où les haut-parleurs agissent comme *sources sonores initiales* (salle de cinéma, de danse, etc.) et celles où ils *répètent en l'amplifiant* la voix d'un conférencier.

Le premier cas est le plus simple, car on n'a pas à craindre l'effet Larsen. Dans la majorité des cas, lorsque la salle n'est pas trop tourmentée et ne forme pas de chapelle, on résoudra très simplement le problème avec un, deux ou trois haut-parleurs *directifs*, comme l'indique la figure 5. Les appareils sont placés en avant des premiers rangs des spec-

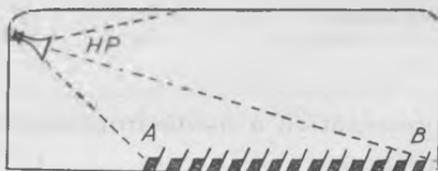


Fig. 5.

tateurs, à quelques mètres au-dessus du sol, leur axe étant dirigé vers le fond de la salle, ce qui permet d'obtenir une répartition à peu près uniforme de A à B, car l'intensité reçue dépend de l'éloignement ainsi que de l'obliquité de la direction par rapport à l'axe d'un haut-parleur directif.

Le second cas demande plus de doigté pour éviter l'amorçage des oscillations et des sifflements du Larsen, qui est un véritable couplage acoustique. Comme le son doit sembler provenir tout entier de la bouche du conférencier ou des instruments de l'orchestre, il faut nécessairement placer les haut-parleurs pas trop loin de ceux-ci. On tourne la difficulté en utilisant des haut-parleurs directifs, placés suffisamment hauts, et en protégeant les micros par un écran formé, par exemple, par le plafond de la scène. Ajoutons que des études sont entreprises pour traiter l'effet Larsen comme on traite le motor-boating en T. S. F., par des découplages appropriés.

La figure 6 montre comment peut être sonorisé un café-concert de grandes dimensions.

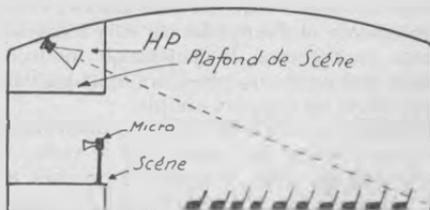


Fig. 6.

LE COUPLAGE DES HAUT-PARLEURS

S'il est facile d'alimenter par une même source deux ou trois haut-parleurs identiques, l'installation de plusieurs haut-parleurs différents à des distances très variables demande quelques précautions.

Alimentation à basse impédance.

Si la ligne est courte, inutile de compliquer. Il n'y a qu'à prendre des haut-parleurs de même impédance et les alimenter par une ligne en *très gros fil* partant du transfo de sortie unique qui se trouve dans l'amplificateur (et non dehors, à cause du courant continu haute tension qui le parcourt). Les haut-parleurs n'auront pas de transfo individuel, sauf ceux qui ont une impédance différente des autres : dans ce cas, un transfo adaptateur est nécessaire. (Exemple : si l'un des haut-parleurs a une impédance double des autres, il faudra le munir d'un transfo éleveur, de rapport $\sqrt{2} = 1,41$.)

Alimentation à haute impédance.

Par contre, si la ligne est longue, il est préférable d'alimenter sous plus haute tension oscillante les haut-parleurs munis chacun d'un transfo abaisseur. L'amplificateur a toujours un transfo de sortie, mais son rapport est choisi de manière à charger son secondaire non plus avec 10 à 20 ohms d'impédance comme ci-dessus, mais avec 150 à 500 ohms.

Comment calculer ce transfo ? C'est bien simple. On connaît l'impédance de charge optimum de la lampe ou des lampes finales, soit par exemple 12.000 ohms. On la divise par l'impédance de la ligne, par exemple 500 volts. On extrait la racine carrée du quotient, et cela donne le rapport du transfo : ici, c'est 4,9, soit 5 en chiffre rond.

Si ce petit calcul vous fatigue, vous pouvez employer l'abaque préparé dans ce but, qui se trouve à la fin du *Mémento*.

Le transfo sera, bien entendu, choisi avec soin, de bonne qualité et de volume suffisant pour supporter la charge qui lui est imposée.

Branchement à la ligne.

Les haut-parleurs demandent à la ligne d'autant plus d'énergie que l'impédance de leur bobine mobile est plus faible : la demande est proportionnelle à l'inverse de leur impédance, soit 1 divisé par cette impédance. Donc, nous partagerons la puissance modulée disponible en « ilots », comprenant chacun un ou plusieurs haut-parleurs, de telle façon que les parts soient dans un rapport simple.

Par exemple, dans le cas de la figure 1, nous décidons d'attribuer 8 watts au poste A, 16 watts au poste B et le reste, soit 16 watts, au poste C : total, 40 watts modulés. Comme les bobines mobiles n'ont pas l'impédance voulue pour se raccorder directement à la ligne, il faudra les munir de transfos abaisseurs.

Pour calculer le rapport de ces transfos, on peut appliquer la formule :

$$Z_{total} = \frac{1}{\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} \dots}$$

dans laquelle Z, est l'impédance de l'ilot A, Z_2 , celle de l'ilot B, Z_3 , celle de l'ilot C, etc.

Mais nous nous éviterons ce calcul par le petit raisonnement suivant :

Puisque le poste A prend $1/5$ des watts modulés disponibles, il faut que son impédance soit cinq fois plus forte que celle totale, qui est 500 ohms : donc, le poste A doit avoir une impédance de 2.500 ohms.

De même, le poste B, qui prend les $2/5$, doit avoir une impédance qui soit l'inverse, soit $5/2$ de 500 ohms, ou 1.250 ohms.

Le poste C, lui aussi, prend les $2/5$ de la puissance et son impédance sera 1.250 ohms.

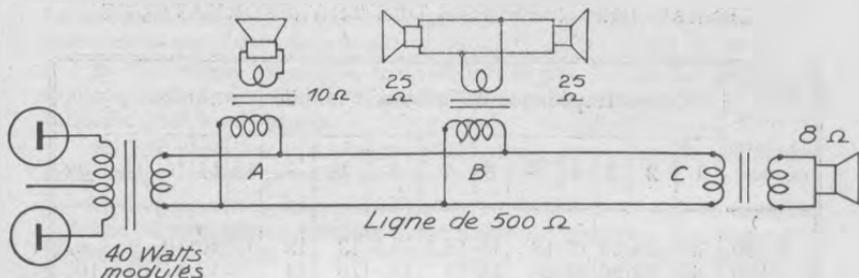


Fig. 1. — Couplage de haut-parleurs sur une ligne de 500 ohms.

Détermination des transfos abaisseurs.

Ayant déterminé l'impédance offerte par chaque haut-parleur ou groupe de haut-parleurs, il s'agit maintenant de calculer le rapport des transfos. C'est enfantin. En somme, ces transfos sont des loupes qui permettent à la ligne de voir grossie l'impédance réelle des bobines mobiles. Il suffit, comme nous l'avons vu plus haut, de diviser l'impédance calculée par celle de la bobine mobile et d'extraire la racine carrée. Voyons ceci dans notre exemple.

Poste A. — Il faut que ce poste présente une impédance de 2.500 ohms, alors que la bobine mobile n'en a que 10. Quotient : $\frac{2.500}{10} = 250$, dont la racine carrée est 15,8. Nous prendrons donc 1 : 15.

Poste B. — Il faut 1.250 ohms, et chacune des bobines mobiles en fait 25. Mais elles sont en parallèle : donc, le total est 12,5 ohms. Quotient : $1.250 : 12,5 = 100$, dont la racine carrée est 10. Le transfo aura donc un rapport 1 : 10.

Poste C. — Il faut 1.250 ohms, la bobine fait 8 ohms. Quotient : $\frac{1.250}{8} = 156$, dont la racine carrée est 12,5. Le rapport du transfo sera 1 : 12,5, ou même 1 : 10 à 1 : 15.

On voit que ces calculs sont très simples. Ils se simplifient encore en utilisant l'abaque pour calcul des transfos de sortie qui figure à la fin du *Mémento*, ou encore la table ci-après.

Rappelons que, pour simplifier, on calcule l'impédance de la bobine mobile d'un haut-parleur en multipliant sa résistance en courant continu par 1,5.

L'excitation du champ.

De nos jours, on préfère les dynamiques à aimant permanent pour les installations sonores, d'abord parce qu'ils sont au moins aussi puissants que les autres, ensuite parce qu'ils sont beaucoup plus faciles à installer, puisqu'ils économisent une source continue et une ligne.

Toutefois, si vous voulez utiliser des électrodynamiques, il faut totaliser les watts nécessaires à l'excitation et majorer de 30 p. 100 pour compenser les pertes en ligne. Un redresseur de schéma courant à valve bipolaire fournira le courant nécessaire. Le fil de la ligne sera de section suffisante pour ne pas provoquer des pertes exagérées.

TABLEAU DES RAPPORTS DES TRANSFORMATEURS

| IMPÉ- DANCE de charge en ohms | Impédance de la bobine mobile (en ohms). | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----|----|----|------|----|------|------|------|------|----|----|----|------|-----|--|--|--|--|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | | | | | |
| 1.500 | 39 | 28 | 23 | 19 | 18 | 16 | 14,5 | 13,5 | 13 | 12 | 11 | 10 | 10 | 9 | 8,5 | | | | | |
| 2.000 | 45 | 32 | 26 | 22 | 20 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10,5 | 10 | | | | | |
| 3.000 | 55 | 39 | 32 | 27 | 24,5 | 22 | 21 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | | | | | |
| 4.000 | 64 | 45 | 37 | 32 | 28 | 26 | 24 | 22 | 21 | 20 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | | | | | |
| 5.000 | 71 | 50 | 41 | 35 | 32 | 29 | 27 | 25 | 23,5 | 22 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | | | | | |
| 6.000 | 78 | 55 | 45 | 39 | 35 | 32 | 29 | 27 | 26 | 24,5 | 22 | 21 | 19 | 18 | 17 | | | | | |
| 7.000 | 84 | 59 | 48 | 42 | 38 | 34 | 32 | 29 | 28 | 26 | 24 | 22 | 21 | 20 | 19 | | | | | |
| 8.000 | 90 | 64 | 52 | 45 | 40 | 37 | 34 | 32 | 29,5 | 28 | 26 | 24 | 22 | 21 | 20 | | | | | |
| 9.000 | 95 | 67 | 55 | 47 | 43 | 39 | 36 | 34 | 32 | 29,5 | 27 | 25 | 24 | 22 | 21 | | | | | |
| 10.000 | 100 | 71 | 58 | 50 | 45 | 41 | 38 | 35 | 33 | 32 | 29 | 27 | 25 | 24 | 22 | | | | | |
| 12.000 | 110 | 78 | 63 | 55 | 49 | 45 | 42 | 39 | 37 | 35 | 32 | 29 | 27 | 26 | 24 | | | | | |
| 16.000 | 127 | 89 | 73 | 64 | 57 | 51 | 48 | 45 | 42 | 40 | 36 | 34 | 32 | 30 | 28 | | | | | |
| 20.000 | 141 | 100 | 82 | 71 | 64 | 58 | 54 | 50 | 47 | 45 | 41 | 38 | 35 | 34 | 32 | | | | | |

LE DÉPARASITAGE

On appelle « parasites » tous les bruits qui viennent troubler les auditions, à l'exception des postes émetteurs, qui s'obstinent à se faire entendre quand ils n'y sont pas invités : cela, c'est l'« interférence ». Pour parler comme les robins, les parasites sont les bruits qui troublent la jouissance de l'éther. Ce sont de véritables émissions d'ondes électromagnétiques embrassant, le plus souvent, toute une gamme de longueurs d'onde parfois très vaste.

Nous distinguerons :

1° Les parasites dits « industriels », produits par le fonctionnement d'appareils électriques divers : moteurs, enseignes au néon, sonnettes, etc. Le secteur ou les masses voisines leur servent d'antenne émettrice, et ils sont captés par l'antenne réceptrice au même titre que les ondes utiles.

2° Les mêmes parasites, mais véhiculés par les fils du secteur et injectés dans le récepteur, soit par le câble d'alimentation, soit par l'installation électrique voisine.

3° Les parasites dits « atmosphériques », provenant de décharges entre nuages, ou nuage et terre.

4° Les parasites fabriqués dans le poste même et ses accessoires : antenne et terre (cette dernière étant souvent constituée par une canalisation qui va drainer les parasites industriels dans le quartier).

LES PARASITES INDUSTRIELS

Ce sont, et de loin, les plus gênants. Il y a bien une loi qui les interdit, mais il ne faut pas trop compter sur elle. Le mieux est d'agir par persuasion, en faisant comprendre au gêneur que son moteur ou son enseigne ne marcheront pas plus mal si on les déparasite, que les filtres ne sont pas tellement coûteux, et — *in cauda venenum* — que la jurisprudence est assez riche en causes perdues par les fabricants de parasites. Si cela ne suffit pas, il faudra ou bien payer le déparasitage, ou vous protéger à la réception, ou entamer une procédure.

La recherche des sources.

Mais, pour tout cela, il faut d'abord trouver la source de parasites. Neuf fois sur dix, vous en avez une idée : il y a une différence sensible entre le crépitement d'un moteur domestique de machine à coudre ou similaire, et le ronronnement plus mesuré du moteur du boulanger du coin. De même, le claquement des interrupteurs n'a rien de commun avec le roulement de tonnerre du tramway qui passe. Du reste, une courte enquête dans le voisinage fixe rapidement.

Le radiotechnicien professionnel aura peut-être, intérêt à posséder un « mouchard », qui le conduira jusqu'à la source de parasites aussi sûrement qu'un bon chien découvre le lièvre au gîte. Ce mouchard, vous l'avez deviné, n'est autre chose qu'un récepteur portatif dans une valise, soigneusement blindé, alimenté par piles contenues dans la valise. Il reçoit soit sur cadre, soit sur une petite antenne de quelque 10 centimètres avec « descente » blindée. Le cadre est enroulé sur la valise. Un cadre explorateur est constitué par un nid d'abeille. La marche à suivre

découle de source : avec un accord très mou, sur la longueur d'onde la plus sensible, et une sélectivité plutôt réduite, on sonde le voisinage, le cadre marquant la direction. On avance vers le maximum d'audition, en réduisant celle-ci au fur et à mesure qu'on approche. Les derniers pas se font avec l'antenne à la place du cadre, ce qui permet de mettre presque le doigt sur le point névralgique.

Cet appareil très pratique existe tout fait dans le commerce, mais il est bien facile à construire avec des pièces de réemploi, sans grands frais. Mettez trois lampes : une haute fréquence à écran, une détectrice triode, une basse fréquence à transfo. Le cadre sera lesté par une bobine à prises, pour parcourir la gamme des longueurs d'ondes. Vous pourrez même remplacer le condensateur variable d'accord par un fixe.

Charité bien ordonnée, dit le proverbe, commence par soi-même : donc, avant de vouloir corriger les voisins, il ne serait pas mauvais que chacun commence par « silencer » les interrupteurs et moteurs de sa propre maison. Ici, pas besoin d'appareils de recherche : on les connaît trop bien. Examinons donc les remèdes appropriés : ce seront 1° des condensateurs fixes, *non inductifs* ; 2° des résistances fixes, bobinées ou au carbone, de bonne qualité, *non crachantes* ; 3° des bobines de choc haute fréquence ; et 4° des fusibles. Nous allons passer en revue les cas les plus courants, en donnant chaque fois l'« ordonnance » la plus normale.

Pour empêcher les appareils électriques d'émettre des parasites, on applique les principes suivants :

1° Avec des condensateurs, on court-circuite les oscillations de haute fréquence. Le choc est « encaissé » par le condensateur et ne se transmet que faiblement à la ligne.

2° Des résistances sont utilisées comme frein, pour amortir les oscillations créées par les étincelles.

3° Chaque fois qu'on le peut, on dérive les oscillations vers la terre, à l'aide de condensateurs qui laissent passer la haute fréquence, mais s'opposent au passage du courant normal.

4° On isole par contre, contre la haute fréquence, les fils d'alimentation des appareils ou moteurs, à l'aide de bobines de choc intercalées dans ces fils. Ces bobines de choc haute fréquence arrêtent les oscillations haute fréquence, mais laissent passer le courant normal.

5° On met à la terre les carcasses, armatures métalliques, des appareils.

6° Quand les moyens ci-dessus ne conviennent pas (appareils à haute tension, etc.), on utilise les propriétés de la cage de Faraday mise à la terre.

Il existe dans le commerce des « filtres antiparasites » tout prêts, dont la plupart sont excellents s'ils sont de marque connue. Malheureusement, il y a aussi pas mal de « filtres parasites », qui arrêtent les gogos, mais laissent passer leur argent. Donc, attention ! Et, dans le doute, fabriquez vous-même, en vous conformant aux prescriptions suivantes :

Condensateurs. — Ils doivent être éprouvés à haute tension, car ils supportent la tension de ligne, plus les surtensions de rupture. Pour 110 volts, il faut une tension d'épreuve d'au moins 750 volts. Ils doivent être *non inductifs*. S'ils claquent, ils équivalent à un court-circuit : donc, là où il y a danger, il faut mettre des fusibles en série avec les condensateurs.

Partout où, dans les figures de déparasitage, vous voyez deux condensateurs avec armature commune à la masse, vous pouvez, bien entendu, utiliser un seul condensateur à trois sorties.

Faites des connexions *aussi courtes que possible*, déparasitez aussi

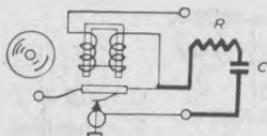
INTERRUPTEURS, relais, thermostats, etc.



$C = 0,1 \text{ à } 2 \mu\text{F.}$

$R = 10 \text{ à } 100 \Omega.$

SONNETTES ÉLECTRIQUES, ou tous contacts vibrants.



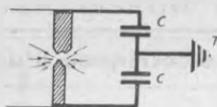
Entre les deux pièces où se forme l'étincelle :

$C = 0,1 \text{ à } 2 \mu\text{F.}$

$R = 10 \text{ à } 100 \Omega.$

(R est facultatif.)

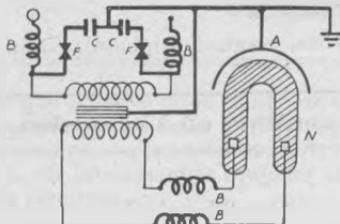
ARC ÉLECTRIQUE, postes de soudure, etc.



$C = 0,1 \text{ à } 2 \mu\text{F.}$

T = terre ou masse.

TUBES AU NÉON, Réclames, etc...



$C = 0,1 \text{ à } 1 \mu\text{F.}$

F = fusibles.

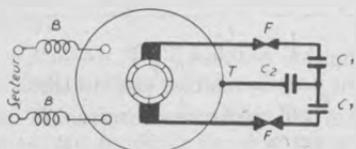
B = bobines HF 30 millihenrys.

A = Armature du tube.

N = tube au néon.

T = terre.

GROS MOTEUR FIXE, universel, continu, ou répulsion.



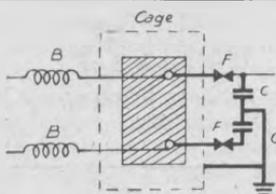
$C_1 = 0,1 \text{ à } 2 \mu\text{F.}$

$C_2 = 0,005 \mu\text{F.}$

B = bobine choc HF, 5 à 10 millihenrys.

T = carcasse à la terre.

APPAREILS MÉDICAUX, radiographie, etc.



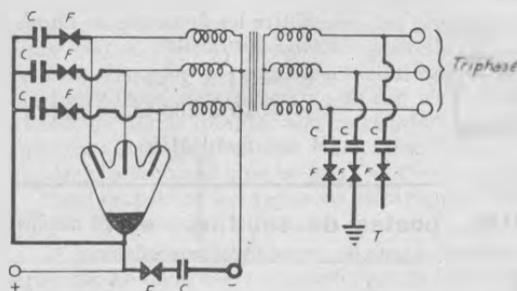
$C = 0,5 \text{ à } 4 \mu\text{F.}$

F = fusibles.

Cage = cage de Faraday mise à la terre (en treillage).

B = bobines HF 50 millihenrys.

REDRESSEUR à vapeur de mercure.

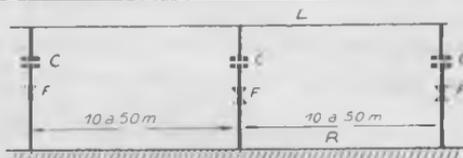


$C = 0,1 \text{ à } 1 \mu\text{F.}$

F = fusibles.

T = terre.

TRAMWAYS, chemins de fer électriques d'usine.



L = ligne aérienne.

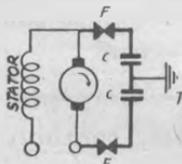
R = rails.

F = fusibles.

$C = 1 \text{ à } 2 \mu\text{F.}$

S'il y a plusieurs lignes (trolleybus, courant triphasé), équiper chacune comme ci-dessus.

MOTEUR UNIVERSEL ou continu, ou à répulsion.

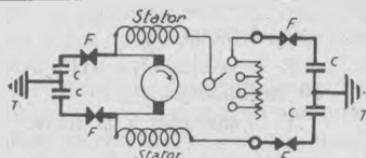


$C = 0,5 \text{ à } 1 \mu\text{F.}$

F = fusibles (facultatifs).

T = carcasse mise à la terre.

MOTEUR UNIVERSEL ou à répulsion avec rhéostat.

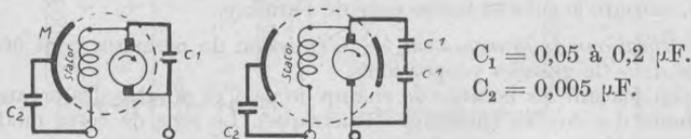


$C = 0,5 \text{ à } 1 \mu\text{F.}$

F = fusibles (facultatifs).

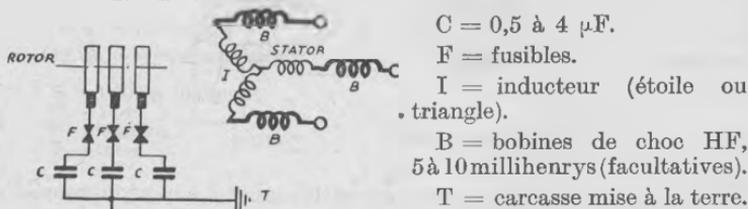
T = carcasse mise à la terre.

MOTEUR PORTATIF de faible puissance (aspirateur, etc.)



$C_1 = 0,05 \text{ à } 0,2 \mu\text{F.}$
 $C_2 = 0,005 \mu\text{F.}$

MOTEUR A BAGUES (triphasé ou diphasé).



$C = 0,5 \text{ à } 4 \mu\text{F.}$

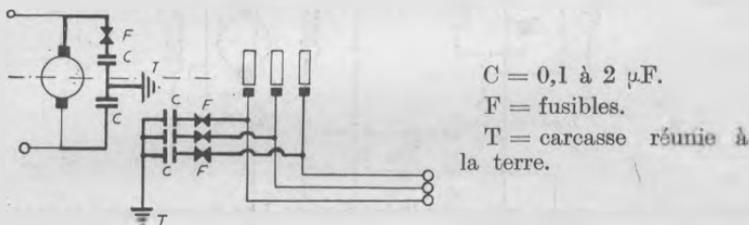
F = fusibles.

I = inducteur (étoile ou triangle).

B = bobines de choc HF, 5 à 10 millihenrys (facultatives).

T = carcasse mise à la terre.

CONVERTISSEUR ROTATIF (ou commutatrice).



$C = 0,1 \text{ à } 2 \mu\text{F.}$

F = fusibles.

T = carcasse réunie à la terre.

près que possible de la source ou de l'étincelle et gagnez la carcasse de l'appareil par les voies les plus rapides. Les condensateurs d'un moteur, par exemple, seront montés sur le moteur lui-même, et non à trois mètres de là. Et la masse doit toujours être reliée à la terre, quand on veut de bons résultats.

Bobines de choc. — Le fil dont elles seront faites sera naturellement isolé pour la tension prévue et de section correspondant à l'intensité prise par l'appareil. Des bobines de 5 à 10 millihenrys existent dans le commerce. Il n'est pas recommandé de les faire soi-même.

Moteurs. — Il y a lieu de terminer le déparasitage par un nettoyage soigné des bagues du collecteur, qui seront polies avec un papier abrasif très fin.

Boîtiers. — Tous les boîtiers métalliques seront mis à la terre (exemple : transfo d'enseigne au néon).

Prise de terre. — Elle doit être très soignée. La meilleure méthode est encore de réunir par des connexions courtes plusieurs terres voisines. Faites le moins de coudes possibles.

Écrans, cages de Faraday. — Dans les cas désespérés, tels que les installations de rayons X, rien ne vaut une cage de Faraday entourant l'appareil et mise à la terre. C'est une cage de treillage métallique, dont la dimension importe peu. Le même principe peut être appliqué aux tubes au néon inguérissables : un treillis en fil fin à larges mailles, mis à la terre, entoure le tube et forme cage de Faraday.

Modifications de branchement. — L'émission de parasites peut être atténuée dans de grandes proportions :

1° En plaçant les bobines de champ de part et d'autre des organes producteurs d'étincelles (montage symétrique). Le sens de cette modi-

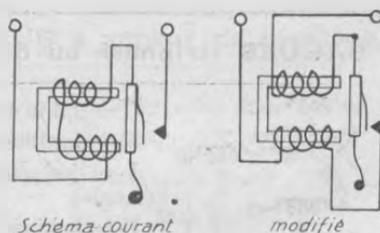


Fig. 1.

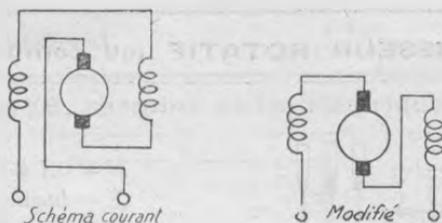


Fig. 2.

fication est clairement indiqué par les figures 1 et 2, montrant la transformation d'une sonnerie et d'un moteur universel ;

2° En blindant les fils d'amenée, le blindage étant mis à la terre. Par exemple, fils sous tube isolant à enveloppe métallique, fils sous tube d'acier, etc.

La protection du récepteur.

Cinq fois sur dix, malheureusement, vous n'avez pas accès auprès de la source de parasites, souvent parce qu'il faudrait déparasiter toute la commune avant de la trouver. Dans ce cas, débranchez l'antenne du poste : si les parasites sont toujours aussi violents, c'est qu'ils sont véhiculés par le secteur. Si, au contraire, ils sont presque éteints, c'est que l'antenne les captait, et alors le remède réside dans l'utilisation d'une antenne antiparasite.

Dans le premier cas, vous installerez un *filtre de secteur* au compteur de la maison (ou, à l'extrême rigueur, près de l'appareil).

Le schéma de tous les filtres-secteur est à peu près toujours le même : une cellule filtrante faite de deux selfs de l'ordre de 1.000 à 10.000 microhenrys en gros fil deux fois coton 9/10, et deux capacités (ou mieux quatre) de l'ordre de 1 microfarad. Selon le degré de soin et l'embonpoint du budget, on adopte les montages des figures 3, 4 ou 5.

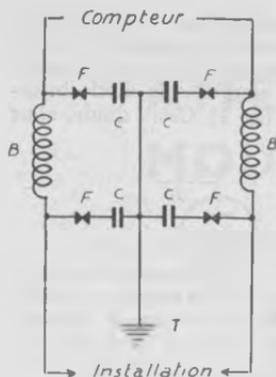


Fig. 3. — Filtre-secteur.

B = 1.000 à 10.000 μ H.
 C = 1 μ F.
 F = fusibles.
 T = terre.

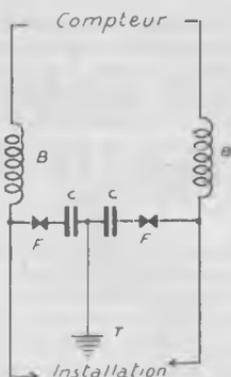


Fig. 4.

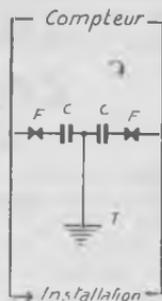


Fig. 5.

Remarquons que le même filtre est aussi capable d'empêcher les parasites de *sortir* d'un moteur que d'*entrer* dans les fils.

S'il s'agit du triphasé quatre fils, tous quatre utilisés dans la maison,

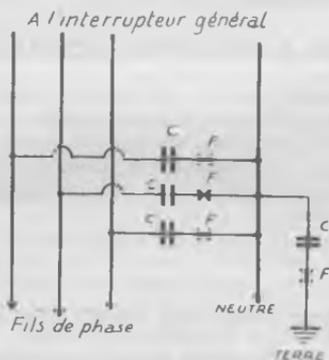


Fig. 6. — Filtre de compteur triphasé (simplifié.)

on pourra prendre le schéma simplifié figure 6. Le neutre se reconnaît à ceci : qu'il donne avec chacun des autres fils une tension basse (par exemple 110 volts) alors que la tension qui existe entre deux des autres fils est plus élevée (par exemple 200 volts).

Surtout, ne négligez pas de mettre des fusibles ! Sinon, c'est le court-circuit franc en cas de claquage d'un condensateur.

LES PARASITES ATMOSPHÉRIQUES

Contre ceux-ci, nous sommes presque totalement désarmés. Certains types d'antennes, par exemple : l'antenne doublet, sont moins sensibles que d'autres.

Certains dispositifs, cependant, permettent d'atténuer les coups de tambour atmosphériques. Un de ceux-ci est le montage Lamb, qui bloque

le récepteur pendant le passage du parasite et remplace, par conséquent, le coup de tonnerre par un silence plus supportable. Le montage Lamb est assez compliqué, nous ne nous y attarderons pas. Voici, par contre, un montage simple qui peut être essayé : c'est une double diode interposée entre la détectrice et la basse fréquence (fig. 7). Cette diode, sous

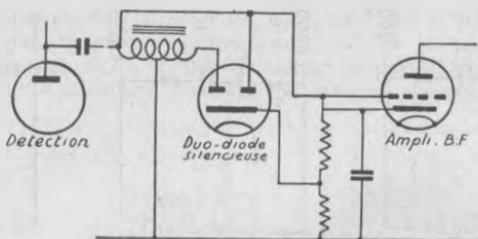


Fig. 7. — Silenceur d'atmosphériques.

l'impulsion des puissants signaux parasites, devient conductrice dans un sens ou dans l'autre et court-circuite la détectrice. Le matériel nécessaire comprend : une double diode, une bobine de choc basse fréquence, à prise médiane, et une résistance de 50 ohms environ, destinée à polariser négativement à 1,5 volt environ, par rapport à la cathode, les deux anodes de la diode. On peut du reste obtenir cette polarisation à l'aide d'un élément de pile de poche.

LES PARASITES LOCAUX

Mais l'installation de T. S. F. elle-même peut fabriquer ses propres parasites, tout comme un toutou fabrique ses propres puces.

D'abord l'antenne : tout mauvais contact, toute épissure non soudée, tout blindage détérioré ou discontinu, suffisent pour provoquer des craquements au moindre vent. De même, le blindage qui vient périodiquement toucher une gouttière.

Du côté de la terre, il n'est pas superflu de voir si tous les contacts sont bien en ordre, si des joints de filasse ne coupent pas la « terre » en deux, si le fil de terre n'agit pas comme une contre-antenne, si le tuyau choisi comme terre ne s'amuse pas à drainer dans le quartier toutes les lignes de force rayonnées par les lignes électriques.

Quant au poste, il peut faire du motor-boating, du sifflement, du souffle. Des contacts défectueux peuvent produire des craquements sous les vibrations du haut-parleur. Les cathodes de certaines lampes peuvent émettre très irrégulièrement et produire un bruit de fond très désagréable. Le remède est alors tout trouvé : mettez des lampes neuves, et des Tungstam de préférence.

AMÉLIORATIONS MODERNISATIONS

A l'inverse de son propriétaire qui s'abrutit définitivement en vieillissant, un poste de T. S. F. est toujours perfectible et souvent rajeunissable. Nous en avons même connu un, muni de lampes « micro » et d'un haut-parleur à entonnoir que son possesseur avait doté d'un correcteur de tonalité fort ingénieux donnant presque l'illusion des notes graves.

Autrefois, on remplaçait tout bonnement le vieux poste par un nouveau. Mais les vaches maigres sont venues, et avec elles l'esprit d'économie. Nombre de postes anciens sont construits avec un soin que l'on chercherait vainement dans les postes modernes — et ces derniers ne sont pas toujours aussi modernes qu'ils le prétendent. Il y a de l'argent à gagner en améliorant ces appareils, tant pour leur propriétaire que pour le service-man.

Mais il faut réfléchir avant de se lancer tête baissée dans un vieux récepteur. Inutile, par exemple, de vouloir mettre un dynamique sur un poste à piles et lampes micro, ou des pentodes haute fréquence sur un châssis en ébonite. On se contentera d'interventions plus modestes : mettre des découplages pour arrêter les oscillations basse fréquence, augmenter la sensibilité, ajouter une prise de pick-up, etc. Par contre, un poste assez récent et bien bâti autorise tous les espoirs. On n'est guère limité que par le portefeuille du possesseur. Toutefois, nous ne perdrons jamais de vue qu'une modernisation n'est raisonnable que si la dépense engagée, en temps passé, en pièces et en nerfs, reste nettement inférieure au prix d'achat d'un récepteur neuf.

Ceci dit, passons rapidement en revue les améliorations que l'on peut apporter à un poste.

AMÉLIORATION DE LA SENSIBILITÉ

Quand un poste est peu sensible, il faut d'abord voir si son antenne et sa prise de terre sont rationnelles. Neuf fois sur dix, l'antenne est à refaire suivant les principes exposés dans un autre chapitre. La sensibilité peut devenir énorme par ce simple moyen, en même temps que la musique sort plus pure de l'appareil.

Dans le même ordre d'idées, on fera la chasse aux pertes dans les circuits oscillants, en remplaçant les bobinages par d'autres plus modernes en fil divisé et à noyau magnétique. Certains bobinages ont des carcasses massives en ébonite ou en carton bakéliné : elles ne valent évidemment pas celles en isolant à faibles pertes dont on laisse juste ce qui est nécessaire pour assurer la rigidité. On pourra remplacer les condensateurs par d'autres à isolants spéciaux (trolitul, calit, styrène) et on éloignera autant que possible les blindages des bobinages.

Plus simplement, on remplacera les lampes, car un poste peu sensible n'a souvent pas besoin d'autre chose. On pourra en profiter pour essayer — prudemment ! — le remplacement par des types plus modernes, à plus grand coefficient d'amplification et plus forte pente. Toutefois,

il faut se souvenir que les lampes poussées demanderont probablement de nouvelles tensions, de nouvelles polarisations et des découplages plus sérieux, ainsi que la réduction de la réaction si le poste en comporte une, et le blindage des connexions de grille. Attention aussi à l'introduction des pentodes dans un poste ancien, si les blindages sont insuffisants : on risque l'accrochage presque à coup sûr.

Enfin, le remède de cheval consiste à mettre une lampe haute fréquence si le poste n'en a pas. On vérifiera naturellement, voltmètre et milliampèremètre en main, si l'alimentation peut nourrir une bouche de plus sans sourcilier. La figure 1 donne le schéma d'un tel étage pour

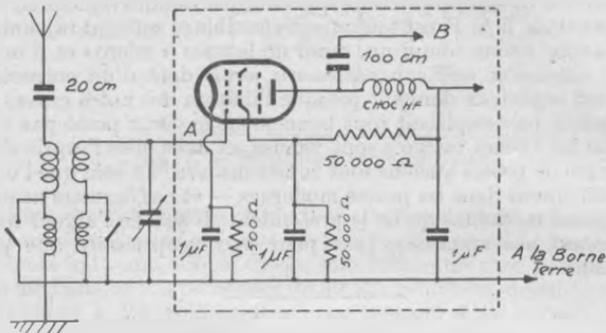


Fig. 1. — Schéma d'un étage préamplificateur haute fréquence.

P. O. et G. O. Évidemment, cela fait un variable et un commutateur de plus... Mais on pourra se contenter de la partie entourée d'un pointillé, qui viendra s'insérer entre l'accord d'antenne et la première lampe du poste, dont la grille avec ses accessoires se raccorde en A. Cette première lampe, détectrice ou oscillatrice, a maintenant sa grille de commande connectée en B. On évite ainsi les bobinages et les manœuvres supplémentaires, avec évidemment moins de sélectivité que ci-dessus.

AMÉLIORATION DE LA SÉLECTIVITÉ

Les vieux postes sont trop peu ou trop sélectifs. Par exemple, ceux de 1934-1935 ont en général des résonances tellement pointues qu'ils coupent tout ce qui dépasse leur accord, même les notes aiguës, hélas ! D'autres, par contre, donnent l'Europe entière en haut-parleur sur le même réglage.

On peut améliorer la sélectivité par un couplage d'antenne plus lâche. Les procédés sont multiples. Le plus simple consiste à mettre dans l'antenne, ou immédiatement après la borne d'antenne, un condensateur de faible capacité (20 à 1.000 centimètres), isolé à air ou avec un isolant haute fréquence sérieux, et qui pourra être variable, pour faire varier la sélectivité suivant les besoins, car la sélectivité supplémentaire est évidemment obtenue au détriment de la puissance. On peut également réduire le couplage de la bobine d'antenne, soit en l'éloignant de ses voisines sur son support, soit en lui enlevant des spires, ou, mieux encore, en la dotant de prises qui permettront de prendre le nombre de spires nécessaires, suivant les besoins (fig. 2).

Le grand ennemi de la sélectivité, c'est l'amortissement des circuits haute fréquence et moyenne fréquence. On sait comment y remédier : changer les bobines, employer le fil divisé (le fil de Litz, comme disent les Trissotins de la radio), réduire le volume et améliorer la qualité des

isolants employés dans les champs des bobines et des condensos, parfaire les contacts, souder tout ce qui ne l'est pas, éloigner les bobines des blindages et changer ceux-ci s'ils sont trop exigus, utiliser le matériel moderne à faibles pertes.

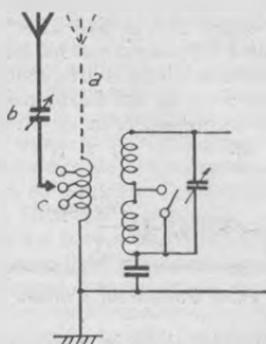


Fig. 2. — Amélioration de la sélectivité.

- a) Disposition primitive ;
- b) Variable dans l'antenne ;
- c) Prises à la bobine de couplage.

Un blindage imparfait est souvent la cause d'un manque de sélectivité, surtout par rapport aux émetteurs puissants : on comprend sans peine que les circuits mal blindés pèchent dans l'éther environnant les oscillations puissantes dont on veut justement se débarrasser. Donc, perfectionnez les blindages, blindez les connexions haute fréquence qui ne le sont pas avec un blindage assez large mis à la terre. Quant aux bobines non blindées, il faudra évidemment les remplacer si on veut les blinder, car le métal placé dans leur champ modifie profondément l'accord en réduisant la self ; il n'est pas recommandé d'augmenter la capacité d'accord en conséquence.

Si le poste n'est pas un super, on peut augmenter la réaction et même en mettre une si le poste n'en a pas. Comme chacun sait, la réaction augmente énormément la pointe de résonance des circuits oscillants, donc leur sélectivité. On connaît des moyens d'augmenter la réaction (fig. 3) :

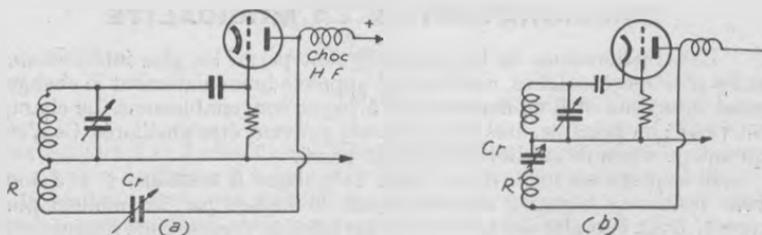


Fig. 3. — Circuits de réaction.

augmenter le nombre de spires de la bobine de réaction R, augmenter le couplage, augmenter la capacité du condensateur de réaction C_r . Toutefois, il ne faut pas abuser de ces remèdes, car une réaction trop forte se traduit par une déformation de la musique et de l'instabilité.

Un moyen fort élégant d'améliorer tout à la fois la sélectivité et la musique consiste à remplacer les circuits simples par des circuits passe-bande, qui donnent une courbe de résonance carrée à flancs abrupts. Il

faut naturellement que le poste en vaille la peine, car, si le résultat est intéressant, la modification est un travail assez important pour demander réflexion avant de l'entreprendre.

Les supers d'il y a quelques années présentent parfois un défaut de sélectivité assez curieux. Comme leur moyenne fréquence est réglée sur une fréquence comprise entre 135 et 240 kilocycles, il arrive que leur étage de présélection haute fréquence est incapable d'arrêter totalement l'onde d'un émetteur puissant, dont la fréquence est justement celle de la moyenne fréquence ou d'un de ses harmoniques. Le remède découle de source : on améliorera le présélecteur, ou on changera la fréquence de moyenne fréquence (fig. 4).

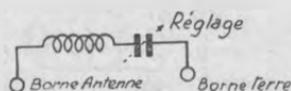


Fig. 4. — Filtre éliminateur d'ondes gênantes.

Enfin, pour terminer, signalons la « trappe à ondes », le bon vieux circuit bouchon de nos grands-pères, qui éliminera l'émetteur un peu trop puissant débordant sur les pieds de ses voisins Il est, en somme, le cousin germain de la figure 4, à cette différence près qu'il arrête l'onde gênante au lieu de la dériver vers la terre. Son schéma est donné par la figure 5 :

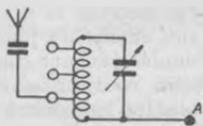


Fig. 5. — Trappe à ondes.

on règle d'abord le poste au maximum sur la station à éliminer, puis on règle la trappe à ondes jusqu'à ce que l'audition de ladite station soit à peine audible. Justice est faite : il n'y a qu'à laisser la trappe ainsi réglée. Par contre, si on veut entendre cet émetteur gênant, il faut déplacer l'antenne en A, comme auparavant, ou encore court-circuiter la trappe par un interrupteur *ad hoc*.

AMÉLIORATION DE LA MUSICALITÉ

Les améliorations de la musicalité sont parmi les plus intéressantes et les plus spectaculaires, car le client apprécie immédiatement le changement intervenu et il ne demande qu'à payer convenablement. Le champ est vaste : en principe, *tous* les récepteurs peuvent être améliorés. Ce n'est qu'une question de crédits et de temps passé.

Si le poste est muni d'une basse fréquence à transfos, il y a souvent beaucoup à gagner en remplaçant le transfo par un modèle plus récent. Avec l'emploi des nouvelles tôles à haute perméabilité magnétique (permalloy, etc.), on est arrivé à faire de petits transfos basse fréquence qui reproduisent à peu près uniformément les fréquences comprises entre 50 et 10.000 périodes par seconde. On entend immédiatement la différence quand on les substitue aux anciens.

Mais un bon transfo, amplifiant également sur une large bande de fréquences, est un outil coûteux, et il faut l'utiliser avec des lampes dont le K. ne dépasse pas 20. Nous sommes loin des K. de 120 à 200, courants avec les lampes des amplificateurs à résistances, dont les organes sont bien moins encombrants et bien meilleur marché.

Rien ne nous oblige peut-être à conserver les transfos. Si notre poste a une tension anodique suffisante et un courant de chauffage potable, il est souvent préférable de monter une pentode de sortie suivant le schéma bien connu. Quelques mesures simples nous renseignent vite sur la possibilité de l'opération et le type de pentode à choisir, suivant la consommation anodique et l'impédance de charge admissibles. Non seulement la pentode moderne donne un gain de 150 par étage, alors qu'une triode avec transfo 1 : 3 doit se contenter de 60, mais encore les notes aiguës sont mieux rendues ; et ce sont justement celles qui manquent le plus aux postes anciens, contrairement à une opinion généralement répandue.

Mais voici un poste dont la partie basse fréquence paraît sans reproche, et qui cependant déforme outrageusement la musique, surtout au moment des « forte » : à ce moment, l'orchestre a l'air de s'effondrer dans un bruit de vaisselle. Un essai d'écoute au casque immédiatement derrière la détectrice (avec au besoin une résistance variable en shunt sur le casque pour ménager nos oreilles) nous renseigne aussitôt : si le défaut disparaît, c'est que notre basse fréquence est mal polarisée ou surchargée. Dans le premier cas, le remède est simple. Dans le second cas, il est peut-être possible d'augmenter la tension anodique, sinon nous remplacerons la lampe trop faible par une autre plus forte que nous polariserons en conséquence. Bien entendu, nous aurons soin de nous assurer au préalable que notre nouvelle lampe finale n'est pas trop gourmande en volts et en milliampères. Par exemple, en remplaçant une 89 par une 6 V 6, on obtient à la fois plus de puissance et moins de distorsion. Si nous observons une chute de tension anodique, nous la surmonterons souvent en augmentant la capacité des condensateurs de filtrage.

Si le poste en vaut la peine, si son haut-parleur est capable d'encaisser des watts modulés, si l'alimentation le permet enfin, il sera peut-être intéressant de munir l'appareil d'une sortie en push-pull. On en connaît le principe : les grilles des deux lampes finales (fig. 6) reçoivent

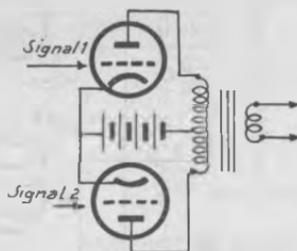


Fig. 6.

deux signaux 1 et 2 absolument identiques, mais en opposition de phase. Les plaques fournissent à leur tour deux signaux amplifiés, également en opposition, mais qui s'additionnent dans le primaire du transfo de sortie à prise médiane. Les avantages du push-pull classe A ainsi constitué sont importants : le filtrage du courant anodique est moins critique, le fonctionnement est très stable, les harmoniques pairs s'annulent, la puissance est considérable avec une distorsion réduite. En choisissant des triodes, ou mieux encore des tétrodes à concentration électronique (6 V 6, 6 L 6) on aura les meilleurs résultats, car, dans ces tubes, les harmoniques impairs ne sont pas très gênants et les harmoniques pairs sont annulés par le push.

Si vous disposez d'un bon transfo push (obligatoirement coûteux, car les deux demi-secondaires doivent être rigoureusement identiques et

symétriques par rapport au primaire et au noyau), une solution simple est donnée par la double pentode ELL 1 (fig. 7). Mais vous pouvez aussi réali-

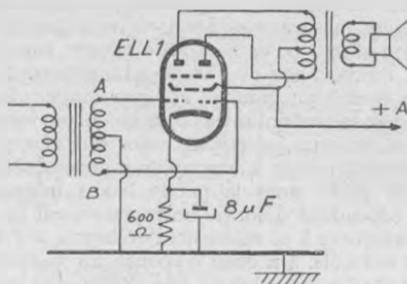


Fig. 7. — Push-pull à transfo et lampe double.

ser le push-pull sans transfo, à l'aide d'une lampe déphaseuse. Le principe est simple : la tension de signal est appliquée à la grille d'une des lampes finales ; une partie de cette tension, bien dosée, est appliquée à la grille d'une triode : à la plaque, on recueille cette partie de tension amplifiée, identique au signal initial, mais déphasée de 180°, donc juste ce qu'il nous faut pour la grille de la seconde lampe finale.

La figure 8 montre un tel push : la lampe 6 C 5 du haut amplifie le

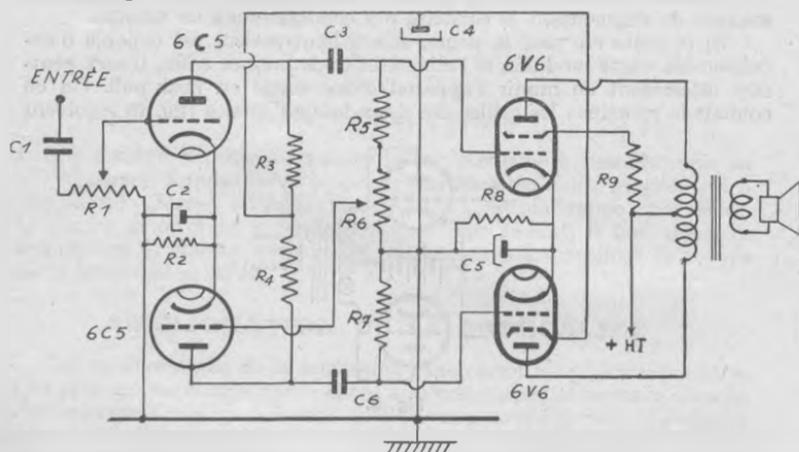


Fig. 8. — Amplificateur push-pull à lampe déphaseuse.

| | |
|--|-----------------------------|
| C_1, C_3, C_6 — 0,05 à 0,1 μF ; | R_1, R_4 — 100.000 ohms ; |
| C_2, C_4 — 4 μF ; | R_3, R_8 — 250.000 ohms ; |
| C_5 — 8 μF ; | R_2 — 200 ohms ; |
| R_1, R_7 — 500.000 ohms ; | R_6 — 5.000 ohms. |
| R_3 — 1.250 ohms. | |

signal, dont une partie prélevée le long du diviseur de tension $R_5 - R_6$ est renvoyée à la 6 C 5 du bas pour se faire déphaser et amplifier. Le reste n'est que volume-control (R_1), abaisseur de tension (R_9), condensateurs de couplage et de découplage. Les lampes finales sont des 6 V 6. Du reste, les deux 6 C 5 peuvent être remplacées par une double triode, telle que la 6 C 8. Si le poste est équipé en lampes 2,5 volts, rien ne s'oppose à l'utilisation de deux 56 ou 2 A 3.

Beaucoup de récepteurs d'un certain âge — et même d'autres tout récents — ont une voix qui semble sortir d'un tonneau. Juste après l'apparition du haut-parleur dynamique, ce fut même la grande mode, on ne jurait que par les notes graves. Plus c'était cotonneux, plus c'était beau, et l'on nous conviait à admirer les « basses » fabriquées de toutes pièces par le poste qui ne savait guère faire autre chose. Il y a des gens qui aiment cela, mais, à notre avis, cette « reproduction » n'a qu'un rapport assez lointain avec la musique du studio.

Une des causes de cette tonalité de tonneau réside dans une sélectivité trop poussée. Certains transfos moyenne fréquence ont des courbes de résonance en chandelle, d'autres ont une largeur de bande réglée pour couper théoriquement à partir de 4.500 cycles de part et d'autre de l'accord ; mais, en fait, ils affaiblissent très sensiblement les aiguës à partir de 3.000 périodes par seconde, alors qu'il faut en laisser passer *au moins* 10.000 pour reproduire à peu près potablement toutes les finesses. Comme il ne peut être question de remplacer les transfos et que d'autre part le réglage de la bande passante est difficilement altérable, nous tournerons la difficulté en favorisant le passage des aiguës : par exemple, en réduisant fortement le condensateur de couplage de la lampe basse fréquence, ou encore en employant un transfo de sortie présentant une pointe de résonance vers 4.000 périodes par seconde, là où justement la reproduction commence à fléchir.

Certains récepteurs, inspirés de la technique américaine, produisent ce fâcheux son de tonneau en supprimant systématiquement les notes aiguës à l'aide de condensateurs placés entre les anodes des lampes basse fréquence et la masse. La figure 9 montre la partie basse fréquence d'un

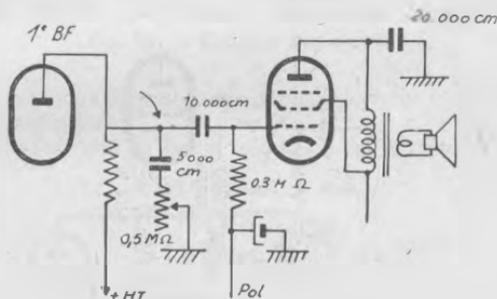


Fig. 9. — Étouffement des aiguës.

récepteur de marque de 1933 : on y voit un condensateur de 20.000 centimètres entre l'anode de la lampe finale et la masse, et un autre de 5.000 centimètres à la lampe précédente. Dans de telles conditions, les aiguës étaient escamotées, pour la plus grande joie des snobs.

Le remède va de soi : nous réduirons au minimum les capacités de découplage des anodes : avec 150 à 200 centimètres à la première basse fréquence, et 2.000 à 3.000 à la finale, cela doit aller. Nous tâtonnerons autour de ces valeurs jusqu'à satisfaction.

Mais il est probable que ce remède sera encore insuffisant. Nous avons alors la ressource d'agir sur le transfo du haut-parleur, dont la self primaire est trop forte. Si nous connaissons l'impédance de la bobine mobile, tout va bien, nous pourrions aisément déterminer les caractéristiques du nouveau transfo : le rapport de transformation est égal à la racine carrée du quotient de l'impédance de charge de la lampe finale par l'impédance de la bobine mobile, et on réduira en conséquence la self du primaire. Toutefois, il est plus simple de procéder par tâtonnements.

Tout dépanneur possède un certain nombre de dynamiques et de transfos de sortie : nous les essayerons et nous prendrons celui qui a la tonalité la plus agréable.

Les tone-controls.

Dans la plupart des postes du commerce, le tone-control n'est qu'un dispositif rudimentaire qui supprime plus ou moins les aiguës. On le trouve, tantôt dans le circuit anodique de la finale, tantôt dans son circuit de grille (fig. 10). C'est évidemment mieux que rien, mais un bon

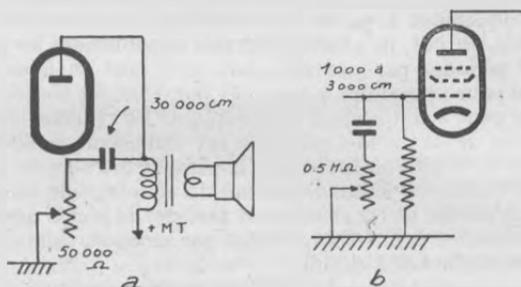


Fig. 10. — Tone-controls commerciaux.

contrôleur de tonalité doit pouvoir agir à volonté sur les graves et sur les aiguës. La figure 11 montre un dispositif très simple agissant sur les

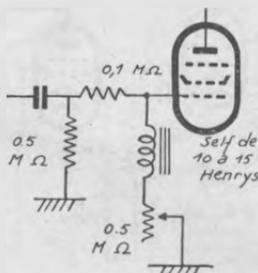


Fig. 11. — Contrôleur de notes graves.

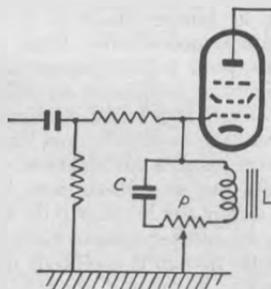


Fig. 12. — Tone-control progressif.

graves. En guise de self, un vieux transfo de sortie pour pentode, dont

nous utiliserons seulement le primaire, pourra convenir faute de mieux. Ce contrôleur complétera le tone-control du poste qui n'agissait que sur les aiguës.

Si nous voulons bien faire les choses, nous monterons un tone-control combiné suivant la figure 12, avec les valeurs approximatives suivantes: $C = 1.000$ à 3.000 centimètres, $L = 10$ à 15 henrys, $P = 1$ mégohm. La variation des graves aux aiguës est continue par le jeu du potentiomètre, dont la résistance doit être suffisante pour ne produire aucune atténuation vers le milieu de sa course. Les valeurs de L et C pourront être modifiées suivant l'effet qu'on désire obtenir.

Enfin, le réglage des aiguës peut encore s'obtenir de façon ultra-simple en mettant par exemple trois condensateurs de valeurs différentes dans la liaison de la dernière lampe. Avec un commutateur à trois plots dont le curseur peut court-circuiter deux plots en passant dessus, cela donne cinq tonalités différentes (fig. 13). En effet, avec 1.000 , 2.000 et

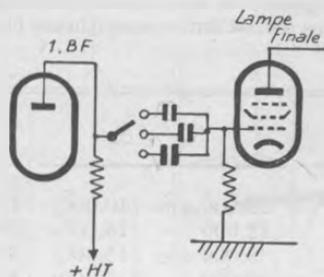


Fig. 13. — Contrôle des aiguës.

5.000 centimètres, nous disposons des cinq capacités : 1.000 , 2.000 , 3.000 , 5.000 et 7.000 centimètres.

Pour les postes dont la basse fréquence est à transfo, la figure 14

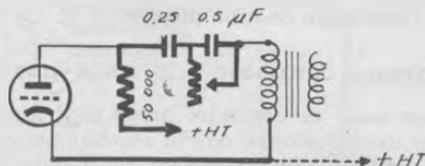


Fig. 14.

montre comment on peut améliorer le rendu des basses (en pointillé, connexion à supprimer; en gras, connexions à ajouter). Un potentiomètre permet de graduer les effets.

Compensation du volume-control.

On sait qu'à faible puissance un poste, par ailleurs excellent, perd tout relief sonore. C'est que notre oreille ne daigne entendre les basses que si elles sont assez puissantes. Pour qu'on puisse les déceler dans une musique atténuée, il faut les favoriser d'autant plus que l'atténuation est plus forte.

Ceci s'obtient très aisément à l'aide d'un potentiomètre à prises (fig. 15); un potentiomètre de 2 mégohms présente une prise à 100.000 ,

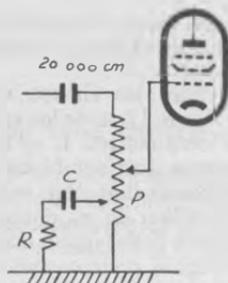


Fig. 15. — Volume-control compensé.

200.000 ou 500.000 ohms du côté relié à la masse. Entre cette prise et la masse, on met une capacité en série avec une résistance, dont voici les valeurs approximatives (celles entre parenthèses correspondent à un fort relevage des basses).

| PRISE A : | C | R |
|--------------|---------------------|----------------------|
| 100.000 ohms | 25.000 cm. (40.000) | 10.000 ohms (4.000) |
| 200.000 — | 12.000 — (18.000) | 20.000 — (10.000) |
| 300.000 — | 8.000 — (15.000) | 30.000 — (12.500) |
| 500.000 — | 5.000 — (8.000) | 50.000 — (20.000) |

La valeur totale du potentiomètre doit être très élevée, supérieure à 1 mégohm. On trouve dans le commerce des modèles de 1,6 à 2,2 mégohms. A défaut, tout bricoleur un peu adroit aura tôt fait d'en faire un avec un potentiomètre de 2 mégohms et une prise de fortune, bien facile à imaginer suivant l'accessoire dont on dispose.

Un grand coupable : le haut-parleur.

Il est assez amusant de constater qu'on se donne énormément de peine pour obtenir dans le dernier circuit anodique une modulation sans reproche, et puis, ce beau résultat obtenu, on flanque tout par terre en branchant un haut-parleur de mœurs douteuses ! Car les belles courbes des réclames de haut-parleurs sont souvent très théoriques — on se garde bien, et pour cause, de faire paraître les pointes de résonance, et la chute lamentable aux deux extrémités, et les harmoniques créés par l'instrument, et les vibrations à demi-fréquences dues au cône à génératrice droite, et les astuces, ruses et truquages utilisés pour tromper le micro enregistreur, et l'imagination du fabricant qui remplace assez souvent tous les essais de laboratoire. Il y a certes d'honorables exceptions, mais elles sont rares. La plupart des appareils du commerce sont équipés avec des haut-parleurs qui font beaucoup de bruit pour rien. Un poste bien bâti est souvent amélioré dans des proportions insoupçonnées, dès qu'on remplace son haut-parleur de pacotille par un instrument sérieux — surtout s'il s'agit d'un dynamique à aimant permanent et à membrane moderne courbée en corolle qui évite les vibrations à demi-fréquence. Nous aurons soin de bien marier notre haut-parleur à la lampe finale par un transfo de rapport judicieusement choisi.

Une cause souvent négligée de mauvaise reproduction réside dans la résonance de l'ébénisterie. Cette résonance est double : la vibration mécanique des parois à certaines fréquences et la résonance de la masse d'air contenue dans la caisse. Contre la première nous pouvons lutter en tapissant de feutre collé les parois trop minces ou trop développées, ou encore en contreplaquant intérieurement avec du contreplaqué tendre bien collé. Contre la seconde, qui se manifeste surtout dans les ébénisteries profondes par rapport à leur largeur et leur hauteur, nous avons la ressource du cloisonnement, par exemple en deux ou quatre cellules à l'aide d'un « matériau » insonore, tel que le cellotex ou tout bonnement du carton ondulé contrecollé jusqu'à épaisseur suffisante. Signalons en passant qu'on peut souvent améliorer sensiblement le rendu d'un haut-parleur en le montant « flottant » sur son ouverture, avec interposition de feutre et de rondelles de caoutchouc et — si nous nous en sentons le courage — en libérant sa membrane trop raide par une double rangée d'entailles pratiquées à la périphérie (fig. 16). Ne craignez rien, le haut-

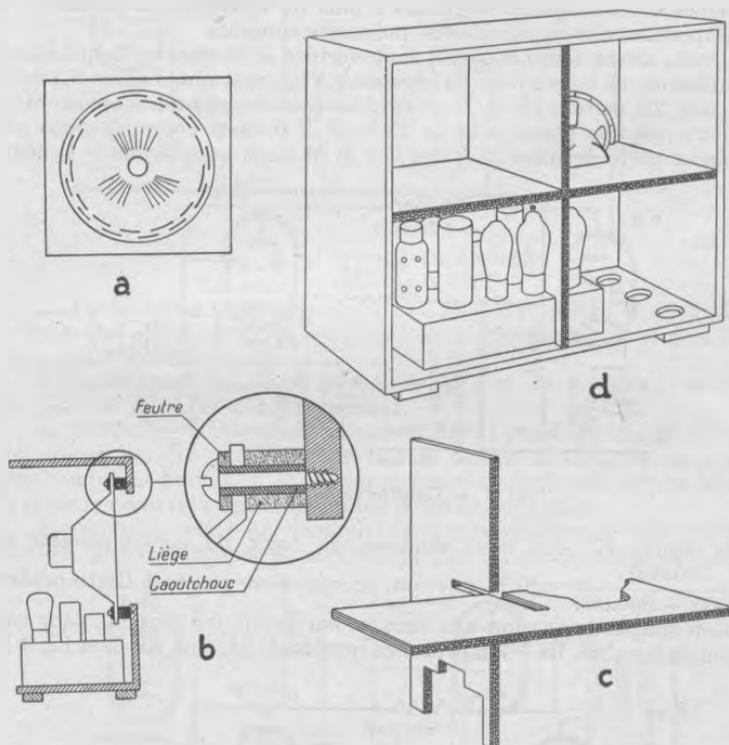


Fig. 16. — Lutte contre les résonances mécaniques.

- a) Entailles périphériques à la membrane du haut-parleur ;
- b) Montage flottant du haut-parleur ;
- c et d) Cloisonnement de l'ébénisterie.

parleur n'en mourra pas, au contraire. Si les bords sont raides, si sa membrane ne se déplace pas d'un bloc sous la pression, comme un piston, il ne faut pas hésiter. La bonne reproduction des notes graves est à ce prix.

Enfin, remède *in extremis* quand il y a des résonances « son de ton-

neau » : des ouvertures dans l'ébénisterie, sur les côtés, qu'on masque à l'aide d'un tissu léger. C'est radical.

La contre-réaction.

La contre-réaction étant l'inverse de la réaction, il ne faut y penser que si le poste présente une grosse réserve de puissance. Donc, nous ne perdrons pas notre temps à doter de la contre-réaction un poste tous courants, ou un appareil dont la finale est une 45, une 47, une 2 A 5, etc.

On sait que la contre-réaction réduit les bruits parasites du poste, les grésillements des lampes, les ronflements, les distorsions d'amplitude, de transmodulation, la distorsion produite par la courbure des caractéristiques des lampes. En dosant ses effets, nous la ferons agir sur toute l'étendue des fréquences musicales, et même nous creuserons à volonté la courbe de réponse de notre amplificateur, pour favoriser les graves ou les aigus et ramener les moyennes à plus de modestie. L'amélioration est proportionnelle au sacrifice de puissance consenti.

Donc, avant toute chose, il faut vérifier si la réserve de puissance est suffisante. Si nous avons un récepteur à lampes américaines 6,3 volts avec une 6 Q 7 ou une 6 Q 7 comme détectrice-préamplificatrice basse fréquence, et une pentode finale 42 ou 6 V 6, nous commencerons par remplacer cette dernière par une 6 V 6 et nous adopterons le schéma

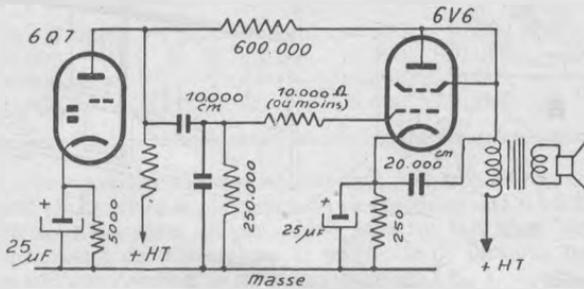


Fig. 17. — Contre-réaction simple.

de la figure 17, qui nous donnera un taux de contre-réaction de $\frac{100.000}{100.000 + 600.000} = 0,14$ environ, ce qui n'est pas mal. Cette contre-réaction simple de tension agit surtout sur le spectre musical, sans correction de tonalité. La 6 V 6 peut être remplacée par une EL 3 ou EL 3 N,

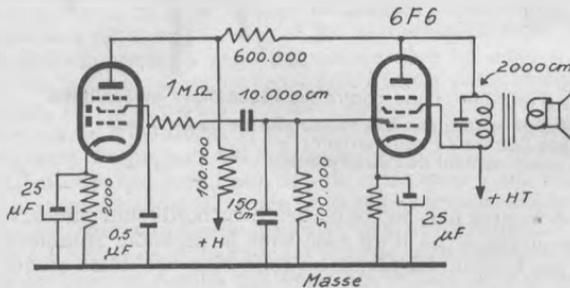


Fig. 18. — Contre-réaction simple.

mais, dans ce cas, la résistance de contre-réaction passe de 600.000 ohms à 1 mégohm, et la résistance de fuite de grille passe de 250.000 à 500.000 ohms.

Si la préamplificatrice basse fréquence est une 6 B 7 ou une 6 B 8, il est possible de faire de la contre-réaction sans changer la lampe finale, mais avec une diminution sensible de la puissance. Le schéma devient celui de la figure 18.

Comme on le voit, la contre-réaction simple de tension ne diffère somme toute du montage basse fréquence courant que par l'adjonction d'une forte résistance entre les plaques des deux dernières lampes. Partant de ceci, voici quelques solutions applicables aux postes anciens.

1. Partie basse fréquence formée de EBC 3 et EL 3 : nous remplaçons la EBC 3 par une EBF 2 en nous inspirant des schémas de la figure 19.

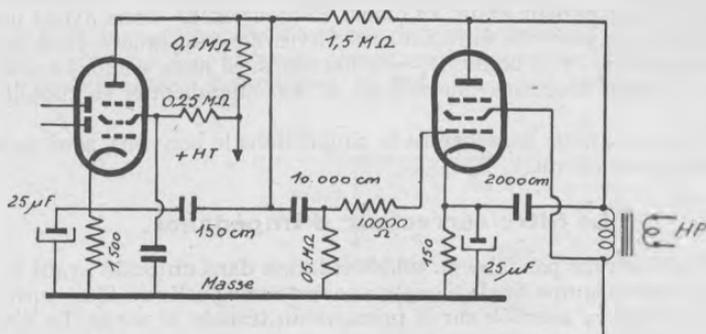


Fig. 19. — Contre-réaction simple.

2. Partie basse fréquence formée de E 446 et E 443 H : remplacer la finale par AL 3 ou AL 4. La résistance de contre-réaction sera d'environ 1,5 mégohm.

3. Partie basse fréquence formée de AF 7 et AL 2 : remplacer AL 2 par AL 3 ou AL 4. $R = 1,5$ mégohm.

4. Partie basse fréquence formée de ABC 1 et AL 3 : ici, pas de solution commode, car nous n'avons pas de double diode-pentode 4 volts pour remplacer la ABC 1, et la contre-réaction appliquée sur les lampes du poste conduirait à une trop grande perte de puissance.

Maintenant, voici un exemple de contre-réaction à correction de tonalité. Nous prélevons au secondaire du transfo de sortie la tension

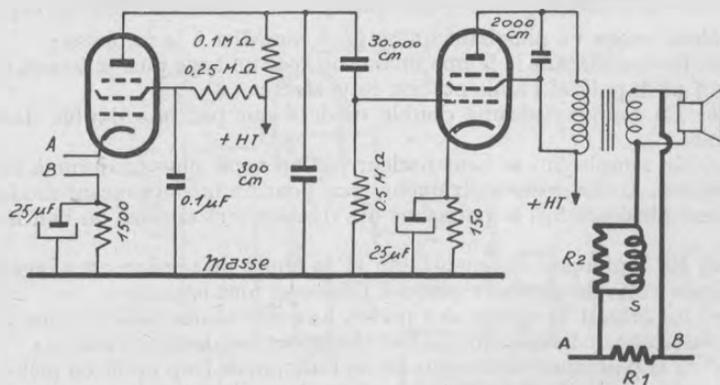


Fig. 20. — Contre-réaction compensée.

nécessaire et nous l'injectons dans le circuit de cathode de la préamplificatrice basse fréquence (fig. 20). Le circuit à réaliser est indiqué en traits gras : on voit une self S qui atténue la tension prélevée sur les notes aiguës, une résistance R_2 pour éviter un effet trop brutal, et une résistance R_1 , dont les extrémités A et B s'insèrent dans le circuit cathodique aux points marqués A et B. Bien entendu, nous remplacerons les lampes trop faibles, de manière à avoir la réserve de puissance indispensable. Les lampes seront par exemple : EF 6 et EL 3, 6 Q 7 et 6 V 6, 6 Q 7 et EL 3, etc.

Mais les tâtonnements nous attendent, hélas ! car la mise au point est délicate. La valeur des éléments R_1 , R_2 et S dépend, non seulement de la contre-réaction désirée, mais encore de la correction de tonalité et des caractéristiques du haut-parleur. On peut commencer avec $R_1 = 8$ ohms, $R_2 = 500$ ohms, $S = 20.000$ microhenrys, la résistance de la bobine mobile du haut-parleur étant 10 ohms. Heureusement, nous avons une ressource : nous pouvons faire les essais avec des résistances variables, par exemple : $R_1 = 25$ ohms, $R_2 = 1.000$ ohms. Si nous voulons relever les graves, nous mettrons une self de 40.000 microhenrys en parallèle sur R_1 .

Et surtout, nous brancherons le circuit dans le bon sens, sous peine d'accrochages violents.

Le filtre correcteur d'impédance.

Si l'on ne veut pas faire de contre-réaction dans un poste ayant une pentode comme lampe finale, il reste une ressource : celle du filtre correcteur qu'on met *en parallèle* sur le primaire du transfo de sortie. Le filtre est constitué tout simplement par une résistance et une capacité en série. On peut calculer les valeurs de la résistance et de la capacité, en partant des mesures de tension aux bornes du transfo de sortie, à différentes fréquences. Mais, en pratique, nous essayerons d'abord un condensateur de 50/1000 de microfarad et une résistance un peu plus forte que l'impédance optimum du circuit anodique de la lampe de sortie, autrement dit de 1,2 à 1,5 fois l'impédance de charge indiquée pour chaque lampe. Et nous tâtonnerons autour de ces valeurs, jusqu'à ce que l'oreille soit satisfaite.

Ce filtre agit en sens inverse de la bobine mobile, dont l'impédance croît pour les aiguës. Grâce à lui, l'impédance de charge reste à peu près constante pour toute l'échelle musicale.

AMÉLIORATION DE LA PUISSANCE

Nous avons vu plus haut qu'on peut remédier à la faiblesse :

- a) En remplaçant la lampe finale soit par un type plus puissant, soit par un push-pull, si l'alimentation le permet ;
- b) En remplaçant une double diode-triode par une double diode-pentode ;
- c) En remplaçant le haut-parleur par un type plus moderne à haut rendement. Il existe des instruments qui, pour un même courant modulé, donnent plusieurs fois la puissance des dynamiques anciens ou bon marché ;
- d) En renforçant l'alimentation si la chute de tension est exagérée. Quelques volts de plus aux plaques finales se font entendre ;
- e) En faisant la chasse aux pertes, aux résistances mal choisies, aux condensateurs de liaison trop faibles et surtout aux lampes vieilles ;
- f) Si la puissance est acceptable en radio, mais trop faible en pick-up, le remède réside dans le remplacement du pick-up par un autre plus sensible. Vous pouvez aussi essayer un bon transfo basse fréquence 1/3

pont le secondaire est réuni au pick-up et le primaire aux bornes du poste montage en éleveur).

LES ACCESSOIRES

Un moyen bien simple de grossir vos factures et vos bénéfices, avec félicitations du jury, consiste tout simplement à proposer d'ajouter quelques raffinements qui donneront au vieux poste une allure ultra-moderne. Car les accessoires, ce n'est plus comme une vague amélioration de fidélité, qu'on ne voit qu'avec l'oreille : cela se touche, on en a pour son argent. Proposez donc, et neuf fois sur dix vous vendrez l'accessoire visible, facile à poser, qui plaît et qui rapporte.

Volume-control.

Certains vieux postes n'ont pas de volume-control. Il est bien facile d'en mettre un. Une méthode simple est indiquée par la figure 21 : c'est un potentiomètre de 10.000 à 20.000 ohms, non bobiné, placé entre

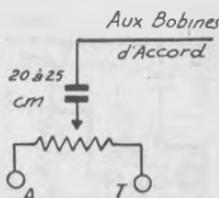


Fig. 21. — Volume-control d'antenne.

antenne et terre, avec son curseur relié au fil qui partait de la borne d'antenne. Ce système a l'avantage de décharger toutes les lampes, quand on se règle sur un poste puissant ou rapproché. On le mettra de préférence à proximité des bornes A et T, par exemple, sur le côté du poste. Le potentiomètre sera blindé, avec blindage mis à la masse.

En basse fréquence, c'est tout aussi simple. Un potentiomètre de 50.000 à 250.000 ohms, utilisé comme résistance variable, est branché entre la grille de la préamplificatrice et la masse.

Prise de pick-up.

Si le poste est muni d'une détection par binode, ce qui est le cas des appareils pas trop anciens, le montage est celui de la figure 22. Le retour

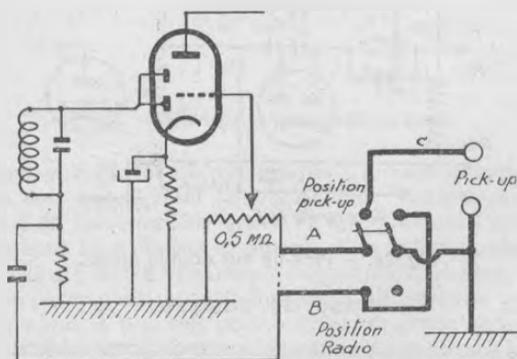


Fig. 22. — Prise de pick-up sur double diode-triode, ou ditétrode, ou binode.

de grille de la préamplificatrice est coupé à l'endroit pointillé, et on monte l'inverseur et les bornes, comme l'indique le trait gras. Les connexions A, B, C et D seront blindées et le blindage mis à la masse. On peut simplifier en supprimant l'inverseur : les douilles du pick-up sont branchées directement au potentiomètre. Mais l'inverseur permet d'éviter le débranchement du pick-up quand on veut écouter la radio. Faire les nouvelles connexions aussi courtes que possible.

Quant aux postes anciens, avec détectrice à réaction, les douilles de pick-up se branchent simplement l'une à la grille, l'autre à la cathode de la détectrice (ou au « moins filament » si la lampe n'a pas de cathode). Hâtons-nous de dire que les résultats ne sont pas fameux, la polarisation négative était absente à moins de polariser positivement la cathode à l'aide d'une résistance et d'un condensateur, comme d'habitude, cette résistance étant court-circuitée quand on écoute en radio.

Quant le poste est muni d'une détection anodique, le schéma est celui de la figure 23. Ici, la résistance de polarisation est remplacée par deux

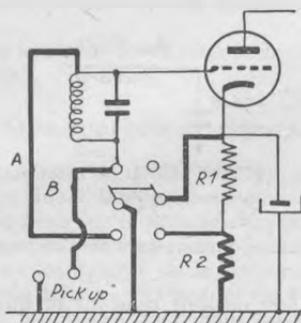


Fig. 23. — Pick-up sur détectrice anodique.

éléments, R_1 et R_2 (ce dernier valant à peu près 2.000 ohms). En position radio, toute la résistance est utilisée, ce qui place la lampe en fonctionnement à son point de courbure. En position « phono », la résistance R_1 est court-circuitée, il ne reste que R_2 en circuit, donc la polarisation est réduite. Suivant la lampe, on choisira les valeurs des résistances de manière à obtenir une détection et une amplification correctes.

La détection par double diode séparée demande un peu d'observation pour distinguer la diode détectrice de celle d'antifading. Le branchement est celui de la figure 24.

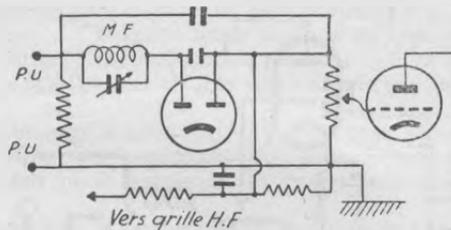


Fig. 24. — Pick-up sur double diode.

Prise de casque.

Il y a des sourds qui seront enchantés de cette addition et d'autres qui ne le sont pas, mais qui apprécieront quand même le casque pour

l'écoute des stations très faibles ou lointaines. Faites-leur faire un essai, et la prise est vendue, de même que le casque. La prise de haut-parleur n'est pas indiquée, car la puissance peut être trop grande et le haut-par-

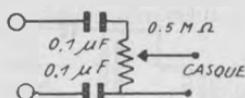


Fig. 25.

leur du poste continue à tonitruer. Néanmoins, la figure 25 indique le montage de l'adaptateur, dont les bornes se brancheront :

- Soit aux bornes du haut-parleur supplémentaire,
- Soit entre masse et plaque de la lampe finale,
- Soit aux deux plaques d'un push-pull.

Il est bien préférable de monter le casque avec un jack, comme l'in-

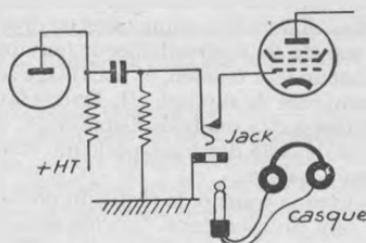


Fig. 26. — Adaptation d'un casque.

dique la figure 26, dans le circuit grille de la lampe finale, ce qui réduit le haut-parleur au silence pendant l'écoute au casque.

Haut-parleurs supplémentaires.

Ici encore, c'est enfantin : voyez la figure 27. On branchera, soit

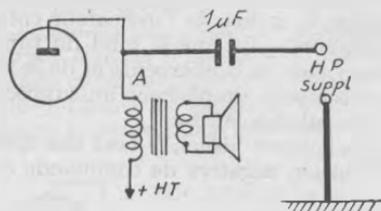


Fig. 27. — Haut-parleur supplémentaire.

un magnétique, soit plutôt un dynamique à aimant permanent. Le condensateur ne doit pas être un électrochimique. Voulons-nous réaliser la combinaison d'un haut-parleur grave et un « tweeter » aigu, qui, si les haut-parleurs sont bien choisis et séparés d'un mètre ou deux, donne un beau relief musical? Notre dynamique supplémentaire sera, par exemple, un dynamique permanent de petit format et d'excellente qualité, et nous insérerons au point A une self pour arrêter les notes aiguës, de façon à obliger le haut-parleur du poste à se gaver de graves. Comme self, on peut utiliser un transfo dont on n'utilise qu'un enroulement. On procède-

dora par tâtonnements, c'est plus simple et plus sûr. Une solution plus élaborée est donnée par la figure 28, où la division des fréquences est assurée par un filtre.

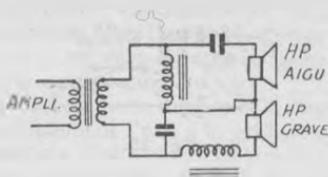


Fig. 28. — Diviseur de fréquences pour deux haut-parleurs.

Si le poste doit alimenter plusieurs haut-parleurs extérieurs (le sien étant débranché ou enlevé), le schéma est évident : le secondaire du transfo de sortie alimente les haut-parleurs en parallèle sur lui. Deux méthodes se présentent : ou bien les haut-parleurs n'ont pas de transfo individuel, et, dans ce cas, il faut des connexions en gros fil (2 millimètres de diamètre) avec un transfo de sortie abaisseur (environ 200/1), ou bien les haut-parleurs ont chacun leur transfo, et le câblage se fait en fil mince, et le transfo de sortie peut être de rapport 1/1. Mais il faudra calculer tout cela, en tenant compte des watts modulés disponibles, de l'impédance de charge de l'étage final et de celle des haut-parleurs, comme il est indiqué au chapitre *Sonorisation des salles*.

À aucun prix, ne sortez le transfo de sortie du poste pour le conduire avec son haut-parleur loin du récepteur. Les fils seraient parcourus par du continu à haute tension, ce qui vous obligerait à des isolements savants et pas toujours très sûrs. Sans compter que, si la lampe finale est une pentode, elle risque fort de perdre la vie en cas de rupture accidentelle d'un des câbles : car les électrons se concentreraient alors sur l'écran et auraient tôt fait de le porter au rouge.

Indicateur visuel.

Nous abordons maintenant les exercices de plus en plus violents : mettre un « œil », ce n'est pas difficile, mais il faut percer un trou dans la boîte... aïe ! et supporter le socket de l'indicateur cathodique par deux tiges filetées ou une équerre, afin que le fond du tube vienne se coller au trou. Comme on voit, c'est de la charpente et de la mécanique en perspective, à moins d'utiliser tout simplement un support spécial du commerce, qui permettra de saboter le trou.

Pour monter un indicateur visuel, il faut une détection diode permettant d'obtenir la tension négative de commande de l'indicateur. Le

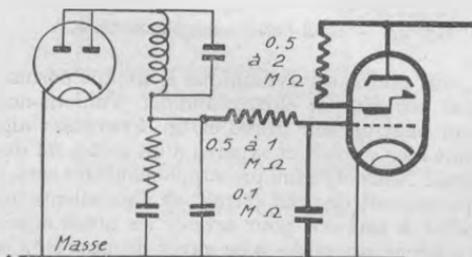


Fig. 29. — Indicateur d'accord avec diode.

schéma est alors celui de la figure 29. La tension de commande est prise à la résistance de charge de la diode.

Par contre, si la détectrice est une double diode-triode (ce qui est le cas le plus fréquent), le schéma sera celui de la figure 30 : on voit que

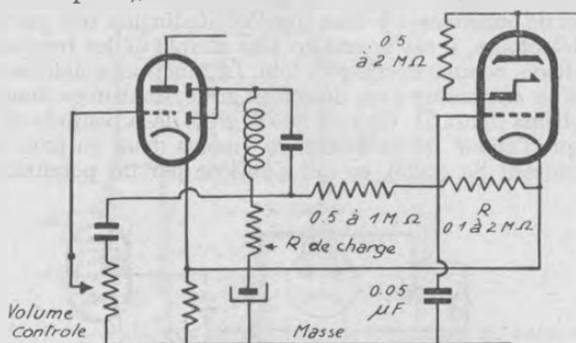


Fig. 30. — Indicateur d'accord avec double diode-triode.

la cathode de l'indicateur est reliée à celle de la détectrice, afin d'éviter que la tension de commande ne sature perpétuellement l'œil. La valeur de la résistance de réglage R sera déterminée très simplement en accordant le poste sur une station puissante. On modifie R jusqu'à ce que les secteurs d'ombre soient aussi réduits que possible.

Pour rester dans le cadre général, les schémas représentent un œil simple, tel que EM 1 ou ME 6. Mais il n'est pas superflu de rappeler qu'il existe aussi des indicateurs à double sensibilité, ainsi qu'une pentode basse fréquence combinée avec œil magique, le tube EFM 1.

Antifading ou A. V. C. ou V. C. A.

Pour monter un antifading sur un poste, il faut d'abord qu'il en vaille la peine, qu'il possède des lampes pentodes variable haute fréquence avec un très net excès de puissance. Sinon, autant vaudrait mettre des freins hydrauliques à une voiture à bras.

Nous savons comment fonctionne un antifading : la détection fait apparaître un courant continu d'autant plus fort que le signal est plus intense. On fait passer ce courant dans une résistance, ce qui fait naître à ses extrémités une différence de potentiel proportionnelle au courant, et la tension négative présente à une extrémité est appliquée à la grille

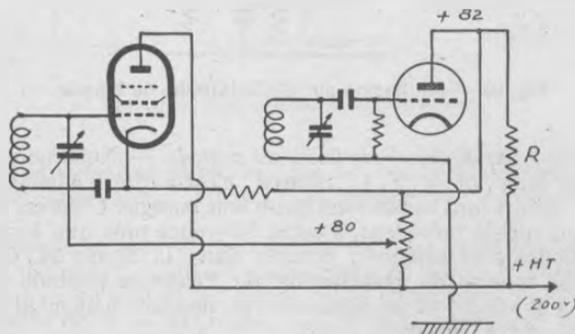


Fig. 31. — Antifading sur détection-grille.

d'une pentode variable, qui se désensibilise d'autant plus que la tension de commande est plus forte, donc que le signal est plus intense.

Plusieurs cas sont à prévoir, selon la détection :

a) *Détection-grille et détection par courbure* (détectrice à réaction et détection de puissance). — Bien que l'antifading ne soit pas impossible avec ces détecteurs, il est beaucoup plus simple de les remplacer par la détection diode, comme décrit plus loin. Le fonctionnement sera plus sûr que celui d'un antifading avec détection-grille, dont nous donnons néanmoins le schéma figure 31. On voit que la grille de la pentode est au même potentiel que l'anode de la détectrice (moins deux ou trois volts pour éviter le courant de grille), ce qui s'obtient par un potentiomètre. Un

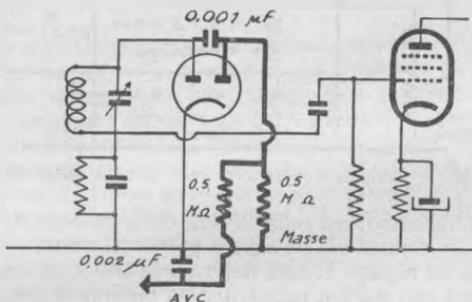


Fig. 32. — Antifading simple sur double diode.

signal intense fait monter la tension anodique de la détectrice, donc rend la pentode plus négative par rapport à sa cathode.

b) *Détection par diode-triode* (ou anciennes binodes ou ditétrodes). — Le schéma est celui de la figure 33.

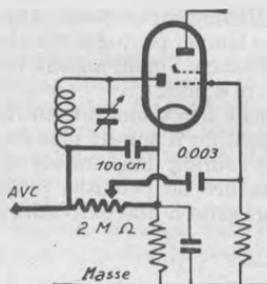


Fig. 33. — Antifading sur diode-tétrode, ou binode.

c) *Détection par double diode-triode ou pentode*. — Nous pouvons nous permettre de faire un A. V. C. retardé, c'est-à-dire n'agissant pas sur les signaux faibles qui conservent toute leur énergie. C'est en somme le même schéma que le précédent, à cette différence près que les fonctions des deux diodes sont séparées, comme dans la figure 34. On remarquera que la tension de polarisation de l'élément pentode est appliquée aussi à la diode, et la régulation se produit seulement quand le signal dépasse cette tension.

d) *Détection par EAB 1* (triple diode). — Avec ce tube, la détection

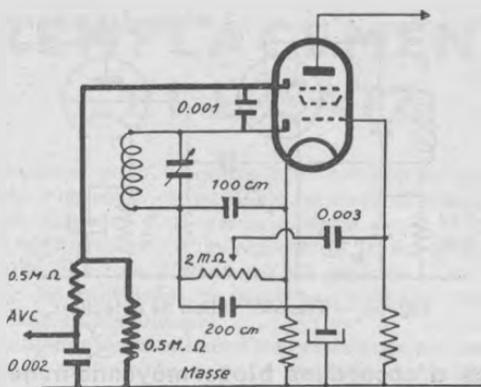


Fig. 34. — A. V. C. retardé sur double diode-triode ou pentode.

est assurée par un élément diode, une autre diode commande l'antifading et une troisième retarde l'antifading. Le schéma et la valeur des éléments figurent au chapitre *Caractéristiques des lampes*.

Dans tous ces montages antifading, la tension de régulation est appliquée aux grilles (via bobinages et transfo haute fréquence ou moyenne fréquence) des lampes à pente variable. On pourrait aussi compléter l'action en agissant sur la changeuse de fréquence, mais avec risque de transmodulation.

Détection par diode.

Pour remplacer commodément une détection-grille par une diode, le plus simple est d'utiliser une double diode-triode ou pentode (par exemple, ABC 1 ou 55). Le schéma est donné par la figure 35. Mais, comme

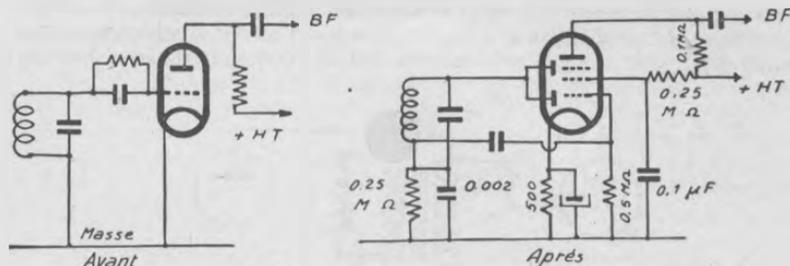


Fig. 35. — Transformation de détection.

l'intérêt de la substitution réside dans la possibilité d'adjoindre un cil magique ou l'antifading, mieux vaut choisir un des schémas précédents.

Maintenant, si nous voulons limiter les frais, nous pourrons utiliser l'ancienne détectrice comme préamplificatrice basse fréquence, en lui mettant une diode comme détectrice. Nous polariserons la grille par une cellule formée de $R = 500$ ohms, et $C = 0,25$ microfarad environ. La plaque diode, ou les plaques en parallèle, est attaquée comme l'ancienne grille, avec retour par résistance de charge, le tout suivant figure 36.

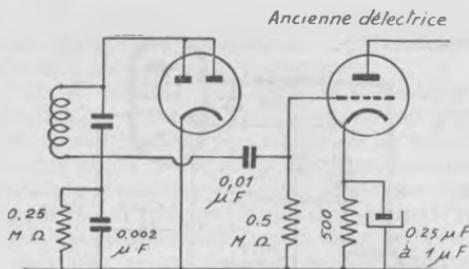


Fig. 36. — Transformation de détection.

Blocs d'accord et blocs moyenne fréquence.

Pour terminer, signalons tout l'intérêt des blocs d'accord modernes permettant de transformer un poste au delà de toute expression. Ces blocs, qui comprennent les bobinages P. O., G. O. et les gammes O. C, tout équipés, câblés et réglés, sont construits par plusieurs maisons et ne coûtent pas très cher. Certains même poussent le luxe jusqu'à se faire en fil divisé, sur carcasse en trolitul et noyau magnétique en fer haute fréquence. Faites les suivre, si besoin est, d'un bloc moyenne fréquence aussi moderne, et voilà du beau travail facile qui justifie de confortables honoraires.

Enfin, rappelons les « blocs d'amélioration » décrits au chapitre : *Le Dépannage chirurgical*.

REPLACEMENTS ET ERSATZ

Une *résistance* peut toujours être remplacée par deux ou trois autres, couplées en série, en parallèle ou en série-parallèle, comme nous l'indiquons au chapitre *Les calculs simples*.

Ne vous inquiétez pas d'une erreur de 10 ou même 20 p. 100, sauf s'il s'agit d'une chutrice d'écran ou de cathode. Du reste, les valeurs indiquées par les fabricants ne sont pas toujours très exactes, et les postes marchent quand même.

On peut augmenter la valeur d'une résistance au carbone en grattant sa surface avec précaution, sous le contrôle du milliampèremètre, et en suivant la spirale en creux s'il y en a une. On diminue la valeur d'une bobinée en court-circuitant des spires.

Une *capacité* se remplace, tout comme une résistance, par une association de capacités (voir *Les calculs simples*). Mais un condensateur de faible valeur peut être remplacé par deux fils isolés l'un de l'autre et tordus ensemble. On fait varier la capacité en prenant des fils plus ou moins gros, plus ou moins isolés, plus ou moins longs. Une capacité un peu plus forte peut presque toujours remplacer une autre plus faible.

Une *bobine de choc* haute fréquence se remplace neuf fois sur dix par une résistance. Si la bobine de choc était précédée d'une résistance chutrice, il faut évidemment supprimer celle-ci. Le seul inconvénient, en général, est une perte de voltage à la plaque : s'il s'agit d'une pentode, il faudra régler la tension d'écran en conséquence.

Un *transformateur basse fréquence brûlé* dans un poste ancien se remplace par tout autre transformateur qu'on a sous la main. Sinon, vérifier si c'est bien le primaire qui est coupé. Dans ce cas général, voici ce qu'on fait :

On met une résistance (à déterminer par un essai) entre les deux bornes du primaire : donc, le courant peut alimenter la plaque de la lampe précédente. Cette plaque est réunie à la grille de la lampe suivante par une capacité de 5.000 à 10.000 centimètres (fig. 1). Alternativement,

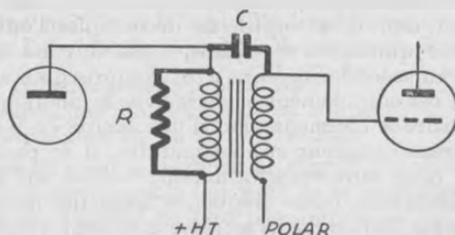


Fig. 1. — Ersatz de transfo brûlé. Ajouter R et C.

le secondaire et la résistance peuvent prendre la place l'un de l'autre : on perdra moins de volts à la plaque.

Un *potentiomètre* peut souvent être remplacé provisoirement par un autre de valeur différente, à la condition de mettre à ses bornes, en parallèle (si le nouveau potentiomètre est trop fort) ou en série (s'il est trop faible), une résistance à choisir par essais.

Un électrolytique ne peut guère être remplacé que par un autre électrolytique. Néanmoins — quand la capacité n'est pas trop forte, par exemple 8 microfarads — on peut essayer les vieux condensateurs au papier, genre téléphone, que nous avons tous dans nos boîtes à vieilleries. On les couple en parallèle, et on les fixe à un endroit commode de l'ébénisterie par un arceau de fer plat.

LE REMPLACEMENT DES LAMPES

Chaque année, les fabricants de lampes se voient contraints de supprimer de leurs catalogues nombre de vieilles lampes vaincues par le progrès... ou la mode. C'est la grande loi naturelle de la survivance du plus fort.

Malheureusement, il arrive que cet indispensable élagage gêne parfois le dépanneur, en le privant des lampes de remplacement nécessaires pour prolonger l'existence des ténébreuses sur le retour. Que faire, quand on n'a pas exactement la lampe qui convient ?

C'est bien simple : on en met une autre. Neuf fois sur dix, le poste n'y verra que du feu, pour peu que vous preniez quelques précautions élémentaires.

D'abord, il ne faut pas se laisser impressionner par le culot. Par exemple, si vous voulez remplacer une 25 Z 5 par une 25 Z 6 G, vous pouvez évidemment remplacer le support pour admettre le nouveau culot. Mais il est plus simple d'avoir un intermédiaire, que vous pourrez du reste faire vous-même avec le culot de l'ancienne 25 Z 5 sur lequel vous souderez le support de la 25 Z 6. Beaucoup de lampes à culots différents se traitent de même.

La deuxième considération est celle du chauffage. Il ne faut pas que la nouvelle lampe consomme beaucoup plus que l'ancienne, sous peine de sous-alimenter toute la famille. L'équilibre des tensions, si le voltage de chauffage diffère de la lampe remplacée, se fait avec une résistance ballast, comme dans les tous-courants. Mais le problème inverse peut se poser : comment mettre une lampe 6,3 volts dans un poste alimenté sous 4 volts, par exemple ? Vous avez deux solutions : celle, brutale, qui consiste à modifier le transformateur d'alimentation, et celle du transformateur auxiliaire.

D'habitude, le transformateur permet encore d'enrouler quelques spires de plus en fil deux couches coton de 20/10, directement sur le bobinage existant, dont il est inutile de décortiquer l'enveloppe de protection. Avec une quinzaine de spires, voilà 3 volts disponibles aux bornes du nouveau secondaire. Vous avez compris qu'il suffit de mettre, dans le bon sens, cet enroulement en série avec le chauffage, pour obtenir la tension nécessaire à l'alimentation d'une lampe de 6,3 volts.

Quant au transformateur supplémentaire, il se passe de commentaires : c'est un petit auto-transformateur, bobiné sur une vieille carcasse de transformateur basse fréquence avec du fil de 20 à 30/10. Mettez par exemple 200 spires avec prise à la cent vingtième. Entre le début et cette prise, vous branchez le courant de chauffage 4 volts. Entre les deux bouts du bobinage, vous recueillez environ 7 volts pour le chauffage de la nouvelle lampe. Le rendement du transformateur n'a rien d'industriel, mais il est largement suffisant pour les besoins en cours.

Bien entendu, on ne remplacera des lampes introuvables que par des types très voisins si on ne veut pas devoir faire des calculs et des mesures. La caractéristique principale, à laquelle on s'attachera particulièrement, est la dissipation cathodique, qui est la somme des milli-

ampères se dirigeant de la cathode vers les autres électrodes, plaque et grilles auxiliaires. C'est elle qui détermine la valeur à donner à la résistance de polarisation pour obtenir une polarisation correcte de la grille. Donc, additionnez les intensités plaque et écran pour une pentode, vous aurez la dissipation cathodique, à peu de chose près, si elle n'est pas indiquée dans le catalogue. Il ne vous restera plus qu'à diviser la polarisation nécessaire (relevée sur le catalogue ou la courbe de la lampe) par la dissipation cathodique *en ampères* (et non pas en milliampères) pour obtenir la valeur de la résistance de polarisation.

En passant, on vérifiera, naturellement, si le courant cathodique n'est pas trop fort pour l'alimentation plaque disponible.

Les tensions de plaque et d'écran, ou des grilles auxiliaires dans les types complexes, se règlent comme nous l'avons indiqué au chapitre *Les Mesures*, en tenant compte, bien entendu, des indications du catalogue ou des courbes de la lampe.

Autant que possible, la résistance interne et la pente de la lampe seront choisies assez proches de la lampe à remplacer, si on veut éviter la tendance à l'instabilité résultant de la substitution d'une lampe trop nerveuse à une lampe trop ancienne. Mais cette tendance se combat facilement, dans les cas courants, en modifiant l'amortissement des circuits de plaque, et surtout en soignant le blindage. C'est l'affaire d'une faible résistance en série et, au besoin, d'une gaine faradisée et d'un boitage.

Il peut arriver qu'on ait besoin d'une lampe de type tout à fait différent de ce qu'on a sous la main : par exemple, nous avons besoin d'une triode, et nous n'avons rien de semblable. La solution consiste à utiliser une double diode-triode dont on néglige les deux plaques diodes. On peut aussi prendre une pentode, dont on utilise en même temps la plaque et la grille en parallèle, à la condition que la triode à remplacer ne soit pas trop puissante. Une valve monoplaque se remplace par une biplaque dont les plaques sont utilisées soit seules, soit en parallèle, et même à la rigueur par une lampe dont la grille est inutilisée.

Quand il s'agit de la lampe de puissance, il faut naturellement tenir compte de la puissance modulée sans distorsion trop grande et de l'impédance de charge optimum. La lampe choisie se rapprochera de la puissance modulée nécessaire, à moins d'admettre une perte de puissance après tout acceptable dans la plupart des cas. Mais la considération très importante d'impédance de charge optimum obligera presque toujours à modifier ou changer le transformateur de sortie, afin de marier l'impédance de la bobine mobile à la nouvelle impédance de la lampe. On utilisera pour cela l'abaque de la fin du *Memento* ou la formule :

$$\text{Rapport du transformateur} = \sqrt{Z_L/Z_B}$$

avec Z_L = Impédance de charge de la lampe

et Z_B = Impédance de la bobine mobile.

Si l'on ne connaît pas l'impédance de charge optimum de la lampe, on prendra approximativement le huitième de la résistance interne dans le cas d'une pentode, l'erreur ne sera pas grande.

Et, pour terminer, un bon conseil : repérez soigneusement la position des électrodes et des broches correspondantes, car deux lampes de même fonction peuvent avoir des connexions internes très différentes.

LES PETITS MOTEURS ÉLECTRIQUES

Que les premiers radio-électriciens étaient donc heureux ! Ils n'avaient à s'occuper que de galènes et de nids d'abeille, et l'on citait comme des espèces de phénomènes les puissants cerveaux qui connaissaient les mystères des lampes « micro », ainsi dénommées peut être à cause de la ténuité du filet de musique qu'elles laissaient suinter avant de volatiliser leur filament dans un bel éclair violet...

Aujourd'hui, le service-man est un être omniscient, tour à tour électricien, mécanicien, mathématicien. L'antiparasitage l'a mis en rapport avec les appareils électriques les plus biscornus qu'il est souvent appelé à dépanner. Quel radio-électricien peut se vanter de pouvoir ignorer plus longtemps l'anatomie d'un aspirateur, d'un phono électrique, d'un moteur de machine à coudre ou d'un pétrin mécanique ?

Certes, on ne viendra pas le consulter pour dépanner un moteur de laminoir. Mais la vie domestique et artisanale s'encombre de plus en plus de moteurs de faible puissance qu'on introduit partout, même dans les récepteurs de T. S. F. !

Il importe donc de savoir comment ils fonctionnent.

Les petits moteurs appartiennent à plusieurs classes. Quelques-uns sont triphasés et doivent par conséquent être alimentés par trois fils, mais la grande majorité fonctionne en monophasé, sur le courant lumière, et sont alimentés par deux fils seulement.

Le moteur universel, ou moteur en série.

C'est le moteur qui équipe habituellement les ventilateurs, les aspirateurs, les petits appareils domestiques. Il fonctionne indistinctement sur courant alternatif ou continu, mais il donne avec ce dernier courant un couple moteur beaucoup plus énergique, et il se produit moins d'étincelles aux balais.

Le moteur universel se compose d'un stator à deux pièces polaires autour desquelles sont enroulées les bobines inductrices, dites « bobines de champ ». Le rotor, muni d'un collecteur sur lequel appuient deux balais en charbon, est mis en série avec le stator, comme le montrent les figures 1 et 2. En série avec l'ensemble, on monte parfois un rhéostat qui sert à régler la vitesse en réglant la puissance : quand le couple moteur devient plus grand que le couple résistant, le moteur accélère. Ces moteurs, sauf ceux de très petite puissance, ont les masses polaires et l'induit feuilletés comme le fer des transformateurs, pour réduire les pertes par courants de Foucault.

Le moteur universel doit sa diffusion considérable à un ensemble de qualités : il est simple, compact, peu volumineux ; il tourne à grande vitesse, possède un couple de démarrage puissant, fonctionne sur tous courants. Par contre, il produit des étincelles qui rongent le collecteur et font des parasites en T. S. F., et il donne une mauvaise commutation au collecteur à partir de 1/6 de cheval. Il faut avoir soin de tenir le collecteur

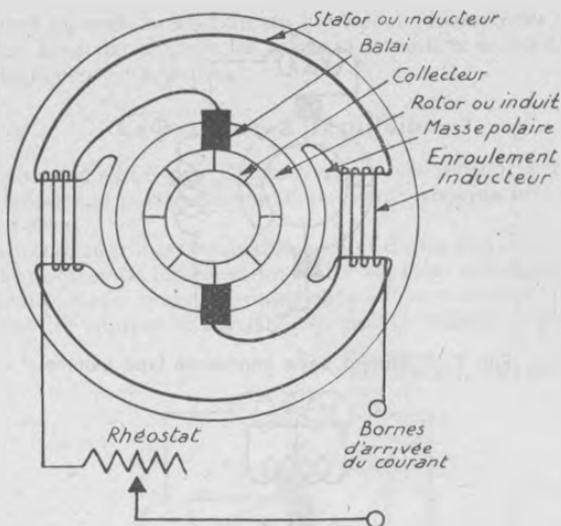


Fig. 1. — Schéma d'un moteur universel (ou moteur série).

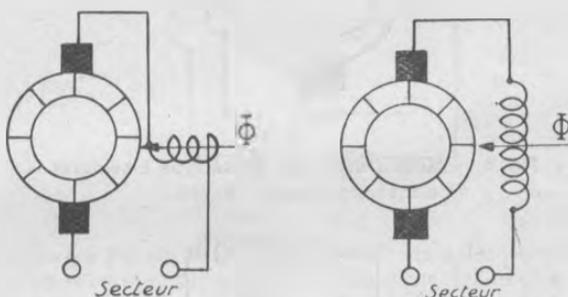


Fig. 2. — Représentations simplifiées du schéma d'un moteur universel (sans son rhéostat).

très propre : le polir en marche si possible avec du papier abrasif *très fin* dont on aura émoussé le grain en frottant deux bandes l'une contre l'autre.

Le moteur série compensé.

Le moteur-série ci-dessus étudié a l'inconvénient de présenter une forte self-induction, ce qui réduit le facteur de puissance et produit, en courant alternatif, des étincelles inacceptables à partir d'une certaine puissance. Pour y remédier, on équilibre les forces électromotrices dues à la self par d'autres forces électromotrices, dites « de compensation », que produisent dans le rotor des enroulements auxiliaires du stator.

Le moteur Lamme (fig. 3) est semblable au moteur série, mais, au lieu de deux pièces polaires, il en a quatre à 90° l'une de l'autre. Deux de ces pôles reçoivent l'enroulement inducteur normal, et les deux pièces polaires intercalées reçoivent l'enroulement compensateur.

Dans un autre type (fig. 4), l'enroulement compensateur est en court-circuit sur lui-même. Les courants de compensation y naissent par

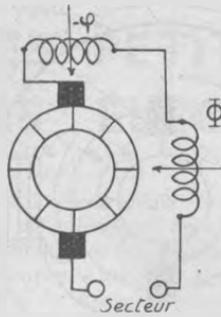


Fig. 3. -- Moteur série compensé type Lamme.

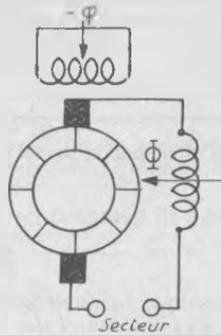


Fig. 4. — Moteur série compensé type Eikemeyer.

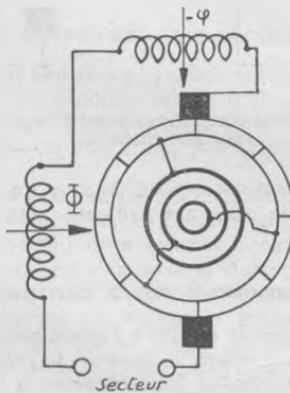


Fig. 5. — Moteur à vitesse constante type Ferranti.

induction, le primaire étant le rotor. On sait, en effet, qu'un courant induit est décalé en arrière d'un quart de période par rapport au courant inducteur.

Citons enfin le *moteur à vitesse constante* de Ferranti, qui comporte non seulement un collecteur, mais encore trois bagues de cuivre connectées à trois lames du collecteur à 120° l'une de l'autre. Trois balais glissent

sur les bagues et sont isolés l'un de l'autre au démarrage. Une fois le moteur lancé, on court-circuite les balais et le moteur se maintient à une vitesse pratiquement constante.

Le moteur à répulsion.

Ce moteur, imaginé par Eikemeyer, est un moteur à collecteur à couple de démarrage particulièrement puissant, quoique inférieur à celui d'un moteur-série.

Il comprend un rotor semblable à celui d'une dynamo, avec collecteur à grand nombre de lames, et un stator du type annulaire, sans pôles saillants, comportant deux enroulements : l'enroulement principal et l'enroulement de compensation (fig. 6). Sur le collecteur glissent deux

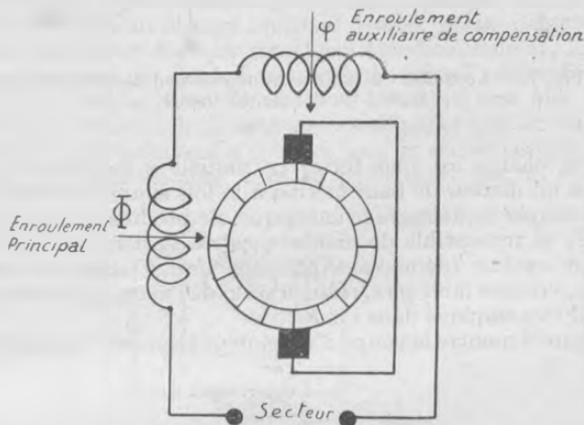


Fig. 6. — Moteur à répulsion.

balais supportés par un bras qui permet de les « décaler », c'est-à-dire de tourner d'un certain angle autour du collecteur. Selon que les balais sont décalés dans un sens ou dans l'autre par rapport à la ligne neutre, le moteur tourne dans un sens ou dans l'autre, et la vitesse de rotation se règle en modifiant le calage des mêmes balais.

Tout comme le moteur série, il accélère si on diminue sa charge et il ralentit si on l'augmente. Il faut donc le munir d'un système modérateur si la charge est susceptible de s'annuler (freinage centrifuge, pales de ventilateur, etc.) afin d'éviter les accidents dus à l'emballement.

Le moteur à répulsion a une très bonne commutation, il donne peu d'étincelles aux balais.

Le moteur à induction.

Un moteur à induction n'est pas autre chose qu'un transformateur, dont le secondaire en court-circuit transforme en énergie mécanique l'énergie électrique induite dans ses enroulements. Sans entrer dans la théorie qui nous entraînerait très au delà des limites de cette petite étude, exposons-en le principe en deux mots : dans un stator, ou inducteur annulaire, on produit un champ magnétique tournant, ce qui est facile avec le courant triphasé ou diphasé. Ce champ tournant induit dans le rotor des courants alternatifs de même fréquence, mais décalés par rapport aux courants inducteurs. Le champ tournant créé dans le rotor par ces courants induits réagit sur le champ inducteur et tend à s'y

« accrocher ». C'est ce qui se produit du reste à vide : le rotor tourne à la vitesse du champ. En charge, il y a un certain « glissement » du champ induit par rapport au champ inducteur, et le moteur ralentit d'autant

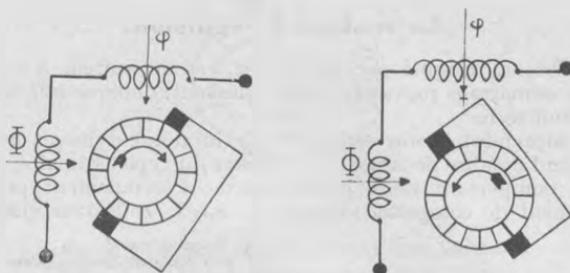


Fig. 7. — Le moteur à répulsion inverse son sens de marche quand on décale les balais.

plus que la charge est plus forte. Le moteur à induction triphasé ou diphasé est un moteur de haut mérite, à la fois simple, robuste, puissant, doté d'un couple de démarrage énergique, ne produisant pas de parasites en T. S. F. et susceptible de nombreuses réalisations suivant la qualité qu'on veut exalter (démarrage puissant, faible appel de courant au démarrage, vitesses multiples, récupération de l'énergie par freinage, etc.). Aussi est-il très employé dans l'industrie.

La figure 8 montre la coupe d'un moteur triphasé « à cage d'écureuil »

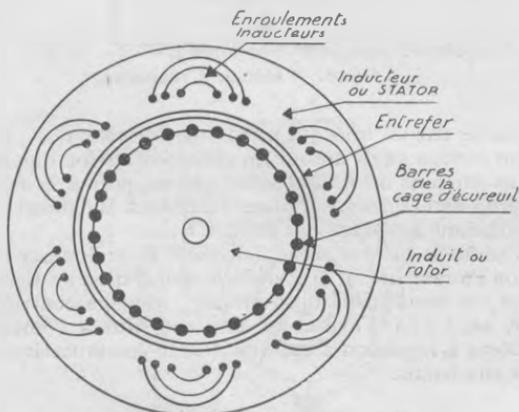


Fig. 8. — Schéma d'un moteur d'induction triphasé à six pôles, dit « asynchrone en cage d'écureuil ».

très utilisé dans les puissances jusqu'à 10-15 CV. Il porte ce nom parce que le secondaire tournant est formé d'une cage d'écureuil en cuivre ou en aluminium, noyée dans les disques de tôle dont l'empilage constitue le rotor. La figure 9 montre la représentation simplifiée d'un tel moteur : on voit que les enroulements du rotor (ici trois bobines, une par phase) sont alimentés par un bout en courant triphasé, tandis que les autres bouts sont réunis. Ce montage est dit « en étoile ». Le rotor, on le voit, a ses enroulements réunis aux deux extrémités.

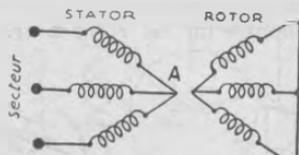


Fig. 9. — Schéma de principe d'un moteur triphasé en étoile.

Moteurs d'induction monophasés.

Nous avons vu qu'un moteur d'induction se compose d'un champ tournant, engendré par des courants polyphasés, dans lequel un rotor en fer, lui-même siège d'un champ tournant induit, essaie de suivre le champ tournant inducteur dans sa rotation. Malheureusement, le courant lumière monophasé ne peut, sans artifice spécial, engendrer un champ tournant, si bien qu'il ne démarrerait pas. Mais une fois lancé, un moteur à cage d'écureuil dont le rotor est alimenté par du courant monophasé continue parfaitement à tourner pour la raison suivante.

Soient (fig. 10) deux bobines A et B, parcourues par un courant

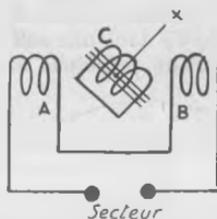


Fig. 10.

monophasé de 50 périodes. Cinquante fois par seconde, la polarité du champ magnétique qu'elles créent s'inverse : le pôle A devient nord, puis sud, cinquante fois par seconde ; tandis que B fait l'inverse. Soit la bobine C à noyau de fer feuilleté constituant le rotor, mobile autour de l'axe X et court-circuitée.

Les variations du champ de A et B induisent dans C un courant de même période, mais décalé d'environ $1/4$ de période. Ce courant induit transforme C en un aimant dont la polarité s'inverse cinquante fois par seconde. Or, on sait que les pôles de même nom s'attirent et que ceux de nom contraire se repoussent. Par conséquent, les pôles du rotor vont réagir sur ceux du stator et vont tendre à se caler de telle manière que la bobine C présente à chaque instant son pôle nord au pôle nord du stator. Comme la polarité des deux s'inverse cinquante fois par seconde, tout reste immobile, le rotor une fois bien calé dans la position qui lui convient le mieux. Mais, si nous le lançons, l'équilibre est rompu, et la bobine C, tendant à suivre les variations du champ, se mettra à tourner. Le fonctionnement est semblable à celui d'une machine à vapeur dans laquelle des impulsions rectilignes d'un piston se transforment en mouvement circulaire grâce à la manivelle et à l'inertie du volant. Ici, les impulsions rectilignes du champ qui s'inverse cinquante fois par seconde sur le rotor, qui en fait autant, se transforment en mouvement circulaire grâce au déséquilibre dû à la rotation.

En pratique, le moteur d'induction a un rotor comportant plusieurs bobines telles que C, mais décalées entre elles et entourant le rotor en

fer feuilleté. Ces bobines sont souvent réduites à une seule spire en court-circuit. La figure 11 montre un tel rotor à trois bobines d'une seule

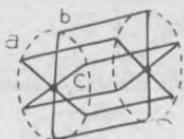


Fig. 11.

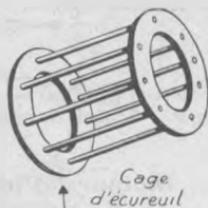


Fig. 11 bis. — La cage d'écureuil.

spire : *a, b, c*. La figure 11 bis montre la disposition industrielle équivalente dite « cage d'écureuil ».

Pour qu'un tel moteur se lance seul, il faudrait pouvoir créer un champ tournant pendant la période de démarrage. Comment faire avec le courant monophasé ? C'est bien simple : nous allons en dériver une partie, nous la décalerons d'un quart de période par rapport au reste, et cela nous fera en tout deux courants diphasés. Ce décalage s'obtiendra très simplement en faisant passer le courant dérivé dans un condensateur (qui le décale en avant) ou dans une self (qui le décale en arrière du courant principal). Le courant principal et le courant dérivé seront

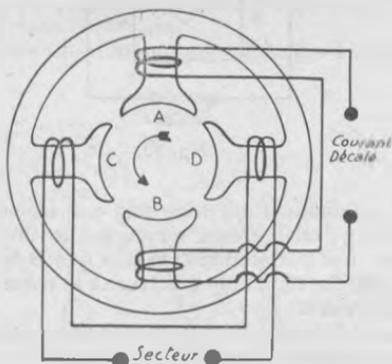


Fig. 12. — Production d'un champ tournant avec un courant monophasé.

utilisés dans un stator tel que celui de la figure 12, et le rotor sera une « cage d'écureuil » noyée dans le fer feuilleté (fig. 11 bis).

Moteur d'induction à condensateur ou à self.

La figure 13 montre le schéma d'un tel moteur, dont l'enroulement principal reçoit le courant monophasé du secteur, et l'enroulement secondaire, un courant décalé produit par le condensateur.

En général, cette disposition n'est utilisable que pour les moteurs de très faible puissance, à faible couple de démarrage (ventilateurs, aspirateurs), car la capacité du condensateur, forcément faible, ne permet pas de « décaler » des courants importants.

On l'améliore parfois suivant le schéma de la figure 14, où l'on voit que le condensateur normal est doublé d'un condensateur de forte

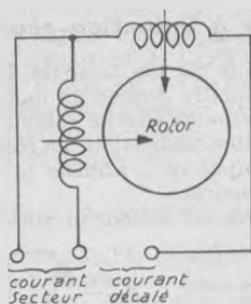


Fig. 13. — Représentation schématique de la figure 12.

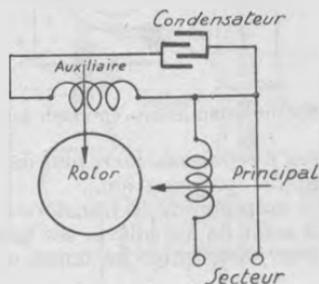


Fig. 13 bis. — Moteur d'induction à condensateur.

capacité, généralement à liquide, qu'une clef D permet de mettre en circuit pendant le démarrage seulement. Ainsi, le gros condensateur n'est parcouru que peu de temps par le courant et ne se détériore guère.

En remplaçant les condensateurs par des bobines de self, on arrive au même résultat, sauf que le décalage a lieu en arrière du courant prin-

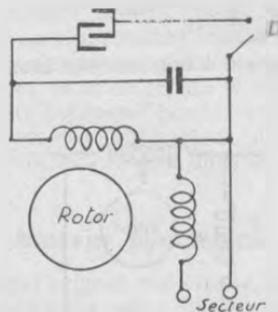


Fig. 14. — Moteur d'induction à démarrage par capacité.

cipal. Certains moteurs réunissent même les deux procédés : une self est insérée dans le circuit de l'enroulement principal, et un condensateur dans le circuit auxiliaire, ce qui permet d'avoir un décalage de 90° exactement entre les deux courants.

Notons en passant que le condensateur branché en permanence aux bornes du moteur diminue les pertes dans les conducteurs, en améliorant le facteur de puissance, ce fameux *cosinus phi* cher aux ingénieurs...

Moteur à induction-répulsion.

Et voici maintenant le roi des moteurs domestiques sur courant-lumière monophasé : il démarre comme un moteur à répulsion, avec un couple puissant, et il fonctionne ensuite comme un moteur d'induction, sans étincelles, sans parasites, sans balais. La résistance augmente-t-elle ? Vite, il se remet « en impulsion », arrache la résistance et redevient aussitôt un moteur d'induction.

Vous comprendrez vite ce moteur si vous considérez la figure 15

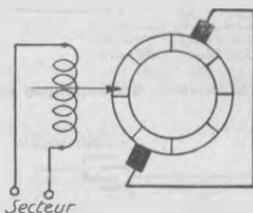


Fig. 15. — Moteur à induction-répulsion au démarrage.

qui représente un moteur à répulsion. Pour plus de simplicité, nous avons supprimé l'enroulement de compensation...

Qu'est-ce qui nous empêche de le transformer en moteur à induction ? Peu de chose : il suffit de lui enlever ses balais (ou de les relever) et de court-circuiter entre elles toutes les lames de son collecteur. A ce

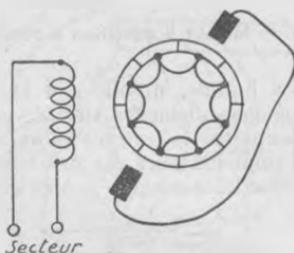


Fig. 16. — Moteur à induction-répulsion en marche.

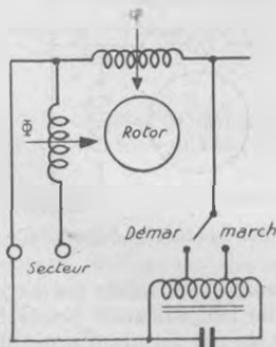


Fig. 17. — Moteur d'induction à autotransformateur et condensateur.

moment, l'induit est formé de spires en court-circuit décalées entre elles, et le moteur est un moteur d'induction. C'est simple, n'est-ce pas ?

Pratiquement, ces deux opérations : court-circuitage du collecteur et relevage des balais, sont effectuées par un dispositif centrifuge qui agit quand la vitesse de régime est atteinte. Ce dispositif centrifuge, formé de masselottes qui s'écartent de l'arbre, se trouve ordinairement à un bout du moteur et il agit sur les balais et le collecteur situés à l'autre bout, par des tringles qui coulissent dans des rainures de l'arbre. Pour simplifier la construction, le collecteur, au lieu d'être cylindrique, prend souvent la forme d'un disque plat.

Moteur à doubles pôles.

Certains petits moteurs à faible couple de démarrage ont une cage d'écuréuil comme rotor, et un stator à deux pôles excité par le courant monophasé : ce sont donc des moteurs d'induction. Le démarrage s'obtient par un ingénieux artifice : les pôles sont fendus, et une moitié est entourée d'un anneau en cuivre rouge qui forme une spire en court-circuit (fig. 18).

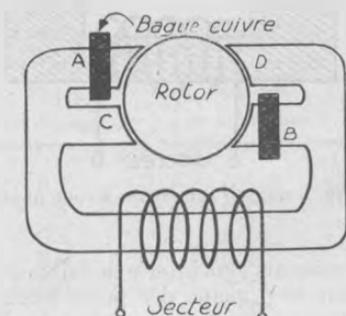


Fig. 18. — Moteur à doubles pôles.

Ainsi, les deux masses polaires changent de polarité cinquante fois par seconde. En l'absence de l'anneau, les deux demi-pôles A et C seraient *en même temps* pôle plus ou pôle moins ; ces variations de champ induisent dans les bagues un courant déphasé de même fréquence, mais décalé par rapport au courant du secteur, si bien que les demi-pôles A et B changent de polarité avec un certain retard sur les demi-pôles nus C et D. Il en résulte un champ tournant qui permet le démarrage.

Sur le même principe, on a établi des moteurs à grand nombre de pôles excités par un seul bobinage, permettant la marche lente (avec dix pôles, 600 tours à la minute). L'inducteur, ou stator, est souvent intérieur au rotor. Ces moteurs sont utilisés dans les ventilateurs, les phonographes, etc.

Moteur synchrone.

Pour les appareils qui exigent une vitesse rigoureusement constante (phonos, horloges, enregistreurs, etc.), on emploie le moteur synchrone dont le plus simple est la « roue phonique » (fig. 19). C'est un stator à deux pôles et un bobinage dans lequel tourne un rotor composé d'un cylindre de fer doux feuilleté présentant des dents. Les pôles du stator présentent également des dents correspondantes. Quand le courant monophasé passe, les pôles attirent cent fois par seconde (pour un courant de 50 périodes) les dents du rotor.

Si on lance le rotor et que celui-ci ait dix dents, à une certaine vitesse dite « de synchronisme » (10 tours par seconde), ses dents seront toujours

en face des dents du stator au moment de l'attraction. Si la vitesse faiblit légèrement, l'attraction développe un couple tendant à augmenter la vitesse jusqu'au synchronisme. Il faut donc lancer le moteur, et il tourne à une vitesse fixe. Si la résistance devient trop forte, le moteur « déroche » et s'arrête.

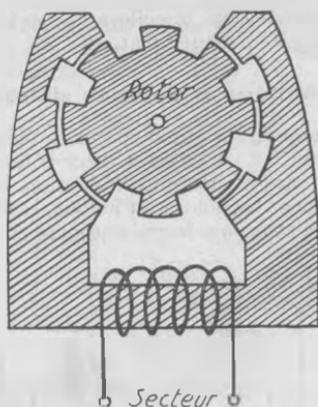


Fig. 19. — Moteur synchrone à roue phonique.

On fait aussi des moteurs synchrones de faible puissance à démarrage automatique, basés sur le principe des pôles fendus. D'autres ont une cage d'écurieil, comme les moteurs asynchrones d'induction, avec des armatures dentées, comme le moteur à roue phonique, pour maintenir la vitesse du rotor en phase avec le courant.

La protection des moteurs.

Les petits moteurs sont généralement protégés par des fusibles en plomb, en aluminium, en cuivre ou en argent. Toutefois, il est avantageux de prévoir un *disjoncteur thermique* pour les moteurs triphasés, car la fusion d'un seul fusible sur les trois provoque le « grillage » du moteur par marche en monophasé. Le disjoncteur thermique coupe le courant quand celui-ci présente une anomalie : intensité trop grande, rupture d'une phase, déséquilibre, chute de tension, etc. Pour plus amples renseignements, nous renvoyons nos lecteurs aux notices des constructeurs.

Pour que les fusibles remplissent leur tâche, il faut qu'il y en ait un par fil et qu'ils soient bien calculés.

Il faut d'abord déterminer l'intensité du courant, ce qui est facile : un ampèremètre donne immédiatement la réponse. On peut aussi la calculer d'avance, approximativement, en appliquant les formules simplifiées suivantes (1) :

Moteur monophasé :

$$\text{Ampères par fil} = \frac{\text{nombre de CV} \times 920}{\text{nombre de volts}}$$

(1) Les formules exactes sont respectivement :

$$I = \frac{W}{E \cos \varphi} \text{ en monophasé et } I = \frac{0,58 W}{E \cos \varphi} \text{ en triphasé.}$$

Moteur triphasé :

$$\text{Ampères par fil} = \frac{\text{nombre de CV} \times 533}{\text{nombre de volts}}$$

Moteur continu :

$$\text{Ampère par fil} = \frac{\text{nombre de chevaux} \times 736}{\text{nombre de volts}}$$

Le tableau suivant donne maintenant le diamètre du fil à employer et la distance entre points d'attache, en notant que le fil fondra plus vite si la distance des points d'attache est plus grande. L'intensité provoquant la fusion est, en moyenne, triple de l'intensité normale. L'aluminium est intéressant parce qu'il donne de meilleurs contacts en permettant un bon serrage sans s'écrouir, et aussi parce qu'il ne s'oxyde pas comme le fait le plomb.

| INTENSITÉ normale en ampères | DIAMÈTRE EN MILLIMÈTRES | | DISTANCE entre attaches |
|------------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------------|
| | Plomb ou alliage | Cuivre ou aluminium | |
| 0,5 | 0,2 | 0,075 | 25 mm. |
| 1 | 0,4 | 0,11 | — |
| 2 | 0,6 | 0,15 | — |
| 3 | 0,8 | 0,21 | — |
| 4 | 0,9 | 0,25 | — |
| 5 | 1 | 0,30 | 30 mm. |
| 6 | 1,2 | 0,33 | — |
| 7 | 1,3 | 0,36 | 35 mm. |
| 8 | 1,4 | 0,39 | — |
| 9 | 1,5 | 0,41 | — |
| 10 | 1,6 | 0,43 | 40 mm. |

LES PANNES COURANTES

A. — Pannes communes à tous les moteurs.

1. *Le moteur ne démarre pas.*

Conducteur coupé. Fusible coupé ou desserré. Cosses ou bornes à revoir. Interrupteur ou démarreur malades.

2. *Le moteur chauffe dangereusement.*

Le moteur est surchargé. Il y a un court-circuit interne. Le moteur est humide. Les bobines sont mal isolées. Le ventilateur ne marche plus (desserré, absent, ouïes bouchées). Le rotor frotte sur parties fixes ; l'entrefer est encombré.

3. *Les paliers chauffent.*

Manque d'huile ; huile de mauvaise qualité. La bague est bloquée, le palier est encombré. L'arbre est faussé, ou coincé par un mauvais montage d'un flasque ; serrage de travers. Absence du jeu longitudinal de l'arbre. La courroie est trop tendue. Le coussinet est trop dur. Billes coincées.

4. *La poulie chauffe.*

La courroie glisse.

5. *Bruits et trépidations.*

Tôles ou pièces desserrées. Induit qui frotte. Les balais sont trop durs, usés, mal ajustés. L'induit doit être rééquilibré.

B. — Pannes spéciales aux moteurs asynchrones.

1. *Le moteur ne démarre pas, ou part quand on le pousse.*

Une phase du rotor est rompue. Une phase est rompue dans le stator ; mauvais contact au point neutre. Les balais portent mal.

2. *Le moteur démarre, mais n'atteint pas sa vitesse ou ralentit.*

Rupture d'une phase du rotor bobiné, balais à revoir. Surcharge, ou voltage trop faible. Le moteur chauffe. Il reste une résistance dans le démarreur après démarrage. Erreur de branchement.

3. *Intensité trop grande.*

Court-circuit du stator ou du rotor. Surcharge, ou voltage trop faible. Moteur triphasé : un fusible sur trois a sauté ; marche en monophasé (danger pour le moteur).

4. *Le moteur tourne à l'envers.*

S'il est triphasé, intervertir deux fils d'arrivée.

C. — Moteurs universels.

1. *Le moteur ne démarre pas.*

Mauvais contact des balais ; balais mal calés. Rupture d'un fil dans l'induit ou l'inducteur. Court-circuit interne.

2. *Intensité trop forte, faible vitesse.*

Court-circuit dans l'induit ou le collecteur. Inversion de pôles du stator.

3. *Le moteur tourne trop vite.*

Court-circuit dans le stator. Démarreur en mauvais état.

4. *Étincelles aux balais.*

Collecteur en mauvais état ; mal centré ; mal tourné ; rugueux ; sale. Les balais portent mal ; porte-balais malades. Mauvais charbons, mal ajustés. Surcharge du moteur. Voltage trop élevé. Rupture dans l'induit ou court-circuit dans l'induit ou le stator. Mauvais calage des balais.

5. *Le moteur tire mal.*

Court-circuit interne ; mauvais isolement ; coupure. Collecteur défectueux, sale. Il reste une résistance en série dans le démarreur.

LA LUMIÈRE

Qu'est-ce que la lumière ? Si paradoxal que ceci puisse paraître, personne ne le sait — pas même les savants les plus réputés — à tel point que Louis de Broglie, à qui la physique moderne doit tant, a pu dire que nous saurions bien des choses si nous savions de quoi est constitué un rayon de lumière.

On admet cependant que la lumière est une vibration de l'hypothétique « éther », ou plutôt une double vibration, magnétique d'une part, électrique d'autre part, les deux oscillations étant en quadrature, c'est-à-dire que les deux oscillations de même fréquence sont décalées d'un quart de période.

La lumière et la radio sont exactement de même nature. Entre une émission radio-électrique et un rayonnement lumineux, la seule différence réside dans la fréquence des oscillations. Par exemple, telle station émettant sur 300 mètres de longueur d'onde à une fréquence égale à un million de périodes par seconde (la vitesse de la lumière et de l'électricité, soit 300.000 kilomètres par seconde, divisée par la longueur d'onde de 300 mètres), tandis qu'un rayon lumineux jaune, dont la longueur d'onde n'est plus que 0,551 micron ou millième de millimètre, vibre à la fréquence de 544 trillions d'oscillations par seconde (qu'on calcule en divisant 300.000 kilomètres par 0,551 millième de millimètre). Mais alors, dira-t-on, pourquoi ne voyons-nous pas une antenne d'émission brillante comme un phare dans la nuit ? Tout simplement parce que notre « récepteur », c'est-à-dire notre œil, n'est pas fait pour recevoir des ondes aussi longues. La rétine de notre œil, formée des terminaisons ramifiées du nerf optique, transmet au cerveau les irritations qu'il subit, et ces irritations sont produites par les longueurs d'onde ultra-courtes, entre 0,640 et 0,423 millième de millimètre. Toutes les ondes plus courtes ou plus longues laissent impassible, de même que les ondes longues de Radio-Paris sont sans action sur un récepteur accordé sur les ondes courtes. Et c'est tellement vrai que, si nous produisons artificiellement l'irritation de la rétine, par un choc, une décharge électrique, ou certains toxiques, nous « en voyons trente-six chandelles », c'est-à-dire que nous recevons une impression de lumière.

Le rayonnement lumineux transporte de l'énergie, tout comme les ondes radio-électriques. Si on le fait absorber par un corps noir, il se transforme en chaleur : c'est ainsi que le rayonnement du soleil frappant un mètre carré de terre à midi, en été, représente un flux d'énergie de 1 kilowatt environ. Le rayonnement total du soleil est de l'ordre de 4×10^{23} kilowatts (4 suivi de 23 zéros !). Mais une faible partie seulement de cette énergie est visible, car le rayonnement solaire est formé de vibrations dont la gamme des fréquences est très étendue. Le soleil, et en général tous les corps lumineux habituels, sont des émetteurs non syntonisés, travaillant sur une large bande. A chaque longueur d'onde dans cette bande correspond une couleur perçue par l'œil, dont la sensibilité pour chacune est très variable, comme le montre la courbe figure 1, qui indique une sensibilité maximum à la lumière jaune verdâtre. Toutefois, ce maximum se déplace vers le bleu aux faibles éclaircissements. C'est le « phénomène de Purkinje », qui semble faire virer au bleu les lumières faibles.

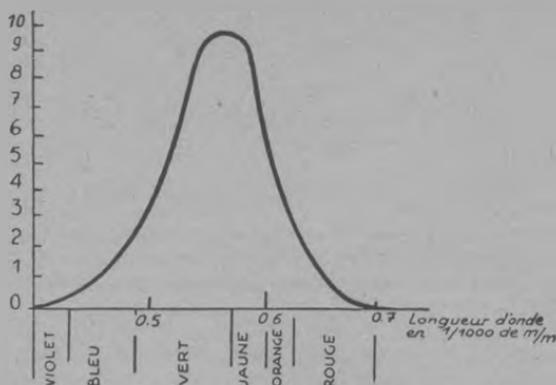


Fig. 1. — Courbe de sensibilité de l'œil aux diverses couleurs.

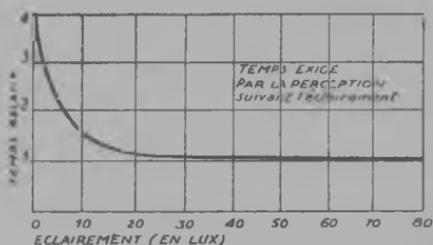


Fig. 2.

L'œil et la lumière.

On sait que l'œil est un véritable appareil photographique, muni d'un objectif, le cristallin, qui projette les images sur la rétine, et d'un diaphragme, la pupille, qui a pour mission de doser la lumière admise à pénétrer dans l'œil. Quand la lumière est trop forte, ou quand des sources ou des surfaces puissamment éclairées se trouvent dans le champ visuel, la pupille se contracte fortement, causant de la fatigue et des maux de tête. De même, quand l'éclairage est trop faible, la dilatation de la pupille ne suffit plus à admettre une quantité suffisante de lumière, et la vision des détails oblige à un effort constant d'accommodation qui fatigue l'œil.

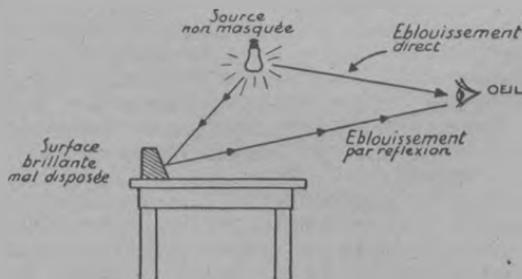


Fig. 3. — Deux causes courantes de fatigue par éblouissement.

Quand on fait une installation d'éclairage, il ne faut jamais perdre de vue que le but n'est pas de faire de la lumière (tant pis pour M. de La Palice!), mais bien de rendre les objets visibles. Or les objets sont visibles non par la lumière produite dans la pièce, dont une bonne partie peut être inutile et même nuisible, mais par la lumière réfléchie ou diffusée par les objets. Toute lumière parasite gêne la vision.

Lumière réfléchie, lumière diffusée.

Quand un rayon de lumière tombe sur une surface brillante, il est renvoyé dans une autre direction, de telle manière que l'angle formé par le rayon incident (qui arrive) et le rayon réfléchi (qui est renvoyé) soit

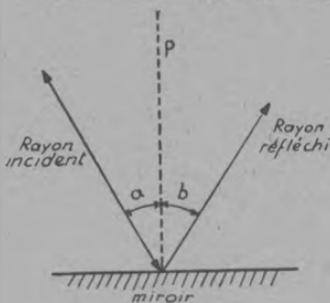


Fig. 4.

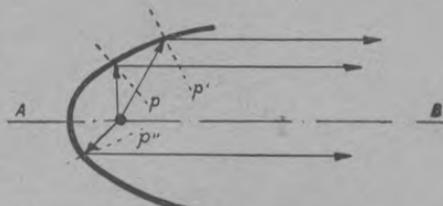


Fig. 5.

partagé en deux parties égales par la perpendiculaire au miroir qui part du point d'arrivée du rayon. Ainsi, dans la figure 4, où P est la perpendiculaire en question, l'angle a est égal à l'angle b . De plus, les deux rayons et la perpendiculaire sont dans le même plan. Cette propriété est utilisée dans les réflecteurs, tels que les miroirs paraboliques des phares d'auto, où le filament de la lampe est placé au « foyer » de la parabole. Ce filament envoie ses rayons contre le miroir, qui les réfléchit parallèlement à son axe optique AB (fig. 5). En construisant les perpendiculaires



Fig. 6. — Diffusion totale.

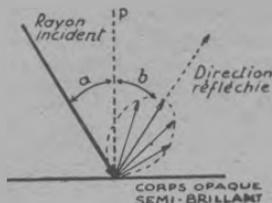


Fig. 7. — Réflexion diffuse.

au miroir telles que p, p', p'', \dots , on voit qu'elles partagent en deux parties égales l'angle formé par les rayons incidents et les rayons réfléchis.

Mais seule une partie de la lumière est réfléchie aussi géométriquement, car tout miroir est imparfait. Une autre partie est *diffusée*, c'est-à-dire renvoyée dans des directions divergentes. Le reste est absorbé par le miroir et transformé en chaleur.

Beaucoup de réflecteurs, tels ceux qui sont émaillés, diffusent la lumière dans une direction privilégiée qui est justement celle que prendrait le rayon réfléchi si le réflecteur était brillant (fig. 7). Cette réflexion diffuse est idéale pour les applications les plus courantes de l'éclairage. Au contraire, une surface blanc mat renvoie le rayon dans toutes les directions (fig. 6) et diffuse totalement la lumière.

La diffusion par une surface colorée s'accompagne de l'absorption partielle ou totale des rayons qui ne sont pas de la même couleur que la surface. Par exemple, un corps rouge est un corps qui renvoie mieux la lumière rouge que les autres couleurs de l'arc-en-ciel formant la lumière blanche. C'est ainsi qu'un objet rouge pur, éclairé par une lumière privée de rayons rouges, paraît noir, car il ne diffuse rien.

Lumière transmise, lumière réfractée.

Les corps transparents transmettent la lumière, mais une partie de celle-ci est perdue par absorption, et une autre partie est réfléchiée par les surfaces de séparation du corps avec l'air (fig. 8). De plus, les corps

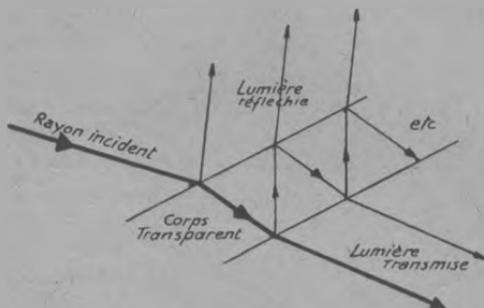


Fig. 8. — Réflexions successives dans un corps transparent.

transparentes colorés absorbent partiellement ou totalement les couleurs qui ne leur correspondent pas. On voit donc que la production de lumière colorée par filtrage de la lumière blanche à travers un écran transparent coloré est un procédé coûteux, car il s'accompagne d'une forte perte de lumière.

Par contre, les corps translucides comme le verre opale agissent en surface comme des miroirs légèrement diffusants et transmettent la lumière en la diffusant presque totalement. La figure 9 montre comment

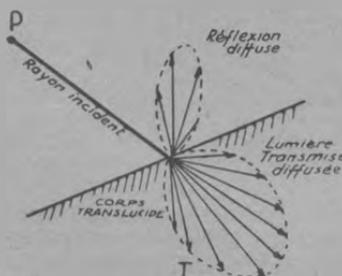


Fig. 9.

se partage un rayon lumineux dans un tel milieu. Mais le milieu translucide fait payer le service rendu en absorbant une partie de la lumière.

La traversée d'un milieu transparent, telle une verrerie d'appareil d'éclairage, est parfois mise à profit pour modifier la direction des rayons lumineux par le phénomène de la réfraction. Tout rayon qui traverse

un corps transparent dont les faces forment un angle est dévié vers la partie la plus épaisse (fig. 10). Quand l'angle formé par ce rayon avec la

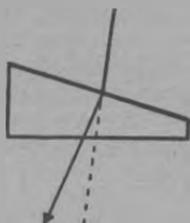


Fig. 10. — Déviation d'un rayon par réfraction.

surface est assez petit, le rayon est réfléchi totalement par cette surface (fig. 11). En combinant la réfraction et la réflexion totale, on a réalisé

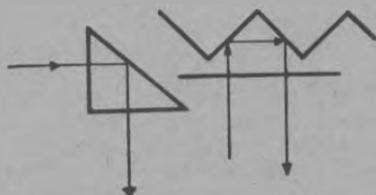


Fig. 11. — Réflexion totale dans un prisme.

des verreries formées de nombreux éléments prismatiques qui sont très utilisées pour l'obtention de certains effets, par exemple dans les phares et les appareils d'éclairage public.

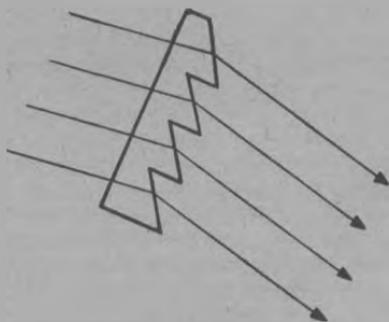


Fig. 12. — Déviation par une verrerie prismatique.

En résumé, on peut contrôler la lumière émise par une source :

En la réfléchissant ;

En la diffusant ;

En la réfractant ;

En la filtrant par des écrans qui arrêtent ou réduisent le rayonnement de certaines couleurs.

Enfin, on arrive à changer la longueur d'onde de certaines radiations par le phénomène de la *fluorescence*, qui permet de transformer une lumière colorée en une lumière d'une autre couleur, et même le rayonnement invisible en rayonnement visible.

LES SOURCES LUMINEUSES

Il y a bien des manières de faire de la lumière avec l'électricité, depuis l'arc entre charbons jusqu'à la décharge dans les gaz, et sans doute les inventeurs de l'avenir nous doteront-ils de sources lumineuses beaucoup plus ingénieuses encore. Mais, en attendant, c'est la lampe à incandescence qui est la reine incontestée de l'éclairage, malgré ses petits défauts...

En effet, les lampes à incandescence les plus modernes sont de petits radiateurs de chaleur qui daignent, très accessoirement, nous donner un peu de lumière : 3 à 4 p. 100 seulement de l'énergie électrique sont transformés en énergie lumineuse ! Ce qui fait que la lampe est, de toutes les inventions humaines, celle qui a le plus mauvais rendement. Comme on le voit, il y a encore de beaux jours pour les inventeurs.

Les premières lampes qui furent essayées avaient un filament en platine, avec d'ingénieux dispositifs pour connecter successivement des filaments de rechange dont la vie était éphémère. Il fallut attendre jusqu'au milieu du siècle dernier pour voir naître la première lampe vraiment pratique, la lampe à filament de carbone, inventée par Edison. On en connaît le principe : un filament de carbone est échauffé par effet Joule, il émet un rayonnement dont la fréquence augmente avec la température. Pour éviter sa combustion, on le met dans une enceinte vide d'air.

La lampe à filament de carbone ne donne malheureusement que 3 à 4 lumens par watt, ce qui est bien peu — et encore s'agit-il de lumens de lumière jaune rougeâtre. La raison de cette paresse, c'est que le filament n'est pas assez chaud : en le chauffant plus fort, ce qui est bien facile avec l'électricité, il éclairerait bien davantage. Il ne fondrait pas, car le carbone est le corps le plus réfractaire qui existe. Seulement, il se volatiliserait sans fondre, il « sublimerait », et ses vapeurs auraient tôt fait de noircir copieusement l'ampoule.

Pour obtenir un meilleur rendement et une lumière plus agréable, il a bien fallu s'adresser à d'autres corps que le carbone, et on essaya successivement les métaux réfractaires tels que l'osmium, le molybdène, le tantale. Les résultats furent encourageants, mais la partie ne fut gagnée que lorsqu'on sut façonner des filaments résistants avec le tungstène, dont la température de fusion atteint 3.350°. Ainsi naquit la lampe « monowatt », qui donne — théoriquement ! — une bougie sphérique par watt, soit 12,56 lumens — et en réalité 8 à 9 lumens seulement. Avec son filament en zigzag dans son ampoule piriforme, elle connut un joli succès. Pensez donc ! Elle triplait le rendement des lampes précédentes, et sa lumière était déjà moins jaune. Et, pourtant, la température du filament n'était que de 2.650° environ, car le tungstène, tout comme le carbone, sublime quand on le chauffe trop et noircit rapidement son ampoule, à un moindre degré toutefois.

Comme nous n'avons rien d'autre pour remplacer le tungstène, il a bien fallu s'en contenter. Et Langmuir, en 1913, trouva le moyen de freiner cette vaporisation du filament : il le plaça non plus dans le vide, mais dans une atmosphère inerte d'azote, qui oblige le nuage de tungstène à rester au voisinage du filament et lui barre la route vers l'ampoule, tout comme une foule freine le passage des autos. Et comme l'azote, en

circulant par convection, refroidissait le filament plus que le vide, Langmuir tourna la difficulté en boudinant très finement le filament, car il avait remarqué que ce filament est entouré d'une gaine immobile de gaz. Dès lors, le boudinage, en soudant entre elles les gaines immobiles, diminue la surface de refroidissement, et les pertes de chaleur sont réduites.

Ainsi naquit la lampe « demi-watt », dite « à atmosphère gazeuse », car en sciences appliquées on n'en est pas à un pléonasme près...

* * *

Après l'azote, on utilisa l'argon, gaz inerte contenu dans l'atmosphère, moins bon conducteur de la chaleur que l'azote, puis un mélange de 90 p. 100 d'argon et 10 p. 100 d'azote, meilleur isolant électrique que l'argon pur. Disons en passant que les gaz doivent être *chimiquement purs*, sous peine de destruction rapide du filament par les gaz résiduels, car le tungstène est un corps très actif à haute température. C'est une des raisons de la courte vie et du mauvais rendement des lampes à bas prix.

Récemment, un dernier perfectionnement fut apporté à la lampe à incandescence, en substituant à l'argon un gaz inerte excessivement rare: le *krypton*, qu'on extrait de l'atmosphère, où il existe à la dose invraisemblable de 1 litre de krypton pour 1.000 mètres cubes d'air. Ce gaz, coûteux comme le diamant, est chimiquement plus lourd encore que l'argon et freine davantage encore les vapeurs de tungstène, s'opposant ainsi à la sublimation du filament, ce qui permet d'élever encore la température du filament. Le krypton est très peu conducteur de la chaleur, ce qui permet de réduire le volume de l'ampoule sans danger pour le verre. Les premières lampes au krypton ont été mises sur le marché par Tungram.

Les lampes au krypton accusent une augmentation du flux lumineux de 16 à 50 p. 100 par rapport aux lampes courantes. De plus, leur lumière est incomparablement plus blanche. Et tout cela parce que la température du filament a été augmentée de 200°, deux fois la température de l'eau bouillante! Étudions d'un peu plus près ce phénomène.

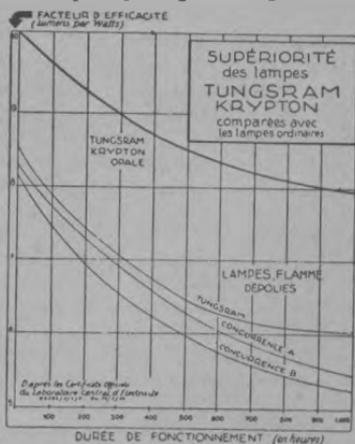
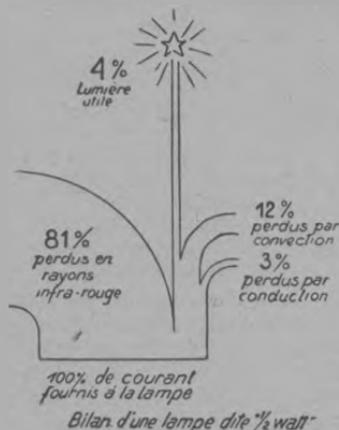


Fig. 1.

Lumière invisible, lumière colorée. — De même que tout ce qui brille n'est pas or, toute lumière n'est pas visible. Bien au contraire, la partie visible de la lumière n'est qu'une infime fraction de la lumière totale!

Ainsi, en recevant un rayon de soleil sur un prisme de sel gemme, on l'étale en ses couleurs bien connues qui forment le spectre visible, c'est-à-dire l'ensemble des vibrations s'étageant de 400 trillions à 780 trillions par seconde environ (un trillion = 1 million de millions). Ce sont, comme nous l'avons dit, des ondes analogues à celles de la radio, mais à fréquence ultra-haute, donc à longueur d'onde ultra-faible : la longueur d'onde de la lumière rouge n'est que 0,62 micron, et celle de la lumière violette, de 0,42 micron (un micron = 1/1.000 de millimètre).

Voilà pour la lumière visible. Mais, en deçà du rouge, n'y a-t-il rien ? Si : de la chaleur, le rayonnement calorifique, dont les vibrations moins rapides s'étagent de 56 trillions à 400 trillions par seconde. Comme elles sont « avant le rouge », on les appelle « radiations infra-rouges », à longueur d'onde plus grande que le rouge.

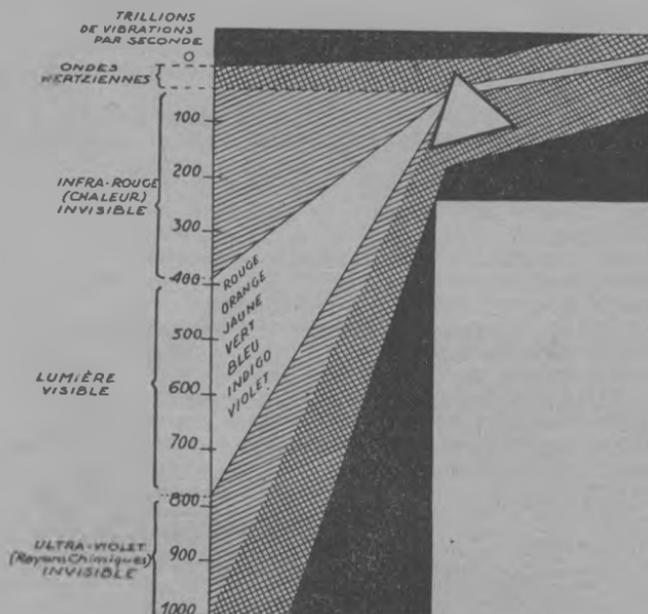


Fig. 2. — Un prisme en sel gemme décompose un rayon solaire en ses vibrations simples.

Et au delà du violet ? On trouve aussi une lumière obscure, qui n'est pas sensible à l'œil, mais qui produit des effets chimiques très marqués sur certaines substances. C'est le rayonnement « ultra-violet », dont les vibrations s'étalent depuis 780 jusqu'à 1.030 trillions par seconde, donc avec des longueurs d'onde ultra-courtes. Disons en passant que certains corps dits fluorescents, tels que le verre d'urane, le tungstate de calcium, etc., abaissent la longueur d'onde des rayons ultra-violet et peuvent ainsi transformer le rayonnement invisible en lumière visible, par un véritable changement de fréquence.

Pour être complet, ajoutons qu'il existe des vibrations de l'éther au delà des rayons chimiques qui constituent l'ultra-violet de la lumière solaire : ce sont les rayons X, produits par des ampoules spéciales, et les rayons gamma, produits par le radium, dont la fréquence peut atteindre 150 quintillions d'oscillations par seconde !

Et après ? Après, c'est l'inconnu, l'inexploré, qui nous réserve à l'avenir des surprises peut-être retentissantes, et qui a commencé à se manifester par l'étude toute récente des rayons cosmiques.

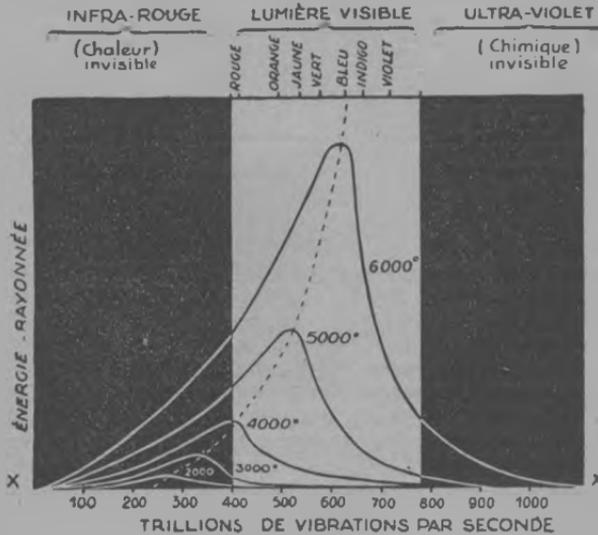
La chaleur, source de lumière.

Si l'on chauffe un « corps noir » (c'est-à-dire un corps capable d'absorber intégralement toute énergie rayonnante qui le frappe), il commence par émettre des rayons infra-rouges (autrement dit, il radie de la chaleur), puis il émet en outre des rayons rouges, et petit à petit le rayonnement s'enrichit des fréquences de plus en plus élevées, jusqu'à l'ultra-violet. Cette émission est, pour le corps, le moyen de se débarrasser de l'énergie dont on le surcharge, et *Stephan* a démontré que la quantité d'énergie rayonnée par 1 centimètre carré de corps noir est, en petites calories par seconde (1) :

$$E = 1,56 \times 10^{-12} \times T^4.$$

T étant la température absolue du corps, comptée à partir de 273° sous zéro.

Le rayonnement, on le voit, augmente comme la quatrième puissance de la température. A 500° absolus (227° C.), il n'est que de 0,29 calorie. Mais il monte à 4,68 calories lorsque la température atteint 1.000° absolus, et à 74,80 calories pour 2.000° absolus ! On voit combien il est intéressant d'élever de quelques degrés la température du corps.



[Fig. 3.]

Cette énergie rayonnée, avons-nous dit, intéresse une gamme de longueurs d'onde d'autant plus poussée vers le violet et l'ultra-violet que la température est plus élevée. Le maximum d'énergie correspond à une longueur d'onde privilégiée, qu'on peut calculer par la formule de Wien :

$$\lambda \text{ en microns} = \frac{2.940}{T \text{ absolu}}$$

(1) Rappelons qu'une petite calorie est la chaleur nécessaire pour élever de 1° la température de 1 centimètre cube d'eau.

Par exemple, sachant que le maximum d'énergie du spectre solaire se trouve dans le vert (longueur d'onde 1,2 micron), on en déduit la température du soleil :

$$\frac{2.940}{0,5} = 5.880^{\circ} \text{ absolu, ou } 5.607^{\circ} \text{ centésimaux environ.}$$

En définitive :

- 1° Entre 2.000 et 3.000°, température du filament de nos lampes, le peu d'énergie rayonnée est presque totalement formé de chaleur ;
 - 2° Le contraire a lieu aux hautes températures ;
 - 3° Le maximum d'énergie émise, qui se trouve dans l'infra-rouge pour nos lampes, se déplace vers la droite quand la température s'élève.
- On voit tout l'intérêt de l'élévation de la température, ne serait-ce que de quelques centaines de degrés.

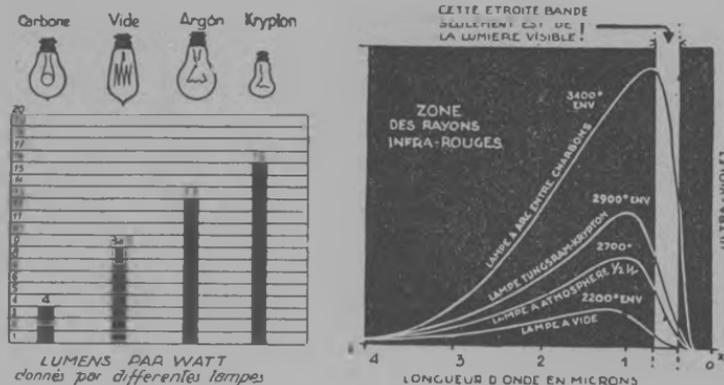


Fig. 4.

Comment peut-on encore améliorer le rendement des lampes ?

On pourra faire appel à des corps nouveaux, supportant les hautes températures sans inconvénient. Jusqu'à présent, on est limité à 4.000° absolus.

On pourra remplacer le « corps noir », tel que le tungstène, par un « corps coloré » émettant moins d'infra-rouge. Déjà, le tungstène, gris, constitue un appréciable progrès, mais il reste fort à faire, peut-être dans la voie du manchon Auer, qui émet peu de rayons infra-rouges, grâce à ses oxydes rares.

Peut-être trouvera-t-on le moyen de faire vibrer l'éther « en harmoniques », ce qui permettrait de doubler ou tripler la fréquence des radiations infra-rouges, et les transformerait en rayons visibles ?

Mais la solution probable sera sans doute la production directe, sans oscillations indésirables, des longueurs d'onde utiles formant la lumière visible. Ce sera la « lumière froide », magistrale réalisation de la science de l'avenir... réalisée par le Créateur dans le ver luisant, qui n'émet que les longueurs d'onde de 0,55 à 0,42 micron, avec un rendement de 100 p. 100. Il n'y a qu'à copier...

Constantes des lampes.

Le flux lumineux F, la puissance W, l'intensité du courant I, le voltage V et la durée D d'une lampe à incandescence sont dépendants l'un de l'autre.

Si la tension V devient V' , l'intensité I devient I' , la puissance consommée devient W' , etc., et ces valeurs sont liées entre elles par les *équations fondamentales* suivantes (valables pour les lampes à atmosphère gazeuse).

$$\frac{I}{I'} = \left(\frac{V}{V'}\right)^{0,54} \qquad \frac{W}{W'} = \left(\frac{V}{V'}\right)^{1,54}$$

$$\frac{F}{F'} = \left(\frac{V}{V'}\right)^{3,38} \qquad \frac{D}{D'} = \left(\frac{V}{V'}\right)^{13,1}$$

Les exposants indiqués sont des valeurs moyennes, susceptibles de variations suivant les fabrications et la puissance des lampes. On voit

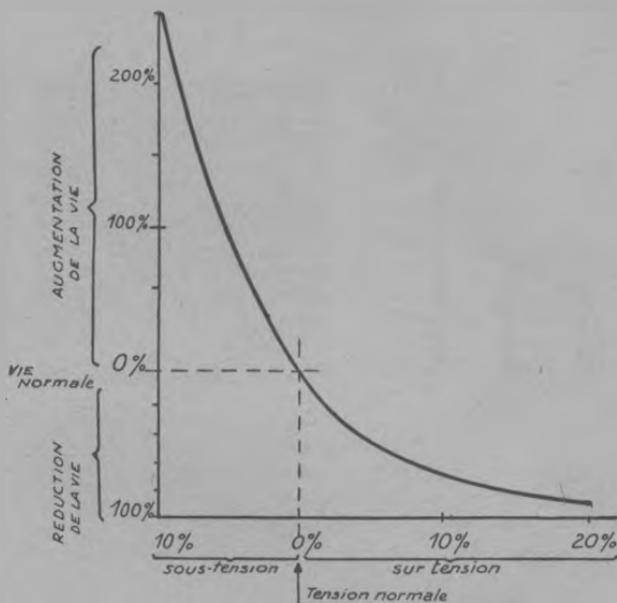


Fig. 5. — Influence de la tension sur la durée des lampes à incandescence.

que le flux lumineux varie presque comme la quatrième puissance du voltage, tandis que la consommation varie à peine.

La *brillance* du filament varie suivant la tension et la puissance. A la tension nominale, elle est de 600 bougies par centimètre carré pour les lampes à atmosphère gazeuse de 100 watts, 780 bougies par centimètre carré pour 200 watts, 1.000 bougies par centimètre carré pour 500 watts, et 1.200 bougies par centimètre carré pour 1.000 watts. Afin de la réduire, on dépolit intérieurement l'ampoule, ou on la constitue en verre opale. La brillance, qui était de 600 bougies par centimètre carré pour 100 watts, tombe à 12,5 lorsque l'ampoule est en verre dépoli, et à 2 seulement pour le verre opale. Mais le verre dépoli absorbe 1,5 à 2 p. 100 du flux, tandis que la perte dans le verre opale atteint 10 p. 100.

TABEAU DES VIBRATIONS DE L'ÉTHÉR

| | RANG de l'octave. | VIBRATIONS par seconde. | LONGUEUR d'onde. |
|---|-------------------------|-------------------------------|---------------------|
| | 2 ^e | 1 | 300.000 km. |
| | 2 ^e | 2 | 150.000 — |
| | 3 ^e | 4 | 75.000 — |
| | 4 ^e | 8 | 35.700 — |
| | 5 ^e | 32 | 9.375 — |
| | 10 ^e | 1.024 | 290 km. |
| ONDES HERTZIENNES | 20 ^e | 1.050.000 | 290 m. |
| | 30 ^e | 1.070.000.000 | 0,28 m. |
| | 40 ^e | 11 × 10 ¹¹ | 0,275 mm. |
| | 40 ^e | 1.100 billions | 275 microns |
| | 41 ^e | 2.200 — | 126 — |
| | 42 ^e | 4.400 — | 68 — |
| | 43 ^e | 8.800 — | 34 — |
| INFRA-ROUGE (chaleur invisible). | 44 ^e | 17.600 — | 17 — |
| | 45 ^e | 35.200 — | 8,5 — |
| | 46 ^e | 70.400 — | 4,26 — |
| | 47 ^e | 141 trillions | 2,13 — |
| | 48 ^e | 282 — | 1,07 micron |
| LUMIÈRE VISIBLE | 49 ^e | 563 — | 0,53 — |
| | 50 ^e | 1.125 — | 0,265 — |
| | 51 ^e | 2.250 — | 0,132 — |
| ULTRA-VIOLET (chimique invisible). | 52 ^e | 4.500 — | 0,066 — |
| | 53 ^e | 9 quatril. | 0,033 — |
| | 54 ^e | 18 — | 0,1065 — |
| | 55 ^e | 36 — | 0,0082 — |
| | 56 ^e | 72 — | 0,0041 — |
| | 57 ^e | 144 — | 0,002 — |
| | 58 ^e | 288 — | 0,001 — |
| | 59 ^e | 576 — | 0,5 millimicr. |
| RAYONS X RAYONS γ du radium | 60 ^e | 1,15 quintill. | 0,26 — |
| | 61 ^e | 2,3 quintill. | 0,13 — |
| | 62 ^e | 4,6 — | 0,065 — |
| | 63 ^e | 9,2 — | 0,032 — |
| | 64 ^e | 18,4 — | 0,0165 — |
| | 65 ^e | 36,9 — | 0,0082 — |
| | 66 ^e | 73,5 — | 0,0041 — |
| | 67 ^e | 146 — | 0,002 — |
| 68 ^e | 292 — | 0,001 — | |
| RAYONS COSMIQUES <i>et domaine inexploré.</i> | 69 ^e | 594 — | 0,0005 — |

(D'après J. Tilleux.)

LES UNITÉS PHOTOMÉTRIQUES

Il faut savoir que la lumière se mesure comme on pèse du sucre. Seulement, il y a plusieurs mesures qu'il faut bien connaître. On distingue en effet l'intensité de la source dans une direction, le flux ou quantité de lumière donnée dans un espace déterminé, l'éclairement, c'est-à-dire l'effet produit par la lumière sur les objets.

Reprenons l'une après l'autre ces notions fondamentales.

INTENSITÉ. — Voici une bougie de stéarine (fig. 1). Nous constatons

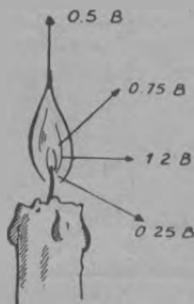


Fig. 1. — L'intensité en bougies varie suivant la direction.

aisément qu'elle est beaucoup plus lumineuse dans la direction horizontale, où la flamme est plus large, que vue du haut ou du bas. Donc, l'intensité de son rayonnement varie suivant la direction de celui-ci. On a cherché une unité... et on n'a rien trouvé de mieux que l'intensité moyenne d'une bougie bien déterminée. Et cette unité d'intensité s'appelle la *bougie*. En pratique, c'est une fraction de l'intensité d'une série de lampes électriques fonctionnant dans des conditions très précises et déposées au Conservatoire des Arts et Métiers. On a également proposé l'étalon *Violle*, ou intensité verticale, d'une surface de 1 centimètre carré d'un bain de platine à la température de solidification. Un *Violle* vaut environ 20 bougies internationales. Enfin, les Allemands utilisent la *bougie Hefner*, qui vaut 0,9 bougie internationale environ.

N'oubliez jamais que l'intensité en bougies implique toujours une idée de direction bien déterminée.

FLUX LUMINEUX. — C'est le débit de lumière d'une source dans toutes les directions. On le mesure en *lumens*.

Pour comprendre ce qu'est un lumen, imaginons une bougie placée au centre d'une sphère creuse de 1 mètre de rayon. Il est évident que le flux total ira frapper les parois de la sphère. Si nous faisons un trou de 1 mètre carré dans la paroi de cette sphère, la quantité de lumière qui sortira de ce trou, en provenance directe de la bougie, s'appelle un *lumen*.

Il importe de bien discerner la différence qui existe entre une intensité de une bougie et un lumen. Par exemple, si nous visons une bougie avec un tube de carton gros comme un crayon, nous verrons bien que la source a une intensité de 1 bougie, mais la quantité de lumière qui

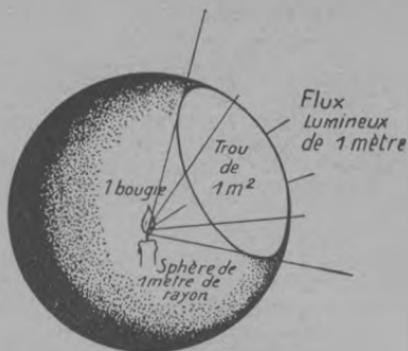


Fig. 2. — Ce qu'est un lumen.

passé dans le tube est bien plus faible qu'un lumen. Si nous visons le soleil avec notre tube, nous serons éblouis, parce que le soleil a une intensité de 200.000 bougies par centimètre carré. Mais la lumière qui passe dans ce tube est incapable d'éclairer une pièce aussi bien qu'une

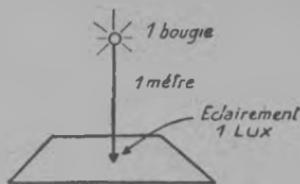


Fig. 3.

lampe de 50 watts, parce que le nombre de lumens transmis est trop faible.

FLUX TOTAL SPHÉRIQUE. — C'est le nombre total de lumens émis par la source. Ainsi, notre bougie de tout à l'heure est capable de fournir 1 lumen à chaque mètre carré de surface de la sphère de 1 mètre de rayon. Puisque cette sphère a une surface de 12,56 mètres carrés (πR^2), le flux total de la bougie est 12,56 lumens. Donc, une lampe « Tungram » marquée « 1.500 lumens » est équivalente à une lampe dont l'intensité serait de 120 bougies dans toutes les directions, même à travers le culot ($1.500 : 12,56 = 120$).

ÉCLAIREMENT. — L'éclairement est la densité du flux lumineux qui tombe sur une surface, et on l'évalue en lux. Cette densité dépend, d'une part, du flux émis par la source, et surtout de l'éloignement et de l'inclinaison de la surface par rapport à la source. C'est ainsi qu'une bougie près d'un journal « éclaire mieux » qu'un réverbère placé à 100 mètres.

Qu'est-ce qu'un lux ?

C'est l'éclairement produit par un lumen tombant perpendiculairement sur 1 mètre carré. Ainsi donc, si une lampe dont l'intensité sous verticale est de 1 bougie éclaire une table horizontale distante de 1 mètre, l'éclairement de la table sera de 1 lux. Avec une intensité de 50 bougies, nous aurions 50 lux, ce qui est à peu près l'éclairement requis dans une salle à manger. Le lux s'appelle aussi « bougie-mètre ».

Et, avec une même lampe, comment peut varier l'éclairement ? De trois manières :

1° On peut adapter à la lampe un réflecteur approprié. Ce réflecteur

(fig. 4) rassemble tous les lumens qui sans cela seraient perdus et les envoie dans la direction voulue. Ainsi, dans cette direction, l'intensité de la source augmente. C'est pour cela qu'un phare d'auto est éblouissant, bien qu'il ne contienne qu'une ampoule de 35 watts. Dans la direction

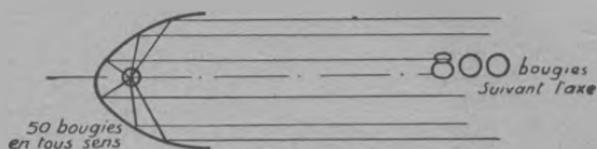


Fig. 4.

de la voiture, l'intensité de 50 bougies est passée, grâce au réflecteur, à quelque 800 ou 1.000 bougies... au détriment, bien entendu, des autres directions. Tous les lumens émis par la lampe, soit environ 600, sont concentrés par le réflecteur sur une petite surface de la route où ils produisent de puissants éclaircissements.

2° On peut faire varier la distance de la lampe au « plan utile », là où la lumière est utilisée. Ici, la variation est proportionnelle au carré de la distance. Par exemple, une surface placée à 1 mètre d'une source de 20 bougies aura un éclaircissement de 20 lux. Et à 50 centimètres ? La distance est deux fois moindre, l'éclaircissement est de 2×2 fois plus fort, soit 80 lux. A 25 centimètres, distance quatre fois moindre, il sera $4 \times 4 = 16$ fois plus fort, soit 320 lux. A 2 mètres, distance double, il sera 2×2 fois moindre, soit 5 lux seulement. Et ainsi de suite (fig. 5).

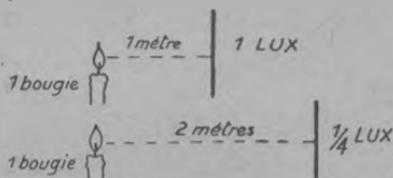


Fig. 5.

3° L'éclaircissement varie encore suivant l'obliquité des rayons qui tombent sur le plan utile, avec maximum quand l'obliquité est nulle. Instinctivement, quand on lit un journal, on le place de telle manière que la lumière tombe d'aplomb. Si nous le faisons pivoter pour que la lumière devienne rasante, l'éclaircissement diminue d'abord peu, puis il décroît rapidement jusqu'à devenir nul quand la lumière est rasante (fig. 6).

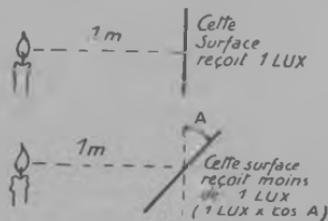


Fig. 6.

On démontre que la perte d'éclaircissement est proportionnelle non pas à l'angle A dont on a fait tourner le journal, mais au cosinus de cet angle, dont les valeurs pour chaque angle sont données dans une table figurant à la fin de cet ouvrage.

Donc, nous écrirons que :

L'éclairement d'une surface inclinée est égal à l'éclairement d'une surface perpendiculaire aux rayons, multiplié par le cosinus de l'angle d'inclinaison de la surface.

Autrement dit, il faut multiplier l'éclairement sous verticale par le cosinus de l'obliquité :

Par exemple, pour un angle de 45° , le cosinus est 0,707. Donc, une lampe de 50 bougies dans la direction de la surface, placée à 1 mètre d'une surface sur laquelle les rayons tombent en faisant un angle de 45° avec la perpendiculaire, produira sur cette surface un éclairement de :

$$50 \times 0,707 = 35,35 \text{ lux seulement.}$$

Nous avons donné plus haut la formule de l'éclairement suivant l'intensité de la source et sa distance. Il suffit de multiplier par le cosinus de l'obliquité des rayons, et nous aurons la formule générale des éclairagements obliques :

$$E = \frac{I \cos \theta}{D^2}$$

Autrement dit : l'éclairement (en lux) est égal à l'intensité de la source dans la direction considérée (en bougies) multipliée par le cosinus de l'angle d'obliquité des rayons (un chiffre plus petit que 1), le tout

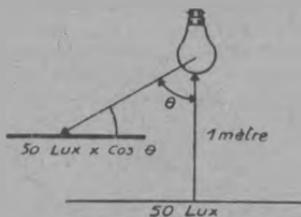


Fig. 7.

divisé par le carré de la distance (en mètres). Ainsi, une source de 50 bougies dans la direction d'une table placée à 3 mètres, sur laquelle les rayons tombent avec une inclinaison de 35° par rapport à la verticale, produira sur la table un éclairement de :

$$\frac{50 \times 0,819}{3 \times 3} = 4,55 \text{ lux (car } \cos 35^\circ = 0,819).$$

Ainsi, il faut bien se garder de confondre la lumière avec l'éclairement. La lumière est la cause, l'éclairement est l'effet. Le fait qu'une pièce est « brillamment illuminée » ne prouve nullement que l'éclairage soit correct (c'est même souvent le contraire). La quantité de lumière peut être importante, et son utilisation désastreuse.

BRILLANCE. — On appelle brillance d'une source son intensité lumineuse dans une direction par centimètre carré de surface apparente. L'unité est le *lambert*, ou bougie par centimètre carré de surface éclairante. La brillance est assimilable à la densité électrique sur une sphère. Cette notion s'applique aussi aux surfaces qui renvoient la lumière et agissent comme source secondaire : par exemple, un réflecteur ou un diffuseur.

La brillance très élevée des lampes nues provoque la fatigue visuelle ; aussi la réduit-on en augmentant la surface éclairante, à l'aide de diffuseurs, de réflecteurs diffusants, ou en pratiquant l'éclairage indirect. Quand la lampe doit fonctionner nue, par exemple dans certains lustres, on doit utiliser de préférence les ampoules opalines ou dépolies, dont la brillance est atténuée.

COURBES PHOTOMÉTRIQUES

Nous avons vu, au chapitre précédent, que le flux lumineux, ou débit de la source, et l'éclairement, ou densité de la lumière arrivant sur une surface, dépendent de l'intensité lumineuse de la source. Or cette intensité varie suivant la direction du rayonnement... et les rayons peuvent prendre beaucoup de directions différentes, puisque la source émet ses rayons dans tous les sens ! Comment allons-nous représenter correctement cette intensité qui varie suivant l'angle considéré ?

D'abord, remarquons qu'en règle générale les sources lumineuses sont symétriques par rapport à un axe de révolution. Pour une lampe d'éclairage, par exemple, on peut sans grande erreur admettre que le rayonnement est symétrique par rapport à l'axe de la lampe, qui passe du centre du culot au centre du ballon. Dès lors, coupons par la pensée la lampe par un plan qui passe par cet axe, et considérons le rayonnement du filament dans ce plan. Nous tracerons dans chaque direction à partir du centre du filament une ligne dont la longueur représentera l'intensité en bougies dans cette direction : par exemple, la ligne aura 5 millimètres par bougie. Bien entendu, l'intensité variera suivant la direction : dans celle du culot, par exemple, l'intensité est égale à zéro ou tout au moins très faible, car le culot arrête la lumière. Disons en passant que ces intensités se mesurent très aisément à l'aide d'appareils appelés « photomètres ».

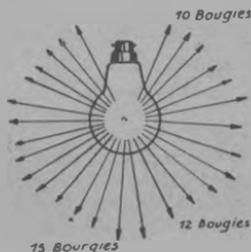


Fig. 1. — Intensités en toutes directions.

Dans ces conditions, nous obtiendrons un dessin dans le genre de la figure 1, où l'on voit les lignes représentant les intensités variables qui divergent à partir du centre. Maintenant, si nous réunissons par une ligne continue les extrémités de ces lignes, nous aurons un « diagramme

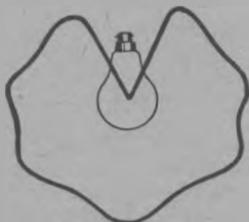


Fig. 2. — Courbe polaire d'intensité.

polaire» représenté par la figure 2. Chaque point de la courbe polaire est éloigné du centre, ou pôle, d'une distance proportionnelle à l'inten-

sité en bougies dans cette direction. Pour faciliter la lecture des distances, donc des bougies, et celle des directions, donc des degrés, à partir d'une origine qui est ordinairement la verticale, on peut tracer un réseau de cercles concentriques dont chacun représente une intensité déterminée, et diviser ces cercles en parties égales d'un certain nombre de degrés. On obtient alors la courbe photométrique complète de la figure 3. Bien

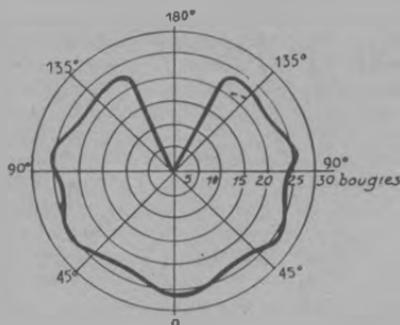


Fig. 3. — Courbe polaire d'intensité avec son réseau.

mieux : puisque la source est symétrique, on peut se contenter de représenter la moitié de la courbe, comme l'indique la figure 4.

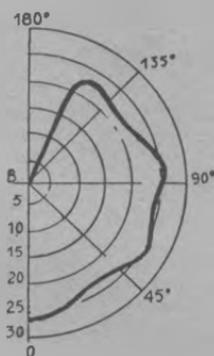


Fig. 4.

Ces courbes représentent, d'une manière commode, la répartition des intensités lumineuses d'une source symétrique, car il est bien évident que tout autre plan passant par l'axe de la source donnera les mêmes résultats.

Courbe photométrique d'un appareil d'éclairage.

Nous avons vu que, si l'on place une lampe dans un réflecteur, le flux lumineux émis par cette lampe est dirigé par ce réflecteur dans une direction privilégiée, et que l'intensité lumineuse de la source se trouve augmentée dans cette direction. Comme le réflecteur ne fabrique pas de la lumière (au contraire), il est bien évident que cette augmentation de l'intensité dans cette direction doit se payer par une diminution de l'intensité dans les autres directions. Nous devons donc retrouver tout ceci dans la courbe photométrique de la lampe équipée du réflecteur.

La figure 5 représente justement les courbes superposées de la lampe et d'un réflecteur émaillé courant. En l'examinant, vous constaterez que l'allure de la courbe en pointillé, représentant la lampe nue, s'est complètement transformée en devenant la courbe en trait plein, qui représente la courbe photométrique de la même lampe munie d'un réflecteur. On voit qu'à partir de 70° la source ne donne pas de lumière, c'est-à-dire que tout l'hémisphère supérieur, et même au delà, est privé de lumière : en effet, le réflecteur opaque ne laisse rien passer et renvoie toute la lumière vers le bas. Par contre, l'intensité dans la direction de 45°

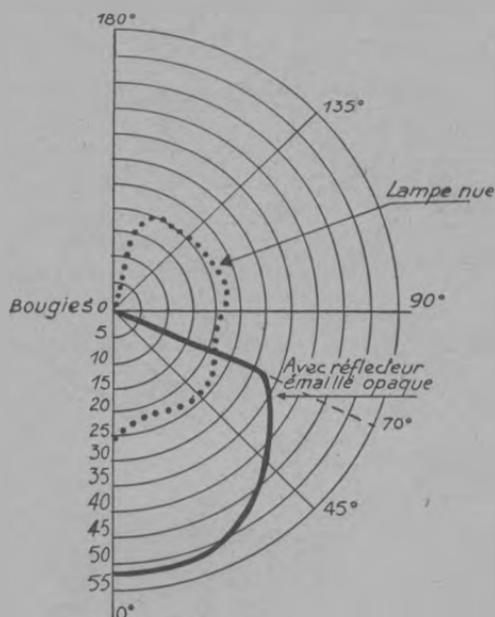


Fig. 5. — Courbes photométriques d'une lampe avec et sans réflecteur.

a presque doublé : elle a passé de 23 bougies environ à 43 bougies. Sous verticale, c'est-à-dire à 0°, elle a plus que doublé, passant de 24 à 52 bougies.

En faisant varier la position de la lampe suivant l'axe du réflecteur, la courbe photométrique et le rendement subissent de profondes modifications. La figure 6 représente un réflecteur en tôle émaillée de forme habituelle, et ses courbes photométriques quand on fait monter et descendre la lampe. Suivant que le filament se trouve plus ou moins haut dans le réflecteur, le cône lumineux qui sort du réflecteur est plus ou moins ouvert. Disons en passant que l'on appelle *angle de défilement* l'angle formé avec l'horizontale par un rayon rasant le bord du réflecteur. Les trois courbes photométriques correspondent, pour le réflecteur considéré, à des angles de défilement de 10, 15 et 20°, cette dernière montrant que l'enfoncement de la lampe dans le réflecteur augmente beaucoup l'intensité dans l'axe de l'appareil. Malheureusement, le rendement de l'appareil diminue rapidement quand l'angle de défilement augmente : alors qu'il est de 75 p. 100 pour 10°, il tombe à 70 p. 100 à 15°, et à 65 p. 100 à 20° de défilement.

Toutefois, il faut bien se garder de choisir systématiquement les appareils qui donnent le plus haut rendement lumineux, car la perfection

dans ce sens serait la suppression de tout appareil, la lampe nue ayant un rendement de 100 p. 100 ! Un réflecteur qui a des bords peu élevés,

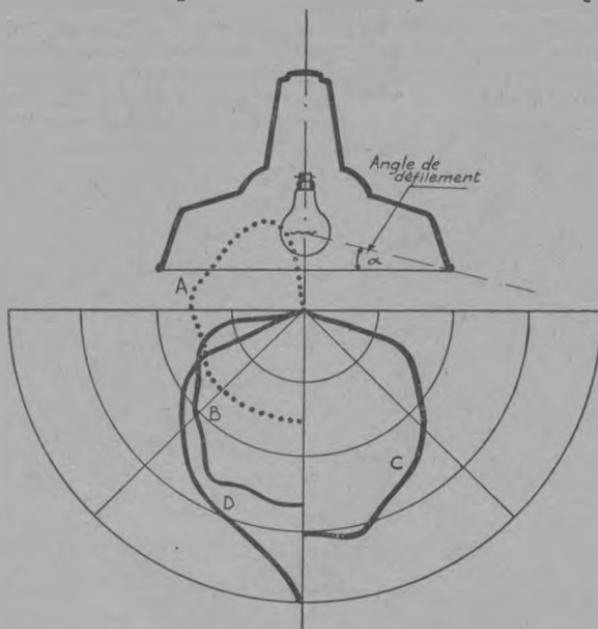


Fig. 6. — Influence de la position de la lampe dans le réflecteur.

- A. Lampe nue.
- B. Angle de défilement 10°
- C. — — 15°
- D. — — 20°

ou dont la lampe est placée bas, présente sans doute un bon rendement, mais malheureusement il masque insuffisamment sa lampe et provoque l'éblouissement. Cet inconvénient peut cependant être considérablement

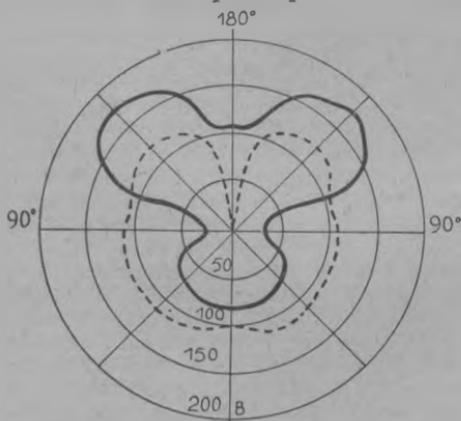


Fig. 7. — Courbe photométrique d'un diffuseur ouvert vers le haut (éclairage semi-indirect).

réduit en utilisant les lampes « Tungram » demi-émaillées dans la partie inférieure du ballon, qui peuvent sans inconvénient être utilisées dans les conditions de rendement maximum.

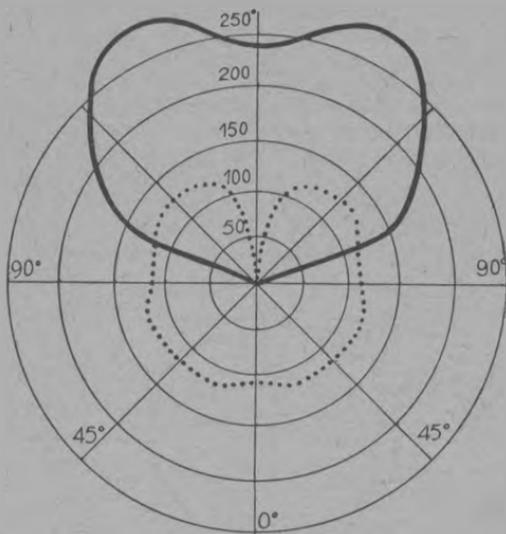


Fig. 8. — Courbe photométrique d'une coupe opaque d'éclairage indirect.

Les courbes photométriques sont très variables suivant les appareils d'éclairage, dont il existe une grande variété. A titre d'exemple, les figures 7 et 8 représentent les courbes polaires de deux appareils très employés. Il existe en outre des appareils dits « dissymétriques », utilisés surtout pour l'éclairage des extérieurs et des vitrines, et dont les courbes photométriques sont naturellement plus complexes que celles des appareils symétriques.

Les angles solides.

Il faut bien se garder de confondre les angles inscrits sur la courbe photométrique avec les angles dans l'espace, ou « angles coniques » ou encore « angles solides ». Voici, par exemple, la courbe d'une source,

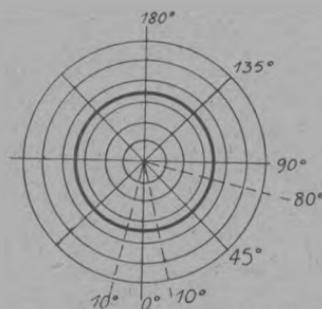


Fig. 9. — Courbe circulaire d'une source idéale rayonnant également en tous sens.

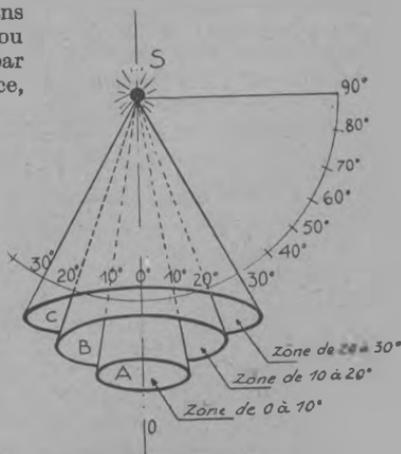


Fig. 10.

lumineuse idéale (fig. 9) dont l'intensité est la même dans toutes les directions : cette courbe est, naturellement, un cercle parfait. Et l'on est tenté de croire que le flux, ou quantité de lumière, rayonné dans un angle de 10° voisin de l'horizontale est le même que le flux rayonné entre 0 et 10° , aux environs de la verticale. Or, au contraire, la différence est importante.

Pour bien comprendre ceci, considérons les figures 11 et 12. Elles représentent les cônes de lumière qui s'échappent de la source S, de 10 en 10 degrés. Il est bien évident que l'espace occupé par le cône central est moindre que celui qu'occupe le cône creux B, qui lui-même est

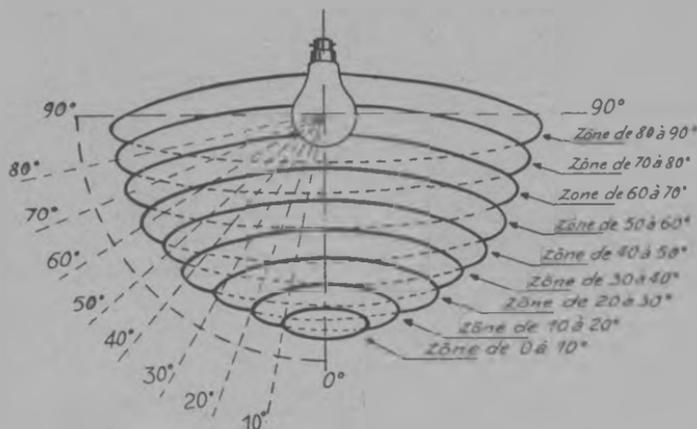


Fig. 11. — Les angles solides de 10 en 10° .

moindre que celui du cône creux C. En d'autres termes, la source S envoie moins de lumière dans le cône A (représenté par l'angle de 0 à 10° sur la courbe figure 9) que dans les cônes B et C (représentés par les angles de 10 à 20° et de 20 à 30° sur la courbe photométrique). Et l'on voit sur la figure 11 toute l'importance de la zone de 80 à 90° comparée à celle de 0 à 10° . Ainsi donc, si l'intensité est constante en toutes directions, le nombre de lumens fournis est beaucoup plus grand dans 10° voisins de l'horizontale que dans 10° voisins de la verticale.

Nous avons dit qu'une source dont l'intensité est uniforme dans toutes les directions émet $12,56$ lumens par bougie. Voici comment se répartissent ces $12,56$ lumens dans les « angles solides » de 10 en 10° à partir de la verticale.

| ZONE | LUMENS | ZONE | LUMENS |
|-----------------|--------|-------------------|--------|
| 0 à 10° | 0,095 | 90 à 100° | 1,091 |
| 10 à 20° | 0,283 | 100 à 110° | 1,058 |
| 20 à 30° | 0,463 | 110 à 120° | 0,992 |
| 30 à 40° | 0,628 | 120 à 130° | 0,897 |
| 40 à 50° | 0,774 | 130 à 140° | 0,774 |
| 50 à 60° | 0,897 | 140 à 150° | 0,628 |
| 60 à 70° | 0,992 | 150 à 160° | 0,463 |
| 70 à 80° | 1,058 | 160 à 170° | 0,283 |
| 80 à 90° | 1,091 | 170 à 180° | 0,095 |

Ce tableau montre toute l'importance des rayons horizontaux et fait comprendre qu'il faut bien se garder de confondre l'intensité avec le flux lumineux quand on lit une courbe photométrique.

Courbes isolux.

Le but de l'éclairage n'est pas de produire des bougies dans les appareils, mais des lux sur les choses à éclairer, généralement ce qu'on appelle le « plan de travail », c'est-à-dire le sol en éclairage public, et la hauteur d'une table dans les bureaux.

On verra plus loin que l'on peut calculer les éclairagements en lux produits par une source lumineuse sur un plan. Soit S cette source, h sa hauteur de suspension au-dessus du plan, θ l'angle formé avec la verticale par le rayon lumineux qui éclaire le point M du plan (fig. 12). La valeur de l'éclairagement en M est donnée par la formule :

$$E = \frac{I \cos^2 \theta}{h^2},$$

dans laquelle I représente l'intensité en bougies de la source S dans la direction du rayon considéré. La courbe photométrique de la source (que tous les fournisseurs d'appareils d'éclairage indiquent dans leurs catalogues ou communiquent à leurs clients) permet, par simple lecture, de déterminer I dans toutes les directions.

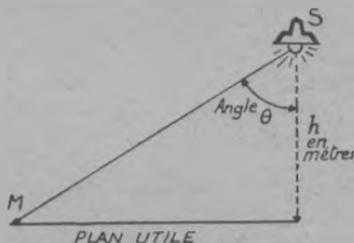


Fig. 12.

Si on calcule ainsi l'éclairagement en lux pour différentes distances du point M à la source (ce qui détermine l'angle θ), on peut construire la « courbe d'éclairagement » de la source S pour une hauteur de suspension

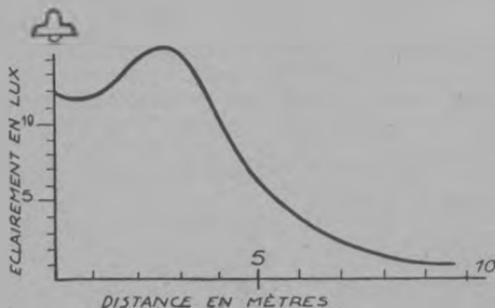


Fig. 13. — Courbe des éclairagements horizontaux.

donnée (fig. 13). Si deux sources S et S' concourent à l'éclairagement du plan utile, elles donnent, sur la ligne qui les joint, des éclairagements

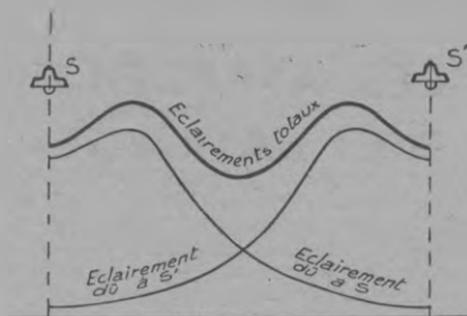


Fig. 14. — Éclairéments conjugués de deux foyers.

indiqués trait fin sur la figure 14, et la somme de ces éclairéments donne la courbe d'éclairément conjuguée en trait plein.

En répétant le calcul par points pour toute la surface du plan utile, on finit par avoir une idée nette de l'uniformité de l'éclairément réalisée.

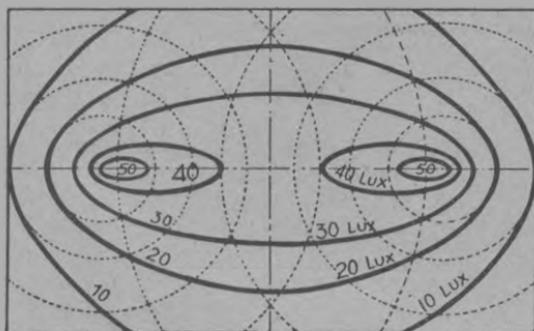


Fig. 15. — Courbes isolux de deux foyers.

Afin de rendre plus frappante cette uniformité et ses défauts, on construit les « courbes isolux », c'est-à-dire qu'on réunit par un trait continu tous les points qui reçoivent 10 lux, par exemple, puis tous ceux qui reçoivent 20 lux, et ainsi de suite. L'ensemble de ces courbes, qui rappelle les courbes de niveau des cartes d'état-major, donne une idée très concrète de l'éclairément réalisé (fig. 15). Dans une installation existante, on ne calcule pas : on se sert simplement d'un luxmètre pour relever les éclairéments sur le plan utile.

LES APPAREILS D'ÉCLAIRAGE

Le nombre des appareils d'éclairage est considérable, et l'ingéniosité des chercheurs, combinée avec les nécessités de la concurrence, en produit sans cesse des nouveaux. Aussi ne peut-il être question de les décrire ici : les catalogues des fabricants y suffisent du reste amplement.

Nous nous bornerons donc à passer rapidement en revue les GENRES d'éclairage électrique, en indiquant les caractéristiques principales des grandes classes d'appareils utilisés dans chaque cas.

L'éclairage électrique peut être :

Direct, quand les rayons émis par la source tombent directement sur les surfaces à éclairer. L'éclairage direct permet d'obtenir le maximum d'effet utile pour le minimum de consommation. Par contre, il a tendance à donner des ombres dures, de l'éblouissement et une répartition lumineuse peu uniforme quand le nombre d'appareils est réduit. Le type d'appareil est le réflecteur opaque (fig. 1).

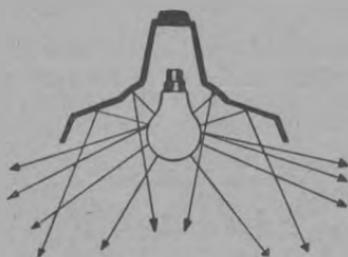


Fig. 1. — Éclairage direct : le réflecteur opaque.

Indirect, quand les rayons émis par la source sont d'abord reçus par une surface diffusante (plafond, corniche, cloison) qui devient source d'émission secondaire d'où partent les rayons vers les surfaces à éclairer.

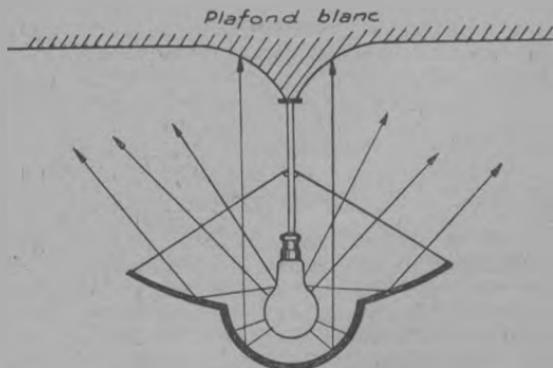


Fig. 2. — Éclairage indirect : la coupe opaque.

L'éclairage indirect est en général plus coûteux que l'éclairage direct, mais il est plus doux, plus uniforme et non éblouissant.

Le type d'appareil est la coupe opaque (fig. 2).

Semi-direct, quand l'éclairage direct est adouci par une petite partie du flux lumineux dirigée vers le plafond ou une surface diffusante.

Le type d'appareil est le réflecteur en verre opale (fig. 3).

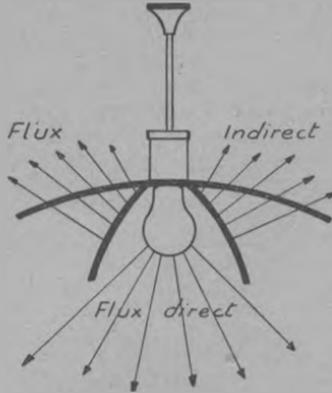


Fig. 3. — Éclairage semi-direct : le réflecteur en verre opale.

Semi-indirect, quand la trop grande uniformité de l'éclairage indirect est corrigée par une portion du flux filtrant de l'appareil vers les surfaces à éclairer.

Le type d'appareil est la coupe en verre opale (fig. 4).

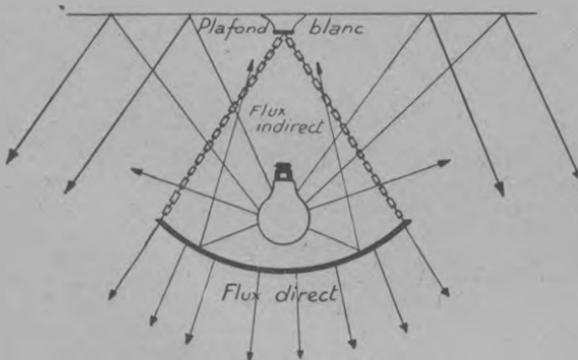


Fig. 4. — Éclairage semi-Indirect : la coupe en verre opale.

Éclairage direct.

On utilise les appareils d'éclairage direct chaque fois que le souci de rendement prime toutes autres considérations, quand on veut produire des contrastes et aussi quand les appareils sont exposés à des chutes de poussière, car celle-ci réduit beaucoup le rendement des autres appareils.

Tous les appareils d'éclairage direct sont, en principe, des réflecteurs plus ou moins décoratifs, munis ou non d'une verrerie diffusante pour obtenir une meilleure répartition du flux et réduire l'éblouissement. On

les fait en métaux polis, en verre argenté ou encore en verre prismatique quand on veut projeter la lumière dans une certaine direction. Ils sont en tôle émaillée pour la plupart des applications industrielles. Suivant la répartition lumineuse cherchée, la surface réfléchissante est ondulée ou lisse, symétrique ou dissymétrique. Enfin, suivant qu'ils concentrent la lumière ou la dispersent en un large faisceau, on dit qu'ils sont *concentrants* ou *extensifs*. Le rendement des appareils extensifs est souvent supérieur à celui des appareils concentrants de même type, bien que ces derniers permettent de réaliser des éclairagements plus intenses dans un champ réduit. Mais les appareils extensifs provoquent facilement l'éblouissement, s'ils sont placés trop bas ou munis de lampes trop fortes.

Il existe une position optima du filament de la lampe dans tout réflecteur : donc, il faut toujours bien veiller, en remplaçant une lampe par une autre de puissance ou de construction différente, au centrage exact et à la hauteur correcte du filament dans le réflecteur, sous peine de répartition lumineuse défectueuse, de mauvais rendement et d'éblouissement.

L'éclairage direct est de rigueur à l'extérieur et lorsque le plafond est sombre, encombré, non diffusant, comme dans les ateliers, par exemple.

Éclairage indirect.

Tout le monde connaît les corniches ou gouttières d'éclairage indirect faisant le tour de la pièce, munies de lampes ou d'appareils éclairant le plafond de façon aussi uniforme que possible. Pour obtenir les meilleurs résultats, il faut :

1° Que la corniche soit large (pour permettre l'éclairage direct du plafond par le plus grand flux possible) ;

2° Qu'elle soit aussi éloignée que possible du plafond (environ un tiers de la largeur du plafond) ;

3° Que le plafond soit aussi blanc que possible, et staffé si besoin est pour tenir compte des inégalités d'éclairage en suivant un profil approprié ;

4° Que les sources soient nombreuses ou, mieux, munies de réflecteurs appropriés donnant une dispersion suffisante de la lumière (pour éviter que certaines parties du plafond ne paraissent obscures).

Cet éclairage par les corniches est toujours coûteux à établir, et il consomme beaucoup de courant. Aussi lui préfère-t-on actuellement les projecteurs placés très bas et dissimulés dans des meubles, des vases, des torchères, etc., dont les « luminators » sont le type bien connu — ou, mieux encore, des appareils munis d'une optique du genre des lentilles prismatiques des phares maritimes. Ces appareils, placés dans les angles tout contre le plafond, sont calculés pour illuminer le plafond en lumière rasante, sans ombre ni éblouissement.

Enfin, on réalise encore l'éclairage indirect à l'aide d'appareils qui se suspendent au plafond comme un lustre, et qui sont ordinairement formés d'un miroir argenté ou prismatique, masqué par une coupe, illuminant le plafond de manière homogène. Ce miroir affecte parfois la forme d'une gouttière en cercle, en étoile, en carré, suivant l'architecture de la pièce.

L'éclairage indirect permet de réaliser des effets hautement décoratifs. Mais il présente quelques inconvénients : frais d'installation élevés, faible rendement lumineux sur le plan de travail, entretien important, ambiance un peu figée et manque de relief.

Éclairage semi-direct.

Dans cette catégorie, nous rangerons les diffuseurs en matière translucide (verre dépoli, verre opale, ou encore verre prismatique). Ils se laissent traverser par les rayons venant de la lampe et dirigés vers les surfaces à éclairer, mais une partie du flux lumineux est réfléchié par la paroi intérieure formant abat-jour, tandis que cet abat-jour lui-même laisse filtrer assez de lumière pour illuminer le plafond. Certains de ces diffuseurs sont ouverts à la partie inférieure, d'autres sont fermés par une paroi translucide diffusante. Le plus simple de ces appareils est la sphère creuse en verre opale dont une ampoule occupe le centre.

En général, la forme a peu d'importance et n'influe que faiblement sur la répartition lumineuse. On préférera cependant les formes simples, les surfaces lisses, moins salissantes et plus faciles à nettoyer. Par contre, il faut apporter toute son attention à :

1° *Le pouvoir diffusant du verre.* Le verre dépoli diffuse moins que le verre opale, et le filament des lampes est encore visible, encore éblouissant dans les appareils en verre dépoli.

2° *Le pouvoir réfléchissant du dôme supérieur.* De ce pouvoir dépendra la plus ou moins grande quantité de lumière qui éclairera le plafond.

3° *Le pouvoir absorbant du verre.* C'est le point important : certaines verreries translucides — et en particulier les « pâtes de verre », les albâtres, les verreries teintées — absorbent jusqu'à 50 p. 100 du flux lumineux ! Le verre opale de bonne qualité, sans épaisseur exagérée, leur est nettement supérieur.

4° *Le volume du diffuseur.* Plus ce volume est grand, moins grande sera sa brillance, moins l'appareil aura de chance d'éblouir. Son rendement lumineux n'en est cependant pas diminué pour cela, car l'absorption du flux par le verre dépend de la qualité et de l'épaisseur de celui-ci, non du volume du diffuseur.

Dans un bon diffuseur, il faut mettre des lampes claires. Mais on pourra les remplacer avantageusement par des lampes opales dans les diffuseurs éblouissants.

L'éclairage semi-direct est le plus répandu, car il est à la fois agréable, facile à installer et de bon rendement. Les diffuseurs ouverts ont un rendement un peu meilleur que les diffuseurs fermés, mais ils peuvent être éblouissants s'ils ne sont pas placés assez haut.

Éclairage semi-indirect.

Les appareils semi-indirects sont, en somme, des appareils semi-directs renversés, la plus grande partie du flux lumineux étant dirigée vers le plafond. On les constitue généralement soit par une coupe translucide, soit par un diffuseur clos dont la partie supérieure est en verre clair ou légèrement dépoli. D'autres appareils comprennent un réflecteur indirect qui éclaire le plafond, combiné avec un abat-jour translucide ou une enveloppe décorative assurant l'éclairage direct, soit en distrayant une partie du flux de la lampe unique, soit en utilisant des lampes auxiliaires.

L'éclairage semi-indirect est le plus agréable, sinon le plus économique. On peut aussi l'obtenir en combinant l'éclairage général indirect avec quelques touches d'éclairage direct produites par des dispositifs complémentaires.

L'ÉCLAIRAGE DES INTÉRIEURS

Tout Français a le droit de s'éclairer comme il l'entend. C'est peut-être pour cela que tant d'intérieurs sont dotés de ces lustres antédiluviens où des lampes étouffent dans d'in vraisemblables pâtes de verre bien opaques, pendant que d'autres éblouissent à qui mieux mieux.

Aussi n'insisterons-nous pas trop sur les lustres. Nous nous contenterons de rappeler que les lampes TUNGSRAM-KRYPTON permettent de les doter d'une lumière plus blanche, en améliorant leur aspect et en donnant, pour la même dépense de courant, une lumière beaucoup plus intense.

Il ne faudrait pas se hâter de conclure de ce qui précède que tous les lustres sont des appareils archaïques. Loin de là ! Il en est de très artistiques, surtout parmi les modernes ; il en est d'autres qui sont très savants, même parmi les anciens ! Témoin le lustre à pendeloques de cristal, qui n'a pas son pareil pour faire scintiller les bijoux, les verreries, et pour donner l'illusion des grandes lumières. Muni des nouvelles lampes flamme TUNGSRAM-KRYPTON, et complété par quelques coupes d'éclairage indirect en verre opale, perdues dans les pendeloques, il peut soutenir la comparaison avec bien des appareils modernes.

Mais nous nous bornerons à étudier quelques dispositions utilisées pour la réalisation de l'éclairage indirect.



Fig. 1. — Réflecteur argenté dissimulé dans une potiche.

Éclairage par réflecteurs.

En dissimulant des réflecteurs dans des vases, des meubles, etc., aussi bas que possible, on peut éclairer le plafond avec un bon rendement. L'uniformité d'éclairage est difficile à obtenir, mais elle n'est pas toujours désirable. Si les sources sont plutôt le long des murs ou dans les angles, il vaut mieux employer les réflecteurs dissymétriques (fig. 1), analogues à ceux qui sont utilisés dans les vitrines. Un masque peut du reste limiter le faisceau pour l'empêcher de faire des taches lumineuses sur les murs. Il importe que la lampe ne soit pas visible, pas plus que les parois réfléchissantes du réflecteur.

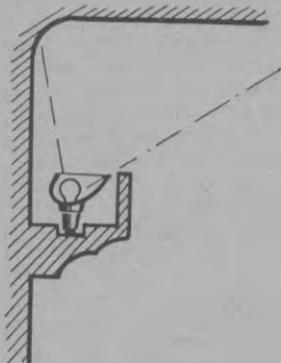


Fig. 2. — Réflecteur dissimulé dans une corniche staffée.

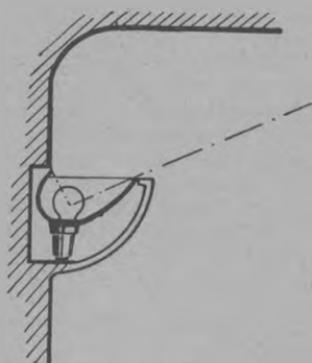


Fig. 3. — Réflecteur dissymétrique encastré et masqué par un cache.

Les réflecteurs peuvent également être dissimulés dans des corniches, ou encastrés partiellement dans les murs. Autant de cas d'espèce qui comportent de nombreuses variantes.

Les corniches lumineuses.

C'est une des solutions les plus employées, à la condition que le plafond soit raccordé par une courbe staffée avec le mur. Cette courbe

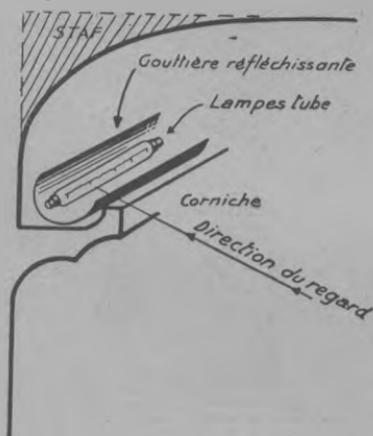


Fig. 4. — Éclairage indirect par corniche et lampes tube

ne doit pas passer trop près des lampes. Les lampes (de préférence des lampes tubulaires) sont placées dans une gouttière réfléchissante, en aluminium par exemple. Cette gouttière peut même être supprimée si on utilise les lampes tubulaires de vitrine demi-argentées. La corniche masque au regard les lampes, ainsi qu'une partie du plafond trop proche des lampes pour être régulièrement éclairée (fig. 4). Elle peut du reste être remplacée par une gouttière suspendue (fig. 5).

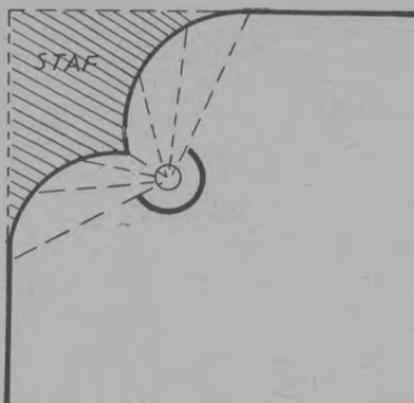


Fig. 5. — Éclairage angulaire par angle staffé et lampes tube dans une gouttière cylindrique.

Éclairage rasant.

Mais les réalisations les plus scientifiques ont été obtenues en rapprochant du plafond *très uni* des lampes munies d'une optique. Le plafond est staffé pour former un léger dôme. Il est éclairé en lumière rasante par des projecteurs, masqués au regard soit par une corniche, soit par des ailettes (fig. 6). Le plafond doit être très uni, sous peine de paraître rugueux comme une mauvaise route. On utilise de préférence des pro-

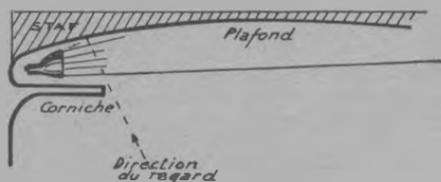


Fig. 6. — Éclairage rasant avec projecteur

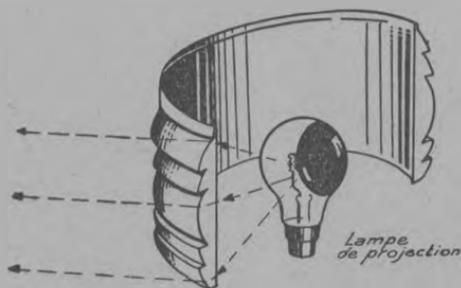


Fig. 7. — Lentille de Fresnel cylindrique.

jecteurs cylindriques, afin d'avoir de larges faisceaux plats se recouvrant parfaitement.

On emploie aussi, entre autres appareils, des projecteurs basés sur les lentilles à échelons. Ce sont des lentilles de Fresnel cylindriques, qu'on utilise avec des lampes de projection, et dont l'ouverture est de 90° pour les appareils d'angle et de 180° pour les appareils destinés à être posés au centre d'une cloison (fig. 7). Des ailettes empêchent la vision directe de l'appareil, tout en permettant le passage du flux lumineux.

Dans ces réalisations d'éclairage rasant, le plafond est habituellement profilé de telle manière que les rayons parallèles le rencontrent sous un angle qui augmente quand on s'éloigne de la source, afin d'avoir un éclairage uniforme du plafond. Cet éclairage en lux, on le sait, est :

$$E = \frac{I \text{ bougies} \times \cos \text{ de l'angle}}{\text{carré de la distance en mètres}}$$

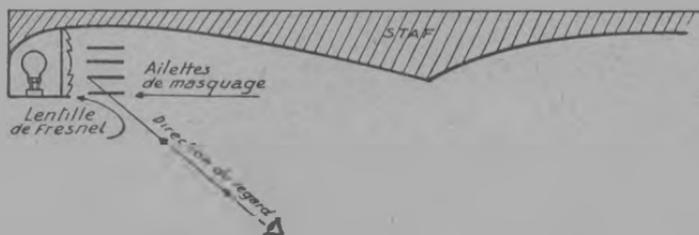


Fig. 8. — Condition d'uniformité d'éclairage : pour tout point M du plafond, le cosinus de l'angle α du plafond avec les rayons lumineux doit être proportionnel au carré de la distance D à la source.

Il faut donc, pour que l'éclairage soit constant, que le cosinus de l'angle soit proportionnel au carré de la distance à la source, ce qu'il est facile de calculer en se servant d'une règle à calcul ou d'une table de cosinus (voir tables à la fin de l'ouvrage).

Facteur de réflexion.

L'éclairage des intérieurs est fortement influencé par le pouvoir réfléchissant et diffusant des parois, murs, plafonds, car le flux lumineux des foyers frappant directement ou indirectement ces parois est en partie absorbé, en partie réfléchi. Le facteur de réflexion d'une paroi est le rapport du flux réfléchi au flux total frappant la paroi. Il importe donc de choisir de préférence les couleurs qui ont un facteur de réflexion élevé.

FACTEUR DE RÉFLECTION DIFFUSE DES COULEURS

| | | | |
|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| Blanc..... | 65 à 80 p. 100 | Rose clair ... | 55 à 65 p. 100 |
| Crème..... | 55 à 70 — | Rose..... | 45 à 55 — |
| Jaune-paille .. | 55 à 70 — | Rouge clair .. | 25 à 40 — |
| Jaune..... | 45 à 60 — | Rouge foncé .. | 10 à 25 — |
| Vieil or..... | 35 à 40 — | Beige..... | 40 à 45 — |
| Vert clair..... | 35 à 55 — | Havane clair .. | 35 à 40 — |
| Vert foncé.... | 30 à 50 — | Ton bois..... | 25 à 30 — |
| Bleu clair.... | 10 à 30 — | Brun..... | 25 à 35 — |
| Bleu..... | 10 à 25 — | Gris clair..... | 40 à 50 — |
| Bleu foncé.... | 5 à 15 — | Gris-pigeon .. | 25 à 35 — |
| Noir..... | 5 à 10 — | Gris foncé.... | 15 à 25 — |

Éclairéments recommandés.

On consultera utilement le tableau des éclairéments suivants, bien qu'il soit souvent avantageux de les dépasser.

| DÉSIGNATION DU LOCAL | ÉCLAIREMENT en lux |
|----------------------|-----------------------|
| Vestibules | 20 |
| Salon | 40 à 60 |
| Salle à manger | 60 |
| Bibliothèque | 80 |
| Bureau | 40 à 80 |
| Salle de bain | 40 |
| Cuisine | 60 |

CECI...

FREINE CELA

TUNGSRAM
KRYPTON
T81

*Economisez
le courant
avec*

TUNGSRAM
Krypton

HW

L'ÉCLAIRAGE DES ATELIERS ET DES BUREAUX

Un éclairage correct est une nécessité absolue aux endroits où l'on travaille. Avec une bonne lumière, on travaille mieux et plus vite, on se fatigue moins, on distingue mieux les détails, il y a moins de déchets et d'accidents.

Or neuf ateliers sur dix — et nous sommes modestes ! — sont éclairés en dépit du bon sens. Car on s'imagine trop souvent qu'on a très bien fait les choses quand on a suspendu, par-ci par-là, quelques lampes douteuses sous de vagues réflecteurs.

Il n'est peut-être pas superflu de passer rapidement en revue les fautes et négligences qu'on rencontre le plus souvent dans les installations d'éclairage.

L'éblouissement.

Chaque fois qu'une source lumineuse brillante se trouve dans le champ visuel, à l'intérieur d'un angle de 30° avec l'horizontale dont l'œil occupe le sommet (fig. 1), il y a danger d'éblouissement, véritable paralysie partielle de l'œil, qui ne perçoit plus que difficilement les détails et peut être détérioré.

Alors que la brillance de la flamme d'une bougie n'atteint qu'une demi-bougie par centimètre carré, le filament d'une lampe demi-watt peut donner de 500 à 1.200 bougies par centimètre carré. C'est pourquoi les lampes nues ou insuffisamment masquées doivent être rigoureusement proscrites (fig. 1).



Fig. 1.

Une source moins brillante, mais de grandes dimensions, placée à faible distance de l'œil, peut aussi produire l'éblouissement. Un diffuseur rapproché ou même une fenêtre proche, face au travail, éblouissent aussi

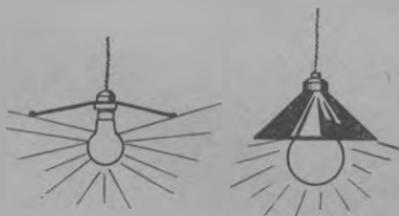


Fig. 2. — Les réflecteurs éblouissants.

sûrement qu'une lampe nue. Pour s'en convaincre, il suffit de protéger les yeux avec la main formant visière : l'amélioration de la vision montre

clairement ce qui reste à faire. L'éblouissement peut encore être causé par les surfaces brillantes ou fortement éclairées qui agissent comme des sources secondaires. Il se produit encore lorsque, au cours du travail, l'œil doit regarder successivement des zones éclairées et des zones sombres.

Les contrastes trop violents.

L'œil est ainsi fait qu'il peut être incommodé par une faible lumière lorsqu'il s'est habitué à l'obscurité. C'est ainsi qu'on est ébloui par une simple allumette frottée en pleine nuit, alors qu'une lampe de 500 watts paraît dérisoire en plein jour.

Pour éviter cet « éblouissement par contraste », il faut donc supprimer les contrastes violents. Tout le champ visuel doit être harmonieusement éclairé, sans « trous d'ombre », sans plages violemment illuminées, sans appareils d'éclairage se détachant brutalement sur les plafonds ou les murs sombres. Autant que possible, plafonds et murs seront peints de couleur claire et mate. On proscriera l'éclairage localisé par lampe individuelle, s'il n'est pas complété par un bon éclairage général qui réduit les contrastes.

Il ne faut pas cependant supprimer *totale*ment les ombres, car nous leur devons la sensation du relief. Un éclairage sans ombres, comme l'éclairage indirect, est désirable dans les ateliers de dessin et admissible dans les bureaux, où les ombres portées sont gênantes ; par contre, il est à rejeter dans les ateliers, où la vision nette des trois dimensions est nécessaire.

Les appareils insuffisants.

Nombre d'industriels et de commerçants décident un beau jour d'améliorer leur éclairage. Cela consiste presque toujours à remplacer les vieilles lampes par des nouvelles plus puissantes, et l'on se persuade que c'est très bien ainsi. Ce remède est souvent pire que le mal, car les nouvelles lampes montées dans les vieux réflecteurs plats ou coniques sont aussi éblouissantes que si elles étaient nues, et la répartition de la lumière est aussi défectueuse. Les lampes modernes demandent des appareils modernes.

Les foyers mal disposés.

Un défaut courant réside dans l'espacement excessif des foyers lumineux, ce qui cause un éclairage inégal, avec des trous d'ombre et des plages violemment éclairées. L'espacement des appareils est en relation étroite avec la hauteur de suspension, et il dépend du type d'appareil utilisé (fig. 3).



Fig. 3. — Foyers trop écartés.

Pour corriger ce défaut, on peut augmenter la hauteur de suspension si la chose est possible. Sinon, on peut remplacer les appareils par d'autres

plus extensifs, mais on risque l'éblouissement si des précautions spéciales ne sont pas prises (remplacement des lampes claires par les lampes à émaillage hémisphérique, écrans diffusants, etc.). On contrôle le résultat au luxmètre Tunggram.

Les lampes trop faibles.

Une autre erreur courante consiste à utiliser des lampes de faible wattage sous prétexte d'économie. Comme l'éclairage général ainsi obtenu est trop faible, on le renforce en multipliant les sources lumineuses, ou en dotant chaque employé ou chaque ouvrier d'une lampe individuelle. Le résultat le plus clair de ce système est d'augmenter considérablement les frais d'installation, les causes de pannes, le travail de nettoyage des lampes et des appareils, et la consommation de courant.

En effet, les petites lampes ont un rendement très inférieur à celui des grosses. Par exemple, une lampe demi-watt de 25 watts donne 235 lumens (pas même 10 lumens par watt), alors qu'une lampe de même type de 100 watts donne 1.420 lumens, soit 14,2 lumens par watt. Donc, en remplaçant quatre lampes de 25 watts par une seule de 100 watts, on ne consomme pas plus de courant, on simplifie l'installation, et on obtient un supplément de 480 lumens absolument gratuit.

Les lampes sous-voltées.

« Mon secteur fait 110 volts, je vais donc prendre des lampes de 115 ou de 120 volts. Comme cela, elles dureront plus longtemps. » Tel est le raisonnement simpliste que font beaucoup de gens.

Ils ne savent pas que l'économie à l'achat ainsi réalisée se paie beaucoup trop cher. Une lampe sous-voltée éclaire mal et gaspille du courant en pure perte. Voyez la figure 4, qui exprime le flux F d'une

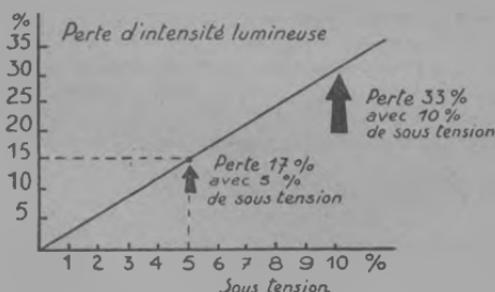


Fig. 4. — 33 p. 100 de perte de lumière avec une lampe de 120 volts sur un secteur de 110 volts.

lampe en fonction de sa tension V :

$$\frac{F}{F'} = \left(\frac{V}{V'} \right)^k,$$

dans laquelle k est un coefficient qui varie de 3,1 à 3,5 pour les lampes à atmosphère gazeuse.

On voit nettement sur cette courbe qu'un sous-voltage de 10 p. 100 cause une perte de lumière de 33 p. 100. En d'autres termes, une lampe de 120 volts, alimentée sous 110 volts, doit consommer 30 p. 100 de courant de plus pour donner autant de lumière qu'une lampe de tension correcte.

Une lampe de 100 watts, qui dure mille heures, consomme pendant ce temps 100 kilowatts. Si elle n'éclaire pas plus qu'une lampe de 75 watts

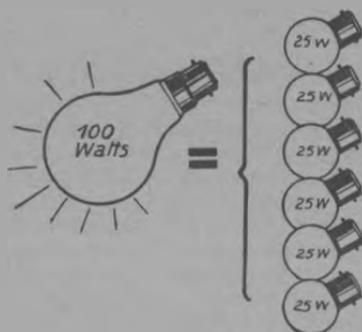


Fig. 5. — Une lampe de 100 watts éclaire autant que 6 lampes de 25 watts.

alimentée sous tension correcte, elle gaspille toutes les mille heures *cinq fois* son prix d'achat. *Une lampe qui dure longtemps gaspille obligatoirement du courant par sous-voltage.*

Lampes vieilles, lampes douteuses.

Les vieilles lampes noircissent intérieurement et ne donnent plus qu'une faible lumière rougeâtre. Il faut les remplacer, car elles gaspillent plus de courant qu'elles ne coûtent.

De même, les lampes de fabrication ancienne, à filament en zigzag, en forme de poire, à vide, sont de grosses mangeuses de courant. Il faut les condamner sans pitié. Leur place est dans la boîte à ordures.

Enfin, les lampes de second choix, achetées à des prix tentateurs, ne sont économiques qu'en théorie. Pour vous en convaincre, méditez ces chiffres :

Une lampe *Tungram-Krypton* consommant 46 watts éclaire mieux qu'une lampe 1/2 watt courante de 60 watts, car elle donne 650 lumens au lieu de 624. En mille heures, elle consomme 14 kilowatts de moins, ce qui représente une économie de courant de *quatre fois* la différence de prix d'achat.

Appareils et lampes sales.

Les réflecteurs, diffuseurs et lampes sales peuvent gaspiller 50 p. 100 de lumière, et même davantage. D'où l'absolue nécessité des nettoyages fréquents. A noter que l'œil est mauvais juge de cette dépréciation, car il s'habitue à cette perte graduelle de lumière. Mais l'usage du luxmètre *TUNGSRAM* la met aisément en valeur.

Mieux vaut une lampe de 60 watts propre dans un réflecteur propre qu'une lampe de 100 watts sale dans un réflecteur sale.

Les sources mal placées.

Dans beaucoup d'ateliers, et en particulier ceux où on a généralisé l'éclairage individuel, on constate souvent que la lumière arrive sur les surfaces de travail sous un angle défectueux, ce qui produit des ombres portées gênantes et oblige les ouvriers à une attention fatigante pour suivre leur travail. D'autres fois, les ouvriers portent ombre sur leur propre travail, ce qui réduit considérablement leur rendement ou la précision de leur travail.

Le remède découle de source. Il faut soit remanier l'installation, soit la compléter par des sources judicieusement placées.

Les murs et plafonds sales ou sombres.

Une partie importante de la lumière atteint les murs et le plafond. Si ceux-ci l'absorbent, cette lumière est perdue. C'est ce qui arrive quand ils sont peints de couleurs sombres, quand les fenêtres n'ont pas de rideaux blancs ou quand les carreaux ne sont pas recouverts d'une peinture blanc mat, quand la poussière et la fumée ont sali les surfaces diffusantes, quand l'atelier n'a pas de plafond. A noter qu'il est désirable à tous points de vue que les murs et le plafond participent à la diffusion de la lumière. On évitera donc les couleurs sombres qui absorbent, et les couleurs brillantes, genre ripolin, qui provoquent l'éblouissement par réflexion.

L'IMPLANTATION DES FOYERS

La position des foyers lumineux est généralement imposée par l'architecture de la salle. Il importe de bien étudier le plan d'implantation avant de procéder à une installation d'éclairage, car les fautes commises ne se corrigent qu'au prix de coûteuses altérations.

En règle générale, on préférera la distribution régulière et symétrique des sources, afin d'assurer l'uniformité de l'éclairage et la réduction

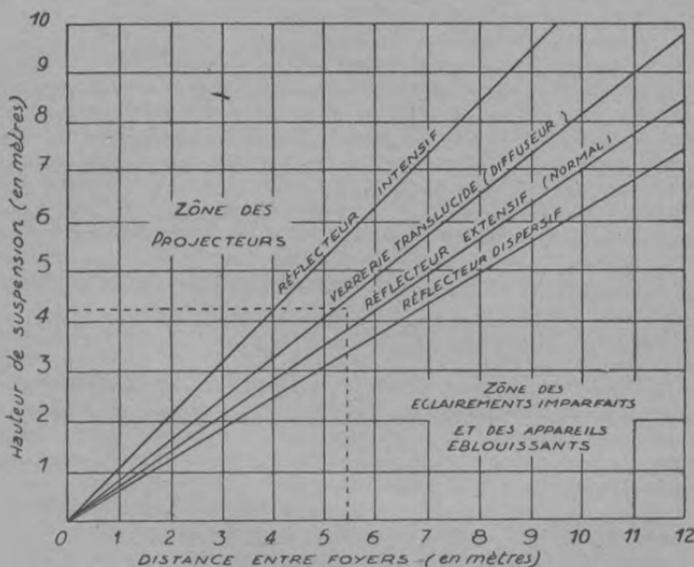


Fig. 6. — Abaque 1 : détermination du type d'appareils d'éclairage direct.

au minimum des causes d'éblouissement. Ce n'est que dans des cas très spéciaux que l'éclairage localisé, par lampe individuelle, peut présenter des avantages. Il ne dispense du reste pas de l'éclairage général, qui seul peut prétendre à remplacer la lumière du jour sans trop d'inconvénients.

On découpe d'abord l'espace à éclairer en rectangles, ou plutôt en carrés, dont les limites seront imposées souvent par la présence de piliers, sheds, rangées de machines ou de tables, etc. Dans ces carrés,

on disposera les foyers lumineux de telle façon qu'ils soient régulièrement espacés d'une distance telle que l'éclairage soit uniforme. Cette distance, on l'a deviné, dépend de deux facteurs: la hauteur de suspension et le type d'appareil choisi. Elle peut être déterminée par l'abaque figure 6, qui résume de façon suffisamment exacte en pratique les conditions d'emploi des appareils les plus courants.

Dans cet abaque, une horizontale partant de la hauteur de suspension et une verticale partant de la distance horizontale entre appareils se coupent au voisinage d'une des lignes obliques. Cette ligne indique le type d'appareil à utiliser. De même, en partant d'une ligne oblique, il est facile de trouver la distance entre foyers correspondant à une hauteur de suspension donnée.

Exemple: hauteur de suspension, $4^m,25$; distance entre appareils, $5^m,50$. Les pointillés se croisent entre deux lignes: diffuseurs et réflecteurs extensifs. Nous choisirons la première solution pour des bureaux, et la seconde pour des ateliers.

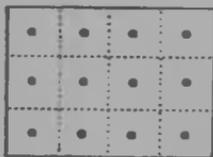


Fig. 7.

Une source par carré.

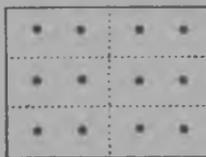


Fig. 8.

Deux sources par rectangle.

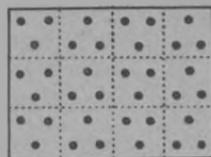


Fig. 9.

Trois sources par carré.

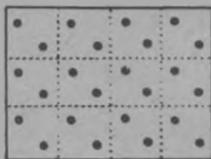


Fig. 10.

Deux sources par carré.

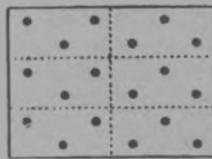


Fig. 11.

Trois sources par rectangle.

Dans chacun des carrés ou rectangles à éclairer, on répartira régulièrement les foyers lumineux en respectant les distances indiquées par l'abaque 1. On obtient alors un plan d'implantation semblable à l'un des schémas des figures 7, 8, 9, 10 et 11, ou quelque chose de similaire.

Nous devons insister une fois de plus sur l'importance d'une hauteur de suspension suffisante pour obtenir une bonne répartition de la lumière sans éblouissement ni ombres gênantes. On aura toujours intérêt à maintenir aussi élevé que possible le rapport entre cette hauteur de suspension et la distance entre foyers.

Bien entendu, il peut arriver que certaines nécessités, telles que la présence de nombreuses courroies, la minutie de certaines opérations, etc., obligent à s'écarter de cette disposition géométrique. On aura recours à l'éclairage localisé (une lampe par point de travail), avec utilisation de réflecteurs profonds masquant bien le filament et éclairage général suffisant. On peut aussi pratiquer l'éclairage général harmonisé, dont la figure 12 donne un exemple.

Puissance des foyers.

Nos appareils d'éclairage bien choisis et bien disposés, il faut maintenant les munir d'une lampe. Quelle en sera la puissance ?

Il est assez facile de la calculer. Les ingénieurs spécialisés dans l'éclairage font des calculs très savants par la méthode des facteurs d'utilisation, qui leur permettent d'atteindre une précision assez grande. Mais,

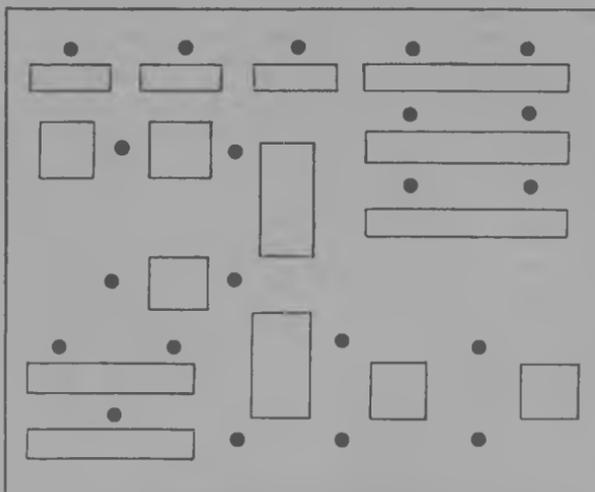


Fig. 12. — Éclaircment général harmonisé d'un atelier.

pour les besoins courants, une bonne approximation suffit largement, ce qui simplifie grandement le travail. Dès lors, il suffit d'utiliser l'abaque n° 2 pour trouver instantanément la puissance des lampes nécessaires, à la condition que les foyers soient judicieusement répartis.

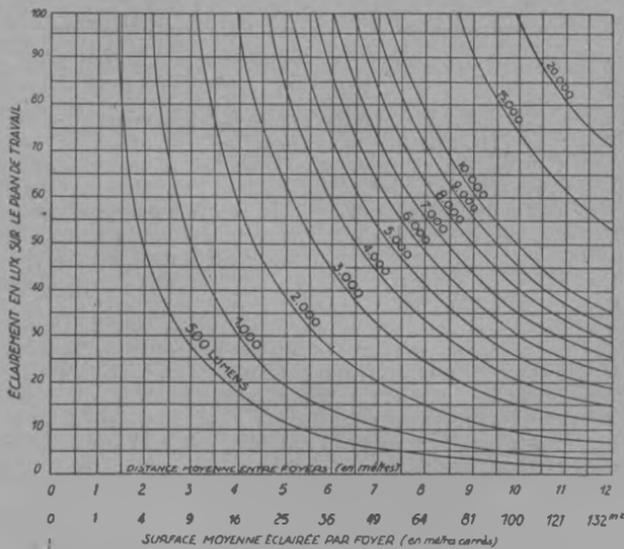


Fig. 13. — Abaque 2 : puissance en lumens des foyers.

Son usage est des plus simple :

1° On détermine la distance maximum (en mètres) entre foyers lumineux, ce qui donne le côté du carré éclairé par chaque foyer. Cette distance est lue horizontalement ;

2° On lit verticalement le nombre de lux désiré sur le plan de travail ;

3° Au croisement de la verticale et de l'horizontale élevées de ces deux lectures, on se trouve entre deux courbes, dont la plus élevée indique la puissance en lumens de la lampe nécessaire.

Cet abaque a été établi pour des réflecteurs émaillés de bonne qualité et un « coefficient de réflexion » de 50 p. 100, c'est-à-dire pour un local dont les murs et le plafond sont assez clairs. S'ils sont foncés et si le local n'est pas vaste, il faut doubler la puissance des lampes. Dans les cas intermédiaires, augmenter de moitié. Si l'on utilise des diffuseurs, il faudra encore augmenter de 40 p. 100 la puissance des lampes pour tenir compte de l'absorption. On vérifiera les éclairagements avec le luxmètre, et on fera les corrections nécessaires s'il en est besoin.

Cette méthode simpliste fera sans doute froncer les sourcils aux grands techniciens de l'éclairage, mais elle suffit largement en pratique courante.

VALEUR DES ÉCLAIREMENTS EN LUX SUIVANT LA DESTINATION DES LOCAUX

| | LUX | | LUX | | LUX |
|---|------------|--|-----|--|-----|
| 1° LOCAUX COMMERCIAUX | | | | | |
| Administrations : | | | | | |
| Bureaux ordinaires | 40 à 60 | | | | |
| — de dessin | 100 à 200 | | | | |
| Halls d'entrée..... | 50 | | | | |
| Boutiques et magasins : | | | | | |
| Intérieur de boutique d'alimenta- | | | | | |
| tion..... | | | | | |
| — de magasins de nou- | 50 | | | | |
| veau..... | 80 | | | | |
| — des grands magasins | 100 | | | | |
| — des magasins suivants : | | | | | |
| — vitrines (très variables) suivant na- | 100 à 1000 | | | | |
| — ture des marchandises expo- | 20 | | | | |
| — sées et disposition des maga- | 80 | | | | |
| — sins)..... | | | | | |
| Entrepôts, magasins généraux | | | | | |
| Salons de coiffure | | | | | |
| 2° LOCAUX INDUSTRIELS | | | | | |
| Abattoirs | 40 | | | | |
| Acieries | 25 à 40 | | | | |
| Blanchisseries, teintureries | 70 | | | | |
| Bois (travail du) : | | | | | |
| — sciage ordinaire..... | 25 | | | | |
| — travail à l'établi..... | 60 | | | | |
| Cauchohoue (travail du) | 40 à 60 | | | | |
| Carton (travail du) | 50 | | | | |
| Chaudronnerie | | | | | |
| — travail ordinaire à l'établi | 50 | | | | |
| — petites pièces délicates | 80 | | | | |
| Chaussures (fabrique de) | 60 à 100 | | | | |
| Chimiques (fabrique de) | 30 à 50 | | | | |
| Contrôle, vérification, de produits | 50 à 100 | | | | |
| Cuir (travail du)..... | 40 à 80 | | | | |
| Électriques (constructions) | 50 | | | | |
| Emballage | 30 à 40 | | | | |
| LOCAUX INDUSTRIELS (Suite) | | | | | |
| Forge et soudure | 40 à 60 | | | | |
| Fonderies | 40 à 60 | | | | |
| Filatures : | | | | | |
| — Coton : | | | | | |
| — Cardage, étrépage | 35 | | | | |
| — Bobinage, tissage, vérification..... | 50 | | | | |
| Soie | 70 | | | | |
| — Ourdissage, teinture..... | 20 à 30 | | | | |
| — Laine | 45 | | | | |
| — Retordage, lavage..... | 70 à 80 | | | | |
| — Machines à tricoter | 40 à 60 | | | | |
| Garages automobiles | 30 | | | | |
| Imprimeries : | | | | | |
| — Moulage, presse | 40 | | | | |
| — Lithographie | 50 | | | | |
| — Linotype, monotype, composi- | 100 | | | | |
| — tion | 15 à 30 | | | | |
| Magasins et dépôts | | | | | |
| Mécanique : | | | | | |
| — Travail aux machines automati- | 100 à 150 | | | | |
| — ques | 60 | | | | |
| Montage (ateliers de) | 40 à 80 | | | | |
| Peinture (ateliers de) : | | | | | |
| — Travaux ordinaires | 30 à 40 | | | | |
| — Vernissages délicats | 80 à 100 | | | | |
| Raffineries | 40 | | | | |
| Stations centrales | 40 | | | | |
| Studios : | | | | | |
| — Eclairage pour prise de vue | 500 à 1500 | | | | |
| Tanneries | 20 à 40 | | | | |
| Verreries | 25 à 50 | | | | |
| 3° LOCAUX PRIVÉS | | | | | |
| Salle à manger, salon, chambre | 30 | | | | |
| Bureaux | 45 | | | | |
| Cabinet de toilette, salle de bain..... | 40 | | | | |
| 4° LOCAUX PUBLICS | | | | | |
| Bibliothèques..... | 40 à 50 | | | | |
| Cinémas (entre les projections) | 25 | | | | |
| Écoles : | | | | | |
| — Salle de classe, amphithéâtre | 40 à 50 | | | | |
| — de dessin, de couture | 100 | | | | |
| Gymnases | 30 à 60 | | | | |
| Hôpitaux : | | | | | |
| — Salle d'hôpital et chambre..... | 20 à 25 | | | | |
| — d'opération, laboratoire | 80 | | | | |
| — Table d'opération | 500 | | | | |
| Hôtels : | | | | | |
| — Salon, salle à manger | 50 | | | | |
| — Chambre..... | 40 | | | | |
| Jeux : | | | | | |
| — Billard..... | 100 | | | | |
| — Skating..... | 30 à 40 | | | | |
| — Tennis | 100 à 200 | | | | |
| — Dancing | 30 à 40 | | | | |
| Marchés | 40 à 60 | | | | |
| Musées | 40 à 60 | | | | |
| Théâtres | 40 à 60 | | | | |
| 5° LIEUX PUBLICS | | | | | |
| Rues : | | | | | |
| — A faible circulation | 1 à 3 | | | | |
| — A circulation intense..... | 10 à 15 | | | | |
| Quais, gares | 10 à 15 | | | | |

DU NEUF AVEC DU VIEUX

TRANSFO D'ALIMENTATION

Moderniser en mettant des lampes plus nerveuses, c'est bien joli, mais le transformateur d'alimentation devient parfois insuffisant, ou ses tensions ne conviennent plus. Nous ne pouvons en acheter un nouveau, nous allons donc en bobiner un, avec les dépouilles d'un ou deux transformateurs de nos vieux stocks (ou des tôles neuves achetées à bon prix).

Si nous avons la chance d'en trouver un de bonne taille, de même tension primaire (par exemple 110 volts, 50 périodes), peut-être le primaire pourra-t-il être conservé, et le travail réduit au simple bobinage des secondaires. Mais prenons le cas général, et voyons les différentes étapes, avec un exemple pour mieux suivre les opérations.

Soit à réaliser un transformateur qui doit donner une tension anodique de deux fois 350 volts avec un débit de 90 milliampères, une tension de chauffage de 6,3 volts avec débit de 4,5 ampères, plus l'alimentation du filament de la valve, soit 6,3 volts et 0,65 ampère. Ces chiffres ont été obtenus en totalisant les consommations des électrodes du poste, en tenant compte de la chute de tension dans le filtrage et la valve, et en majorant prudemment de 10 à 15 p. 100 le courant anodique.

1. Calcul du débit.

a) Tension anodique : comme la valve débite tantôt sur une plaque, tantôt sur l'autre, nous ne compterons qu'une seule section du secondaire à 90 milliampères, soit :

| | | |
|----------------------------|---|--------------|
| 350 v. × 0,090 a. | = | 31,50 watts. |
| b) Chauffage des lampes : | | |
| 6,3 v. × 4,5 a. | = | 28,35 — |
| c) Chauffage de la valve : | | |
| 6,3 v. × 0,65 a. | = | 4,10 — |
| Total. | = | 63,95 watts. |

Que nous arrondirons sagement à 65 watts au moins.

Mais notre transformateur, n'étant pas parfait, aura un rendement que nous évaluons à 80 p. 100. Donc, son primaire devra fournir :

$$65 \text{ watts} : 0,8 = 81 \text{ watts environ.}$$

2. Calcul de la section du fer. — Pour connaître la section de fer plein, il faut multiplier par 1,25 la racine carrée de la puissance en watts. Mais, comme le fer est formé de laminages, avec interposition d'air, de vernis, de papier isolant, nous devons multiplier encore par 1,25 la section de fer plein pour obtenir la section pratique en centimètres carrés. Cela nous donne :

$$\sqrt{81} \times 1,25 = 9 \times 1,25 = 11,25 \text{ centimètres carrés de fer plein.}$$

$$11,25 \times 1,25 = \text{environ } 14 \text{ centimètres carrés de section pratique.}$$

Plus simplement, en remarquant que $1,25 \times 1,25 = \text{environ } 1,56$, nous n'avions qu'à multiplier $\sqrt{81}$ watts, soit 9 par 1,56, pour avoir la section pratique de 14 centimètres carrés.

Cette section est valable pour 50 périodes. Pour 25 périodes, il faudrait doubler.

3. *Réalisation du noyau de fer.* — Nous empilerons des laminations provenant de vieux transformateurs (du même type, bien entendu !) jusqu'à obtenir un noyau de 14 centimètres de section. Par exemple, les tôles courantes représentées par la figure 1 forment 14 centimètres carrés de section de noyau sous 47 millimètres d'épaisseur.

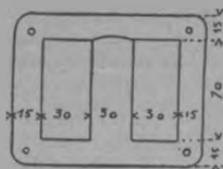


Fig. 1.

Nous ferons ensuite, avec du presspahn, une carcasse de bobine, formée de deux flasques et d'un tube à section rectangulaire, le tout collé à la secotine ou, mieux, à la colle cellulosique.

En passant, disons qu'il vaut mieux se rapprocher des sections sensiblement carrées, plutôt que de faire des noyaux avec des empilages épais de tôles étroites : le bobinage se fera mieux, entre autres avantages.

4. *Calcul des spires.* — Nous appliquerons la formule suivante (1) :

$$\text{Spires par volt} = \frac{28.153.153}{\text{fréquence} \times \text{induction} \times \text{section de noyau en cm}^2}$$

L'induction magnétique maximum varie, suivant la qualité des tôles à transformateurs, de 8.000 à 14.000 gauss. Par prudence toujours, nous prendrons 10.000 pour de bonnes tôles de petits transformateurs, si bien que, pour du courant de 50 périodes, le nombre de spires par volt s'obtient tout simplement en divisant 56 par la section du noyau.

Dans notre exemple, cela donne 4 spires par volt (on peut forcer légèrement). Pour 25 périodes, il faudrait doubler.

Donc, voici nos nombres de spires :

| | | |
|------------------------|---------------------|-----------------------------|
| <i>Au primaire</i> | : 4 × 110 volts | = 440 (secteur). |
| <i>Aux secondaires</i> | : 4 × 2 × 350 volts | = 2.800 (tension anodique). |
| | 4 × 6,3 volts | = 26 (chauffage). |
| | 4 × 6,3 — | = 26 (valve). |

Mais ce sont là des nombres théoriques, parce que nous n'avons pas tenu compte des pertes en watts, d'abord dans le fer par hystérésis, saturation, courants de Foucault ; ensuite dans le cuivre, par effet Joule et courants de Foucault. Pour calculer les premières, il faudrait peser le fer, connaître son induction maximum et son induction de travail, ainsi que la perte K au fer par kilo à cette induction de service, ensuite appliquer la formule :

$$\text{Perte en watts} = \frac{B_{\text{max.}}}{B} K \times \text{poids de fer.}$$

Pour calculer les secondes, il faudrait faire le compte du volume de cuivre et faire un calcul où intervient la densité du courant d (ampères par millimètre carré), en appliquant la formule :

$$\text{Perte en watts} = 20 \times d^2 \times V \text{ en décimètres cubes.}$$

(1) Cette formule n'est au fond que celle bien connue :

$$n = \frac{10^8 E}{4,44 f. B. S \text{ centimètres carrés.}}$$

On voit qu'il est nécessaire, pour cela, de faire un croquis du bobinage, pour connaître d'avance le volume de cuivre.

Comme nous savons nous contenter d'une approximation, nous agissons bien plus simplement :

● Pour tenir compte de la chute de tension au primaire (ce qui équivaut à l'alimenter sous tension réduite), nous diminuerons son nombre de tours de 8 à 10 p. 100.

● Pour tenir compte de la chute de tension dans les secondaires, nous augmenterons le nombre de tours d'environ 10 p. 100 aussi.

C'est un peu cavalier comme solution, mais c'est simple et suffisant pour nos besoins.

Cela nous fait par conséquent :

Environ 405 tours au primaire ;
3.150 — au secondaire anodique ;
29 — aux deux autres secondaires.

5. *Choix du fil.* — Ici, rien de sorcier : on adopte une densité de courant raisonnable pour éviter l'échauffement, pas plus de 2,5 ampères par millimètre carré de section. La table des fils de cuivre qui se trouve à la fin du mémento permet de calculer aisément le fil à choisir :

Au primaire : 81 watts sous 100 volts actifs environ, cela fait 0,81 ampère, donc 0,325 millimètre carré de section. Nous prendrons du 65/100 de diamètre.

Au secondaire anodique : 90 milliampères, cela fait 0,036 millimètre carré de section, donc 22/100 de diamètre.

Au secondaire chauffage : 4,5 ampères donnent 1,8 millimètre carré, soit du fil de 160/100 de diamètre.

Au secondaire valve : 0,65 ampère : $2,5 = 0,26$ millimètre carré, soit 60/100 de diamètre.

Les figoleurs peuvent s'amuser à calculer l'encombrement des couches, pour voir s'ils peuvent augmenter un peu leur section de fil. Et puis on passe au bobinage, qu'on fait soigneusement. (La chignole pincée dans l'étau, soit dit en passant, fait un tour à bobiner très acceptable.) On compte bien les spires, on les range autant que possible en couches régulières, et on sépare les couches par une bande de papier, si on a le temps et la place. Les différentes sections seront obligatoirement séparées par un papier bakérisé (vernis bakélite sur papier écolier). On termine par un papier de protection, puis on tôle.

● Maintenant, si vous n'avez qu'un seul transformateur, le noyau est évidemment tout calculé. Nous en partons donc pour connaître le wattage admissible.

Multiplions la section du noyau en centimètres carré par 0,64, et multiplions à nouveau le résultat obtenu par lui-même. Cela nous donne les watts au primaire. Multiplions derechef par 0,8, et nous avons les watts à répartir entre les différents secondaires.

● Rappelons enfin quelques règles :

Les pertes dans le cuivre devant être égales aux pertes dans le fer pour obtenir le rendement maximum, un transformateur marchant souvent à vide doit s'attacher à réduire ses pertes dans le fer, car elles sont indépendantes du débit. Donc, gros fer à bonne perméabilité.

Les pertes dans le primaire doivent être égales aux pertes dans les secondaires, ce qui conduit à adopter les mêmes densités de courant dans tous les fils.

Bobinez d'abord les fils de grosse section : à nombre égal de tours, ils occuperont moins de volume au fond de la carcasse qu'en surface.

Faites les sorties des bobinages de fil ténu avec de la tresse isolée, qui a moins de chances de se rompre à ras.

Transfos d'antenne.

Si vous ne pouvez vous offrir les beaux transformateurs d'antenne à fer divisé, vous obtiendrez néanmoins des résultats très acceptables avec des transformateurs à air bien faciles à faire. Un bobinage de vieux poste, avec sa boîte de blindage, fournira les matières premières.

Sur le tube débarrassé de son fil (diamètre environ 3 centimètres), on bobine à un bout 50 spires jointives de fil 4/10, deux couches soie ou coton, puis, 2 centimètres plus loin, 50 autres spires continuant les premières : soit, en tout, 100 spires en deux sections. Pour passer d'une section à l'autre, le fil passe par un trou à la fin de la première section et ressort par un autre trou, au commencement de la seconde. Les deux extrémités sont arrêtées en passant dans des trous également (fig. 2).

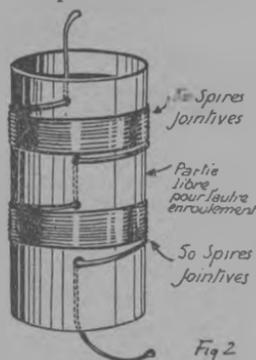


Fig. 2. — L'enroulement en deux sections du transfo d'antenne.

L'intervalle laissé libre entre les sections est, à son tour, bobiné : 15 tours *non* jointifs du même fil, dont les bouts sont également arrêtés en passant dans deux trous.

Ces 15 tours ne toucheront pas les deux sections de 50 fils.

Rappelons en passant que, pour bobiner des spires non jointives, on bobine ensemble le fil et une ficelle de même diamètre, à spires jointives. Quand l'enroulement est fini, on arrête le fil et on débobine la ficelle, qui laisse des spires non jointives de fil. Voilà pour le transformateur d'antenne. Il faut maintenant le monter sur un disque d'ébonite ou de bakélite qui fermiera le boîtier de blindage, les fils sortant par quatre trous pratiqués dans le disque. Puis on scellera le disque et les trous, avec de la cire à cacheter ou tout autre ciment hydrofuge.

Le transformateur d'arrivée au poste lui est semblable, mais le secondaire doit avoir une ou plusieurs prises pour le changement de longueur d'onde. Le mieux est alors de le bobiner un peu différemment. On fait 100 spires jointives, avec des prises formées d'une boucle du fil

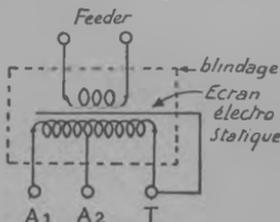


Fig. 3. — Le transfo d'entrée.

passant dans un trou du mandrin. Leur position variera suivant le poste : il faut donc s'attendre à faire quelques essais. Pour deux gammes d'ondes, une prise suffira (fig. 3). Le secondaire est ensuite recouvert d'une ou deux couches de papier Kraft épais, puis on bobine le primaire, soit 15 tours de fil environ.

On peut le perfectionner encore en le munissant d'un écran électrostatique, formé d'un tour de feuille de cuivre très mince, ou d'aluminium, placé entre le primaire et le secondaire, en sandwich, entre deux couches de papier. Cet écran sera relié à la terre du poste, de même que le blindage.

Transfo de soudure.

Avec le fer et la carcasse d'un gros transformateur basse fréquence du temps jadis, vous pouvez vous constituer un transformateur très pratique pour dessouder rapidement les connexions — et même pour les ressouder. Comme on ne cherche pas le rendement, inutile de calculer.

Primaire : divisez 5.000 par le nombre de centimètres carrés de section du fer passant dans la carcasse, et vous aurez le nombre de spires pour 110 volts 50 périodes. Suivant la place disponible et le fil en main, vous les bobinez en fil de bonne section. Terminez par un tour de bande de papier.

Secondaire : mettez vingt-cinq fois moins de spires qu'au primaire, mais en gros fil, aussi gros que possible. C'est tout.

Le primaire sera muni d'une prise de courant ; le secondaire, de deux fils souples de bonne section, dont l'un se termine par une pince crocodile, et l'autre par un porte-charbon que vous imaginerez. Le nôtre est tout simplement un porte-mine de dessinateur, à grosse mine Conté ! On fixe la pince crocodile à la pièce, et avec le charbon on touche la soudure : un grésillement, et tout est fondu.

En prenant un bout de soudure dans la pince, le contact avec le charbon la fond à l'endroit voulu. C'est au moins aussi pratique que le fer à souder.

Comme charbon, prenez simplement celui d'une vieille pile de lampe de poche.

Ce transformateur peut faire rougir un bout de fil résistant monté au bout d'un crayon : et voilà un merveilleux outil à pyrograver.

Fil divisé pour antennes.

Les avantages du « fil de Litz », comme disent les gros malins, sont tellement évidents en haute fréquence — et la présence d'une couche d'émail anti-oxyde tellement précieuse — que notre antenne sera évidemment en fil divisé. Rien ne s'oppose du reste à ce que les transformateurs de descente et les feeders le soient aussi.

La matière première, c'est le fil émaillé qu'on trouve dans les vieux transformateurs basse fréquence ou reliques assimilées. L'outil, c'est la chignole. On fixe dans un mur éloigné trois clous aux trois sommets d'un triangle de 3 centimètres de côté. Dans le mandrin de la chignole, on prend la queue d'une sorte de champignon de bois, taillé grossièrement au couteau (fig. 4) et dont la tête porte aussi trois clous ou crochets. Il n'y a plus qu'à tendre trois longueurs de fil entre les clous fixes et les clous mobiles, et à tourner un nombre de tours compté pour obtenir un toron à trois fils. On en fait trois semblables, et on les retord de la même façon, ce qui donne un câble à neuf fils. Si le fil est fin, on retord trois câbles neuf fils, cela fait un vingt-sept fils. Il ne faut pas fixer la chignole, sous peine de rompre les fils : la chignole doit suivre à la demande du raccourcissement produit par la retorsion.

Vous avez déjà compris que, quand on est pressé — et tant pis pour la technique ! — on met six fils au lieu de trois. voire même davantage. C'est moins beau, et théoriquement moins efficace.



Fig. 4. — Champignon à toronner.

Et pour décaper les bouts, dont les brins doivent être soudés *tous ensemble*, on les chauffe avec précaution à la flamme, et on les plonge tout chauds dans de l'alcool à brûler ou, mieux, de l'alcool méthylique.

Descente blindée.

Si vous n'avez pas sous la main les superbes descentes à faible capacité du commerce, vous pourrez néanmoins protéger la plus grande partie de la descente d'antenne en la faisant passer dans du tube Bergmann, bien connu en électricité : ce tube en carton imprégné recouvert d'une tôle plombée. Tous les joints recevront un point de soudure, et l'enveloppe sera mise à la terre.

Pour réduire la capacité, la descente sera un simple fil 5/10, deux couches coton, sur lequel on enfilera de grosses perles de verre, ou même des rondelles de bouchon découpées à l'emporte-pièce et bouillies dans la paraffine. Une rondelle tous les 10 centimètres suffit pour centrer le fil dans le tube. Les rondelles seront naturellement d'un diamètre nettement plus petit que le tube.

Reculotage des lampes.

Une lampe dont le culot bouge peut souvent être sauvée en lui faisant prendre un bain de pied pendant une nuit dans de l'alcool à brûler, ce qui ramollit le ciment. Après cela, on la serre contre son culot à l'aide d'un bracelet de caoutchouc, et on laisse sécher.

Une autre méthode, plus rapide, consiste à faire pénétrer du vernis bakélite entre ampoule et culot, puis de mettre sous pression à l'aide du bracelet de caoutchouc. On sait que le vernis bakélite se polymérise par la chaleur et devient très dur. Un petit séjour de quelques minutes dans un four de cuisinière moyennement chaud peut assurer cette polymérisation. On maîtrisera la cuisson après quelques essais.

La baguette magique.

Les matières premières sont : un bout de fer divisé haute fréquence, gros comme un haricot — un bout de cuivre *idem* — un bout de tube isolant grand et gros comme un gros crayon. C'est tout.

Scellez le fer haute fréquence à un bout du tube, et le cuivre à l'autre bout. Marquez le côté fer du signe + et le côté cuivre du signe —. C'est fini.

Quand vous approcherez le côté fer d'une bobine, vous augmenterez sa self. Au contraire, en approchant le cuivre, ou mieux en l'introduisant dans la bobine, la self est diminuée. Suivant les résultats entendus, ou lus sur les appareils de mesure, il est facile de voir dans quel sens il faut faire les corrections.

Cet outil est très pratique pour faire les réglages.

UNE COURTE VISITE A L'USINE FRANÇAISE TUNGSRAM de GENNEVILLIERS (Seine)

Aux portes de Paris, dans une boucle de la Seine, s'élève la dernière née des neuf usines de lampes TUNGSRAM. Toute jeune encore, puisqu'elle « tourne » seulement depuis quatre ans, elle bénéficie naturellement de la longue expérience accumulée par ses aînées, et elle est dotée de l'outillage le plus moderne : c'est dire que la qualité de ses produits fut absolument hors de pair dès le début.

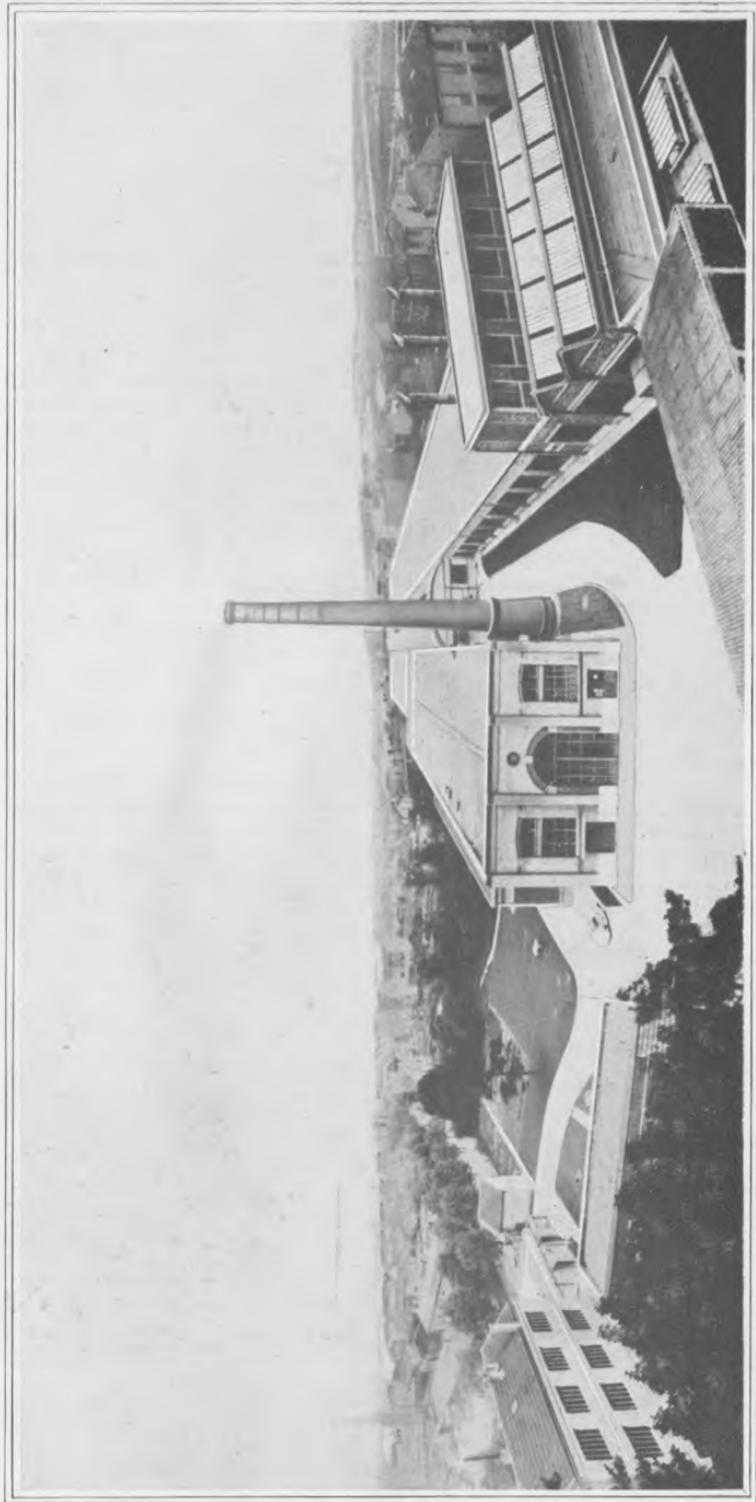
L'usine parisienne TUNGSRAM a d'abord fabriqué les lampes de réception les plus élaborées, telles que les changeuses de fréquence, les pentodes modernes, les lampes à flux électronique dirigé, etc... Puis son programme de fabrication s'est rapidement étendu aux lampes de réception les plus diverses, ainsi qu'aux lampes d'éclairage qu'elle fabrique depuis deux ans — sans oublier les fameuses lampes au krypton, lancées par TUNGSRAM sur le marché français, voici quatre ans, avec le succès que l'on sait.

Grâce à l'usine de Gennevilliers, les lampes TUNGSRAM vendues en France sont désormais de fabrication essentiellement française, à part certaines lampes spéciales qui proviennent encore des autres usines TUNGSRAM. Fabriquées suivant des méthodes éprouvées, soumises à des contrôles extrêmement rigoureux à chaque étape de fabrication, les lampes françaises TUNGSRAM continuent la tradition de la célèbre marque, dont la réputation de précision et de haute qualité a fait le tour du monde.



L'entrée de l'usine de Gennevilliers (Seine).

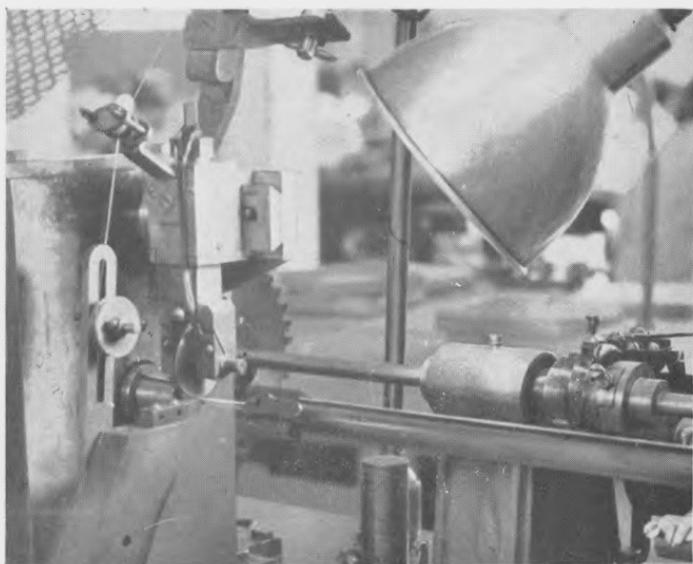
Au premier plan : les magasins et la salle des machines, où sont produits les courants continu et alternatif, l'air comprimé haute et basse pression, le vide primaire et le gaz comprimé.



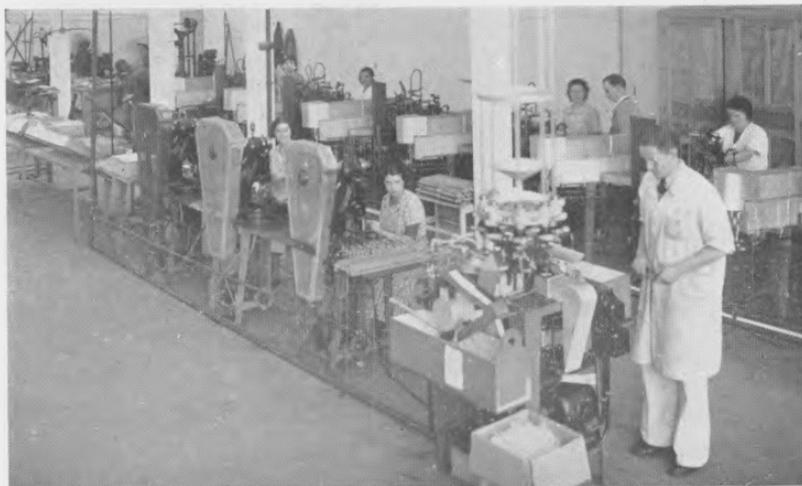
Vue générale de l'usine TUNGSRAM de Gennevilliers.



Vue partielle d'un poste de recouvrement des cathodes des lampes de réception. Une couche d'oxydes émetteurs d'électrons est déposée sur les cathodes. L'opération est contrôlée automatiquement, car la variation admissible de poids de la couche est de l'ordre du milligramme.



Une autre opération délicate sur machine automatique : la fabrication des grilles. De la précision des grilles dépend absolument la précision des caractéristiques de la lampe.



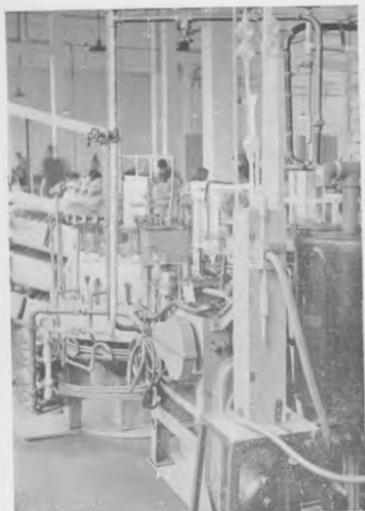
Une batterie de machines automatiques à former les pieds.

Les pieds en verre, porteurs des tiges-supports d'électrodes et du queusot de pompage, sont ensuite équipés aux chaînes de montage avant leur réunion au ballon de verre par les machines à pomper.



Vue partielle des chaînes de montage des lampes.

Le montage des électrodes des lampes n'est pas mécanique : bien au contraire, il doit être fait à la main, à l'aide de calibres, sous la loupe, par des ouvrières expérimentées. Chaque opération de montage exécuté par une spécialiste est immédiatement vérifiée par la contrôleuse qui la suit avant de passer à l'opération suivante. De cette minutie dépend la qualité de la lampe finie.



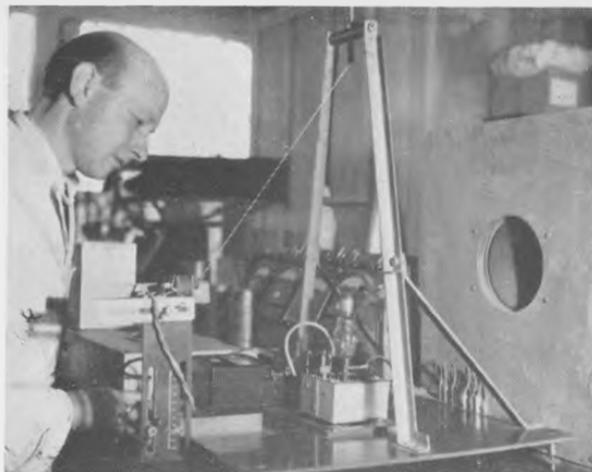
Une des machines à pomper les lampes
de T. S. F.
(Vue partielle.)



Une des machines à culotter les
lampes de T. S. F.



Rampe de traitement et table de mesure des valves.



MESURE DE L'EFFET LARSEN

Les lampes
TUNGSRAM sont
contrôlées en
cours de fabrication
pour déceler
l'effet micropho-
nique.



UNE DES CHAINES DE L'ATELIER DES MESURES

A gauche, une
rampe de pré-
chauffage des
lampes, dont les
caractéristiques
sont mesurées à
droite.

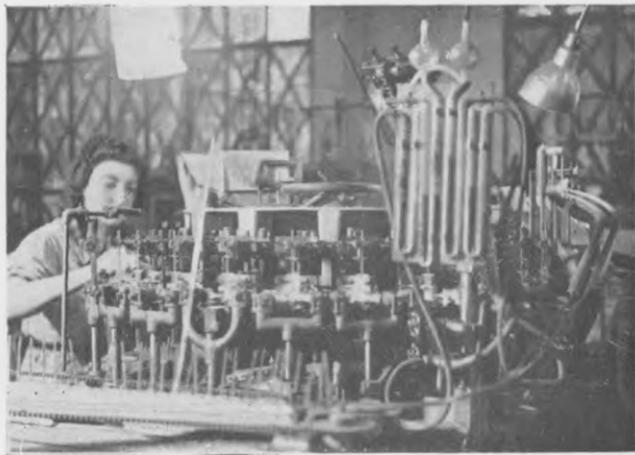


UNE DES TABLES DE CONTROLE FINAL

Toutes les lampes
subissent de mi-
nutieux contrôles
avant d'être
admisés aux ma-
gasins.



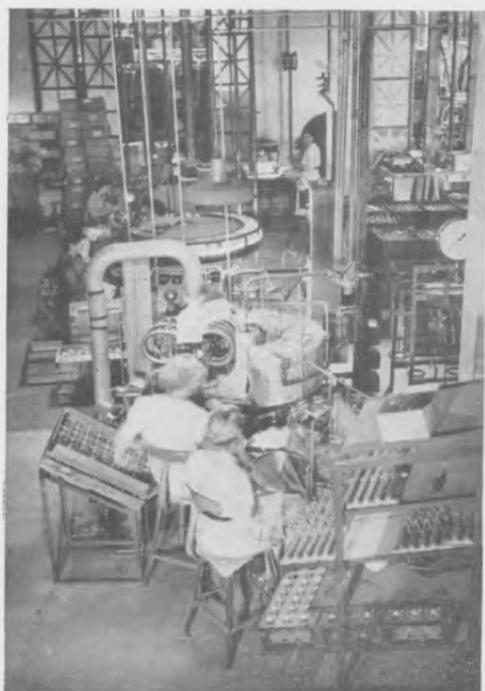
Vue d'une des herse pour essais de durée des lampes de T. S. F. Dans chaque lot de lampes, des témoins sont pris pour être soumis à des essais de durée dans les conditions d'utilisation normale.



Fabrication automatique des pieds des lampes d'éclairage.



Montage automatique des filaments des lampes d'éclairage TUNGSRAM



Pompage des lampes d'éclairage.

Ces machines automatiques, dont il suffit d'alimenter le plateau tournant, surchauffent l'ampoule et les électrodes pour expulser les gaz occlus, pompent la lampe et la scellent en une seule opération.



La preuve:

LES LAMPES
sont des
TUNGSRAM



- C'est un signe de qualité qui trompe rarement : un poste équipé avec des lampes TUNGSRAM a toutes chances de donner pleine satisfaction.
- Quand vous dépannez un récepteur avec des lampes TUNGSRAM, montrez-les au client comme preuve de la qualité de vos services. Il aura tout lieu de se réjouir, et vous d'être fier.

TUNGSRAM

CARACTÉRISTIQUES DES LAMPES EUROPÉENNES TUNGSRAM



- Les lampes européennes se répartissent en deux groupes : les **lampes modernes**, munies du culot à contacts latéraux, dont les caractéristiques et les appellations sont identiques, quelle que soit leur marque, et les **lampes anciennes**, munies d'un culot à broches.
- Avec les progrès de la technique, certains types cessent d'être fabriqués, pour faire place à des types plus modernes. Nous en maintenons cependant la description à titre documentaire. Comme les lampes sont rangées par ordre alphabétique dans les pages suivantes, il n'en résulte aucune gêne dans la recherche.
- Les **lampes européennes modernes** se divisent en quatre séries, suivant la première lettre de leur désignation :
 1. Les **lampes A**, chauffées sous 4 volts ;
 2. Les **lampes C**, chauffées sous 13 à 40 volts, et destinées à être chauffées en série (0,2 ampère) ;
 3. Les **lampes E**, chauffées sous 6,3 volts ;
 4. Les **lampes K**, chauffées sous 2 volts par batterie.
- Une lampe moderne à contacts latéraux peut toujours être remplacée rigoureusement par une lampe TUNGSRAM de même appellation, et vice versa.
- Les principales **lampes européennes anciennes TUNGSRAM** ont été réunies en un tableau, pages 372 et 373.



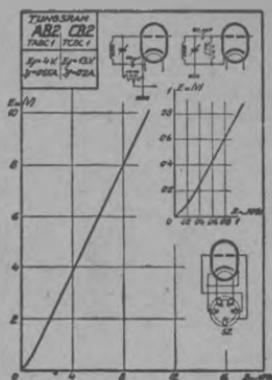
AB 2

Double diode à cathode commune.

Caractéristiques.

- Chauffage indirect.
 Tension de chauffage 4 V.
 Intensité de chauffage 0,65 A.
 Capacités entre électrodes :
 Chaque diode à la cathode 4,0 μF .
 Entre chaque diode <0,5 μF .
 Diamètre maximum 29 mm.
 Hauteur maximum 81 mm.

Remarques. — Pour son utilisation, se conformer aux indications concernant les tubes EB 4 et EBC 3.



ABC I

Duo Diode Triode.

- Chauffage indirect.
 Tension de chauffage 4 V.
 Intensité de chauffage 0,65 A.
 Capacités :
 Grille à plaque 1,7 μF .
 Grille à cathode 4,3 μF .
 Plaque à cathode 3,1 μF .
 Diode d, à la cathode 2,3 μF .
 Diode d, à la cathode 3,0 μF .
 Entre chaque diode <0,5 μF .
 Diode d, à la grille triode. <0,003 μF .
 Diode d, à la grille triode. <0,003 μF .
 Diamètre maximum 37 mm.
 Hauteur maximum 100 mm.

- Tension plaque 250 V.
 Courant plaque 4 mA.
 Tension négative de grille env. - 7 V.

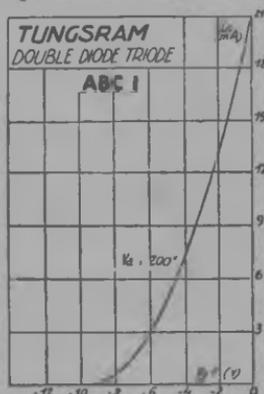
- Coefficient d'amplification 27
 Pente normale 2,0 mA/V.
 Résistance interne normale 13.500 Ω .

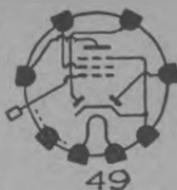
Remarques. — Pour l'utilisation de la triode en préamplificatrice BF à transformateur, on se reportera aux valeurs indiquées ci-dessus. Pour les diodes, se reporter aux indications concernant les tubes EB 4 et EBC 3.

Le tube ABC 1 peut également être utilisé en préamplificatrice BF à résistance. On se reportera aux valeurs ci-dessous.

| Tension plaque | Résistance de plaque | Courant plaque | Résistance de cathode | Amplification | Distorsion |
|----------------|----------------------|----------------|-----------------------|---------------|------------|
| 250 V. | 0,32 M Ω . | 0,57 mA. | 5.000 | 21 | <1,4% |
| 250 V. | 0,10 M Ω . | 1,35 mA. | 2.500 | 19 | <1,4% |
| 150 V. | 0,32 M Ω . | 0,28 mA. | 10.000 | 19 | <1,6% |
| 100 V. | 0,32 M Ω . | 0,15 mA. | 16.000 | 18 | <2,9% |

Avec ces valeurs, on pourra obtenir une tension BF de sortie de 14 V. eff. pour la distorsion totale indiquée.



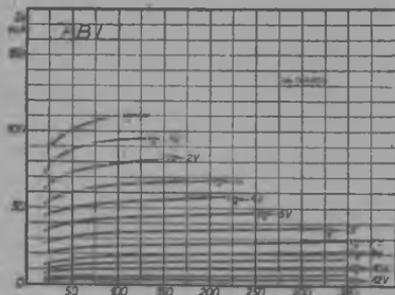


ABL 1

Double diode.
Pentode finale à grande pente.

Caractéristiques.

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| Chauffage indirect. | |
| Tension de chauffage . | 4 V. |
| Intensité de chauffage. | 2,25 A. |
| Tension plaque | 250 V. |
| Tension écran | 250 V. |
| Tension négative de grille | -6 V. |
| Courant plaque | 36 mA. |
| Courant écran | 5 mA. |
| Pente | 9,5 mA/V. |
| Résistance Interne | 50.000 O. |



Remarques. — Pour l'utilisation de ce tube, se reporter à ce qui a été indiqué sur le tube EBL 1.

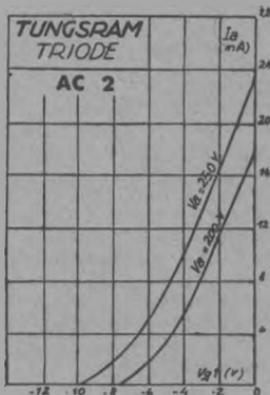


AC 2

Triode.

Caractéristiques.

| | |
|-----------------------------------|--------------|
| Chauffage indirect. | |
| Tension de chauffage . | 4 V. |
| Intensité de chauffage. | 0,65 A. |
| Capacité entre électrodes : | |
| Grille à la plaque . . | 1,7 μ F. |
| Grille cathode (entrée) | 4,9 μ F. |
| Plaque cathode (sortie) | 4,5 μ F. |
| Diamètre maximum . . . | 45 mm. |
| Hauteur maximum . . . | 100 mm. |



| | |
|--------------------------------------|---------|
| Tension plaque | 250 V. |
| Courant plaque | 6 mA. |
| Tension négative de grille | -5,5 V. |

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| Coefficient d'amplification | 30 |
| Pente normale | 2,5 mA/V. |
| Résistance interne normale | 12.000 O. |



AD 1

Triode finale à forte pente.

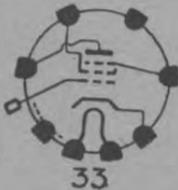
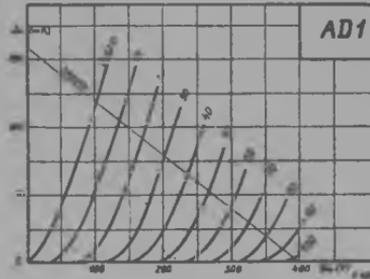
Caractéristiques.

| | | | |
|------------------------|------|-------------------------|---------|
| Chauffage direct. | | Intensité de chauffage. | 0,95 A. |
| Tension de chauffage . | 4 V. | Diamètre maximum . . | 58 mm. |
| | | Hauteur maximum . . . | 135 mm. |

AD 1 (suite).

Utilisation en amplificatrice classe A (une seule lampe).

| | | | |
|--------------------------------------|---------------|--|------------|
| Tension plaque | 250 V. | Coefficient d'amplification | 4 |
| Tension négative de grille | - 45 V. | Impédance de charge optimum | 2.300 O. |
| Courant plaque | 60 mA. | Puissance de sortie pour 5 % de distortion | 4,2 W. |
| Pente normale | 6 mA/V. | Tension alternative de grille | 30 V. eff. |
| Résistance cathodique | 750 O. (3 W.) | | |
| Résistance interne normale | 670 O. | | |

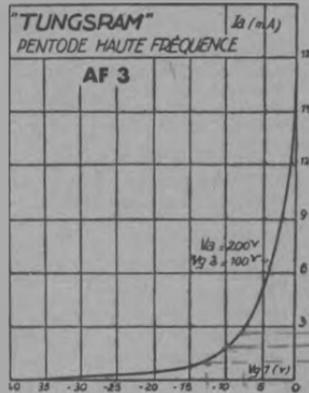


AF 3

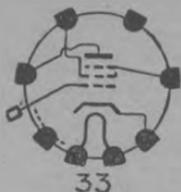
**Pentode
amplificatrice
à pente variable.**

Caractéristiques.

Chauffage indirect.
 Tension de chauffage 4 V.
 Intensité de chauffage 0,65 A.
 Capacités entre électrodes :
 Grille N° 1 à la plaque <0,003 μF.
 Grille N° 1 aux autres électrodes (entrée) 6,4 μF.
 Plaque aux autres électrodes (sortie) 7,6 μF.
 Diamètre maximum 42 mm.
 Hauteur maximum 100 mm.



| | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|
| Tension plaque | 250 V. | 250 V. | 250 V. |
| Tension écran | 100 V. | 85 V. | 60 V. |
| Courant plaque | 8 mA. | 7,5 mA. | 4 mA. |
| Courant plaque | <0,015 mA. | <0,015 mA. | <0,015 mA. |
| Pente (pol. min.) | 2,8 mA/V. | 2,1 mA/V. | 1,5 mA/V. |
| Résistance Interne (pol. min.) | 1,2 MΩ | 1,2 MΩ | 1,4 MΩ |
| Résistance Interne (pol. max.) | >10 MΩ | >10 MΩ | >10 MΩ |
| Courant grille écran (pol. min.) | 2,6 mA. | 2,3 mA. | 1,3 mA. |
| Tension grille de freinage | 0 V. | 0 V. | 0 V. |
| | $G_1 = -3 V.$ | $G_1 = -2 V.$ | $G_1 = -2 V.$ |
| | $G_1 = -55 V.$ | $G_1 = -45 V.$ | $G_1 = -35 V.$ |

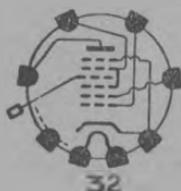
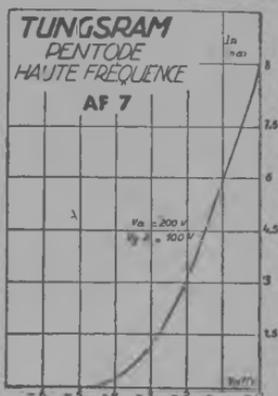


AF 7

Pentode amplificatrice à pente fixe.

Caractéristiques.

- Chauffage Indirect. 4 V.
- Tension de chauffage. 0,65 A.
- Intensité de chauffage. 0,65 A.
- Capacités :
- Grille N° 1 à la plaque. <0,003 $\mu\mu$ F.
- Entrée. 6,4 $\mu\mu$ F.
- Sortie. 7,6 $\mu\mu$ F.
- Diamètre maximum. 43 mm.
- Hauteur maximum. 106 mm.
- Tension plaque. 250 V.
- Tension écran G_2 100 V.
- Tension grille G_1 env. - 2 V.
- Courant plaque. 3 mA.
- Courant écran. 1,1 mA.
- Coeff. d'amplification. 4.000
- Pente normale. 2,1 mA/V.
- Résistance Interne nor. 2 M Ω

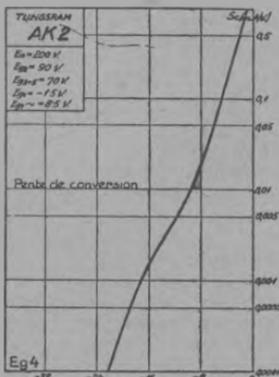


AK 2

Octode changeuse de fréquence.

Caractéristiques.

- Chauffage Indirect. 4 V.
- Tension de chauffage. 0,65 A.
- Intensité de chauffage. 0,65 A.
- Capacités entre élec-
trodes :
- Grille N° 4 à la plaque <0,06 $\mu\mu$ F.
- Grille N° 4 à la grille
N° 2. <0,25 $\mu\mu$ F.
- Grille N° 4 à la grille
N° 1. <0,35 $\mu\mu$ F.
- Grille N° 4 aux autres
élect. (entrée H.F.). 8,7 $\mu\mu$ F.
- Grille N° 2 aux autres
élect. (sortie oscil.) 6,0 $\mu\mu$ F.
- Grille N° 1 aux autres
élect. (entrée osc.). 9,1 $\mu\mu$ F.
- Plaque aux autres
élect. (sortie M.F.). 12,5 $\mu\mu$ F.
- Diamètre maximum. 46 mm.
- Hauteur maximum. 116 mm.
- Tension plaque. 250 V.
- Tension écran G_2 - G_3 70 V.
- Tension grille anode G_4 90 V.
- Tension grille de contr-
ôle G_1 (fixe) - 1,5 V.
- Courant plaque :
($G_1 = -1,5$ V.) 1,6 mA.
- Courant plaque :
($G_1 = -25$ V.) <0,015 mA.
- Pente de conversion :
($G_1 = -1,5$ V.) 0,6 mA/V.
- ($G_1 = -25$ V.) <0,002 mA/V.
- Résistance interne :
($G_1 = -1,5$ V.) 1,6 M Ω
- ($G_1 = -25$ V.) >10 M Ω
- Courant grille oscilla-
trice G_1 300 μ A.
- Résist. de fuite G_1 env. 50.000 Ω .



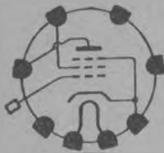
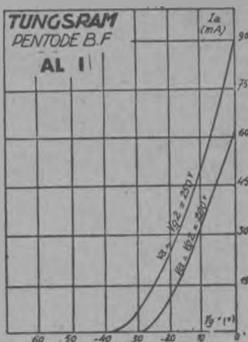


AL 1

Pentode finale.

36 Caractéristiques.

| | |
|--|-----------|
| Chauffage direct. | |
| Tension de chauffage | 4 V. |
| Intensité de chauffage | 1,1 A. |
| Diamètre maximum | 51 mm. |
| Hauteur maximum | 115 mm. |
| Tension plaque | 250 V. |
| Tension écran | 250 V. |
| Tension négative de grille | - 15 V. |
| Courant plaque | 36 mA. |
| Courant écran normal | 6,8 mA. |
| Pente normale | 2,8 mA/V. |
| Résistance interne normale | 43.000 O. |
| Impédance de charge optimum | 7.000 O. |
| Puissance de sortie : Pour 5% distorsion tot. | 2,8 W. |

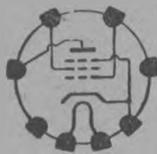
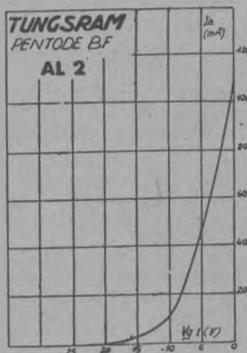


AL 2

Pentode finale.

Caractéristiques.

| | |
|--|-----------|
| Chauffage indirect. | |
| Tension de chauffage | 4 V. |
| Intensité de chauffage | 1,0 A. |
| Diamètre maximum | 46 mm. |
| Hauteur maximum | 115 mm. |
| Tension plaque | 250 V. |
| Tension écran | 250 V. |
| Tension de grille | - 25 V. |
| Courant plaque | 36 mA. |
| Courant écran | 5 mA. |
| Pente normale | 2,5 mA/V. |
| Résistance interne | 60.000 O. |
| Résistance de cathode | 600 O. |
| Impédance de charge | 7.000 O. |
| Puissance de sortie pour 10 % de distorsion | 3,85 W. |

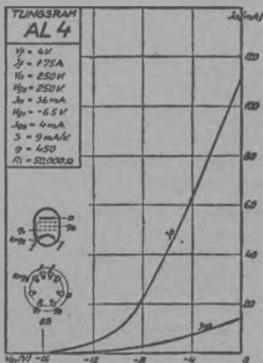


AL 4 (AL 3)

Pentode de sortie à grande pente.

Caractéristiques.

| | |
|-------------------------------------|---------|
| Chauffage indirect. | |
| Tension de chauffage | 4 V. |
| Intensité de chauffage env. | 1,75 A. |
| Diamètre maximum | 50 mm. |
| Hauteur maximum | 110 mm. |
| Utilisation : Voir EL 3. | |





35

AL 5

Pentode finale de grande puissance.

Caractéristiques.

Chauffage indirect. Diamètre maximum. 51 mm.
 Tension de chauffage. 4 V. Hauteur maximum. 120 mm.
 Intensité de chauffage. 2,1 A.

Remarques. — Pour les différentes utilisations de ce tube, se reporter à ce qui a été indiqué sur le tube EL 5.



34

AZ 1

Valve redresseuse biplaque.

Caractéristiques.

Chauffage direct.
 Tension de chauffage. 4 V.
 Intensité de chauffage env. 1 A.
 Diamètre maximum. 53 mm.
 Hauteur maximum. 110 mm.
 Tension alternative max.
 par plaque. 500 V. eff.
 Courant max. redressé. 60 mA.
 Tension alternative max.
 par plaque. 400 V. eff.
 Courant max. redressé. 75 mA.
 Tension alternative max.
 par plaque. 300 V. eff.
 Courant max. redressé. 100 mA.

Remarques. — On utilisera de préférence un condensateur de 16 μ F. à l'entrée du filtre.



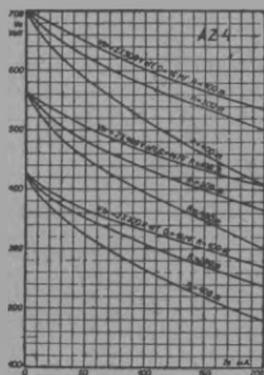
34

AZ 4

Valve redresseuse biplaque.

Caractéristiques.

Chauffage direct.
 Tension de chauffage. 4 V.
 Intensité de chauffage. 2,4 A.
 Diamètre maximum. 53 mm.
 Hauteur maximum. 115 mm.
 Tension alternative max.
 par plaque. 500 V. eff.
 Courant redressé max. 120 mA. \square
 Tension alternative max.
 par plaque. 300 V. eff.
 Courant redressé max. 200 mA.



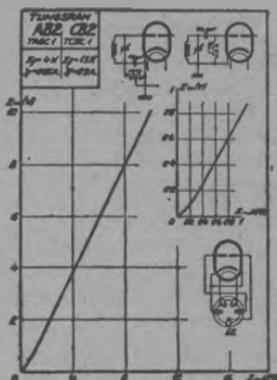


CB 2

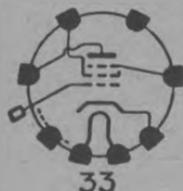
Double diode à cathode commune.

Caractéristiques.

| | |
|--|----------------------|
| Chauffage indirect (C. C. ou C. A.). | |
| Tension de chauffage . . . | 13 V. |
| Intensité de chauffage . . . | 0,2 A. |
| Capacités entre électrodes : | |
| Entre chaque diode et la cathode | 4,0 μF . |
| Entre chaque diode | <0,5 μF . |
| Diamètre maximum | 29 mm. |
| Hauteur maximum | 81 mm. |



Remarques. — Pour son utilisation, se reporter à ce qui a été indiqué pour les tubes EB 4 et EBC 3.

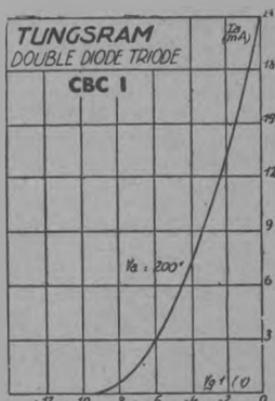


CBC I

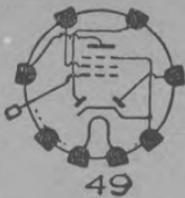
Double diode. Triode.

Caractéristiques.

| | |
|---|------------------------|
| Chauffage indirect (C. C. ou C. A.). | |
| Tension de chauffage . . . | 13 V. |
| Intensité de chauffage . . . | 0,2 A. |
| Capacités entre électrodes : | |
| Diode d_1 à la cathode . . . | 2,3 μF . |
| Diode d_2 à la cathode . . . | 3,0 μF . |
| Entre diodes | <0,5 μF . |
| Chaque diode à la grille triode | <0,003 μF . |
| Diamètre maximum | 37 mm. |
| Hauteur maximum | 100 mm. |



| | | |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Tension plaque | 100 V. | 200 V. |
| Courant plaque | 2,2 mA. | 4 mA. |
| Tension négative de grille | -2,5 V. | -5 V. |
| Pente normale | 1,8 mA/V. | 2,0 mA/V. |
| Coefficient d'amplification | 27 | 27 |
| Résistance interne normale | 15.000 Ω . | 13.500 Ω . |

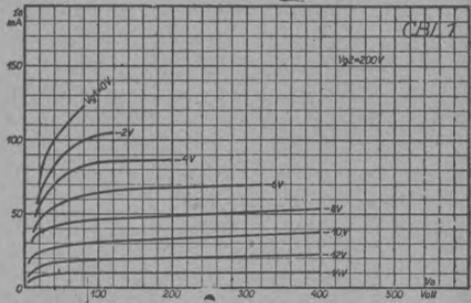


CBL 1

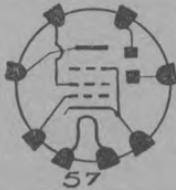
Double diode. Pentode finale.

Caractéristiques.

- Chauffage Indirect (C. C. ou C. A.).
 Tension de chauffage. 44 V.
 Courant de chauffage. 0,2 A.
 Capacités entre électrodes :
 Chaque diode à la cathode. 4 μ F.
 Entre chaque diode. 0,25 μ F.
 Les deux diodes reliées et la grille pentode 0,05 μ F.
 Diamètre maximum. 46 mm.
 Hauteur maximum 130 mm.
- Tension plaque 200 V.
 Tension écran 200 V.
 Tension négative de grille. -8,5 V.
 Courant plaque 45 mA.
 Courant écran 6 mA.
 Pente 8 mA/V.
 Résistance interne. 45.000 O.
 Impédance de charge



- optimum. 4.500 O.
 Puissance modulée :
 Distorsion totale 2,5% 0,3 W.
 Distorsion totale 5% 2,6 W.
 Distorsion totale 10% 4 W.
 Remarque. — Pour l'utilisation des diodes de ce tube, se reporter à ce qui a été indiqué pour les tubes EB 4 et EBC 3.



CBL 6

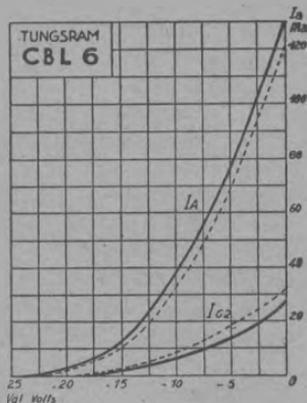
Duo-diode-pentode.

Caractéristiques.

- Chauffage Indirect (C. C. ou C. A.).
 Tension de chauffage. 44 V.
 Intensité de chauffage 0,2 A.
 Diamètre maximum. 38 mm.
 Hauteur maximum 115 mm.

Partie diode.

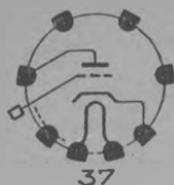
- Tension maximum par diode. 200 V.
 Intensité maximum par diode 0,8 mA.
 Tension maximum par plaque diode, pour une intensité diode = -0,3 μ A. -1,3 V.



— $V_a = 200$ V, $V_{g_2} = 100$ V.
 — $V_a = V_{g_1} = 100$ V.

Partie pentode :

- Tension plaque. 100 V. 200 V.
 Tension écran 100 V. 100 V.
 Polarisation grille. -9,2 V. -9,2 V.
 Courant plaque. 45 mA. 40 mA.
 Courant écran 12 mA. 8 mA.
 Pente 7 mA/V. 6,5 mA/V.
 Résistance interne 13.000 O. 25.000 O.
 Puissance modulée. 1,8 W. 3,5 W.
 Distorsion totale. 10% 10%.



CC 2

Triode.

Caractéristiques.

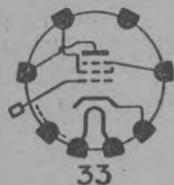
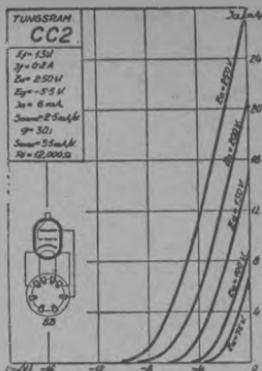
Chauffage Indirect (C. C. ou C. A.).

Tension de chauffage. 13 V.
 Intensité de chauffage 0,2 A.

Capacités entre électrodes :

Grille à la plaque. 1,7 μ F.
 Grille à la cathode. 4,9 μ F.
 Plaque à la cathode. 4,5 μ F.
 Diamètre maximum. 37 mm.
 Hauteur maximum. 100 mm.

Tension plaque. 100 V. 200 V.
 Courant plaque. 2 mA. 6 mA.
 Tension négative de grille. -2,5 V. -4 V.
 Coefficient d'amplification. 30 30
 Pente normale. 1,8 mA/V. 2,5 mA/V.
 Résistance interne normale. 16.000 O. 12.000 O.



CF 3

Amplificatrice HF et MF à pente variable.

Caractéristiques.

Chauffage Indirect (C. C. ou C. A.).

Tension de chauffage. 13 V.
 Intensité de chauffage. 0,2 A.

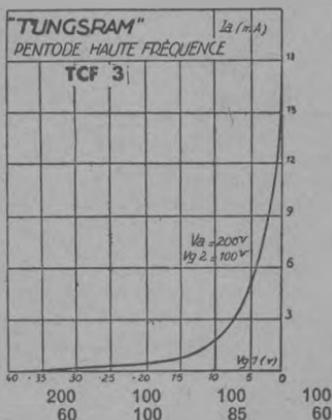
Capacités entre électrodes :

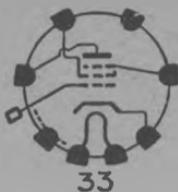
Grille G, à la plaque. <0,003 μ F.
 Grille G, aux autres électrodes (entrée) 6,4 μ F.
 Plaque aux autres électrodes (sortie). 7,6 μ F.
 Diamètre maximum. 43 mm.
 Hauteur maximum. 106 mm.

Tension plaque. V. 200 200 200 100 100 85
 Tension écran. V. 100 85 60 100 85 60

Courant plaque

| | | | | | | | |
|--------------------------|-------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|
| Polarisat. min. | mA. | (-3 V.) | (-2 V.) | (-2 V.) | (-3 V.) | (-2 V.) | (-2 V.) |
| | | 8 | 7,5 | 4 | 8 | 7,5 | 4 |
| Polarisat. max. | mA/V. | (-55 V.) | (-45 V.) | (-35 V.) | (-55 V.) | (-45 V.) | (-35 V.) |
| | | <0,015 | <0,015 | <0,015 | <0,015 | <0,015 | <0,015 |
| Courant écran. | mA. | 2,6 | 2,3 | 1,3 | 2,6 | 2,3 | 1,3 |
| Pente normale. | mA/V. | 1,8 | 2,1 | 1,5 | 1,8 | 2,1 | 1,5 |
| Pente (pol. max.) | mA/V. | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 |
| Résist. Interne : | | | | | | | |
| Polarisat. min. | M | 0,9 Ω | 0,9 Ω | 1,3 Ω | 0,25 Ω | 0,25 Ω | 0,7 Ω |
| Polarisat. max. | M | >10 Ω | >10 Ω | >10 Ω | >10 Ω | >10 Ω | >10 Ω |
| Tension grille freinage. | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |



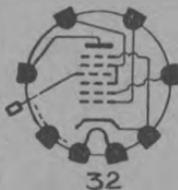
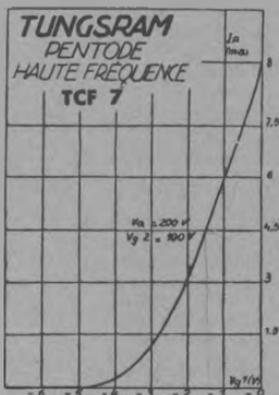


CF 7

Pentode
à pente fixe.

Caractéristiques.

| | | |
|--|------------|-----------|
| Chauffage Indirect (C. C. ou C. A.). | | |
| Tension de chauffage. | 13 V. | |
| Intensité de chauffage. | 0,2 A. | |
| Capacités entre électrodes : | | |
| Grille G ₁ à plaque . . . | <0,003 μF. | |
| Grille G ₁ aux autres électrodes (entrée) . . . | 6,4 μF. | |
| Plaque aux autres électrodes (sortie) | 7,6 μF. | |
| Diamètre maximum | 43 mm. | |
| Hauteur maximum | 106 mm. | |
| Tension plaque | 100 V. | 200 V. |
| Tension écran | 100 V. | 100 V. |
| Courant plaque | 3 mA. | 3 mA. |
| Courant négative de grille | env. -2 V. | -2 V. |
| Courant écran normal | | 1,1 Ma |
| Coefficient d'amplification | 1.500 | 4.000 |
| Pente normale | 2,1 mA/V. | 2,1 mA/V. |
| Résistance Interne normale | 0,7 M Ω | 2 M Ω |
| Tension grille de freinage | 0 | 0 |

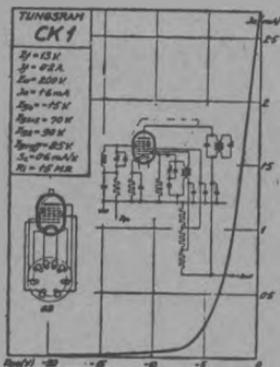


CK 1

Octode changeuse de fréquence.

Caractéristiques.

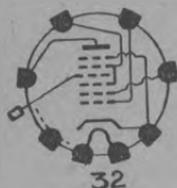
| | | |
|---|-----------|-----------|
| Chauffage Indirect (C. C. ou C. A.). | | |
| Tension de chauffage. | 13 V. | |
| Intensité de chauffage. | 0,2 A. | |
| Capacités entre électrodes : | | |
| Grille N° 4 à la plaque . . . | <0,06 μF. | |
| Grille N° 4 à la grille N° 2 . . . | <0,25 μF. | |
| Grille N° 4 à la grille N° 1 . . . | <0,35 μF. | |
| Grille N° 4 aux autres électrodes (entrée HF) . . . | | 8,7 μF. |
| Grille N° 2 aux autres électrodes | | 6,0 μF. |
| Grille N° 1 aux autres électrodes | | 9,1 μF. |
| Plaque aux autres électrodes (sortie MF) . . . | | 12,5 μF. |
| Diamètre maximum | | 45 mm. |
| Hauteur maximum | | 115,5 mm. |



CK 1 (suite).

| | | |
|--|--------|----------------|
| Tension plaque | 100 V. | 200 V. |
| Tension écran | | 70 V. |
| Tension anode oscillatrice | | 90 V. |
| Tension négative minimum sur G_2 | | -1,5 V. |
| Tension négative maximum | | -25 V. |
| Courant plaque ($G_2 = -1,5$ V.) | | 1,6 mA. |
| Courant plaque ($G_2 = -25$ V.) | | 0,015 mA. |
| Pente de conversion ($G_2 = -1,5$ V.) | | 0,6 mA/V. |
| Pente de conversion ($G_2 = -25$ V.) | | <0,001 mA/V. |
| Résistance interne ($G_2 = -1,5$ V.) | | 1,5 M Ω |
| Résistance interne ($G_2 = -25$ V.) | | >10 M Ω |

Remarques. — Pour son utilisation, se reporter au tube EK 2.



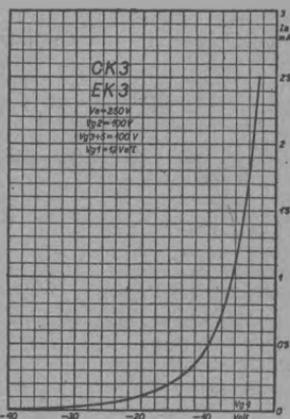
32

CK 3

Octode changeuse de fréquence.

Caractéristiques.

| | |
|---|---------------|
| Chauffage indirect (C. C. ou C. A.) | 19 V. |
| Tension de chauffage | 0,2 A. |
| Capacités entre électrodes : | |
| Grille N° 4 à la plaque | <0,1 μ F. |
| Grille N° 4 à la grille N° 1 | 1,3 μ F. |
| Grille N° 4 aux autres électrodes (entrée HF) | 14,5 μ F. |
| Grille N° 2 aux autres électrodes (sortie oscillatrice) | 7,5 μ F. |
| Grille N° 1 aux autres électrodes (entrée oscillatrice) | 14 μ F. |
| Plaque aux autres électrodes (sortie MF) | 15 μ F. |
| Diamètre maximum | 51 mm. |
| Hauteur maximum | 130 mm. |



Utilisation en changeuse de fréquence.

| | | |
|--|-------------------|-------------------|
| Tension plaque | 100 V. | 200 V. |
| Tension écran | 100 V. | 100 V. |
| Tension anode oscillatrice | 100 V. | 135 V. |
| Tension négative fixe de G_2 | -2,3 V. | -2,5 V. |
| Résistance de fuite de G_1 | 50.000 Ω . | 50.000 Ω . |
| Courant grille de G_1 | 300 μ A. | 300 μ A. |
| Courant plaque | 2,5 mA. | 2,5 mA. |
| Courant écran | 5,5 mA. | 5,5 mA. |
| Courant anode oscillatrice | 6 mA. | 6 mA. |
| Pente normale de conversion | 0,6 mA/V. | 0,65 mA/V. |
| Pour polarisation minimum | | |
| Pour -28 V. | | 0,0065 mA/V. |
| Pour -27 V. | | 0,0065 mA/V. |

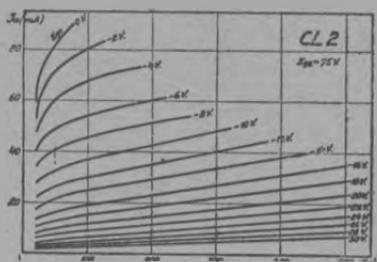


CL 2

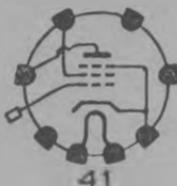
Pentode finale.

Caractéristiques.

Chauffage indirect. 24 V.
 Tension de chauffage. 0,2 A.
 Diamètre maximum. 42 mm.
 Hauteur maximum. 109 mm.



| | | |
|---|-----------|-------------|
| Tension plaque. | 100 V. | 200 V. |
| Tension écran. | 100 V. | 100 V. |
| Courant plaque. | 50 mA. | 40 mA. |
| Tension négative de grille. | -15 V. | -19 V. |
| Courant écran. | 8 mA. | 8 mA. |
| Coefficient d'amplification. | 60 | 70 |
| Pente normale. | 3,8 mA/V. | 3,1 mA/V. |
| Impédance de charge. | 2.000 O. | 5.000 O. |
| Puissance modulée. | 1,7 W. | 3 W. |
| Distorsion. | 10 % | 8,8 % |
| Tension alternative, sur la grille. | 9,7 eff. | 8,8 V. eff. |

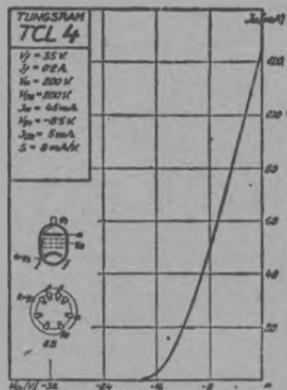


CL 4

Pentode finale.

Caractéristiques.

Chauffage indirect. 35 V.
 Tension de chauffage. 0,2 A.
 Diamètre maximum. 50 mm.
 Hauteur maximum. 122 mm.
 Tension plaque. 200 V.
 Tension écran. 200 V.
 Courant plaque. 45 mA.
 Courant écran. 5 mA.
 Tension nég. de grille. -8,5 V.
 Pente. 8 mA/V.
 Impédance de charge. 4.300 O.
 Puissance modulée. 4 W.
 Distorsion totale. 10 %.



CL 6

Pentode finale à grande pente.

Caractéristiques.

| | | | |
|---|-------------|---------------------------------|-------------|
| Chauffage indirect (C. C. ou C. A.). | 35 V. | Intensité de chauffage. | 0,2 A. |
| Tension de chauffage. | 35 V. | Diamètre maximum. | 51 mm. |
| Tension plaque. | 100 V. | Hauteur maximum. | 130 mm. |
| Tension écran. | 100 V. | | |
| Courant plaque. | 50 mA. | | |
| Courant écran. | 9 mA. | | |
| Pente. | 8,5 mA/V. | | |
| Résistance interne. | 12.000 O. | | |
| Puissance modulée. | 2,2 W. | | |
| Tension alternative de grille correspondante. | 4,6 V. eff. | | |
| Impédance de charge optimum. | 2.000 O. | | |
| | | | 200 V. |
| | | | 100 V. |
| | | | 50 mA. |
| | | | 5 mA. |
| | | | 8 mA/V. |
| | | | 22.000 O. |
| | | | 4 W. |
| | | | 4,5 V. eff. |
| | | | 4.500 O. |



CY 1

Valve monoplaque.

Caractéristiques.

| | | | |
|---|-------------|---|--------|
| Chauffage indirect. | | Intensité de chauffage. | 0,2 A. |
| Tension de chauffage. | 20 V. | Diamètre maximum. | 35 mm. |
| Tension alternative maximum sur la plaque | 250 V. eff. | Hauteur maximum | 99 mm. |
| Courant max. redressé | 80 mA. | Tension de crête maximum entre cathode et filament. | 350 V. |

| Tension alternative sur la plaque. | Valeur du premier condensateur de filtrage. | Résistance en série avec la plaque. |
|------------------------------------|---|-------------------------------------|
| 170 V. — 250 V. eff. | 32 μ F. | 125 O. |
| | 16 μ F. | 75 O. |
| | 8 μ F. | 0 |
| 127 V. — 170 V. eff. | 32 μ F. | 75 O. |
| | 16 μ F. | 30 O. |
| | 8 μ F. | 0 |



CY 2

Valve biplaque à deux cathodes.

Caractéristiques.

| | | | |
|-------------------------------|-------|---------------------------------|---------|
| Chauffage indirect. | | Intensité de chauffage. | 0,2 A. |
| Tension de chauffage. | 30 V. | Diamètre maximum. | 42 mm. |
| | | Hauteur maximum | 100 mm. |

Utilisation en doubleuse de tension.

| | | | |
|---|-------------|---|--------|
| Tension alternative maximum par plaque. | 127 V. eff. | Tension de crête maximum entre filament et cathode. | 350 V. |
| Courant max. redressé | 60 mA. | | |

Utilisation des deux plaques reliées ensemble.

| | | | |
|---|-------------|---|--------|
| Tension alternative max. sur les deux plaques | 150 V. eff. | Tension de crête maximum entre filament et cathode. | 350 V. |
| Courant max. redressé | 120 mA. | | |

| Tension alternative sur la plaque. | Valeur du premier condensateur de filtrage. | Résistance en série avec la plaque. |
|------------------------------------|---|-------------------------------------|
| 127 V. — 150 V. eff. | 32 F. | 75 O. |
| | 16 F. | 30 O. |
| | 8 F. | 0 |
| Max. 127 V. eff. | 32 F. | 0 |
| | 16 F. | 0 |
| | 8 F. | 0 |



EAB 1

Triple diode à une seule cathode.

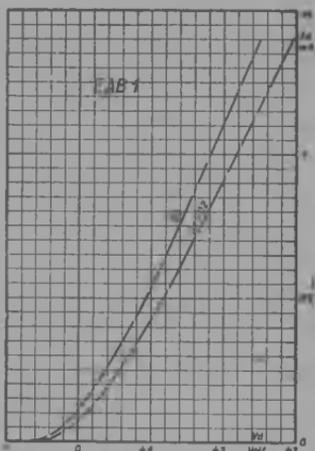
Caractéristiques.

| | |
|--------------------------------------|--------|
| Chauffage Indirect (C. C. ou C. V.). | |
| Tension de chauffage. | 6,3 V. |
| Intensité de chauffage. | 0,2 A. |
| Diamètre maximum. | 32 mm. |
| Hauteur maximum. | 82 mm. |

| | |
|--|------------------|
| Capacités entre électrodes . (Voir disposition des diodes sur culot.) | |
| Entre d_1 et d_2 | 0,65 $\mu\mu$ F. |
| Entre d_1 et d_3 | 0,08 $\mu\mu$ F. |
| Entre d_2 et d_3 | 0,4 $\mu\mu$ F. |
| Entre d_1 et la cathode. | 1 $\mu\mu$ F. |
| Entre d_2 et la cathode. | 1,45 $\mu\mu$ F. |
| Entre d_3 et la cathode. | 2,25 $\mu\mu$ F. |

Dans son utilisation, on ne devra pas dépasser les valeurs suivantes :

| | | |
|--|--|---------|
| Tension de crête maximum entre une diode et la cathode | | 200 V. |
| Courant max. redressé par diode | | 0,8 mA. |
| Tension max. entre cathode et filament | | 100 V. |



Remarques. — Cet tube est composé de 3 anodes entourant une cathode commune. La plus grosse anode (d_3) sert à la détection, les deux autres pour les fonctions auxiliaires (réglage automatique de l'amplification, antiparasite, etc.).



EB 4

Double diode à deux cathodes indépendantes.

Caractéristiques.

| | |
|---|--------|
| Chauffage Indirect (C. C. ou C. A.). | |
| Tension de chauffage. | 6,3 V. |
| Intensité de chauffage. | 0,2 A. |
| Capacités approximatives entre électrodes : | |

| | |
|---|-----------------|
| Chaque diode par rapport à sa cathode | 1,2 $\mu\mu$ F. |
| Entre chaque diode. | 0,2 $\mu\mu$ F. |
| Diamètre maximum. | 32 mm. |
| Hauteur maximum. | 64 mm. |

Dans son utilisation, on ne devra pas dépasser les valeurs suivantes :

| | | | |
|--|---------|--|--------|
| Tension de crête max. entre une diode et sa cathode. | 200 V. | Tension max. entre cathode et filament | 75 V. |
| Courant max. redressé par diode. | 0,8 mA. | Tension max. entre les deux cathodes | 100 V. |

Les schémas indiqués pour l'utilisation des diodes de la EBC 3 s'appliquent également à la EB 4 avec certaines facilités dues aux cathodes séparées.



38

EBC 3

Double diode. Triode.

Caractéristiques.

Chauffage indirect (C. C. ou C. A.).

Tension de chauffage . . . 6,3 V.

Intensité de chauffage . . . 0,2 V.

Capacités approximatives entre électrodes :

Chaque diode à la cathode 1,9/2,4 μ F.

Chaque diode à la grille triode <0,005 μ F.

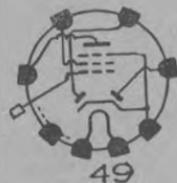
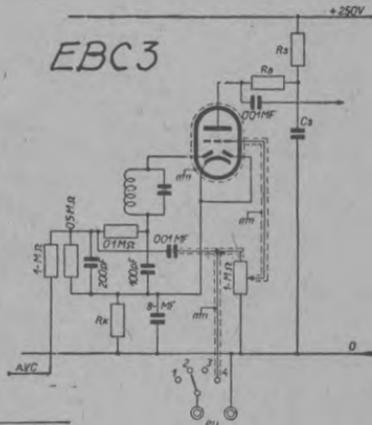
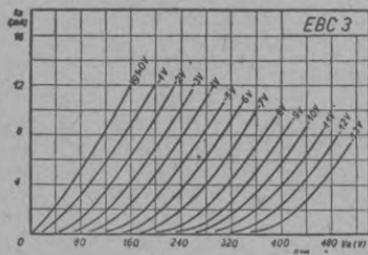
Entre chaque diode <0,5 μ F.

Diamètre maximum 32 mm.

Hauteur maximum 90 mm.

Utilisation de la triode en amplificatrice BF.

| | | | | |
|--|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Tension plaque | 250 V. | 250 V. | 250 V. | 100 V. |
| Résistance plaque | 300 k. | 200 k. | 100 k. | 300 k. |
| Courant plaque | 0,48 mA. | 0,75 mA. | 1,35 mA. | 0,14 mA. |
| Résistance de cathode | 6.400 Ω . | 4.000 Ω . | 2.500 Ω . | 16.000 Ω . |
| Amplification | 24 | 24 | 23 | 20 |
| Tension alternative max. à la sortie | 14 V. eff. | 14 V. eff. | 14 V. eff. | 10 V. eff. |
| Distorsion totale en % | <1,0 | <1,0 | <1,0 | 3,3 |
| Résistance grille de la lampe suivante | 0,7 M Ω | 0,7 M Ω | 0,7 M Ω | 0,7 M Ω |



49

EBF 2

Duo-diode et pentode à tension d'écran glissante.

Caractéristiques.

Chauffage indirect (C. C. ou C. A.).

Tension de chauffage . . . 6,3 V.

Intensité de chauffage . . . 0,2 A.

Capacités :

Diode d_1 et plaque . . . <0,2 μ F.

Diode d_2 et plaque . . . <0,3 μ F.

Diode d_1 et grille . . . <0,005 μ F.

Diode d_2 et grille . . . <0,005 μ F.

Grille et plaque <0,002 μ F.

Grille et autres électrodes (entrée) 4 μ F.

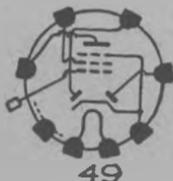
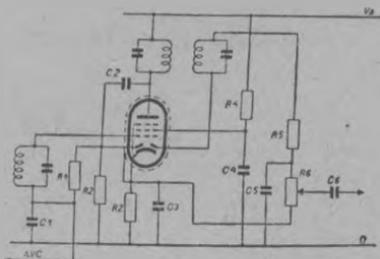
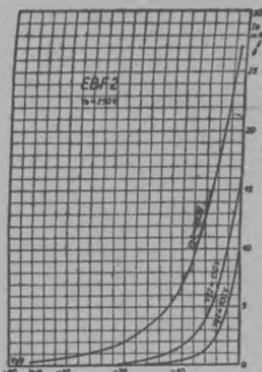
Plaque et autres électrodes (sortie) 8,2 μ F.

Diamètre maximum 32 mm.

Hauteur maximum 90 mm.

EBF 2 (suite).

| | |
|--|-----------------|
| Tension plaque | 250 V. |
| Résistance d'écran | 75.000 O. |
| Tension écran | 100 V. |
| Tension négative de grille (min. - 2 V.) | - 2 V. |
| Courant plaque | 6 mA. |
| Courant écran | < 0,015 mA. |
| Coefficient d'amplification | 1,9 mA. |
| Pente | 2.150 |
| Résistance interne | 1,8 mA/V. |
| | < 0,002 mA/V |
| | > 10 M Ω |



EBL 1

Double diode. Pentode de puissance.

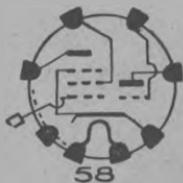
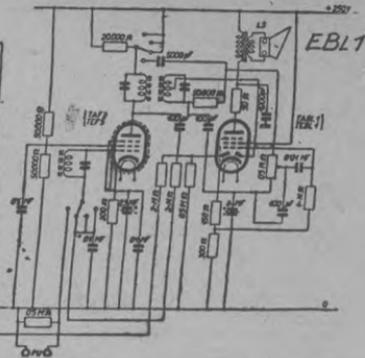
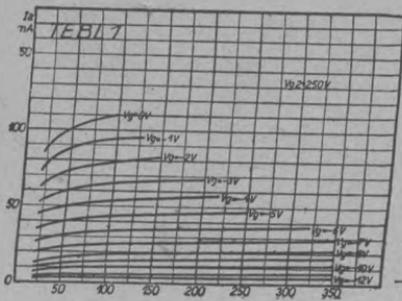
Caractéristiques.

| | | | |
|----------------------------------|---------------|--------------------------------|-----------|
| Chauffage indirect. | | Tension plaque | 250 V. |
| Tension de chauffage | 6,3 V. | Tension écran | 250 V. |
| Intensité de chauffage | 1,4 A. | Courant plaque | 36 mA. |
| Capacités approxima- | | Courant écran | 5 mA. |
| tives entre élec- | | Résistance cathodique | |
| trodes : | | ($G_1 = -6$ V.) | 150 O. |
| Chaque diode par rap- | | Pente | 9,5 mA/V. |
| port aux autres élec- | | Résistance interne | 50.000 O. |
| trodes | 4 μ F. | Résistance de charge | |
| Entre chaque diode | 0,25 μ F. | optimum | 7.000 O. |
| Les deux diodes en- | | Puissance modulée pour | |
| semble et la grille | | 10% de distorsion | 4,3 W. |
| triode | 0,05 μ F. | (pour 3,6 V. eff. sur G_1). | |
| Diamètre maximum | 50 mm. | | |
| Hauteur maximum | 130 mm. | | |

Remarques. — Les caractéristiques des diodes sont analogues à celles de la EB 4.

Grâce à sa grande pente, ce tube permet l'attaque directe de sa grille par la tension BF redressée par ses diodes. On trouvera ci-dessous les caractéristiques de la pentode ainsi qu'un schéma de montage utilisant ce tube directement derrière le transformateur MF. Le tube EF 5 précédant ce transformateur est utilisé comme préamplificatrice BF pour le fonctionnement en pick-up.

EBL 1 (suite).

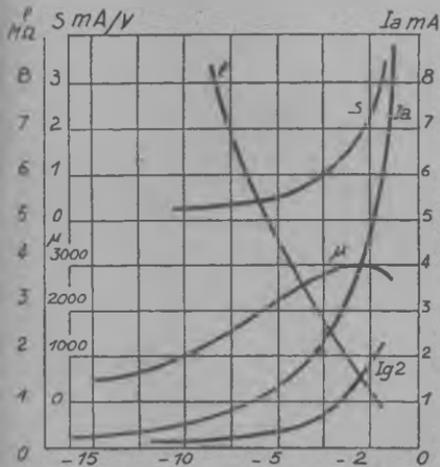


ECF 1

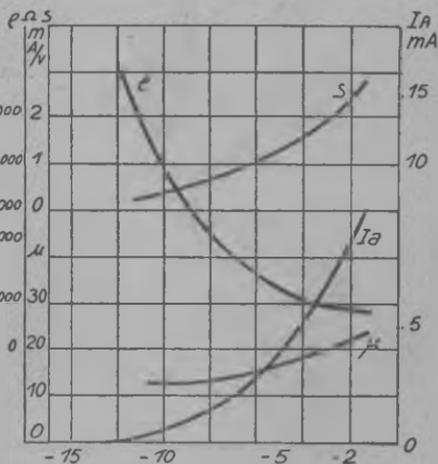
Triode-pentode.

Caractéristiques.

Chauffage indirect.
 Tension filament 6,3 V.
 Intensité filament 0,2 A.



Partie Pentode



Partie Triode

| | | |
|---------------------------------------|-----------|----------|
| Tension plaque | 250 V. | 150 V. |
| Tension écran | 100 V. | |
| Polarisation grille | -2 V. | -2 V. |
| Courant plaque | 5 mA. | 9 mA. |
| Coefficient d'amplification | 3.000 | 23 |
| Résistance Interne | 1,2 M Ω | 9.000 Ω. |
| Pente | 2,5 mA/V. | 2,55 mA. |



ECH 3

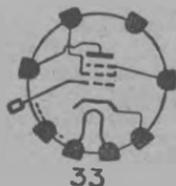
Triode-hexode.

Changeuse de fréquence.

Chauffage Indirect. 6,3 V. Courant de chauffage. 0,2 A.
Tension de chauffage. 6,3 V.

| Caractéristiques. | Triode. | Hexode. |
|--|--------------|-----------------|
| Tension anodique. | 150 V. | 250 V. |
| Courant anodique. | 3,3 mA. | 2,3 mA. |
| Tension grille 1 minimum. | | -2 V. |
| Tension grille 1 maximum. | | -12 V. |
| Tension grille de commande G_2 | | 8 V. eff. |
| Tension écran G_3 | | 100 V. |
| Courant écran G_3 | | 4,3 mA. |
| Résistance Interne. | | 1 M Ω |
| Courant d'oscillation. | | 200 μ A. |
| Coefficient d'amplification. | 20 | |
| Pente. | 2,8 mA/V. | |
| Pente de conversion : | | |
| Pour polarisation minimum. | | 0,65 mA/V. |
| Pour polarisation maximum. | | 6,5 μ A/V. |
| Résistance de cathode. | | 230 Ω |
| Capacités Internes : | | |
| Entrée G_1 | 8,8 μ F. | 4,7 μ F. |
| Sortie anode. | 4,6 μ F. | 9 μ F. |
| D'anode à G_1 | 1,5 μ F. | 0,0015 μ F. |

La résistance chutrice pour l'obtention de la tension écran aura une valeur de 50.000 Ω .



EF 5

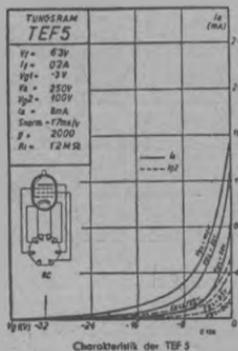
Pentode HF ou MF à pente variable.

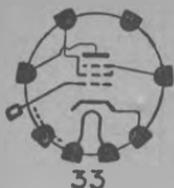
Caractéristiques.

| | |
|---|-----------------|
| Chauffage Indirect (C. C. ou C. A.). | |
| Tension de chauffage. | 6,3 V. |
| Intensité de chauffage. | 0,2 A. |
| Diamètre maximum. | 32 mm. |
| Hauteur maximum. | 90 mm. |
| Capacités approximatives entre électrodes : | |
| Grille N° 1 à la plaque. | <0,003 μ F. |
| Grille N° 1 aux autres électrodes (entrée). | 4,8 μ F. |
| Plaque aux autres électrodes (sortie). | 7,1 μ F. |

| | | |
|---|----------------|----------------|
| Tension plaque. | 100 V. | 250 V. |
| Tension écran, G_3 | 100 V. | 100 V. |
| Tension fixe grille de cathode, G_1 | -3 V. | -3 V. |
| Courant plaque. | 8 mA. | 8 mA. |
| Courant écran, G_3 | 2,6 mA. | 2,6 mA. |
| Pente maximum ($G_2 = -3$ V.). | 1,7 mA/V. | 1,7 mA/V. |
| Pente minimum ($G_2 = -50$ V.). | <0,002 mA/V. | <0,002 mA/V. |
| Résistance Interne ($G_2 = -3$ V.). | 0,3 M Ω | 1,2 M Ω |
| Résistance interne ($G_2 = -50$ V.). | >10 M Ω | >10 M Ω |

Remarques. — Dans la détermination de la résistance de cathode, tenir compte de la remarque faite à propos de la EK 2.





EF 6

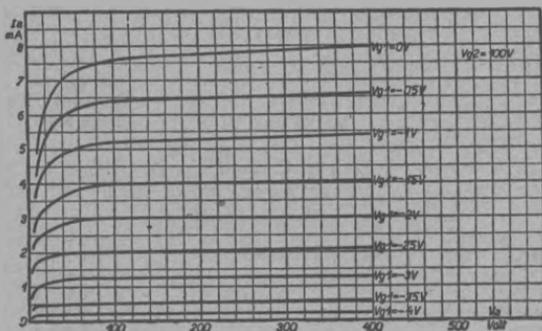
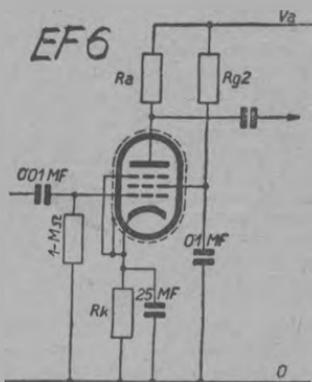
Pentode amplificatrice à pente fixe.

Caractéristiques.

Chauffage Indirect (C. C. ou C. A.).

- Tension de chauffage. 6,3 V.
- Intensité de chauffage. 0,2 A.
- Diamètre maximum 32 mm.
- Hauteur maximum. 90 mm.

- Capacités approximatives entre électrodes :
- Grille N° 1 à la plaque. < 0,003 μ F.
 - Grille N° 1 aux autres électrodes (entrée). 4,9 μ F.
 - Plaque aux autres électrodes (sortie). 6,7 μ F.



| | | | |
|--|----------------|--------------|----------------|
| Tension plaque. | 100 V. | 200 V. | 250 V. |
| Tension écran, G_2 | 100 V. | 100 V. | 100 V. |
| Tension grille, G_1 | -2 V. | -2 V. | -2 V. |
| Courant plaque. | 3 mA. | 3 mA. | 3 mA. |
| Courant écran G_2 | 1,1 mA. | 1,1 mA. | 1,1 mA. |
| Coefficient d'amplification | 1.600 | 4.000 | 5.000 |
| Pente ($G_1 = -2 V$). | 2,0 mA/V. | 2,0 mA/V. | 2,0 mA/V. |
| Résistance Interne ($G_1 = -2 V$). | 0,8 M Ω | 2 M Ω | 2,5 M Ω |

Remarques. — Cette lampe est particulièrement indiquée comme préamplificatrice BF. Le tableau ci-dessous indique les valeurs de résistances à utiliser dans chaque cas.

| | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|
| Tension plaque. | 250 V. | 250 V. | 250 V. | 100 V. |
| Résistance de plaque. | 300 k. | 200 k. | 100 k. | 200 k. |
| Résistance de cathode | 4 k. | 2,5 k. | 1,6 k. | 5 k. |
| Résistance dans la grille écran. | 800 k. | 400 k. | 250 k. | 400 k. |
| Amplification. | 180 | 158 | 112 | 100 |
| Distorsion totale en % pour 14 V. eff. à la sortie | 1,8 | < 0,8 | 1 | 4,8 |

Remarque. — En utilisant cette lampe comme amplificatrice BF ou comme détectrice, avoir soin de shunter la résistance de cathode par un condensateur d'au moins 2 μ F.

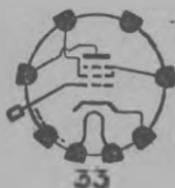
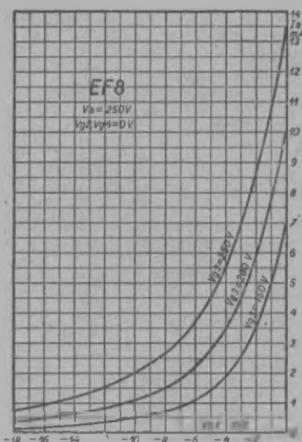


EF 8

Pentode HF.

Caractéristiques.

| | |
|--|---------------------|
| Chauffage indirect. | |
| Tension de chauffage. | 6,3 V. |
| Intensité de chauffage. | 0,2 A. |
| Capacités : | |
| Grille N° 1 aux autres électrodes (entrée). | 4,9 μF . |
| Plaque aux autres électrodes (sortie). | 7,8 μF . |
| Diamètre maximum. | 32 mm. |
| Hauteur maximum. | 90 mm. |
| Tension plaque. | 250 V. |
| Tension écran G_2 . | 250 V. |
| Courant plaque. | 8 mA. |
| Courant écran. | 0,25 mA. |
| Pente maximum ($G_1 = -2 \text{ V.}$) | 1,8 mA/V. |
| Pente minimum ($G_1 = -32 \text{ V.}$) | 0,02 mA/V. |
| Résistance Interne ($G_1 = -2 \text{ V.}$) | 400.000 Ω . |

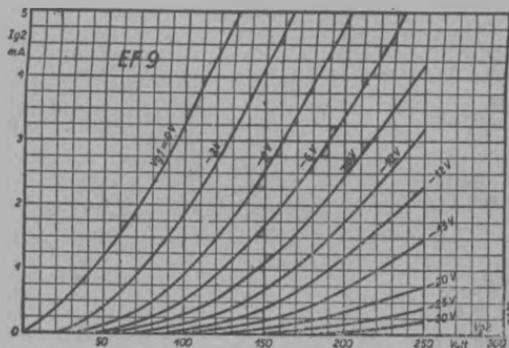


EF 9

Pentode à amplification réglable par tension d'écran glissante.

Caractéristiques.

| | | | |
|--------------------------|------------------------|---|---------------------|
| Chauffage indirect. | | Grille N° 1 aux autres électrodes (entrée). | 5,0 μF . |
| Tension de chauffage. | 6,3 V. | Plaque aux autres électrodes (sortie). | 7,0 μF . |
| Intensité de chauffage. | 0,2 A. | Diamètre maximum. | 32 mm. |
| Capacités : | | Hauteur maximum. | 90 mm. |
| Grille N° 1 à la plaque. | <0,003 μF . | | |

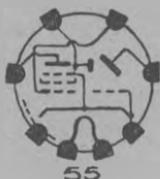


EF 9 (suite).

| | | | | |
|--|-------|--------------|--------|--------------|
| Tension plaque | V. | 100 | 200 | 250 |
| Résistance d'écran | O. | 0 | 60.000 | 90.000 |
| Tension d'écran | V. | 100 | 100 | 200 |
| Tension négative G_1 (minimum - 2V.) | V. | - 2 | - 19 | - 2 |
| Courant plaque | mA. | 6 | <0,015 | 6 |
| Courant écran | mA. | 1,8 | 0 | 1,8 |
| Coefficient d'amplification | | 850 | — | 1.900 |
| Pente | mA/V. | 2,1 | <0,002 | 2,1 |
| Résistance interne | M. | 0,4 Ω | >10 | 0,9 Ω |

Remarques. — Dans ce tube, au lieu d'alimenter l'écran par un dispositif potentiométrique comme on le fait ordinairement, on introduit simplement une résistance en série avec l'écran. On obtient ainsi une tension d'écran variable, avec la polarisation de la grille de contrôle. Cette tension d'écran est minimum pour de faibles polarisations, elle est au contraire maximum pour de fortes polarisations négatives. On obtient ainsi, même pour de fortes polarisations négatives, une caractéristique plus rectiligne évitant la transmodulation en HF.

Ce tube peut également, de ce fait, être utilisé en BF sans distorsion. Dans cette dernière fonction, il est tout indiqué dans les montages à expansion BF, comme tube régulateur.



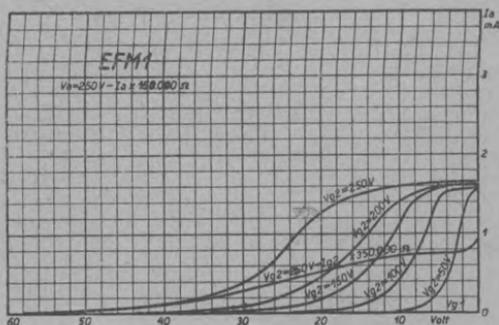
EFM I

Pentode BF combinée avec œil magique.

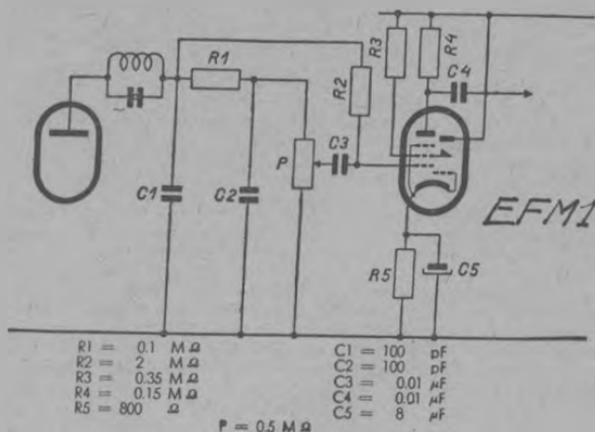
Caractéristiques.

| | | |
|--|---------------------------------|----------------|
| Chauffage indirect (C. C. ou C. A.). | Intensité de chauffage. | 0,2 A. |
| Tension de chauffage. 6,3 V. | Diamètre maximum | 38 mm |
| | Hauteur maximum. | 85 mm. |
| Tension plaque et écran œil magique | | 250 V. |
| Tension d'écran pentode | | 250 V. |
| Tension négative de grille (minimum - 2 V.). | | - 2 V. - 20 V. |
| Résistance de plaque | | 150.000 O. |
| Résistance d'écran. | | 350.000 O. |
| Courant plaque | | 1,3 mA. |
| Courant écran | | 0,75 mA. |
| Coefficient d'amplification | | 100 |
| Secteur d'ombre. | | 70° |

Remarques. — Ce tube comporte une pentode à tension d'écran glissante. Il permet donc de faire agir la tension de réglage d'amplification sur le tube préamplificateur BF sans aucune distorsion, même pour des émissions puissantes.



EFM 1 (suite).



EH 2

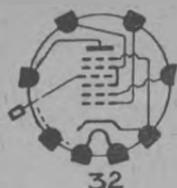
Heptode mélangeuse ou amplificatrice
à pente variable

Caractéristiques.

| | | | |
|---|---------------------------------|---|-----------------------------|
| Chauffage indirect (C. C. ou C. A.). | | Grille G_3 à la grille G_2 . | $0,2 \text{ }\mu\text{F}$. |
| Tension de chauffage. | 6,3 V. | Grille G_1 aux autres électrodes (ent. HF). | $5 \text{ }\mu\text{F}$. |
| Courant de chauffage. | 0,2 A. | Plaque aux autres électrodes (sortie MF). | $11 \text{ }\mu\text{F}$. |
| Capacités entre électrodes : | | Diamètre maximum. | 32 mm. |
| Grille de contrôle (G_3) à la plaque. | $<0,0015 \text{ }\mu\text{F}$. | Hauteur maximum. | 90 mm. |

Utilisation en changeuse de fréquence.

| | | |
|---|------------------------|------------------------|
| Tension plaque. | 250 V. | 250 V. |
| Tension grilles-écran ($G_2 - G_3$). | 100 V. | 100 V. |
| Tension grille G_1 minimum. | -3 V. | -3 V. |
| Tension grille G_1 maximum. | -25 V. | -20 V. |
| Courant plaque (polarisation minimum). | 1,85 mA. | 1,8 mA. |
| Courant plaque (polarisation maximum). | $<0,015 \text{ mA}$. | $<0,015 \text{ mA}$. |
| Courant grilles-écran. | 3,8 mA. | 2,8 mA. |
| Pente de conversion (polarisation minimum). | 0,4 mA/V. | 0,4 mA/V. |
| Pente de conversion (polarisation maximum). | $<0,01 \text{ mA/V}$. | $<0,01 \text{ mA/V}$. |
| Résistance interne (polarisation minimum). | 2 M Ω | 1 M Ω |
| Résistance interne (polarisation maximum). | $<10 \text{ M}\Omega$ | $<10 \text{ M}\Omega$ |
| Tension d'oscillation grille G_3 | 14 V. eff. | 20 V. eff. |
| Résistance de fuite grille G_3 | 0,5 M Ω | 0,5 M Ω |



EK 2

Octode changeuse de fréquence.

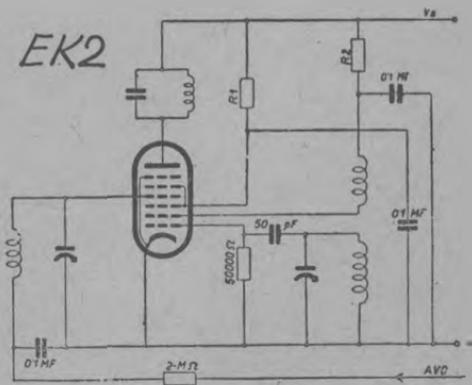
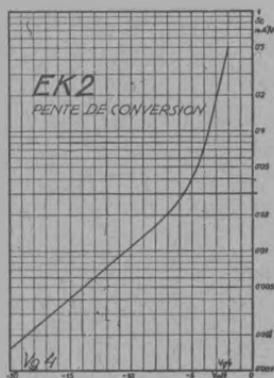
Caractéristiques.

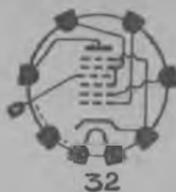
| | | | |
|---|--------------------|---|------------------|
| Chauffage indirect (C. C. ou C. A.). | | Grille N° 2 aux autres électrodes (sortie oscillatrice) | 4,6 $\mu\mu$ F. |
| Tension de chauffage . . | 6,3 V. | Grille N° 1 aux autres électrodes (entrée oscillatrice) | 6,1 $\mu\mu$ F. |
| Intensité de chauffage . . | 0,2 A. | Plaque aux autres électrodes (sortie MF) | 10,0 $\mu\mu$ F. |
| Capacités approximatives entre électrodes : | | Diamètre maximum | 32 mm. |
| Grille N° 4 à la plaque. | < 0,07 $\mu\mu$ F. | Hauteur maximum | 90 mm. |
| Grille N° 4 à la grille N° 2. | < 0,25 $\mu\mu$ F. | | |
| Grille N° 4 à la grille N° 1. | 1,0 $\mu\mu$ F. | | |
| Grille N° 4 aux autres électrodes (ent. HF) . | 8,4 $\mu\mu$ F. | | |

| | | Norm. tous cour. | Norm. altern. | Ondes courtes. tous alternatif. cour. | |
|---|------------|------------------|---------------|---------------------------------------|-----------|
| Tension plaque | V. | 100 | 250 | 100 | 250 |
| Tension écrans, $G_3 - G_5$ | V. | 50 | 50 | 80 | 80 |
| Tension grille-anode G_2 | V. | 100 | 200 | 100 | 200* |
| Tension grille de contrôle (fixe). G_4 V. | - 2 | - 2 | - 3 | - 3 | - 3 |
| Courant plaque | mA. | 1 | 1 | 2,5 | 2,3 |
| Courant grille-anode | mA. | 1,5 | 2,5 | 2,3 | 5,3 |
| Courant écrans | mA. | 1 | 1,1 | 2,8 | 2 |
| Résistance de fuite grille N° 1 | Ω . | 50.000 | 50.000 | 16.000 | 16.000 |
| Courant grille N° 1 | A. | 200 μ | 300 μ | 300 μ | 500 μ |
| Pente de conversion (pol. min.). | mA/V. | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,7 |
| Pente de conversion (pol. max.). | mA/V. | < 0,002 | < 0,002 | | |
| Résistance interne (pol. min.). | M Ω | 1,2 | 2 | 0,65 | 0,7 |
| Résistance interne (pol. max.). | M Ω | > 10 | > 10 | | |
| Tension négat. max. grille 4 | V. | - 25 | - 2 5 | | |

Remarques. — Pour déterminer la résistance de cathode, tenir compte de la tension continue fixe et **positive** pouvant exister sur la ligne de contrôle automatique. Cette valeur positive égale à la polarisation de la lampe préamplificatrice BF, si celle-ci comporte également les diodes, se retranche évidemment de la polarisation négative due à la résistance de cathode de la EK 2.

(*) Pour une alimentation totale de 250 V., intercaler une résistance de 20.000 Ω . 1 W., entre le + HF et la grille N° 2.





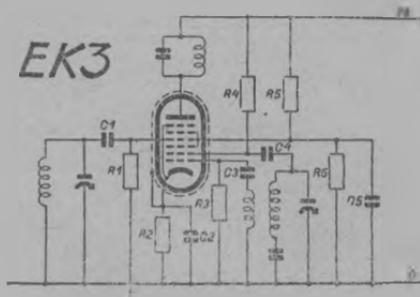
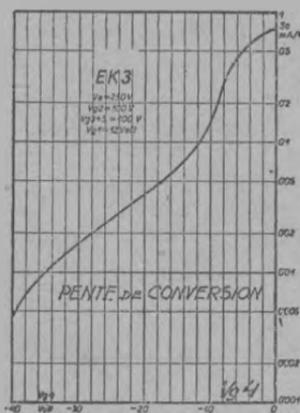
EK 3

Octode changeuse de fréquence.

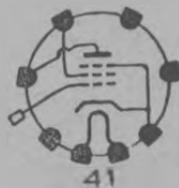
Caractéristiques.

| | | | |
|---|----------------|---|--------------|
| Chauffage indirect. | | électrodes (sortie oscillatrice) | 7,5 μ F. |
| Tension de chauffage. . . | 6,3 V. | Grille N° 1 aux autres électrodes (entrée oscillatrice) | 14 μ F. |
| Intensité de chauffage. . . | 0,65 A. | Plaque aux autres électrodes (sortie MF) | 15 μ F. |
| Capacités entre électrodes : | | Diamètre maximum | 51 mm. |
| Grille N° 4 à la plaque. | < 0,1 μ F. | Hauteur maximum. | 130 mm. |
| Grille N° 4 à la grille N° 2. | 1,3 μ F. | | |
| Grille N° 4 aux autres électrodes (ent. HF) . . . | 14,5 μ F. | | |
| Grille N° 2 aux autres électrodes (sortie oscillatrice) | | | |

| | | | |
|---|--------------|--|---------------|
| Tension plaque. . . | 250 V. | Résistance de fuite G_1 | 50.000 O. |
| Tension écran G_2 — G_3 | 100 V. | Pente de conversion (pol. minimum) | 0,65 mA/V. |
| Tension grille-anode G_2 | 100 à 135 V. | Pente de conversion (G_1 à -28 V) | 0,0065 mA/V. |
| Tension grille de contrôle (fixe) . . . | 2 à 2,5 V. | Pente de conversion (G_1 à -37 V) | 0,00065 mA/V. |
| Courant plaque. . . | 2 à 2,5 mA. | Résistance interne (pol. minimum) | 2 MO. |
| Courant grille-anode | 5 à 5,5 mA. | Courant grille N° 1. | 300 μ A. |
| Courant écran . . . | 6 mA. | | |



| | |
|---------------------|------------------|
| R1 = 1 M Ω | C1 = 500 pF |
| R2 = 180 Ω | C2 = 0.1 μ F |
| R3 = 50000 Ω | C3 = 100 pF |
| R4 = 25000 Ω | C4 = 1000 pF |
| R5 = 12000 Ω | C5 = 0.1 μ F |
| R6 = 20000 Ω | |



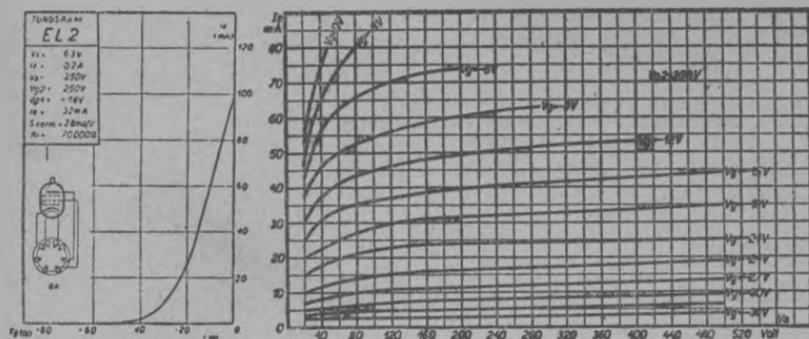
EL 2

Pentode de sortie.

Caractéristiques.

| | | | |
|--------------------------------------|--------|---------------------------------|---------------------|
| Chauffage indirect (C. C. ou C. A.). | | Intensité de chauffage. | 0,2 A. ^P |
| Tension de chauffage. . . | 6,3 V. | Diamètre maximum | 37 mm. |
| | | Hauteur maximum. | 95 mm. |

EL 2 (suite).



Utilisation en pentode classe A (une seule lampe).

| | | |
|---|-------------|------------|
| Tension plaque | 200 V. | 250 V. |
| Tension écran | 200 V. | 250 V. |
| Tension négative de grille | -14 V. | -18 V. |
| Résistance de cathode | 480 O. | 480 O. |
| Courant plaque | 25 mA. | 32 mA. |
| Courant écran | 4 mA. | 5 mA. |
| Pente au point de fonctionnement | 3,0 mA/V. | 2,8 mA/V. |
| Résistance interne au point de fonctionnement | 70.000 O. | 70.000 O. |
| Impédance de charge optimum | 8.000 O. | 8.000 O. |
| Puissance modulée pour une distorsion totale de 10% | 2,3 W. | 3,6 W. |
| Tension alternative de grille correspondante | 8,5 V. eff. | 10 V. eff. |



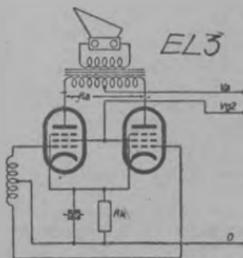
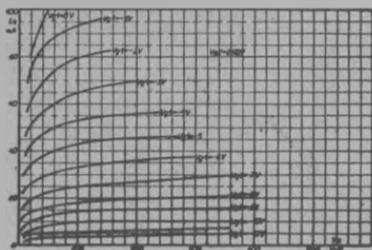
35

EL 3

Pentode finale à grande pente.

Caractéristiques.

| | | | |
|--|-----------|---|-------------|
| Chauffage Indirect. | | Diamètre maximum | 37 mm. |
| Tension de chauffage | 6,3 V. | Hauteur maximum | 113 mm. |
| Intensité de chauffage | 1,2 A. | Résistance Interne | 50.000 O. |
| Tension plaque | 250 V. | Impédance de charge optimum | 7.000 O. |
| Tension écran | 250 V. | Puissance de sortie pour une distorsion totale de 10% | 4,4 W |
| Courant plaque | 36 mA. | Tension alternative de grille correspondante | 3,9 V. eff. |
| Courant écran | 5 mA. | | |
| Résistance cathodique (G ₁ = -6 V.) | 150 O. | | |
| Pente au point de fonctionnement | 9,5 mA/V. | | |



EL 3 N

Pentode finale à grande pente.

Cette lampe est semblable à la lampe EL 3.
Seul, le chauffage diffère (courant de chauffage 0,9 A au lieu de 1,2 A). Le ballon est légèrement plus gros. Les autres caractéristiques sont inchangées.



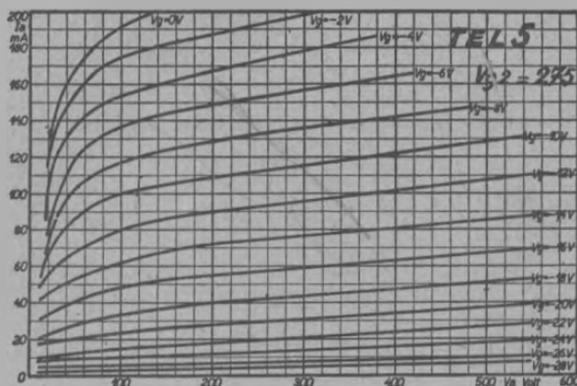
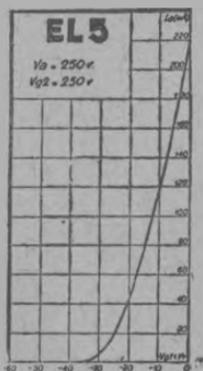
35

EL 5

Pentode finale de grande puissance.

Caractéristiques.

Chauffage indirect. Diamètre maximum. 51 mm.
Tension de chauffage. 6,3 V. Hauteur maximum. 120 mm.
Intensité de chauffage 1,3 A.



Utilisation en amplificatrice classe A (une lampe).

| | | | |
|--|----------------|--|-------------|
| Tension plaque | 250 V. | Résistance interne. | 23.000 O. |
| Tension écran | 250 V. | Impéd. de charge optimum. | 3.500 O. |
| Résist. de cathode (G ₁ = -14 V.) | 175 O. (2 W.). | Puissance de sortie pour une distorsion de 10% | 8,8 W. |
| Courant plaque | 72 mA. | Tension alternative de grille corresp. | 8,1 V. eff. |
| Courant écran | 8 mA. | | |
| Pente au point de fonctionnement | 8,5 mA/V. | | |

Utilisation en push-pull classe A/B (deux lampes).

| | Polarisation fixe | Polarisation automatique |
|---|-------------------|--------------------------|
| Tension plaque | 250 V. | 250 V. |
| Tension écran | 250 V. | 250 V. |
| Tension de grille | -24 V. | |
| Résistance cathodique. | | 155 O. |
| Courant plaque (au repos) | 2 × 25, mA. | 2 × 55 mA. |
| Courant plaque (maximum) | 2 × 63 mA. | 2 × 64 mA. |
| Courant écran (au repos) | 2 × 3 mA. | 2 × 6 mA. |
| Courant écran (maximum) | 2 × 13,5 mA. | 2 × 13,5 mA. |
| Impédance de charge optimum (plaque à plaque) | 4.000 O. | 4.000 O. |
| Puissance modulée maximum | 17,3 W. | 16,4 W. |
| Distorsion totale | 4,7% | 4,9% |



EL 6

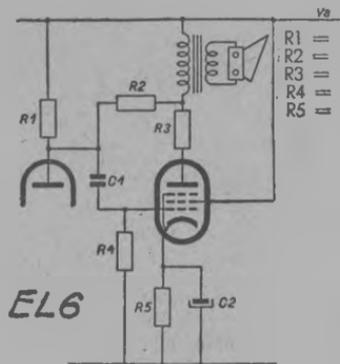
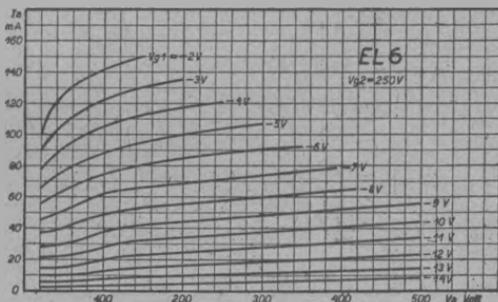
Pentode finale à grande puissance et grande pente.

Caractéristiques.

| | | |
|---|---------------------------|---------|
| Chauffage indirect. | Diamètre maximum. | 51 mm. |
| Tension de chauffage. 6,3 V. | Hauteur maximum | 120 mm. |
| Intensité de chauffage 1,4 A. | | |

Utilisation en amplificatrice classe A.

| | | |
|--------------------------------------|------------|------------|
| Tension plaque. | 250 V. | 250 V. |
| Tension écran | 250 V. | 275 V. |
| Tension négative de grille | - 7 V. | - 8,75 V. |
| Courant plaque. | 72 mA. | 72 mA. |
| Courant écran | 8,5 mA. | 9 mA. |
| Puissance modulée : | | |
| Distorsion totale, 10 % | 8,2 W. | 8,8 W. |
| Distorsion totale, 5% | 5 W. | 5 W. |
| Pente | 14,5 mA/V. | 14,5 mA/V. |
| Résistance interne | 20.000 O. | 17.500 O. |
| Impédance de charge optimum. | 3.500 O. | 3.500 O. |



- R1 = 0,15 M Ω
- R2 = 1 M Ω
- R3 = 50 Ω
- R4 = 1 M Ω
- R5 = 90 Ω

- C1 = 10000 pF
- C2 = 25 μF

Contre-Réaction par EL 6.

La contre-réaction est gouvernée par R 1 et R 2. Si la résistance de charge du tube précédent (R1) est plus grande, il faut aussi grandir R 2.



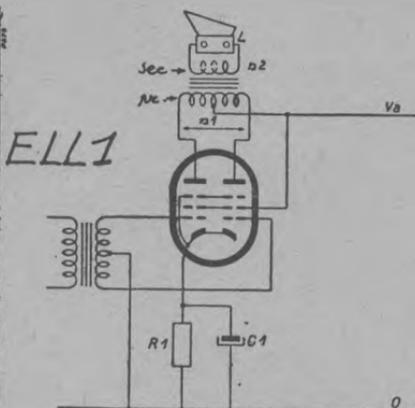
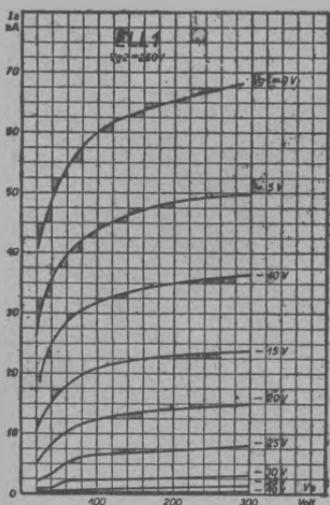
ELL

Pentode finale push-pull.

Caractéristiques.

| | | | |
|---------------------------------|---------|----------------------------|-----------|
| Tension de chauffage | 6,3 V. | Diamètre maximum | |
| Intensité de chauffage. | 0,45 A. | Hauteur maximum. | |
| Tension plaques. | 250 V. | Pente (pour chaque | |
| Tension écran. | 250 V. | pentode). | 1,3 mA/V. |
| Tension nég. de grilles. — | 21,5 V. | Puissance de sortie : | |
| Cour. plaque (par plaq.) | 15 mA. | Distorsion totale 10%. | 8,5 W. |
| Cour. écran (par écran). | 2,5 mA. | Distorsion totale 3,7% | 5,4 W. |

■ **Remarque.** — Ce tube comporte deux pentodes finales dans la même ampoule. Il permet une puissance modulée assez importante (8,5 W.) pour un courant plaque au repos assez faible (31 mA.) pour les deux plaques et écrans.



$R1 = 600 \Omega$ $C1 = 8 \mu F$
 $R_{pr} + \left(\frac{n}{2}\right)^2 (R_{sec} + R_L) = 16000 \Omega$

EM 1, Trèfle cathodique.

Cette lampe est l'équivalente de la ME 6 (voir plus loin), mais avec ombre en croix.



EM 4

Trèfle cathodique à double sensibilité.

Caractéristiques.

| | | | |
|--------------------------------|--------|--|----------------|
| Chauffage indirect. | | Tension d'écran (sur R de charge) | 250 V. |
| Tension de chauffage | 6,3 V. | Résistance en série dans l'anode de chaque triode. . | 1,5 M Ω |
| Courant de chauffage | 0,2 A. | | |

La fermeture a lieu sous 250 volts, pour grande sensibilité à -5 volts et pour petite sensibilité à -19 volts, et sous 100 volts pour -2,5 et -10 volts.

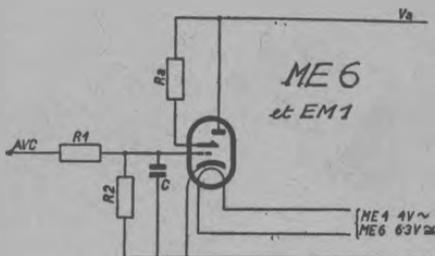


ME 6

Œil magique « Tunoscope ».

Caractéristiques.

| | | |
|--|---|--------------|
| Chauffage indirect (C. C. ou C. A.). | Intensité de chauffage . . . | 0,2 A. |
| Tension de chauffage . . . | Diamètre maximum . . . | 28 mm. |
| | Hauteur maximum . . . | 75 mm. |
| Tension sur l'écran et la résistance en série dans la plaque | Cour. plaq. pour $V_g = -5 V$ env. | 12 μA . |
| | Courant d'écran | 2 mA. |
| Résistance en série dans la plaque triode | Angle de la partie ombrée pour $V_g = 0$ | > 90° |
| Courant plaque par $V_g = 0$. | Angle de la partie ombrée pour $V_g = -5 V$ | 0° |
| | | |



EZ 2

Valve biplaque.

Caractéristiques.

| | | |
|--|---|----------------|
| Chauffage indirect (C. C. ou C. A.). | Intensité de chauffage . . . | 0,4 A. |
| Tension de chauffage . . . | Diamètre maximum . . . | 37 mm. |
| | Hauteur maximum . . . | 85 mm. |
| Tension alternative maximum par plaque | Résistance Interne minimum du transformateur. | 600 Ω . |
| Débit maximum en courant redressé | Capacité max. du premier condensateur de filtrage : | |
| Tension max. entre filament et cathode (valeur de crête) | Pour 350 V. eff. par plaq. | 16 μF . |
| | Pour 200 V. eff. par plaq. | 32 μF . |

Remarques. — Par résistance interne R du transformateur on entend la somme de trois résistances suivantes :

- R_s : Résistance de la moitié du secondaire ;
- $N_2 R_p$: Résistance du primaire R_p ramenée au secondaire, N étant le rapport de transformation de la moitié du sec./enroulement primaire ;
- R_1 : Résistance en série dans la première cellule du filtre s'il y a lieu.



EZ 3

Valve biplaque.

Caractéristiques.

Chauffage indirect.
Tension de chauffage . . . 6,3 V.
Intensité de chauffage . . . 0,65 A.

Tension alternative max.
par plaque 400 V. eff.
Débit maximum en courant
redressé 100 mA.
Tension max. entre fila-
ment et cathode 0 V.
Le filament et la cathode
seront toujours reliés
ensemble.

Diamètre maximum 37 mm.
Hauteur maximum 85 mm.

Résistance interne mini-
mum du transformateur :
Pour 300 V. eff. par plaq. 250 O.
par plaque 250 O.
Pour 400 V. eff. par plaq. 300 O.
Capacité max. du premier
condensateur de filtrage :
Pour 300 V. eff. par plaq. 32 μ F.
Pour 350 V. eff. par plaq. 16 μ F.



EZ 4

Valve biplaque.

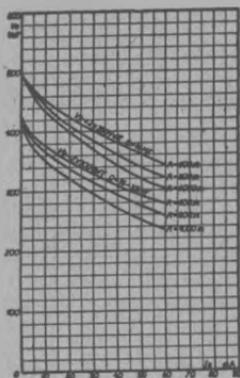
Caractéristiques.

Chauffage indirect.
Tension de chauffage . . . 6,3 V.
Intensité de chauffage . . . 0,9 A.

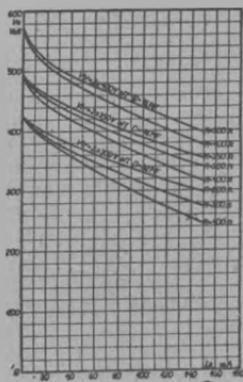
Tension alternative max.
par plaque 400 V. eff.
Débit max. en courant
redressé 175 mA.
Tension max. entre fila-
ment et cathode 0 V.
Le filament et la cathode
seront reliés.

Diamètre maximum 37 mm.
Hauteur maximum 85 mm.

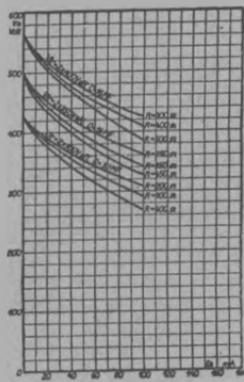
Résistance interne minm.
du transformateur :
Pour 300 V. eff. par plaq. 200 O.
Pour 350 V. eff. par plaq. 250 O.
Pour 400 V. eff. par plaq. 300 O.
Capacité max. du premier
condensateur de filtrage :
Pour 300 V. eff. par plaq. 32 μ F.
Pour 350 V. eff. par plaq. 16 μ F.



EZ 2



EZ 3



EZ 4



43

KBC 1

Double diode. Triode.

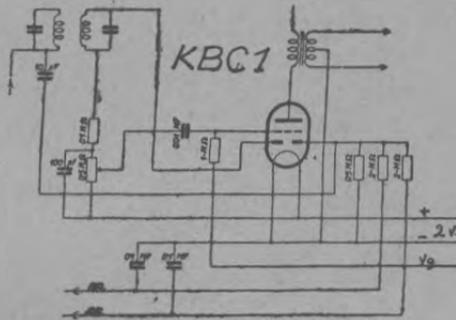
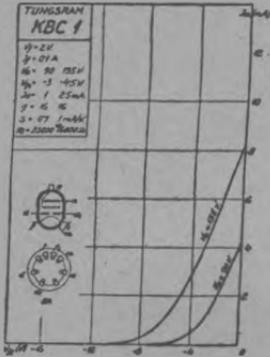
Chauffage direct (C. C.).
Tension de chauffage . . .
Courant de chauffage . . .
Capacités entre élect. :
Chaque diode au fila-
ment

Caractéristiques.

| | | |
|--------------|--|-----------------|
| 2 V. | Entre chaque diode . . | <0,5 μ F. |
| 0,1 A. | Entre chaque diode et la grille triode. . . . | <0,003 μ F. |
| | Diamètre maximum . . . | 47 mm. |
| 3,0 μ F. | Hauteur maximum. . . . | 112 mm. |

Utilisation de la triode en préamplificatrice BF.

| | | |
|---------------------------------------|-----------|-----------|
| Tension plaque. | 90 V. | 135 V. |
| Tension négative de grille | -3,0 V. | -4,5 V. |
| Courant plaque. | 1,0 mA. | 2,5 mA. |
| Coefficient d'amplification | 16 | 16 |
| Pente normale | 0,7 mA/V. | 1,0 mA/V |
| Résistance interne normale. | 23.000 O. | 16.000 O. |



44

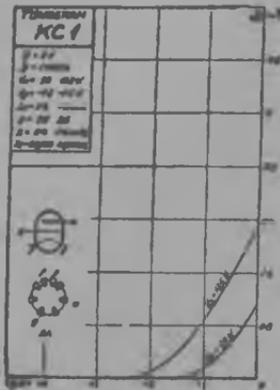
KC 1

Triode.

Caractéristiques.

Chauffage direct (C. C.).
Tension de chauffage 2 V . .
Courant de chauffage 0,065 A.
Capacités entre électrodes :
Grille à la plaque 3,5 μ F.
Grille aux autres électrodes
(entrée) 6,5 μ F.
Plaque aux autres électrodes
(sortie) 5,5 μ F.
Diamètre maximum 44 mm.
Hauteur maximum 90 mm.

| | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|
| Tension plaque. | 90 V. | 135 V. |
| Tension de grille. | -1,5 V. | -1,5 V. |
| Courant plaque. | 0,3 mA. | 1,2 mA. |
| Coefficient d'amp. | 25 | 25 |
| Pente normale | 0,4 mA/V. | 0,6 mA/V. |
| Résistance interne. | 60.000 O. | 40.000 O. |



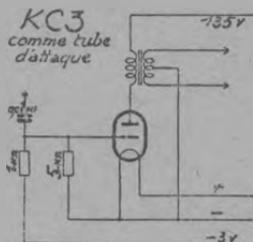
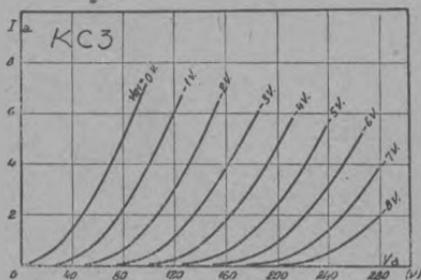


KC 3

Triode.

Caractéristiques.

| | | | |
|-------------------------------------|----------|---------------------------------------|----------|
| Chauffage direct (C. C.). | 2 V. | Diamètre maximum . . . | 45 mm. |
| Tension de chauffage . . . | 0,2 A. | Hauteur maximum . . . | 100 mm. |
| Tension plaque | 135 V. | Coefficient d'amplification | 30 |
| Tension négative de grille. | - 2,5 V. | Pente normale. | 2,6 mA/V |
| Courant plaque. | 3 mA. | Résistance interne normale. | 11.500 Ω |



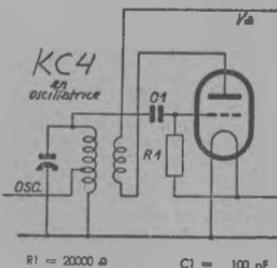
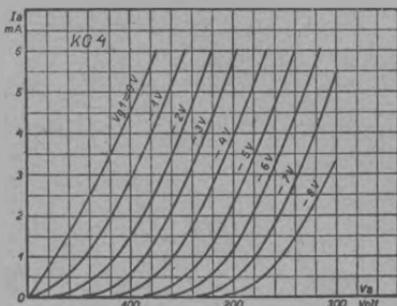
KC 4

Triode.

Caractéristiques.

| | | | |
|-------------------------------------|----------|---------------------------------------|-----------|
| Chauffage direct (C. C.). | 2 V. | Coefficient d'amplification | 30 |
| Tension de chauffage | 0,1 A. | Pente normale. | 1,1 mA/V. |
| Tension plaque | 135 V. | Résistance interne normale. | 21.500 Ω. |
| Courant plaque | 2 mA. | | |
| Tension négative de grille. | - 1,5 V. | | |

Remarques. — Ce tube est principalement destiné à servir d'oscillatrice séparée pour l'hexode mélangeuse KH 1.



R1 = 20000 Ω

C1 = 100 pF



45

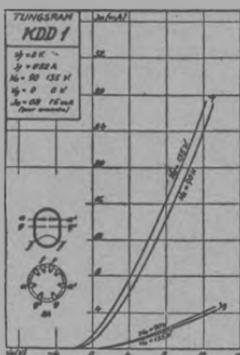
KDD 1

Double triode push-pull classe B.

Caractéristiques.

Chauffage direct (C. C.)
 Tension de chauffage 2 V.
 Courant de chauffage 0,22 A.

Diamètre maximum 45 mm.
 Hauteur maximum 95 mm.

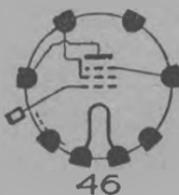


Utilisation en push-pull classe B.

Tension plaque 90 V. 135 V.
 Tension de grille 0 0
 Courant par plaque (au repos) 0,8 mA. 1,5 mA.

a) Tube préamplificateur KC 3.
 Puissance modulée 0,5 W. 1,7 W.
 Courant plaque maximum 10 mA. 21 mA.
 Distorsion 11% 11%
 Impédance optimum de charge (plaque à plaque) 20.000 Ω. 10.000 Ω.

b) Tube préamplificateur KBC 1.
 Puissance modulée 0,3 W. 0,95 W.
 Courant plaque maximum 6 mA. 15 mA.
 Distorsion 8,5% 8,5%
 Impédance optimum de charge (plaque à plaque) 22.000 Ω. 15.000 Ω.



46

KF 3

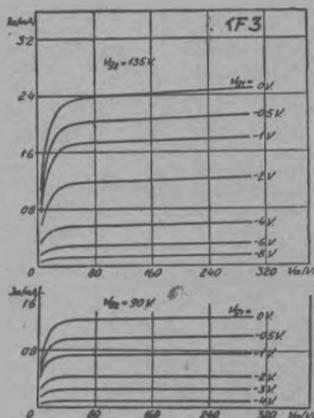
Pentode amplificatrice à pente variable.

Caractéristiques.

Chauffage direct (C. C.)
 Tension de chauffage 2 V.
 Courant de chauffage 0,050 A.

Capacités :

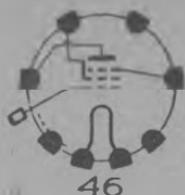
Grille N° 1 à la plaque <0,006 μF.
 Grille N° 1 aux autres électrodes 5,7 μF.
 Plaque aux autres électrodes 5,1 μF.
 Diamètre maximum 40 mm.
 Hauteur maximum 102 mm.



Tension plaque 90 V. 135 V.
 Tension écran 90 V. 135 V.
 Tension négative de grille - 0,5 V. - 0,5 V.
 Courant plaque : $V_{G1} = - 0,5 V$ 1,0 mA. 2,0 mA.
 Courant écran 0,3 mA. 0,8 mA.
 Coefficient d'amplification 1.000 850
 Pente : Polarisation minimum 0,5 mA/V. 0,65 mA/V.

Résistance interne :

Polarisation minimum 2 M Ω 1,3 M Ω
 Polarisation maximum >10 M Ω >10 M Ω

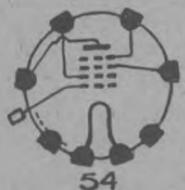
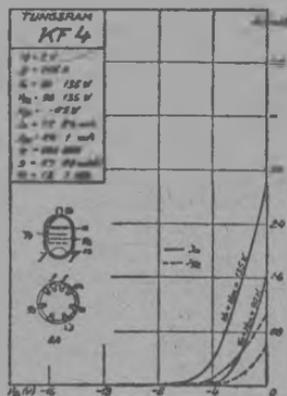


KF 4

Pentode amplificatrice à pente fixe.

Caractéristiques.

| | |
|--|----------|
| Chauffage direct (C. C.). | |
| Tension de chauffage | 2 V. |
| Courant de chauffage | 0,065 A. |
| Diamètre maximum | 40 mm. |
| Hauteur maximum | 102 mm. |
| Tension plaque 90 V. ♦ 135 V. | |
| Tension écran 90 V. 135 V. | |
| Tension de grille. -- 0,5 V. - 0,5 V. | |
| Courant plaque 1,2 mA. 2,6 mA. | |
| Courant écran 0,4 mA. 1,0 mA. | |
| Coefficient d'ampl. 900 800 | |
| Pente normale. 0,7 mA/V. 0,8 mA/V. | |
| Résistance interne 1,3 M Ω 1 M Ω | |

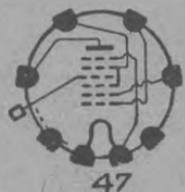


KH 1

Hexode mélangeuse.

Caractéristiques.

| | |
|---|----------------|
| Chauffage direct (C. C.). | |
| Tension de chauffage | 2 V. |
| Courant de chauffage | 0,135 A. |
| Tension plaque | 135 V. |
| Tension écrans (G_2 et G_3) | 50 V. |
| Tension négative grille de contrôle G_1 | - 1,5 V. |
| Tension oscillante sur grille G_1 | 10 V. eff. |
| Courant plaque | 0,75 mA. |
| Courant écrans : | |
| G_2 | 1,4 mA. |
| G_3 | 0,1 mA. |
| Résistance interne | 0,7 M Ω |
| Pente : Pol. minimum 1,5 V | 0,4 mA/V |

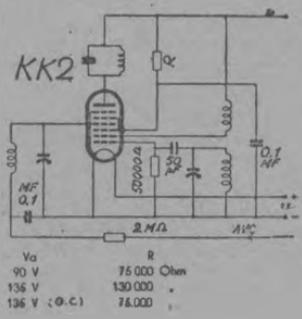


KK 2

Octode changeuse de fréquence.

Caractéristiques.

| | |
|--------------------------------|----------|
| Chauffage direct (C. C.). | |
| Tension de chauffage | 2 V. |
| Courant de chauffage | 0,130 A. |
| Diamètre maximum | 46 mm. |
| Hauteur maximum | 120 mm. |



KK 2 (suite).

| | | | |
|--|--------------|--------------|--------------------------|
| Tension plaque | 90 V. | 135 V. | Ondes courtes. 135 V. |
| Tension anode oscillatrice | 90 V. | 135 V. | 135 V. |
| Tension écran | 45 V. | 45 V. | 60 V. |
| Tension nég. G. (sans oscillation). | 0 | 0 | 0 |
| Résistance de fuite G ₁ | 50.000 O. | 50.000 O. | 50.000 O. |
| Courant grille G ₁ | 200 μ A. | 200 μ A. | 100 μ A. |
| Tension négative G ₂ | - 0,5 V. | - 0,5 V. | - 1,5 V. |
| Courant plaque : | | | |
| Polarisation minimum | 0,7 mA. | 0,7 mA. | 1,0 mA. |
| Polarisation maximum, -12 V. <0,015 mA. | <0,015 mA. | <0,015 mA. | |
| Courant anode oscillatrice | 1,3 mA. | 2,1 mA. | 2,3 mA. |
| Courant écran | 0,6 mA. | 0,7 mA. | 1,0 mA. |
| Pente de conversion : | | | |
| Polarisation minimum | 0,27 mA/V. | 0,27 mA/V. | 0,27 mA/V. |
| Polarisation maximum | <0,002 mA/V. | <0,002 mA/V. | |
| Résistance interne : | | | |
| Polarisation minimum | 2 M Ω | 2,5 M Ω | 1,7 M Ω |
| Polarisation maximum | >10 M Ω | >10 M Ω | |



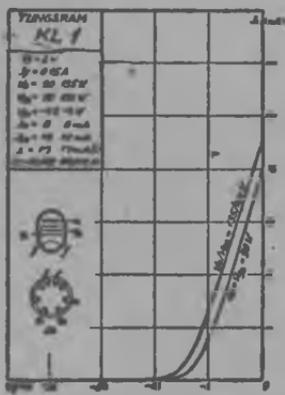
36

KL 1

Pentode finale.

Caractéristiques.

| | | |
|---|-------------|------------|
| Chauffage direct (C. C.) | 2 V. | |
| Tension de chauffage | 0,150 A. | |
| Courant de chauffage | 47 mm. | |
| Diamètre maximum | 95 mm. | |
| Hauteur maximum | | |
| Tension plaque | 90 V. | 135 V. |
| Tension écran | 90 V. | 100 V. |
| Courant plaque | 8 mA. | 8 mA. |
| Courant écran | 1,2 mA. | 1,2 mA. |
| Tension négative de grille. - 4,5 V. | - 4,5 V. | - 6 V. |
| Pente normale | 1,7 mA/V. | 1,7 mA/V. |
| Résistance interne | 80.000 O. | 100.000 O. |
| Coefficient d'amplification | 170 | |
| Impédance opt. de charge. 14.000 O. | 14.000 O. | |
| Puissance modulée | 0,2 W. | 0,3 W. |
| Tension alternative de grille 3 V. eff. | 4,2 V. eff. | |



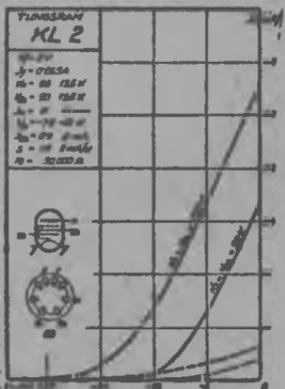
36

KL 2

Pentode finale.

Caractéristiques.

| | | |
|---|-----------|---------|
| Chauffage direct (C. C.) | 2 V. | |
| Tension de chauffage | 0,265 A. | |
| Courant de chauffage | 47 mm. | |
| Diamètre maximum | 95 mm. | |
| Hauteur maximum | | |
| Tension plaque | 90 V. | 135 V. |
| Tension écran | 90 V. | 135 V. |
| Tension négative de grille. - 7,5 V. | - 7,5 V. | - 12 V. |
| Courant plaque | 11 mA. | 18 mA. |
| Courant écran | 0,9 mA. | 2 mA. |
| Pente normale | 1,8 mA/V. | 2 mA/V. |
| Résistance interne norm. 30.000 Ω | 30.000 Ω | |
| Impédance de charge opt. 6.000 Ω | 6.000 Ω | |
| Puissance modulée | 0,35 W. | 0,8 W. |
| Tension alternative de grille 5 V. eff. | 8 V. eff. | |





KL 4

Pentode de sortie.

Caractéristiques.

| | | |
|---|----------------------------|------------------|
| Chauffage direct (C. C.) | Diamètre maximum | 47 mm. |
| Tension de chauffage 2 V. | Hauteur maximum | 97 mm. |
| Courant de chauffage. env. 0,14 A. | | |
| | | |
| Tension plaque | 90 V. | 135 V. |
| Tension écran | 90 V. | 135 V. |
| Tension négative de grille | - 2,6 V. | - 5 V. |
| Courant plaque. | 4,7 mA. | 7 mA. |
| Courant écran | 0,7 mA. | 1 mA. |
| Pente normale | 1,8 mA/V. | 2,1 mA/V. |
| Résistance Interne normale. | 170.000 Ω | 150.000 Ω |
| Impédance de charge optimum. | 19.000 Ω | 19.000 Ω |
| Puissance modulée pour une distorsion de 10% | 0,16 W. | 0,44 W. |
| Tension alternative de grille correspondante. | 2,0 V. eff. | 3,3 V. eff. |
| Dissipation anodique. | 1 W. | 2 W. |



1882

Valve à chauffage direct.

Caractéristiques.

| | | | |
|---|-----------------|--|---------|
| Tension de chauffage. | 5 V. | Courant maximum re- | |
| Courant de chauffage. | 2 A. | dressé | 110 mA. |
| Tension maximum à vide au secondaire du transfo | 2 x 400 V. eff. | Pour 2 x 350 volts effectifs, on peut admettre 125 mA. | |



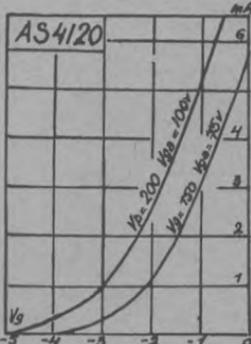
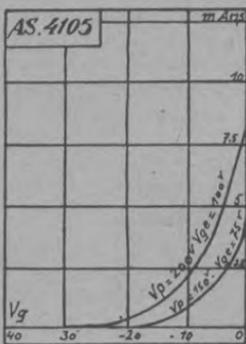
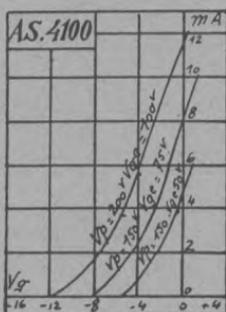
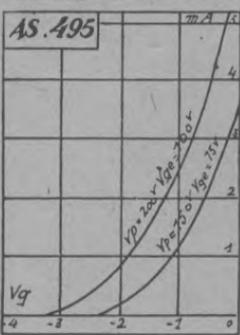
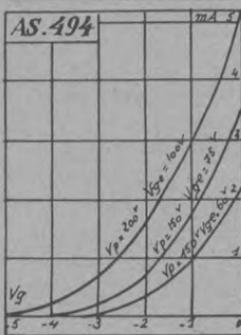
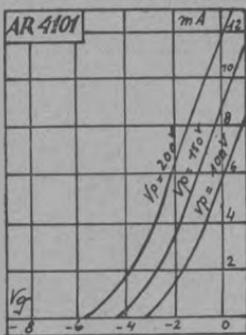
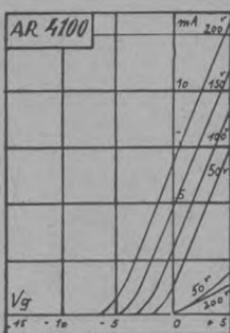
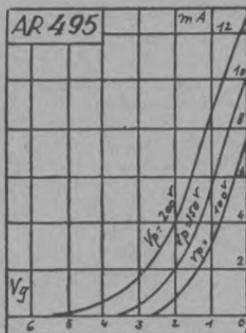
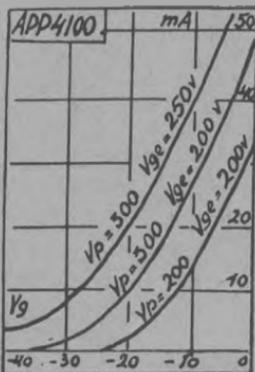
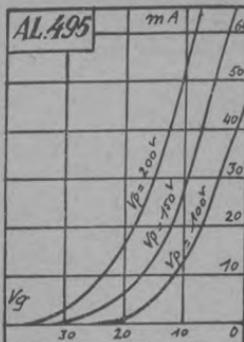
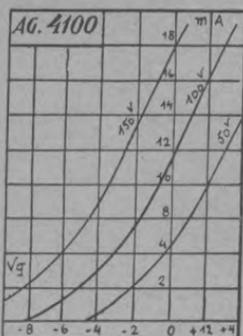
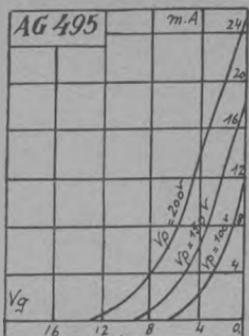
1883

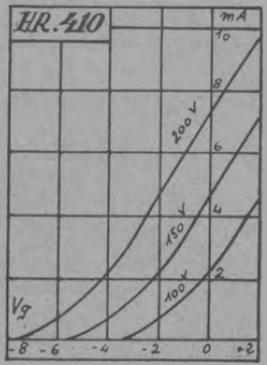
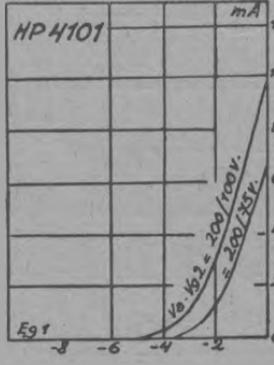
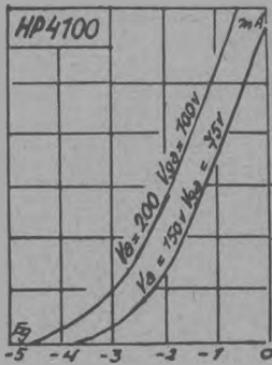
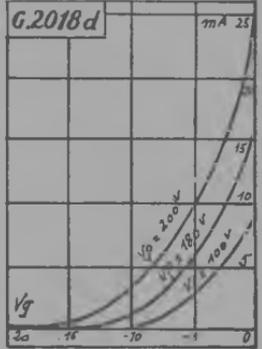
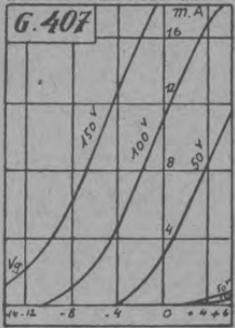
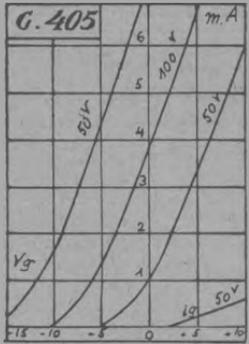
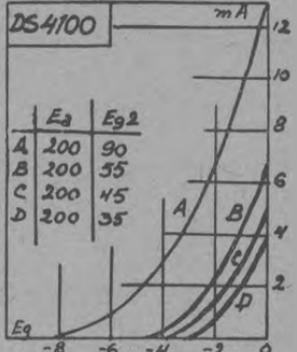
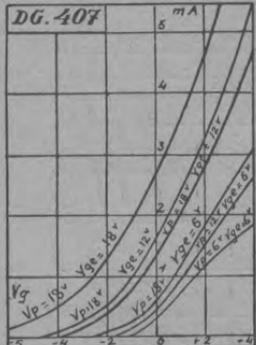
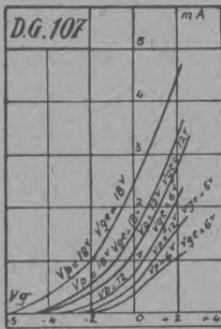
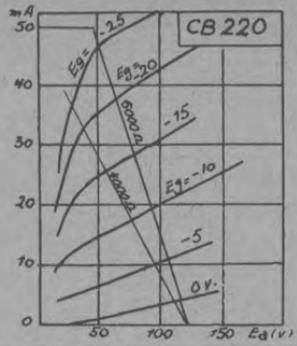
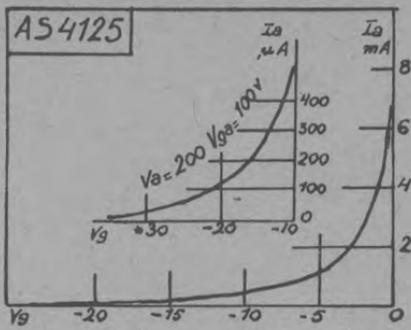
Valve à chauffage indirect.

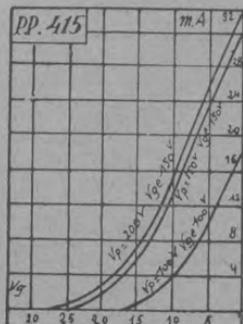
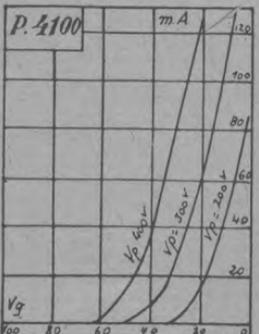
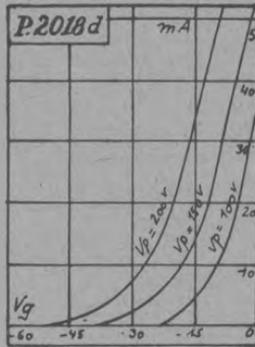
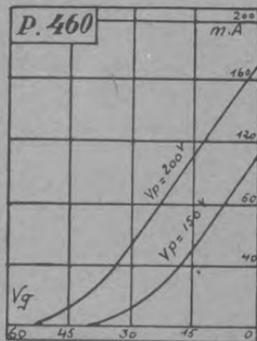
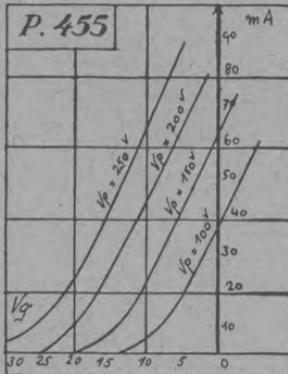
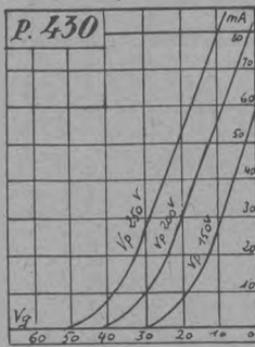
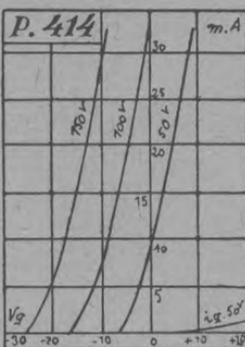
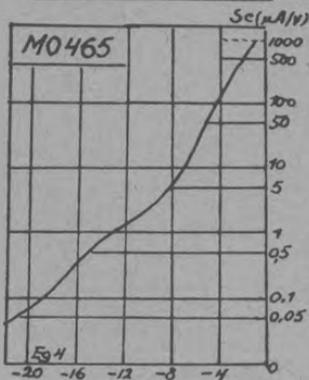
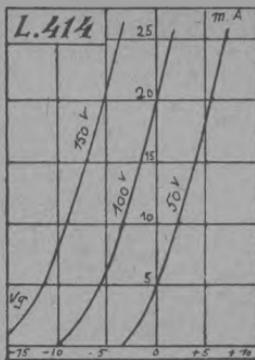
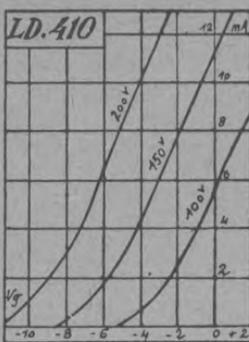
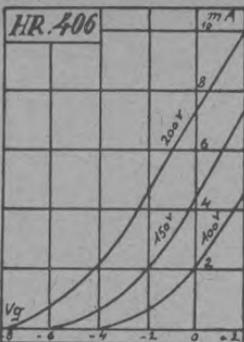
Caractéristiques.

| | | | |
|---|-----------------|--|---------|
| Tension de chauffage. | 5 V. | Courant maximum re- | |
| Courant de chauffage. | 5,6 A. | dressé | 110 mA. |
| Tension maximum à vide au secondaire du transfo | 2 x 400 V. eff. | Pour 2 x 350 volts effectifs, on peut admettre 125 mA. | |

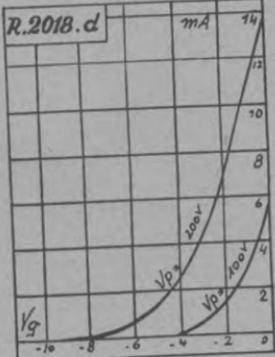
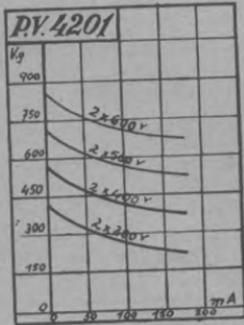
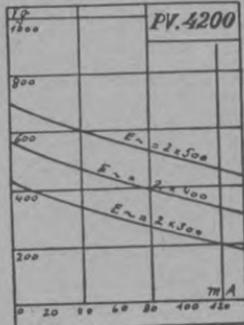
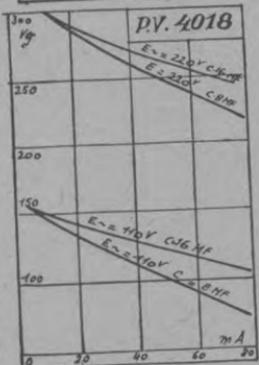
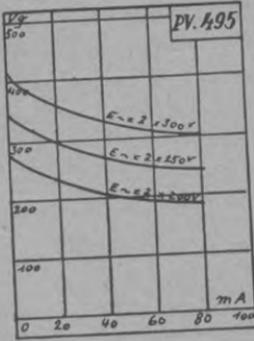
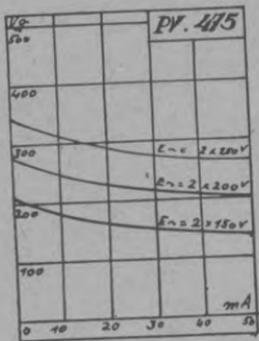
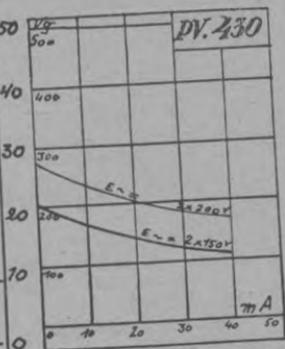
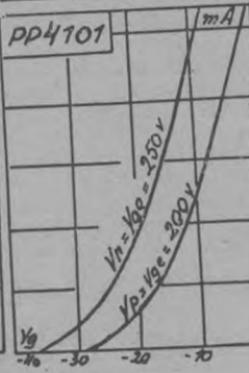
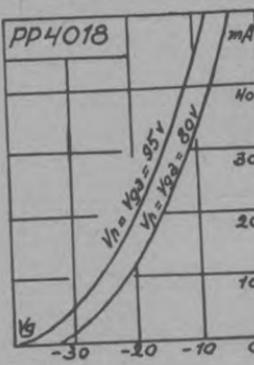
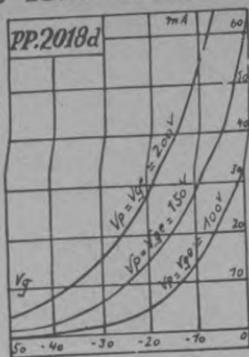
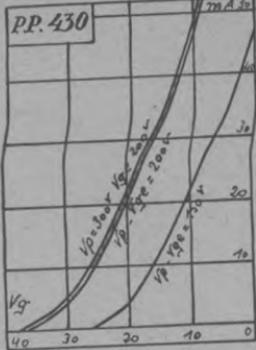
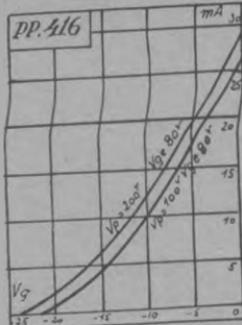
COURBES DES ANCIENNES LAMPES EUROPÉENNES



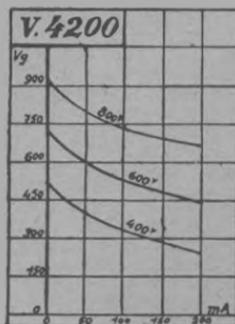
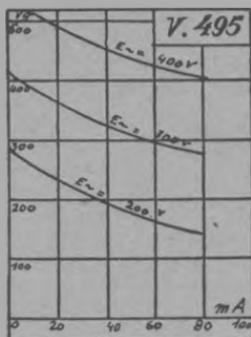
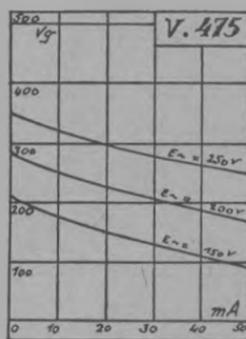
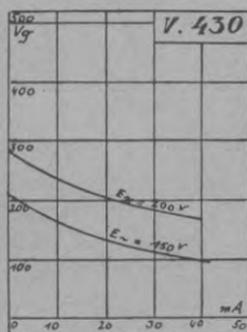
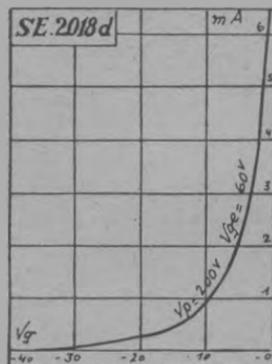
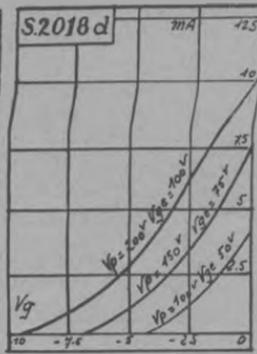
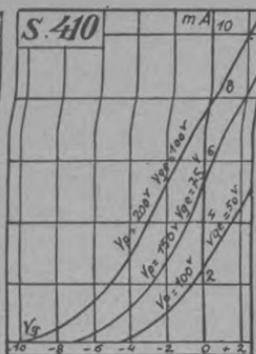
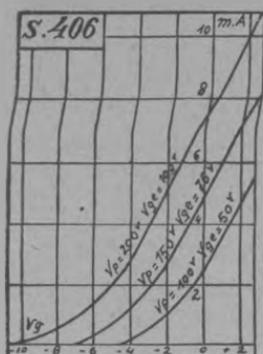




COURBES DES ANCIENNES LAMPES EUROPÉENNES



COURBES DES ANCIENNES LAMPES EUROPÉENNES



CARACTÉRISTIQUES DES LAMPES EUROPÉENNES ANCIENNES

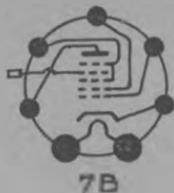
| N° | Fonctions. | Mode de chauff. | Chauffage. | | Tensions volts maximum. | | | Pente mA/V. | Résist. Interne. | Ampl. | Ct pla. mA. | Culot. |
|---------|--|-----------------|------------|-------|-------------------------|---------|----------|-------------|------------------|-------|-------------|--------|
| | | | Volts. | Amp. | Plaque. | Écran. | Polaris. | | | | | |
| AG495 | Triode | CI | 4 | 1 | 200 | — | 6 | 4 | 10.000 | 25 | 4 | 7 |
| AL495 | Triode finale | CI | 4 | 1 | 250 | — | 5-18 | 4 | 2.500 | 10 | 20 | 7 |
| AG4100 | Triode | CI | 4 | 1 | 150 | — | 1-5 | 2 | 8.300 | 16,6 | 5 | — |
| APP495 | Tétrode BF | CI | 4 | 1 | 300 | 200 | 23 | 2 | 40.000 | 80 | 25 | — |
| APP4120 | Tétrode BF | CI | 4 | 1,2 | 200-350 | 200-250 | 12,5-18 | 3,5 | 60.000 | 150 | 21-24 | 7 |
| APV4200 | Valve biplaque | CI | 4 | 1,9 | 300 | — | — | — | — | — | 120 | — |
| AR495 | Triode | CI | 4 | 1 | 150-200 | — | 1-1,5 | 5 | 17.000 | 85 | 4,5 | 7 |
| AR4100 | Triode | CI | 4 | 1 | 50-200 | — | 1-3 | 2 | 17.000 | 33 | 3 | 7 |
| AR4101 | Triode | CI | 4 | 1 | 50-200 | — | 0-2 | 3 | 13.000 | 40 | 2,5 | 7 |
| AS494 | Lampe à écran | CI | 4 | 1 | 100-200 | 50-100 | — | 1,5 | 667.000 | 1.000 | 15 | 9 |
| AS495 | Lampe à écran | CI | 4 | 1 | 100-200 | 50-100 | — | 3,5 | 48.000 | 1.500 | 1 | 9 |
| AS4100 | Lampe à écran | CI | 4 | 1 | 100-200 | 50-100 | 2-6 | 1,4 | 180.000 | 250 | 4 | 9 |
| AS4105 | Lampe à écran expo | CI | 4 | 1 | 200-150 | 100-75 | 2-30 | 12 | 208.000 | 250 | 6 | 9 |
| AS4120 | Lampe à écran | CI | 4 | 1,2 | 200 | 100 | 2 | 3 | 400.000 | 900 | 3 | 9 |
| AS4125 | Lampe à écran expo | CI | 4 | 1,2 | 200 | 100 | 1,5-24 | 3 | 350.000 | 700 | 3 | 10 |
| CB220 | Double triode push-pull classe B | CD | 2 | 0,25 | 150 | 3,4 | — | 2,5 | — | 22 | 2,5 | 22 |
| D418 | Diode détect. tous courants | — | 4 | 0,18 | 100 | — | — | — | — | — | 0,4 | — |
| DD465 | Double diode tous courants | — | 4 | 0,65 | 100 | — | — | — | — | — | — | 38 |
| DD818 | Double diode tous courants | — | 8 | 0,18 | 100 | — | — | — | — | — | 0,8 | — |
| DG210 | Bigrille | CD | 2 | 0,12 | 2 à 20 | 2 à 20 | 0 à 3 | 1 | 5.000 | 5 | — | 4 |
| DG407 | Bigrille | CD | 4 | 0,07 | 2-20 | 2-20 | 3 | 1 | 5.000 | 5 | 1 | 4 |
| DG2018 | Bigrille oscillatrice | CI | 20 | 0,18 | 100 | — | — | 1,1 | — | — | 2,5 | — |
| DG4101 | Bigrille oscillatrice | CI | 4 | 1 | 100 | — | — | 1,1 | — | — | 1,7 | — |
| DS4101 | Binode | CI | 4 | 1 | 200 | 33-45 | 2,3 | 3 | 10.000 | 1000 | 0,3-0,9 | 7 |
| FH4105 | Hexode antifading | CI | 4 | 1 | 200 | 80 | — | 3 | 0,5 M Ω | 1000 | 3 | — |
| G2018 | Triode | CD | 20 | 0,18 | 100-200 | — | 2,5-5 | 3,5 | 7.000 | 25 | 5-10 | — |
| G405 | Triode | CD | 4 | 0,07 | 50-150 | — | 2-6 | 0,5 | 20.000 | 10 | 3,5 | 1 |
| G407 | Triode | CD | 4 | 0,07 | 20-150 | — | 2-8 | 1,8 | 5.500 | 10 | 5 | 1 |
| H210 | Triode | CD | 2 | 0,12 | 50-200 | — | 0,3 | 1 | 25.000 | 25 | 2 | — |
| HP1118 | Pentode exponent | CI | 10 | 0,18 | 90-250 | 80-100 | 2,3 | 1,25 | 1 még. | 1.500 | 2-23 | — |
| HP4100 | Pentode HF | CI | 4 | 1 | 200 | 100 | 2 | 3,5 | 2 még. | 5.000 | 3 | — |
| HP4101 | Pentode HF | CI | 4 | 1 | 200 | 100 | 2 | 2,8-3,5 | 2 még. | 5.600 | 3,5 | — |
| HR406 | Triode | CD | 4 | 0,065 | 100-200 | — | 0,3 | 1,5 | 17.000 | 25 | 1 | 1 |
| HR410 | Triode | CD | 4 | 0,1 | 100-200 | — | 1-3 | 1,5 | 17.000 | 25 | 1 | 1 |
| HP1018 | Pentode HF | CI | 10 | 0,18 | 250 | 100 | 7 | 1,25 | 1,2 M Ω | 1.500 | 2,3 | — |
| HP4105 | Pentode variable | CI | 4 | 1 | 200 | 100 | 35 | 3,5 | 1 M Ω | 2.000 | 5 | — |
| HP4106 | Pentode variable | CI | 4 | 1 | 200 | 100 | 35 | 3,5 | 1,2 M Ω | 3.400 | 5 | — |

| | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------------------------------------|----|-------|-------|---------|---------|-------|----------|---------|------|-------|----|
| HR607 | Triode | CD | 6 | 0,07 | 50-200 | — | 0-2 | 3,3 | 16.800 | 30 | 2 | — |
| L210 | Triode | CD | 2 | 0,1 | 50-200 | — | 2-6 | 1 | 16.000 | 16 | 4 | — |
| L414 | Triode finale | CD | 4 | 0,15 | 50-150 | — | 4-8 | 2,8 | 3.300 | 10 | 12 | 1 |
| L415 | Triode finale | CI | 4 | 0,15 | 200 | — | 10 | 2 | 5.000 | 10 | 8 | — |
| LD410 | Triode | CD | 4 | 0,1 | 100-200 | — | 2-6 | 1,8 | 9.300 | 17 | 4 | 1 |
| LG210 | Triode | CD | 2 | 0,12 | 50-150 | — | 2-3 | 1 | 10.000 | 10 | 5 | — |
| LG607 | Triode | CD | 6 | 0,07 | 50-200 | — | 2-5 | 1,8 | 9.200 | 16,6 | 5 | — |
| LP220 | Triode | CD | 2 | 0,2 | 50-200 | — | 4-5 | 3 | 2.600 | 13 | 10 | — |
| MH1118 | Pentagride oscillatrice | CI | 10 | 0,18 | 250 | 100 | 3 | 0,47 | 0,6 M Ω | — | 4 | — |
| MO465 | Octode oscillatrice | CI | 4 | 0,75 | 250 | 70 | 1,5 | 0,65-0,7 | 2 még. | — | 1 | 20 |
| P215 | Triode finale | CD | 2 | 0,2 | 50-150 | — | 2-16 | 1,5 | 3.300 | 5 | 15 | — |
| P220 | Triode finale | CD | 2 | 0,2 | 50-150 | — | 8-16 | 3 | 2.200 | 6,6 | 14 | — |
| P410 | Triode finale | CD | 4 | 0,12 | 150 | — | 12 | 1,5 | — | 5 | 8 | — |
| P414 | Triode finale | CD | 4 | 0,15 | 50-100 | — | 8-16 | 2,8 | 1.700 | 5 | 14 | 1 |
| P415 | Triode finale | CD | 4 | 0,15 | 20-150 | — | 4-25 | 1,5 | 2.200 | 3,3 | 14 | 1 |
| P430 | Triode de puissance | CD | 4 | 0,3 | 150-200 | — | 20-30 | 2,2 | 2.250 | 5 | 25 | 1 |
| P455 | Triode finale | CD | 4 | 0,55 | 150-250 | — | 8-15 | 5,5 | 1.800 | 10 | 30 | 1 |
| P460 | Triode de puissance | CD | 4 | 0,65 | 150-200 | — | 15-30 | 3,5 | 1.150 | 4 | 50 | 1 |
| P615 | Triode finale | CD | 5,5-6 | 0,15 | 50-200 | — | 6-12 | 3 | 3.300 | 10 | 10 | 1 |
| P2018d | Triode finale | CI | 20 | 0,18 | 100-200 | — | 8-18 | 2,5 | 2.800 | 7 | 10-25 | 12 |
| P4100 | Tétrode de puissance | CD | 4 | 1 | 300-400 | 150-300 | 20-40 | 3 | 20.000 | 60 | 30 | 6 |
| PP220 | Pentode finale | CD | 2 | 0,2 | 200 | 150 | 5 | 6 | 150.000 | 2 | 6 | — |
| PP230 | Triode finale | CD | 2 | 0,3 | 100-200 | 100-150 | 6-16 | 1,6 | 41.000 | 60 | 12 | — |
| PP415 | Tétrode finale | CD | 4 | 0,15 | 200-200 | 100-200 | 6-12 | 1,8 | 33.000 | 60 | 12 | 6 |
| PP416 | Tétrode finale | CD | 4 | 0,15 | 100-200 | 80 | 12 | 2 | 60.000 | 100 | 10 | 6 |
| PP430 | Tétrode de puissance | CD | 4 | 0,3 | 150-200 | 150-200 | 16-25 | 2 | 35.000 | 60 | 20 | 6 |
| PP2018d | Pentode BF | CI | 20 | 0,18 | 100-200 | 100-200 | 10-22 | 2,5 | 30.000 | 80 | 12-25 | 12 |
| PP4018 | Pentode BF | CI | 40 | 0,18 | 80-150 | 80-150 | 13-15 | 3 | — | 60 | — | 12 |
| PP4101 | Tétrode BF | CD | 4 | 1,1 | 250 | 250 | 14 | 3,5 | 43.000 | 130 | 36 | 6 |
| PV430 | Valve biplaque | CD | 4 | 0,3 | 2×250 | — | — | — | — | — | 25 | 14 |
| PV475 | Valve biplaque | CD | 3,5-4 | 0,8 | 2×250 | — | — | — | — | — | 45 | 14 |
| PV495 | Valve biplaque | CD | 4 | 1,1 | 2×300 | — | — | — | — | — | 70 | 14 |
| PV3018 | Valve biplaque | CI | 30 | 0,18 | 2×125 | — | — | — | — | — | 100 | — |
| PV4018 | Valve doubleuse de tension | CD | 40 | 0,18 | 2×125 | — | — | — | — | — | 100 | 14 |
| PV4200 | Valve biplaque | CD | 4 | 2 | 2×600 | — | — | — | — | — | 180 | 14 |
| PV4201 | Valve biplaque | CD | 4 | 2 | 2×600 | — | — | — | — | — | 180 | 14 |
| R208 | Triode | CD | 2 | 0,1 | 50-200 | — | 3 | 0,7 | 48.000 | 33 | 1 | — |
| R2018d | Triode | CD | 20 | 0,18 | 100-200 | — | 3 | 3,5 | 11.400 | 40 | — | — |
| S210 | Lampe écran | CD | 2 | 0,12 | 100-200 | 50-100 | 0-3 | 1,2 | 333.000 | 400 | 1,5 | — |
| S406 | Lampe écran | CD | 4 | 0,065 | 100-200 | 50-100 | — | 1 | 330.000 | 330 | 1,5 | 2 |
| S407 | Lampe écran | CD | 4 | 0,07 | 100-200 | 50-100 | 0 à 3 | 1 | 330.000 | 330 | 1,5 | 2 |
| S410 | Lampe écran | CD | 4 | 0,1 | 100-200 | 50-100 | — | 1 | 330.000 | 330 | 1,5 | 2 |
| S2018d | Lampe écran | CI | 20 | 0,18 | 100-200 | 50-100 | 1,5-5 | 1,2 | 333.000 | 400 | 2-5 | 2 |
| SS2018 | Lampe écran | CI | 20 | 0,18 | 200 | 100 | 2 | — | — | — | — | 2 |
| V430 | Valve monoplaque | CD | 4 | 0,3 | 200 | — | — | — | — | — | 25 | — |
| V495 | Valve monoplaque | CD | 4 | 1,1 | 400 | — | — | — | — | — | 70 | — |

Voir courbes des anciennes lampes européennes, pages 367 à 371.

LES LAMPES AMÉRICAINES TUNGSRAM

- La famille des lampes américaines comprend des types extrêmement nombreux, dont la plupart sont du reste fort peu usités de ce côté de l'Océan, ou démodés.
- TUNGSRAM construit la plupart des types d'utilisation courante en technique moderne. On trouvera, dans les pages suivantes, la description des modèles les plus récents, munis du culot octal.
- Les autres types, plus ou moins anciens ou de moindre intérêt, ont été pour la plupart réunis en tableaux où l'on trouvera leurs principales caractéristiques. Les connexions des électrodes au culot sont indiquées par un indice renvoyant au tableau qui fait suite.
- Comme pour les lampes européennes modernes, il y a identité entre les appellations et les caractéristiques des diverses marques.



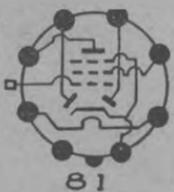
2 A 7

[Pentagrigille.
Changeuse de fréquence.

Caractéristiques.

| | | | |
|-------------------------------|--------|---------------------------|---------|
| Chauffage indirect. | | Hauteur totale | 115 mm. |
| Tension de chauffage. | 2,5 V. | Diamètre maximum. | 40 mm. |
| Courant de chauffage. | 0,8 A. | | |

Pour autres renseignements, voir la lampe 6 A 7, qui lui est semblable. Seules, les tension et intensité de chauffage différent.



2 B 7

Double diode. Pentode.

[Caractéristiques.

| | | | |
|-------------------------------|--------|---------------------------|---------|
| Chauffage indirect. | | Hauteur totale | 115 mm. |
| Tension de chauffage. | 2,5 V. | Diamètre maximum. | 40 mm. |
| Courant de chauffage. | 0,8 A. | | |

Pour autres renseignements, voir la lampe 6 B 8 dont les caractéristiques sont identiques, au chauffage près.



5 Y 3 G

Valve biplaque.

Caractéristiques.

| | | | |
|--------------------------------|---------|--|--|
| Chauffage direct. | | | |
| Tension de chauffage. | 5 V. | | |
| Courant de chauffage. | 2 A. | | |
| Diamètre maximum. | 45 mm. | | |
| Hauteur sans broches | 105 mm. | | |

Conditions d'utilisation.

| | |
|--|-------------|
| Tension alternative par plaque maximum | 400 V. eff. |
| Courant redressé maxim. | 125 mA. |



5 Y 3 GB

Valve biplaque.

Caractéristiques.

| | | | |
|--------------------------------|---------|--|--|
| Chauffage Indirect. | | | |
| Tension de chauffage. | 5 V. | | |
| Courant de chauffage. | 2 A. | | |
| Diamètre maximum. | 45 mm. | | |
| Hauteur sans broches | 120 mm. | | |

Conditions d'utilisation.

| | |
|--|------------|
| Tension alternative par plaque maximum | 400 V. eff |
| Courant max. redressé | 125 mA. ⚡ |



6 A 7 G

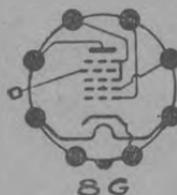
Pentagrille. Changeuse de fréquence.

Caractéristiques.

| | | | |
|-------------------------------------|------------------|---|-----------------|
| Chauffage indirect. | | Grille N° 2 à grille N° 1 | 1 $\mu\mu$ F. |
| Tension de chauffage | 6,3 V. | Grille N° 4 à toutes élec- trodes. | 8,5 $\mu\mu$ F. |
| Intensité de chauffage | 0,3 A. | Plaque à toutes élec- trodes. | 9 $\mu\mu$ F. |
| Hauteur totale. | 115 mm. | Tension plaque | 250 V. max. |
| Diamètre maximum | 40 mm. | Tension écran (grilles 3 et 5). | 100 V. max. |
| Capacités entre élec- trodes : | | Tension grille-anode 2. | 200 V. max. |
| Grille N° 4 à plaque. | 0,3 $\mu\mu$ F. | Polarisation grille N° 4. | - 3 V. min. |
| Grille N° 4 à grille N° 2 | 0,15 $\mu\mu$ F. | Courant cathodique. | 14 mA. |
| Grille N° 4 à grille N° 1 | 0,15 $\mu\mu$ F. | | |

Utilisation pratique.

| | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Tension plaque. | 100 V. | 150 V. | 250 V. |
| Tension écran | 50 V. | 50 V. | 100 V. |
| Tension grille anode. | 100 V. | 150 V. | 250 V. |
| Résistance grille oscillatrice | 10.000 O. | 20.000 O. | 50.000 O. |
| Pente de conversion | 0,35 | 0,30 | 0,52 |
| Polarisation G_4 pour une pente de 0,002. | - 20 V. | - 20 V. | - 45 V. |
| Courant plaque. | 1,3 mA. | 1 mA. | 3,5 mA. |
| Courant grille-anode | 3,3 mA. | 4,9 mA. | 4 mA. |
| Courant cathodique total. | 8,3 mA. | 10,2 mA. | 10,4 mA. |
| Courant grille oscillatrice. | 1,2 mA. | 1,5 mA. | 0,7 mA. |
| Résistance de cathode. | 150 O. | 150 O. | 300 O. |



6 A 8 G

Heptode changeuse de fréquence.

Caractéristiques.

| | | |
|--|--|------------------|
| Chauffage indirect (C. C. ou C. A.). | | |
| Tension de chauffage | | 6,3 V. |
| Courant de chauffage | | 0,3 A. |
| Diamètre maximum | | 39 mm. |
| Hauteur sans broches | | 95 mm. |
| Capacités entre électrodes : | | |
| Grille N° 4 à la grille N° 2. | | 0,1 $\mu\mu$ F. |
| Grille N° 4 à la grille N° 1. | | 0,09 $\mu\mu$ F. |
| Grille N° 4 à la plaque. | | 0,03 $\mu\mu$ F. |
| Grille N° 4 aux autres électrodes (entrée HF). | | 12,5 $\mu\mu$ F. |
| Grille N° 2 aux autres électrodes. | | 5 $\mu\mu$ F. |
| Grille N° 1 aux autres électrodes. | | 6,5 $\mu\mu$ F. |
| Plaque aux autres électrodes (sortie MF). | | 12,5 $\mu\mu$ F. |

6 A 8 G (suite).

Utilisation en changeuse de fréquence.

| | | |
|---|-------------|-------------|
| Tension plaque | 100 V. | 250 V. |
| Tension écran | 50 V. | 100 V. |
| Tension grille anode | 100 V. | 250 V. (1) |
| Tension grille de contrôle (minimum) | -1,5 V. | -3 V. |
| Résistance de fuite de la grille oscillatrice | 50.000 Ω. | 50.000 Ω. |
| Courant plaque | 1,2 mA. | 3,3 mA. |
| Courant écran | 1,5 mA. | 3,2 mA. |
| Courant grille anode | 1,6 mA. | 4,0 mA. |
| Courant grille oscillatrice | 250 μ A. | 500 μ A. |
| Pente de conversion : | | |
| G polarisation minimum | 0,35 mA/V. | 0,5 mA/V. |
| Pente de conversion : | | |
| G = -20 V. | 0,002 mA/V. | |
| G = -45 V. | | 0,002 mA/V. |

(1) Quand la tension d'alimentation grille anode dépasse 200 V., il faut intercaler une résistance de chute de tension de 20.000 ohms découplée par un condensateur de 0,1 μ F

Remarque. — Pour la détermination de la résistance de cathode, tenir compte de la tension positive existant sur la ligne de réglage automatique de l'amplification.

Pour les différents schémas d'utilisation, se reporter à ce qui est indiqué sur la EK 2.



6 AF 7 G

Indicateur d'accord à double sensibilité.

Chauffage indirect. 6, V.
Tension de chauffage. 0,2 A.

Caractéristiques.

| | | | |
|---|------|------|-------------|
| Tension anode et écran fluorescent. | 100 | 200 | 250 V. |
| Résistance anodique en série. | 0,5 | 1 | 1 MΩ |
| Courant écran fluorescent. | 0,4 | 2,5 | 3 mA. |
| Courant anodique A ₁ | 0,15 | 0,16 | 0,20 mA. |
| Courant anodique A ₂ | 0,12 | 0,13 | 0,18 mA. |
| Tension grille 1 (0° A ₁). | -2 | -4,5 | -6 V. env. |
| Tension grille 1 (60° A ₁). | 0 | 0 | 0 |
| Tension grille 2 (0° A ₂). | -5 | -15 | -19 V. env. |
| Tension grille 2 (60° A ₂). | 0,4 | 0 | 0,4 |



6 B 7 G

Double diode. Pentode.

Caractéristiques.

Chauffage indirect. Hauteur totale 115 mm.
Tension de chauffage. 6,3 V. Diamètre maximum. 40 mm.
Courant de chauffage. 0,3 A.

Les caractéristiques de cette lampe sont les mêmes que celles de la 6 B 8. Seul, le culot diffère (culot 7 broches pour la 6 B 7, culot octal pour la 6 B 8).



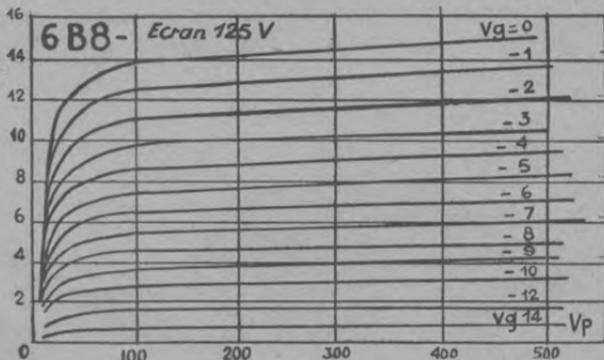
6 B 8 G

Double diode. Pentode.

8 I

Caractéristiques.

| | | |
|---|--|----------------|
| Chauffage Indirect (C. C. ou C. A.) | Plaque à la cathode (sortie) | 9 μ F. |
| Tension de chauffage 6,3 V. | Entrediodes | 0,02 μ F. |
| Courant de chauffage 0,3 A. | Diamètre maximum | 39 mm. |
| Capacités entre électrodes : | Hauteur sans broches | 95 mm. |
| Grille-plaque 0,005 μ F. | Résistance Interne | 0,8 M Ω |
| Grille à la cathode (entrée) 6 μ F. | Coefficient d'amplification | 800 |
| Tension plaque 250 V. | Pente ($G_1 = -3$ V.) | 1,325 mA/V. |
| Tension écran 125 V. | ($G_1 = -20$ V.) | 0,002 mA/V. |
| Tension négative de grille -3 V. | | |
| Courant plaque 6 mA. | | |
| Courant écran 1,5 mA. | | |



Pour l'utilisation des diodes, se reporter à ce qui a été Indiqué pour les tubes EB4 et EBC3.



6 C 5 G

Triode.

8 B

Caractéristiques.

| | | |
|---|----------------------------|-------------------------|
| Chauffage Indirect. | Hauteur totale | 105 mm. |
| Tension de chauffage 6,3 V. | Diamètre maximum | 40 mm. |
| Courant de chauffage 0,3 A. | Ampli à transfo. | Ampli à résistance. |
| Tension plaque 250 V. max. | - 8 V. | 250 V. max. |
| Polarisation grille - 8 V. | | - 5 V. |
| Résistance de charge 20 | | 50 à 100.000 Ω . |
| Coefficient d'amplification 10.000 Ω . | | |
| Résistance interne 2 | | |
| Pente 8 mA/V. | | |
| Courant plaque 8 | | 1 à 2 |

En détection-plaque (courbure de la caractéristique de plaque), la tension plaque étant 250 volts, il faut polariser à -17 volts environ et ajuster le courant plaque à 0,2 mA. en l'absence de signal.

En détection-grille, la tension plaque est réduite à 45-100 volts.



6 C 6 G

Pentode HF.

Caractéristiques.

Chauffage indirect. Hauteur totale 125 mm.
 Tension de chauffage. 6,3 V. Diamètre maximum. 40 mm.
 Courant de chauffage. 0,3 A.

Les caractéristiques de cette lampe sont les mêmes que celles de la 6J7G. Seul, le culot diffère (culot 7 broches pour la 6 C 6, culot octal pour la 6 J 7), voir 6 J 7G.

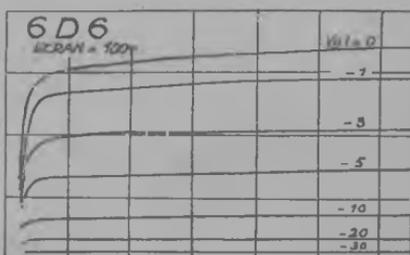


6 D 6 G

Pentode HF.

Caractéristiques.

Chauffage indirect.
 Tension de chauffage. 6,3 V.
 Intensité de chauffage. 0,3 A.
 Capacités entre électrodes :
 De grille à plaque. 0,007 μF .
 De grille aux autres électrodes. 4,7 μF .
 De plaque aux autres électrodes. 6,5 μF .
 Longueur totale. 120 mm.
 Diamètre maximum 39 mm.



| | | |
|---|-----------------|-----------------|
| Tension plaque | 100 V. | 250 V. max. |
| Tension écran | 100 V. | 100 V. max. |
| Polarisation grille | - 3 V. | - 3 V. |
| Coefficient d'amplification | 375 | 1.280 |
| Résistance interne. | 0,25 M Ω | 0,80 M Ω |
| Pente | 1,5 mA/V. | 1,6 mA/V. |
| Polarisation pour $I \times p = 50 \mu\text{A}$ | -50 V. | -50 V. |
| Courant plaque | 8 | 8,2 mA/V. |
| Courant écran. | 2,2 | 2 mA. |



6 E 8 G

Triode-hexode
 oscillatrice-modulatrice.

| | | |
|--|---------------------|---------------------------|
| Chauffage indirect. | | Capacité G-hexode à G- |
| Tension de chauffage. | 6,3 V. | triode. |
| Intensité de chauffage | 0,3 A. | |
| Capacité de sortie hexode. | 4,8 μF . | < 0,3 μF . |
| Capacité d'entrée oscillateur. | 8,1 μF . | Hauteur maximum |
| | | Diamètre maximum. |
| | | 114 mm. |
| | | 38 mm. |

6 E 8 G (suite).

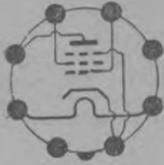
| Caractéristiques. | Triode. | Hexode. |
|--|-----------------|-----------------|
| Tension anodique | 150 V. | 250 V. |
| Tension grille de commande | | - 2 V. |
| Tension grilles 2 et 4 | | 100 V. |
| Résistance interne | | 1,25 M Ω |
| Courant anodique en oscillation | 3,3 mA. | 2,3 mA. |
| Courant grilles 2 et 4 | | 3 mA. |
| Courant grille oscillatrice | 0,200 mA. | |
| Tension grille oscillatrice | 8 V. eff. | |
| Pente triode | 2,8 mA/V. | |
| Pente de conversion | | 0,65 mA/V. |
| Tension grille hexode pour : | | |
| Pente de conversion de 6,5 mA/V | | - 21 V. |
| Pente de conversion de 0,65 mA/V | | - 12 V. |
| Résistance interne | 30.000 Ω | |

■ La tension des grilles 2 et 4 est obtenue soit par un pont formé de 25.000 Ω sur la haute tension et 35.000 Ω sur la masse, soit par une résistance chuteuse de 50.000 Ω en série.



80

| | | |
|--|-------------|--|
| Chauffage indirect. | | |
| Tension de chauffage | 6,3 V. | |
| Intensité de chauffage | 0,3 A. | |
| Capacité de grille à plaque | 2 μ F. | |
| Capacité de grille à cathode | 6 μ F. | |
| Capacité de plaque à cathode | 12 μ F. | |



80

| | | |
|----------------------------------|--------|--|
| Chauffage indirect. | | |
| Tension de chauffage | 6,3 V. | |
| Intensité de chauffage | 0,7 A. | |

6 F 5 G

Triode amplificatrice.

Caractéristiques

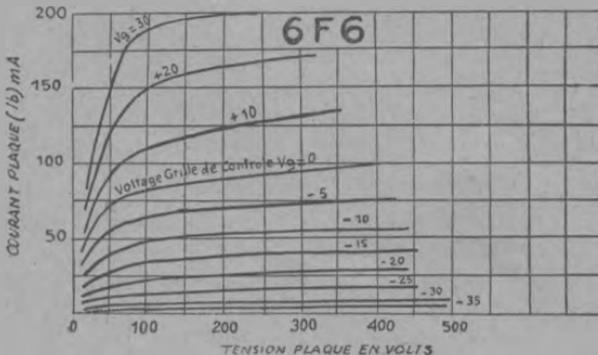
| | |
|---------------------------------|---------------------|
| Longueur totale | 113 mm. |
| Diamètre maximum | 40 mm. |
| Tension plaque | 250 V. max. |
| Polarisation grille | - 2 V. |
| Coef. d'amplification | 100 |
| Résistance interne | 66.000 |
| Pente | 1,5 mA/V. |
| Tension plaque | 250 V. |
| Polarisation | - 1,3 V. |
| Résistance de plaque | 0,25 à 1 M Ω |
| Courant plaque | 0,2-0,4 mA. |

6 F 6 G

Pentode de sortie.

Caractéristiques.

| | |
|--------------------------------|---------|
| Diamètre maximum | 45 mm. |
| Hauteur sans broches | 100 mm. |



6 F 6 G (suite).

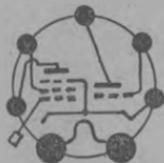
Utilisation en amplificatrice classe A.

| | | |
|---------------------------------------|-----------|-------------|
| Tension plaque | 250 V. | 315 V. max. |
| Tension écran | 250 V. | 315 V. max. |
| Tension négative de grille | 16,5 V. | 22 V. |
| Courant plaque | 34 mA. | 42 mA. |
| Courant écran | 6,5 mA. | 8 mA. |
| Résistance interne | 80.000 O. | 75.000 O. |
| Coefficient d'amplification | 200 | 200 |
| Pente | 2,5 mA/V. | 2,65 mA/V. |
| Impédance optimum de charge | 7.000 O. | 7.000 O. |
| Puissance modulée | 3 W. | 5 W. |
| Distorsion correspondante | 7 % | 7 % |

Deux lampes classe A/B.

Polarisation fixe. Auto-polarisation.

| | | |
|--|-------------|------------|
| Tension plaque | 375 V. | 375 V. |
| Tension écran | 250 V. | 250 V. |
| Tension négative de grille | 26 V. | — |
| Résistance de cathode | — | 340 O. |
| Courant plaque minimum | 2 × 17 mA. | 2 × 27 mA. |
| Courant écran minimum | 2 × 2,5 mA. | 2 × 4 mA. |
| Impédance opt. de charge (plaque à plaque) | 10.000 O. | 10.000 O. |
| Puissance modulée maximum | 19 W. (1) | 19 W. (2) |
| Distorsion totale correspondante | 5 % | 5 % |



7F

6 F 7 G

Triode-pentode.

Caractéristiques.

| | |
|--------------------------------|---------|
| Chauffage indirect. | |
| Tension de chauffage | 6,3 V. |
| Courant de chauffage | 0,3 A. |
| Hauteur totale | 115 mm. |
| Diamètre maximum | 40 mm. |

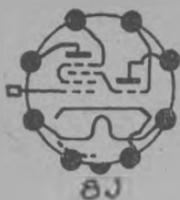
| Capacités entre électrodes : | Triode. | Pentode. |
|------------------------------|--------------|------------------|
| Grille à plaque | 2 μ^2 F. | 0,008 μ^2 F. |
| Grille à cathode | 2,5 | — |
| Plaque à cathode | 3 | — |
| Entrée | — | 3,2 |
| Sortie | — | 12,5 |

Utilisation en amplificatrice.

| | Triode. | Pentode. |
|---------------------------------------|-------------|-------------|
| Tension plaque | 100 V. max. | 250 V. max. |
| Tension écran | — | 100 V. max. |
| Polarisation grille | — 3 V. | — 3 V. min. |
| Coefficient d'amplification | 8 | 900 |
| Pente | 0,5 mA/V. | 1,1 mA/V. |
| Courant plaque | 3,5 mA. | 3,5 mA. |
| Courant écran | — | 1,5 mA. |

Utilisation en convertisseuse.

| | Triode. | Pentode. |
|-------------------------------|----------------|---------------|
| Tension plaque | 100 V. max. | 250 V. max. |
| Tension écran | — | 100 V. max. |
| Polarisation grille | par R de fulte | — 3 à — 10 V. |
| Pente de conversion | — | 0,3 mA/V. |
| Courant plaque | 2,4 | 2,8 mA. |
| Courant écran | — | 0,6 mA. |



6 G 5

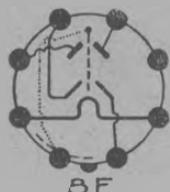
Œil magique.

Caractéristiques.

| | | | |
|--------------------------|---------|-------------------------|-------------|
| Chauffage indirect. | | Diamètre maximum. | 40 mm. |
| Tension de chauffage. | 6,3 V. | Tension plaque. | 250 V. max. |
| Courant de chauffage. | 0,3 V. | Tension cible | 100-250 V. |
| Hauteur totale | 105 mm. | | |

Utilisation.

| | | | |
|---------------------------------------|-----------|--------------|------------|
| Tension plaque et cible. | 100 V. | 200 V. | 250 V. |
| Résistance de charge. | 0,5 MΩ | 1 MΩ | 1 MΩ |
| Courant plaque pour zéro volt grille. | 0,19 mA. | 0,19 mA. | 0,24 mA. |
| Tension grille. | 0 à -8 V. | 0 à -18,5 V. | 0 à -22 V. |

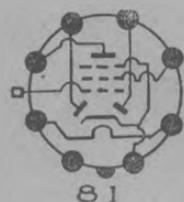


6 H 6 G

Double diode.

Caractéristiques.

| | | | |
|-------------------------------|---------|--|-------------|
| Chauffage indirect. | | Diamètre maximum . . | 40 mm. |
| Tension de chauffage. | 6,3 V. | Tension redressée par plaque | 100 V. max. |
| Courant de chauffage. | 0,3 A. | Courant redressé. | 4 mA. max. |
| Hauteur totale | 115 mm. | | |

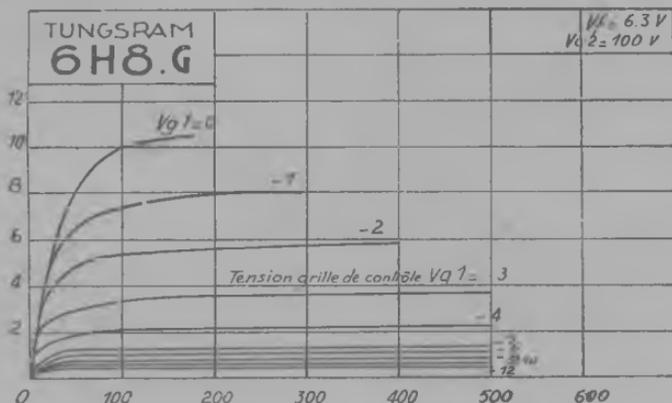


6 H 8 G

Duo diode-pentode.

Caractéristiques.

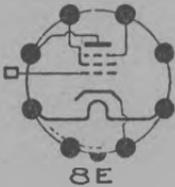
| | | | |
|--------------------------------------|--------|---------------------------|---------|
| Chauffage indirect (C. C. ou C. A.). | | Hauteur maximum | 115 mm. |
| Tension filament | 6,3 V. | Diamètre maximum. | 38 mm. |
| Intensité filament. | 0,3 A. | | |



6 H 8 G (suite).

Conditions d'utilisation en amplificatrice classe A.

| | | | | |
|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| Tension filament . . . | 6,3 V. | 6,3 V. | 6,3 V. | 6,3 V. |
| Tension plaque . . . | 100 V. max. | 200 V. max. | 250 V. max. | 250 V. max. |
| Tension écran . . . | 100 V. max. | 100 V. max. | 100 V. max. | 125 V. max. |
| Polarisation grille . . | - 2 V. | - 2 V. | - 2 V. | - 2 V. |
| Coefficient d'amplification . . . | 800 | 1.900 | 2.300 | 1.550 |
| Résistance interne . . . | 0,4 M Ω | 0,9 M Ω | 1,1 M Ω | 0,65 M Ω |
| Pente . . . | 2 mA/V. | 2,1 mA/V. | 1,1 mA/V. | 2,4 mA/V. |
| Courant plaque . . . | 5,5 mA. | 5,7 mA. | 5,7 mA. | 8,5 mA. |
| Courant écran . . . | 1,9 mA. | 1,8 mA. | 1,8 mA. | 2,6 mA. |
| Polarisation pour $I_p < 50 \mu A.$. . . | - 26 V. | - 26 V. | - 26 V. | - 35 V. |

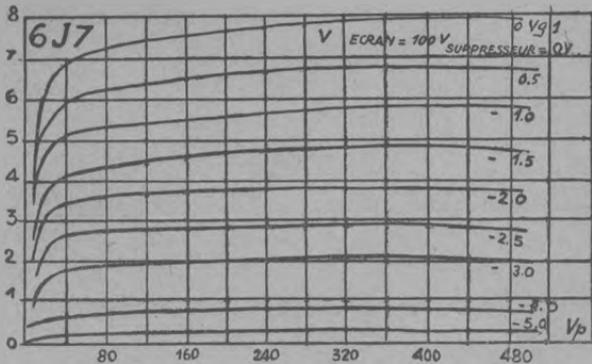


6 J 7 G

Pentode amplificatrice à pente fixe.

Caractéristiques.

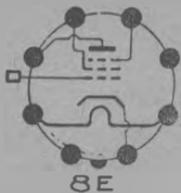
| | |
|---|----------------|
| Tension de chauffage . . . | 6,3 V. |
| Intensité de chauffage . . . | 0,3 A. |
| Capacités entre électrodes : | |
| Grille à la plaque . . . | 0,005 $\mu F.$ |
| Grille aux autres électrodes (entrée) . . . | 7 $\mu F.$ |
| Plaque aux autres électrodes (sortie) . . . | 12 $\mu F.$ |
| Diamètre maximum . . . | 39 mm. |
| Hauteur sans broches . . . | 95 mm. |



Utilisation en amplificatrice.

| | | |
|-----------------------------------|--------------|---------------|
| Tension plaque . . . | 100 V. | 250 V. |
| Tension écran . . . | 100 V. | 100 V./125 V. |
| Tension négative de grille . . . | - 3 V. | - 3 V. |
| Courant plaque . . . | 2 mA. | 2 mA. |
| Courant écran . . . | 0,5 mA. | 0,5 mA. |
| Résistance interne normale . . . | 1 M Ω | > 1.500 |
| Coefficient d'amplification . . . | 1.185 | > 1.500 |
| Pente normale . . . | 1.185 mA/V. | 1.225 mA/V. |

Remarque. — Ces valeurs permettent l'utilisation de ce tube en amplificatrice HF ou MF sans réglage automatique de l'amplification.



6 K 7 G

Pentode amplificatrice à pente variable.

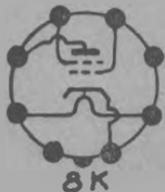
Caractéristiques.

Chauffage Indirect (C. C. ou C. A.).

| | |
|---|-------------------|
| Tension de chauffage | 6,3 V. |
| Courant de chauffage | 0,3 V. |
| Capacités entre électrodes : grille à la plaque | 0,005 $\mu\mu$ F. |
| Grille aux autres électrodes (entrée) | 7 $\mu\mu$ F. |
| Plaque aux autres électrodes (sortie) | 12 $\mu\mu$ F. |
| Diamètre maximum | 39 mm. |
| Hauteur sans broches | 95 mm. |

Utilisation en amplificatrice HF ou MF.

| | | | | |
|---------------------------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|
| Tension plaque | 90 V. | 180 V. | 250 V. max. | 250 V. max. |
| Tension écran | 90 V. | 75 V. | 100 V. | 125 V. max. |
| Tension grille | -3 V. | -3 V. | -3 V. | -3 V. |
| Tension grille frein | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Courant plaque | 5,4 mA. | 4,0 mA. | 7,0 mA. | 10,5 mA. |
| Courant écran | 1,3 mA. | 1,0 mA. | 0,8 mA. | 0,6 mA. |
| Coefficient d'amplification | 400 | 1.100 | 1.160 | 990 |
| Résistance interne | 0,315 M Ω | 1,0 M Ω | 0,8 M Ω | 0,6 M Ω |
| Pente ($G_1 = -3$ V.) | | | | |
| ($G_1 = -32,5$ V.) | | 0,002 mA/V. | | |
| ($G_1 = -38,5$ V.) | 0,002 mA/V. | | | |
| ($G_1 = -42,5$ V.) | | | 0,002 mA/V. | |
| ($G_1 = -52,5$ V.) | | | | 0,002 mA/V. |

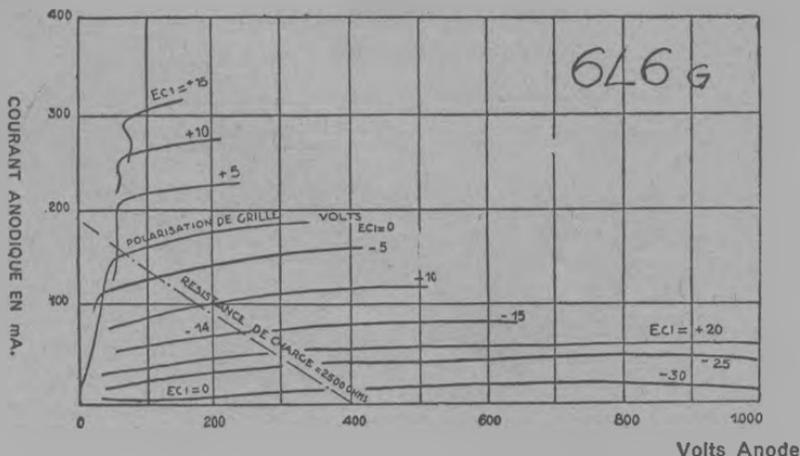


6 L 6 G

Amplificatrice de puissance à concentration électronique.

Caractéristiques.

| | | | |
|--------------------------------|---------|---------------------------------------|-----------------|
| Chauffage indirect (C. A.). | | Tension écran | 250 V. |
| Tension de chauffage | 6,3 V. | Tension grille | -14 V. |
| Courant de chauffage | 0,9 A. | Coefficient d'amplification | 135 |
| Diamètre maximum | 50 mm. | Résistance interne | 22.500 Ω |
| Hauteur sans broches | 120 mm. | Pente | 6 mA V. |
| Tension plaque | 250 V. | | |



6 L 6 G (suite).

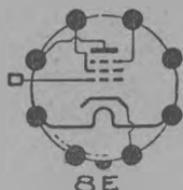
Utilisation en amplificatrice classe A (une seule lampe autopolarisation).

| | | | |
|--|----------------|----------------|-----------------|
| Tension plaque | 250 V. | 300 V. | 375 V. |
| Tension écran | 250 V. | 200 V. | 125 V. |
| Tension de grille | - 13,5 V. | - 11,8 V. | - 9 V. |
| Courant plaque minimum | 75 mA. | 51 mA. | 24 mA. |
| Courant plaque maximum | 78 mA. | 54,5 mA. | 24,3 mA. |
| Courant écran minimum | 5,4 mA. | 3 mA. | 0,6 mA. |
| Courant écran maximum | 7,2 mA. | 4,6 mA. | 2 mA. |
| Tension alternative sur la grille | 10 V. eff. | 9 V. eff. | 6 V. eff. |
| Puissance modulée correspondante | 6,5 W. | 6,5 W. | 4 W. |
| Impédance optimum de charge | 2.500 Ω | 4.500 Ω | 14.000 Ω |
| Distorsion totale (puissance max.) | 10% | 11% | 9% |

Utilisation en amplificatrice push-pull classe A (deux lampes).

Polarisation fixe. Autopolarisation.

| | | |
|---|----------------|----------------|
| Tension plaque | 250 V. | 250 V. |
| Tension écran | 250 V. | 250 V. |
| Tension de grille | - 16 V. | - 16 V. |
| Courant de plaque minimum | 2 x 60 mA. | 2 x 60 mA. |
| Courant de plaque maximum | 2 x 70 mA. | 2 x 65 mA. |
| Courant écran minimum | 2 x 5 mA. | 2 x 5 mA. |
| Courant écran maximum | 2 x 8 mA. | 2 x 7,5 mA. |
| Impédance optimum de charge (plaque à plaque) | 5.000 Ω | 5.000 Ω |
| Tension alternative de grille à grille | 23 V. eff. | 23 V. eff. |
| Distorsion correspondante | 2% | 2% |
| Puissance modulée maximum | 14,5 W. | 13,8 W. |



6 M 7 G

Pentode haute fréquence à pente variable.

Caractéristiques.

| | | | |
|---|-----------------------|--|---------------------|
| Chauffage indirect | | De G ₁ à toutes les autres électrodes | 6,3 μF . |
| Tension filament | 6,3 V. | De plaque à toutes les autres électrodes | 11 μF . |
| Intensité filament | 0,3 A. | | |
| Capacité inter-électrodes : De grille à plaque | 0,007 μF . | | |
| Tension filament | 6,3 V. | 6,3 V. | 6,3 V. |
| Tension plaque | 100 V. | 250 V. | 250 V. |
| Tension écran | 100 V. | 100 V. | 125 V. |
| Polarisation grille | - 2,5 V. | - 2,5 V. | - 2,5 V. |
| Coefficient d'amplification | 880 | 4.200 | 3.000 |
| Résistance interne | 0,35 M Ω | 1,5 M Ω | 0,9 M Ω |
| Pente | 2,5 mA/V. | 2,8 mA/V. | 3,4 mA/V. |
| Courant plaque | 6,2 mA. | 6,5 mA. | 10,5 mA. |
| Résistance du circuit d'écran | 0 Ω . | 90.000 Ω . | 45.000 Ω . |
| Courant d'écran | 1,8 mA. | 1,1 mA. | 2,8 mA. |
| Tension grille pour une pente de 0.002 mA/V. | - 25 V. | - 26 | - 31 V. |
| Résistance de cathode | 320 Ω . | 320 Ω . | 200 Ω . |



6 Q 7 G

Duo diode-triode.

Caractéristiques.

Chauffage indirect (C. C. ou C. A.) Diamètre maximum 39 mm.
 Tension de chauffage 6,3 V. Hauteur avec broches 95 mm.
 Courant de chauffage 0,3 A.

Tension plaque 100 V. 250 V. max.
 Tension grille -1,5 V. -3 V.
 Courant plaque 0,35 mA. 1,1 mA.
 Coefficient d'amplification 70 70
 Résistance interne 87.500 Ω 58.000 Ω
 Pente normale 0,8 mA/V. 1,2 mA/V.



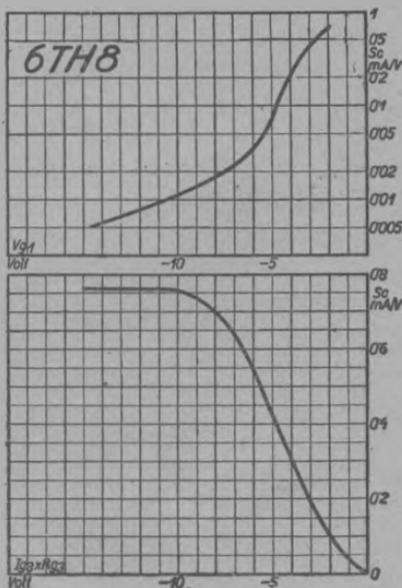
6 TH 8 G

Triode. Hexode.
 Changeuse de fréquence.

Caractéristiques.

Chauffage indirect (C. A.). 6,3 V.
 Tension de chauffage 0,7 A.
 Courant de chauffage 0,7 A.
 Capacités entre électrodes :
 Grille de contrôle à la grille modulatrice (G₁/G₂) 0,15 μF F.
 Grille modulatrice à l'anode de la triode 2 μF F.
 Grille de contrôle aux autres élect. (entrée HF) 7,5 μF F.
 Plaque aux autres électrodes (sortie MF) 15 μF F.
 Grille modulatrice aux autres électrodes 12,5 μF F.
 Diamètre maximum 46 mm.
 Hauteur avec broches 130 mm.

Tension plaque 250 V.
 Tension écran 70 V.
 Tension négative grille contrôle (min.) -3 V.
 Pente de conversion (G₁ = -3 V.) 0,8 mA/V.
 Pente de conversion (G₁ = -28 V.) 0,002 mA/V.
 Résistance de fuite de grille 20.000 Ω.
 Résistance en série avec anode triode 15.000 Ω.
 Courant grille oscill. 400 A.



Pente de conversion en fonction de la polarisation (en haut) et de l'oscillation (en bas).



6V6G

**Amplificatrice de puissance
à concentration électronique.**

Caractéristiques.

| | | |
|--|--------------------------------|---------|
| Chauffage indirect (C. C. ou C. A.) | Diamètre maximum | 45 mm. |
| Tension de chauffage 6,3 V. | Hauteur sans broches | 110 mm. |
| Courant de chauffage 0,45 A. | | |

Utilisation en amplificatrice classe A (une lampe).

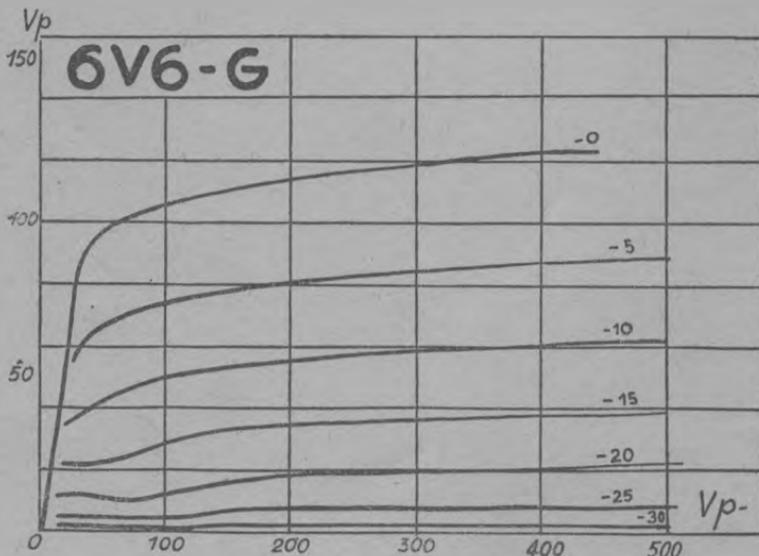
| | | | |
|------------------------------|-----------------|--|----------------|
| Tension plaque | 250 V. | Coefficient d'amplifica- tion | 218 |
| Tension écran | 250 V. | Pente normale | 4,1 mA/V. |
| Tension de grille | - 12,5 V. | Résistance cathodique | 250 Ω |
| Courant plaque min | 45 mA. | Impédance de charge optimum | 5.000 Ω |
| Courant plaque max | 47 mA. | Puissance modulée | 4,25 W. |
| Courant écran min | 4,5 mA. | Distorsion totale | 6 % |
| Courant écran max | 6,5 mA. | | |
| Résistance Interne | 52.000 Ω | | |

Utilisation en push-pull classe A/B

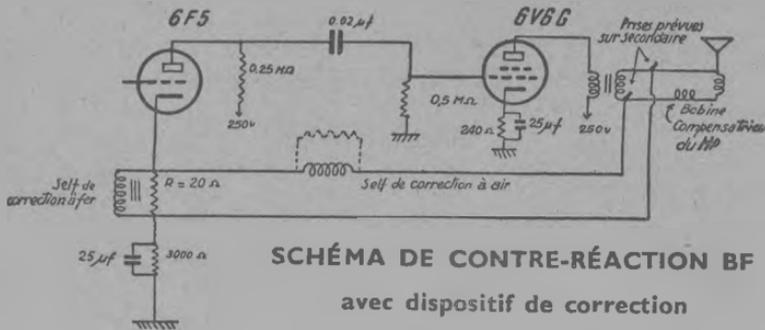
(deux lampes 6 V 6 G).

| | |
|--|-------------------|
| Tension plaque maximum | 300 V. |
| Tension écran maximum | 300 V. |
| Courant cathodique maximum | 12,5 W. |
| Tension écran | 250 V. |
| Tension grille (polar) | - 15 V. |
| Tension alternative de pointe de grille à grille | 30 V. |
| Courant plaque minimum | 70 mA. |
| Courant plaque maximum | 79 mA. |
| Courant écran minimum | 5 mA. |
| Courant écran maximum | 12 mA. |
| Impédance de charge | 10.000 Ω . |
| Puissance modulée | 8,5 W. |
| Distorsion totale | 4 % |

Remarque. — La tension de chauffage ne doit jamais atteindre 7 volts.



6 V 6 G (suite).



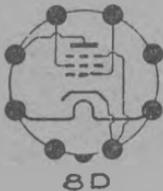
6X6

Triode-pentode. Amplificatrice BF.

Chauffage indirect.

| | |
|--------------------------------------|---------|
| Tension de chauffage | 6,3 V. |
| Intensité de chauffage | 1,66 A. |
| Tension anodique | 250 V. |
| Tension écran | 250 V. |
| Courant anodique | 40 mA. |
| Tension grille de commande | - 6 V. |

Cette lampe, qui est du type à faisceaux électroniques dirigés, fonctionne comme l'amplificateur 2EL3, avec une impédance de charge optimum de 7.000 ohms.



25 A 6 G

Pentode de sortie.

Caractéristiques.

| | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|---------|
| Chauffage indirect (C. C. ou C. A.). | Diamètre maximum | 45 mm. |
| Tension de chauffage 25 V. | Hauteur sans broches | 100 mm. |
| Courant de chauffage 0,3 A. | | |

| | | | |
|--|-----------|------------|------------|
| Tension plaque | 95 V. | 135 V. | 180 V. |
| Tension écran | 95 V. | 135 V. | 135 V. max |
| Tension grille | - 15 V. | - 20 V. | - 20 V. |
| Courant plaque | 20 mA. | 37 mA. | 38 mA. |
| Courant écran | 4,0 mA. | 8,5 mA. | 8,0 mA. |
| Résistance interne | 45.000 Ω | 35.000 Ω | 40.000 Ω |
| Pente normale | 2,0 mA/V. | 2,45 mA/V. | 2,5 mA/V. |
| Coefficient d'amplification | 90 | 85 | 100 |
| Impédance optimum de charge | 4.500 Ω | 4.000 Ω | 5.000 Ω |
| Puissance modulée | 0,9 W. | 2,0 W. | 2,75 W. |
| Distorsion totale correspondante | 11% | 9% | 10% |

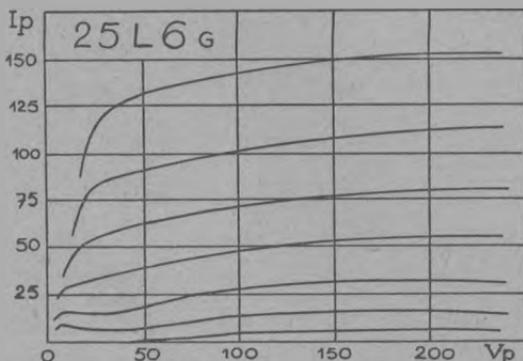


25 L 6 G

Amplificatrice de puissance
à concentration électronique.

Caractéristiques.

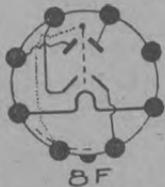
Chauffage indirect.
Tension de chauffage . 25 V.
Intensité de chauffage . 0,3 A.



Utilisation en amplificatrice classe A.

| | | |
|---|-------------|-------------|
| Tension plaque | 110 V. max. | 110 V. max. |
| Tension écran | 110 V. max. | 110 V. max. |
| Tension de grille | - 7,5 V. | - 7,5 V. |
| Tension de pointe de grille (alternative) | 7,5 V. | 7,5 V. |
| Coefficient d'amplification | 82 | 82 |
| Résistance cathode-plaque | 10.000 Ω. | 10.000 Ω. |
| Pente | 8,2 mA/V. | 8,2 mA/V. |
| Courant plaque minimum | 49 mA. | 49 mA. |
| Courant plaque maximum | 54 mA. | 50 mA. |
| Courant écran minimum | 4 mA. | 4 mA. |
| Courant écran maximum | 9 mA. | 11 mA. |
| Impédance de charge | 1.500 Ω. | 2.000 Ω. |
| Distorsion totale | 11 % | 10 % |
| Distorsion par harmonique 2. | 10 % | 3,5 % |
| Distorsion par harmonique 3. | 4 | 8,5 % |
| Puissance modulée | 2,1 W. | 2,2 W. |

Remarque. — Il est préférable d'utiliser des systèmes de couplage qui n'introduisent pas une trop grande résistance dans le circuit de grille. Si la résistance du circuit de grille n'excède pas 100.000 ohms, on peut utiliser la polarisation fixe. De 100.000 à 500.000 ohms, utiliser la polarisation automatique et veiller à ce que la tension de chauffage ne dépasse jamais de 10% la valeur indiquée ci-dessus.



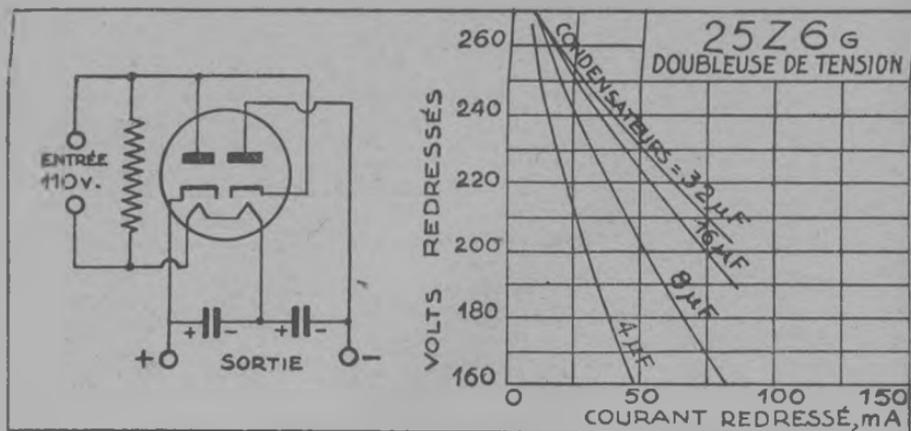
25 Z 6 G

Valve biplaque.
Doubleuse de tension à cathodes séparées.

Chauffage indirect (C. C. ou C. A.).
Tension de chauffage . . 25 V.
Courant de chauffage . . 0,3 A.

Diamètre maximum 39 mm.
Hauteur sans broches . . 95 mm.

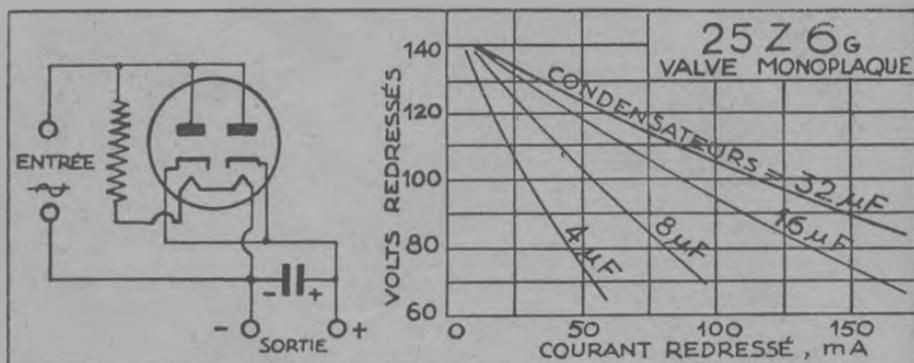
Utilisation en doubleuse de tension.



Tension alternative par plaque, maximum. 125 V.
 Courant de plaque en pointe, maximum 500 mA.
 Débit en courant redressé, maximum. 85 mA.

Utilisation en valve mono plaque.

(Les deux plaques et les deux cathodes réunies.)



Tension alternative par plaque, maximum. 125 V.
 Courant de plaque en pointe, maximum 500 V.
 Débit en courant redressé par plaque, maximum. 85 mA.

Remarque. — Si la tension d'entrée est supérieure à 125 volts, il faut mettre une résistance d'au moins 100 ohms en série avec chaque plaque, ou à la rigueur avec les deux plaques réunies, quand la valve est utilisée en redresseuse mono-plaque. Dans ce cas, la tension d'entrée peut s'élever à 250 volts.

35 Y 25

Triode-pentode. Amplificatrice BF.

Chauffage indirect.

Tension de chauffage 35 V.
 Courant de chauffage 0,3 A.

| | Triode. | Pentode. |
|---------------------------------------|----------------|-----------------|
| Tension anodique | 110 V. | 110 V. |
| Courant anodique | 1,1 mA. | 50 mA. |
| Tension grille de commande | - 3 V. | - 7,5 V. |
| Tension écran | | 110 V. |
| Courant écran | | 4 mA. |
| Pente | 0,8 mA/V. | 8,2 mA/V. |
| Coefficient d'amplification | 70 | 82 |
| Résistance interne | 7.500 Ω | 10.000 Ω |

Cette lampe est constituée par la combinaison en une même ampoule d'une triode 6Q7 et d'une pentode 25L6.

Assez!

NEUF FOIS SUR DIX ...
 les distorsions sont dues
 aux lampes fatiguées
 et se quérissent par des
LAMPES NEUVES.

TUNGSRAM

CARACTÉRISTIQUES DES LAMPES AMÉRICAINES

| N° | Fonctions | Chauffage | | Tensions maxima (volts) | | | Pente mA/V. | R Interne MΩ | Coeff. Ampli μ | Courant normal mA. | | Watts modu- lés | Culot |
|-------|-------------------------------------|-----------|-------|-------------------------|-------|--------|----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| | | Volts | Amp. | Plaque | Écran | Grille | | | | Plaque | Écran | | |
| 00-A | Triode détectrice | 5 | 0,25 | 45 | — | — | 0,6 | 0,03 | 200 | 1,5 | — | — | 4A |
| 01-A | Triode détectrice ampli. | 5 | 0,25 | 135 | — | 4 à 9 | 0,8 | 0,01 | 8 | 3 | — | — | 4A |
| 1A6 | Heptode oscillatrice | 2 | 0,06 | 180 | 67,5 | 32 à 3 | 0,3 | 0,50 | — | 1,3 | 2,4 | — | 6G |
| 1C6 | Heptode oscillatrice | 2 | 0,120 | 180 | 67,5 | 3 | 0,325 | 0,75 | — | 1,5 | 2 | — | 6G |
| 2A3 | Triode BF de puissance | 2,5 | 2,5 | 250 | — | 45 | 5,25 | 0,008 | 4,2 | 60 | — | 3,5 | 4A |
| 2A5 | Pentode BF de puissance | 2,5 | 1,75 | 315 | 315 | 16,5 | 2,2 | 0,10 | 220- | 34 | 6,5 | 3 | 6B |
| 2A6 | Double diode triode | 2,5 | 0,8 | 250 | — | 2 | 1,1 | 0,09 | 100 | 0,8 | — | — | 6C |
| 2A7 | Pentagride convertisseuse | 2,5 | 0,8 | 250 | 100 | 45 à 3 | 0,52 | 0,30 | — | 3,5 | 2,2 | — | 7B |
| 2B6 | Triode basse fréquence | 2,5 | 2,25 | 250 | — | 24 | 0,6 | 0,01 | 7 | 4 | — | — | 7E |
| 2B7 | Double diode pentode | 2,5 | 0,8 | 250 | 125 | 3 | 1,125 | 0,65 | 730 | 9 | 2,3 | — | 7C |
| 5Y3G | Valve biplaque | 5 | 2 | 400 | — | — | — | — | — | 125 | — | — | 8M |
| 5Y3GB | Valve biplaque | 5 | 2 | 400 | — | — | — | — | — | 125 | — | — | 8M |
| 5Z3 | Valve biplaque | 5 | 3 | 500 | — | — | — | — | — | 250 | — | — | 4E |
| 5Z4 | Valve biplaque | 5 | 2 | 350 | — | — | — | — | — | 125 | — | — | 8U |
| 6AC5 | Triode | 6,3 | 0,4 | 250 | — | 13 | 3,4 | 0,036 | 125 | 32 | — | — | 8B |
| 6A3 | Triode basse fréquence | 6,3 | 1 | 250 | — | 45 | 5,25 | 0,00 | 4,2 | 60 | — | 3,5 | 4A |
| 6A4 | Pentode de puissance | 6,3 | 0,3 | 180 | 180 | 12 | 2,2 | 0,04 | 100 | 22 | 3,9 | 1,4 | 5C |
| 6A6 | Double triode classe B | 6,3 | 0,8 | 300 | — | 0 | — | — | — | 17,5 | — | 20 | 7D |
| 6A7 | Heptode oscillatrice | 6,3 | 0,3 | 250 | 100 | 3 | 0,52 | 0,05 | — | 3,5 | 2,2 | — | 7B |
| 6A8 | Heptode convertisseuse | 6,3 | 0,3 | 250 | 100 | 3 | 0,5 | 0,05 | — | 3,3 | 3,2 | — | 8G |
| 6B5 | Double triode BF | 6,3 | 0,8 | 300 | — | 15 | — | — | — | 45 | — | 4 | — |
| 6B7 | Double diode pentode | 6,3 | 0,3 | 250 | 125 | 3 | 1,125 | 0,65 | 730 | 9 | 2,3 | — | 7C |
| 6B8 | Double diode pentode | 6,3 | 0,3 | 250 | 125 | 3 | 1,325 | 0,8 | 800 | 6 | 1,5 | — | 8I |
| 6C5 | Triode | 6,3 | 0,3 | 250 | — | 8 | 2 | 0,01 | 20 | 8 | — | — | 8B |
| 6C6 | Pentode HF pente fixe | 6,3 | 0,3 | 250 | 100 | 3 | 1,225 | 2 | >1.500 | 2 | 0,5 | — | 6A |
| 6D6 | Pentode HF pente variable | 6,3 | 0,3 | 250 | 100 | 3 | 1,6 | 0,80 | 1.280 | 8,2 | 2 | — | 6A |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----------------------------------|-----|------|-------------------------|-----|--------|-------|--------|-----------------------|-------------------------|-----|------|----|
| 6D8 | Heptode oscillatrice | 6,3 | 0,15 | 250 | 100 | 3 | 1,15 | 0,4 | — | 8-13 | — | — | 8G |
| 6E5 | Œil magique | 6,3 | 0,3 | 250 | 250 | 0 | — | — | — | 0,19 | 4,5 | — | 8N |
| 6F5 | Triode | 6,3 | 0,3 | 250 | — | 2 | 1,5 | 0,066 | 100 | 0,9 | — | — | 8O |
| 6F6 | Pentode finale | 6,3 | 0,7 | 315 | 315 | 22 | 2,65 | 0,075 | 200 | 42 | 8 | 5 | 8D |
| 6F7 | Triode-pentode | 6,3 | 0,3 | triode 100 pent. 250 | 100 | 3 | 0,3 | 0,85 | triode 8 pent. 900 | triode 3,5 pent. 6,5 | 1,6 | — | 7F |
| 6F8 | Double triode | 6,3 | 0,6 | 250 | — | 8 | 2,8 | 0,007 | 20 | 9 | — | — | 8V |
| 6G5 | Œil magique | 6,3 | 0,3 | 250 | 250 | 22 | — | — | — | 0,24 | 4,5 | — | 6J |
| 6G6 | Pentode de sortie | 6,3 | 0,15 | 180 | 180 | 9 | 2,3 | 0,175 | 400 | 15 | 2,5 | 1,1 | 8D |
| 6H6 | Double diode | 6,3 | 0,3 | 100 | — | — | — | — | — | 4 | — | — | 8F |
| 6J5 | Triode | 6,3 | 0,3 | 250 | — | 8 | 2,6 | 0,007 | 20 | 9 | — | — | 8W |
| 6J7 | Pentode pente fixe | 6,3 | 0,3 | 250 | 125 | 3 | 1,225 | 1,5 | 1.500 | 2 | 0,5 | — | 8E |
| 6H6 | Double diode détectrice | 6,3 | 0,3 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 8F |
| 6K7 | Pentode HF variable | 6,3 | 0,3 | 250 | 100 | 3 | 1,45 | 0,80 | 1.325 | 7 | 1,7 | — | 8E |
| 6K6 | Pentode de puissance | 6,3 | 0,4 | 250 | 250 | 18 | 2,2 | 0,068 | 150 | 32 | 5,5 | 3,4 | 8D |
| 6L5 | Triode | 6,3 | 0,15 | 250 | — | 9 | 1,5 | 0,011 | 17 | 3,5 | — | — | 8W |
| 6L6 | Tétrade finale | 6,3 | 0,9 | 250 | 250 | 14 | 6 | 0,022 | 135 | 78 | 7,2 | 6,5 | 8K |
| 6L7 | Heptode oscillatrice | 6,3 | 0,3 | 250 | 150 | — | — | 0,8 | — | 3,3 | 8,3 | — | 8H |
| 6N5 | Œil magique | 6,3 | 0,15 | 180 | 180 | 12 | — | — | — | 0,5 | — | — | 6J |
| 6N7 | Double triode cl. B | 6,3 | 0,8 | 300 | — | 0 | 3,2 | 0,011 | 35 | 7 | — | 10 | 8Z |
| 6Q7 | Duodiode triode | 6,3 | 0,3 | 250 | — | 3 | 1,2 | 0,058 | 70 | 1,1 | — | — | 8L |
| 6R7 | Double diode triode | 6,3 | 0,3 | 250 | — | 9 | 1,9 | 0,0085 | 16 | 9,5 | — | 0,28 | 8L |
| 6S7 | Pentode HF | 6,3 | 0,15 | 250 | 100 | 25 à 3 | 1,75 | 1 | 1.750 | 8,5 | 2 | — | 8E |
| 6SQ7 | Duodiode triode | 6,3 | 0,3 | 250 | — | 2 | 1,1 | 0,091 | 100 | 0,8 | — | — | 8X |
| 6T7 | Double diode triode | 6,3 | 0,15 | 250 | — | —3 | 1,05 | 0,062 | 65 | 1,2 | — | — | 8L |
| 6TH8 | Triode hexode | 6,3 | 0,7 | 250 | 70 | 3 | 0,8 | — | — | — | — | — | 8J |
| 6U5 | Œil magique | 6,3 | 0,3 | 250 | 250 | 22 | — | — | — | 0,24 | 4 | — | 6J |
| 6V6 | Tétrade finale | 6,3 | 0,45 | 250 | 250 | 12,5 | 4,1 | 0,052 | 218 | 47 | 6,5 | 4,5 | 8K |
| 6W7 | Pentode HF | 6,3 | 0,15 | 250 | 100 | 3 | 1,225 | 1,5 | 1.850 | 2 | 0,5 | — | 8E |
| 6X5 | Valve biplaque | 6,3 | 0,6 | 350 | — | — | — | — | — | 75 | — | — | 8Y |
| 6Y6 | Tétrade de puissance | 6,3 | 1,25 | 200 | 135 | 14 | 7 | — | 125 | 60 | 2,2 | 6 | 8K |
| 6Z7 | Double triode Cl. B | 6,3 | 0,3 | 180 | — | — | — | — | — | 60 | 8 | 4,2 | 8Z |
| 6ZY5 | Valve biplaque | 6,3 | 0,3 | 350 | — | — | — | — | — | 3,5 | — | — | 8N |
| 10 | Triode de puissance | 7,5 | 1,25 | 425 | — | 35 | 1,6 | 0,005 | 8 | 18 | — | 1,6 | 4A |
| 12 | Triode détectrice-ampli | 1,1 | 0,25 | 135 | — | 21 | 0,44 | 0,009 | 6,6 | 3 | — | — | 6E |

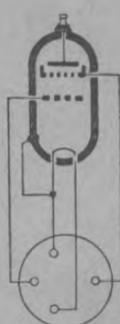
CARACTÉRISTIQUES DES LAMPES AMÉRICAINES (Suite)

| N° | Fonctions | Chauffage | | Tensions maxima (volts) | | | Pente mA/V. | R Interne MΩ | Coeff. Ampli μ | Courant normal mA. | | Watts modu- lés | Culot |
|---------|-------------------------------------|-----------|-------|-------------------------|-------|----------|----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| | | Volts | Amp. | Plaque | Écran | Grille | | | | Plaque | Écran | | |
| 12A5 | Pentode basse fréquence | 6,3 | 0,6 | 180 | 180 | 27 | 2,5 | 0,03 | 80 | 38 | — | 2,6 | 7G |
| 12A7 | Pentode basse fréquence | 12,6 | 0,3 | 135 | 135 | 13,5 | 0,975 | 0,10 | 100 | 9 | — | 0,55 | 7H |
| 12A8 | Heptode | 12,6 | 0,15 | 250 | 100 | 3 | 0,5 | 0,05 | — | 3,3 | 3,2 | — | 8G |
| 12C8 | Duodiode pentode | 12,6 | 0,15 | 250 | 125 | 3 | 1,325 | 0,8 | 800 | 6 | 1,5 | — | 8I |
| 12K7 | Pentode | 12,6 | 0,15 | 250 | 100 | 3 | 1,45 | 0,8 | 1.325 | 7 | 1,7 | — | 8E |
| 12SQ7 | Duodiode triode | 12,5 | 0,15 | 250 | — | 2 | 1,1 | 0,009 | 100 | 0,8 | — | — | 8X |
| 12Z3 | Valve monoplaque | 12,6 | 0,3 | 250 | — | — | — | — | — | 60 | — | — | 4F |
| 15 | Pentode HF | 2 | 0,22 | 135 | 67 | 1,5 | 0,75 | 0,8 | 600 | 1,85 | 0,3 | — | 5B |
| 19 | Duodiode triode | 2 | 0,25 | 135 | — | 4 à 10 | 0,44 | 0,015 | 6 | 5 | — | — | 4A |
| 20 | Triode basse fréquence | 3,3 | 0,132 | 135 | — | 16 | 0,5 | 0,007 | 3,3 | 6,5 | — | — | 4A |
| 22 | Tétrade haute fréquence | 3,3 | 0,132 | 135 | 67,5 | 3 | 0,45 | 0,5 | 160 | 3,5 | 1,3 | — | 4B |
| 24A | Tétrade HF ou MF | 2,5 | 1,75 | 250 | 90 | 3 | 1,05 | 0,60 | 630 | 4 | 1,7 | — | 5B |
| 25A6 | Pentode finale | 25 | 0,3 | 180 | 135 | 20 | 3,5 | 0,04 | 100 | 38 | 8 | 2,75 | 8D |
| 25B6 | Pentode de puissance | 25 | 0,3 | 135 | 135 | 22 | 5 | Var. | 75 | 61 | 2,5 | 4,3 | 8D |
| 25L6 | Tétrade finale | 25 | 0,3 | 110 | 110 | 8 | 8 | 0,01 | — | 52 | 8 | 2,2 | 8K |
| 25Z5 | Valve biplaque | 25 | 0,3 | 125 | — | — | — | — | — | 100 | — | — | 6F |
| 25Z6 | Valve biplaque | 25 | 0,3 | 125 | — | — | — | — | — | 85 | — | — | 8F |
| 26 | Triode amplificatrice | 1,5 | 1,05 | 180 | — | 7 à 14 | 1,15 | 0,008 | 8,3 | 6,2 | — | — | 4A |
| 27 | Triode amplif. détectrice | 2,5 | 1,75 | 135 | — | 0 | — | — | — | 22 à 1 | — | 1,6 | 6E |
| 30 | Triode amplif. détectrice | 2 | 0,06 | 180 | — | 13,5 | 0,9 | 0,01 | 9,3 | 3,1 | — | — | 4A |
| 31 | Triode de puissance | 2 | 0,130 | 180 | — | 30 | 1,05 | 0,003 | 3,8 | 12,3 | — | 0,375 | 4A |
| 32 | Tétrade HF ou MF | 2 | 0,06 | 180 | 67,5 | 3 | 0,650 | 1,20 | 780 | 1,7 | 0,4 | — | 4B |
| 33 | Pentode BF de puissance | 2 | 0,26 | 180 | 180 | 18 | 1,7 | 0,05 | 90 | 22 | 5 | 1,4 | 5C |
| 34 | Pentode HF pente variable | 2 | 0,06 | 180 | 67,5 | 3 | 0,62 | 1 | 620 | 2,8 | 1 | — | 4C |
| 35 (51) | Tétrade HF ou MF | 2,5 | 1,75 | 250 | 90 | 40 à 3 | 1,05 | 0,4 | 420 | 6,5 | 2,5 | — | 5B |
| 36 | Tétrade HF ou MF | 6,3 | 0,3 | 250 | 90 | 3 | 1,080 | 0,55 | 595 | 3,2 | 1,7 | — | 5B |
| 37 | Triode ampli. détectrice | 6,3 | 0,3 | 250 | — | 18 | 1,1 | 0,008 | 9,2 | 7,5 | — | — | 5A |
| 38 | Pentode BF | 6,3 | 0,3 | 250 | 250 | 25 | 1,2 | 0,1 | 120 | 22 | 3,8 | 2,5 | 5F |
| 39-44 | Pentode HF pente variable | 6,3 | 0,3 | 250 | 90 | 42,5 a 3 | 1,05 | 1 | 1.050 | 5,8 | 1,4 | — | 5F |
| 41 | Pentode BF de puissance | 6,3 | 0,4 | 250 | 250 | 18 | 2,2 | 0,068 | 150 | 32 | 5,5 | 3,4 | 6B |
| 42 | Pentode BF de puissance | 6,3 | 0,7 | 250 | 250 | 16,5 | 2,3 | 0,1 | 190 | 34 | 6,5 | 3 | 6B |
| 43 | Pentode BF de puissance | 25 | 0,3 | 135 | 135 | 20 | 2,45 | 0,03 | 85 | 37 | 8 | 2 | 6B |
| 45 | Triode de puissance | 2,5 | 1,5 | 275 | — | 56 | 2,05 | 0,001 | 3,5 | 36 | — | 2 | 4A |
| 46 | Tétrade BF de puissance | 2,5 | 1,75 | 400 | — | 0 | — | — | — | — | — | *20 | 5D |
| 47 | Pentode BF de puissance | 2,5 | 1,75 | 250 | 250 | 16,5 | 2,5 | 0,06 | 150 | 31 | 6 | 2,7 | 5C |
| 48 | Tétrade basse fréquence | 30 | 0,4 | 125 | 100 | 10 | 3,9 | — | — | 56 | 9,5 | 2,5 | 6H |
| 49 | Tétrade BF de puissance | 2 | 0,12 | 180 | — | 0 | — | — | — | 2 | — | *3,5 | 5D |
| 50 | Triode de puissance | 7,5 | 1,25 | 450 | — | 84 | 2,1 | 0,001 | 3,8 | 55 | — | 4,6 | 4A |
| 52 | Tétrade BF de puissance | 6,3 | 0,3 | 180 | — | 0 | — | — | — | 40 à 6 | — | *6 | 5D |
| 53 | Double triode classe B | 2,5 | 2 | 300 | — | 0 | — | — | — | 17,5 | — | 10 | 7D |
| 55 | Duodiode triode | 2,5 | 1 | 250 | — | 20 | 1,1 | 0,007 | 8,3 | 8 | — | 0,35 | 6C |
| 56 | Supertriode ampli. détec. | 2,5 | 1 | 250 | — | 13,5 | 1,45 | 0,009 | 13,8 | 5 | — | — | 5A |
| 57 | Pentode pente fixe HF | 2,5 | 1 | 250 | 100 | 3 | 1,225 | 1,5 | 1.500 | 2 | 0,5 | — | 6A |
| 58 | Pentode HF pente variable | 2,5 | 1 | 250 | 100 | 40 à 3 | 1,6 | 0,8 | 1.280 | 8,2 | 2 | — | 6A |
| 59 | Pentode BF de puissance | 2,5 | 2 | 250 | 250 | 18 | 2,6 | 0,05 | 100 | 35 | 9 | 3 | 5F |
| 71-A | Triode de puissance | 5 | 0,25 | 180 | — | — | 1,7 | 0,002 | 3 | 20 | — | 0,7 | 4A |
| 75 | Double diode triode | 6,3 | 0,3 | 250 | — | 2 | 1,1 | 0,09 | 100 | 0,8 | — | — | 6C |
| 76 | Supertriode ampli. détec. | 6,3 | 0,3 | 250 | — | 13,5 | 1,45 | 0,009 | 13,8 | 5 | — | — | 5A |
| 77 | Pentode HF pente fixe | 6,3 | 0,3 | 250 | 100 | 3 | 1,250 | 1,5 | 1.500 | 2,3 | 0,5 | — | 6A |
| 78 | Pentode HF pente variable | 6,3 | 0,3 | 250 | 125 | 52,5 à 3 | 1,65 | 0,60 | 990 | 10,5 | 2,6 | — | 6A |
| 79 | Double triode classe B | 6,3 | 0,6 | 250 | — | 0 | — | — | — | 5,3 | — | 8 | 6D |
| 80 | Valve biplaque | 5 | 2 | 350 | — | — | — | — | — | 125 | — | — | 4E |
| 81 | Valve monoplaque | 7,5 | 1,25 | 700 | — | — | — | — | — | 85 | — | — | 4F |
| 82 | Valve biplaque | 2,5 | 3 | 500 | — | — | — | — | — | 125 | — | — | 4E |
| 83 | Valve biplaque | 5 | 3 | 500 | — | — | — | — | — | 250 | — | — | 4E |
| 84 | Valve biplaque | 6,3 | 0,5 | 350 | — | — | — | — | — | 60 | — | — | 5E |
| 85 | Double diode triode | 6,3 | 0,3 | 250 | — | 20 | 1,1 | 0,007 | 8,3 | 8 | — | 0,35 | 6C |
| 89 | Pentode de puissance | 6,3 | 0,4 | 250 | 250 | 25 | 1,8 | 0,07 | 125 | 32 | 5,5 | 3,4 | 6A |
| 112-A | Triode ampli. détectrice | 5 | 0,25 | 180 | — | 4,5 à 13 | 1,8 | 0,005 | 8,5 | 7,7 | — | 0,28 | 4A |
| 866 | Valve monoplaque | 2,5 | 3 | 300 | — | — | — | — | — | 50 | — | — | 4H |
| 954 | Pentode HF pente variable | 6,3 | 0,15 | 250 | 100 | 3 | 1,4 | 1,5 | 2.000 | 2 | 0,7 | — | — |

CONNEXIONS DES LAMPES EUROPÉENNES



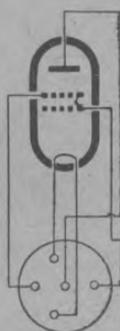
1



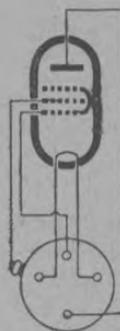
2



3



4



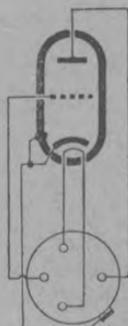
5



6



7



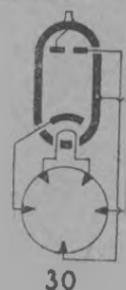
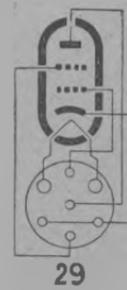
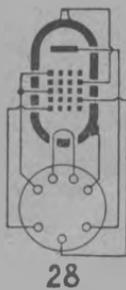
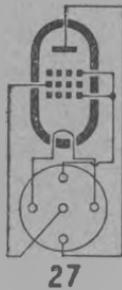
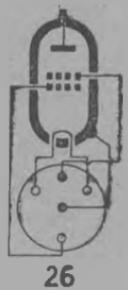
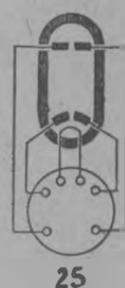
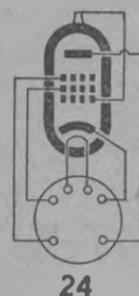
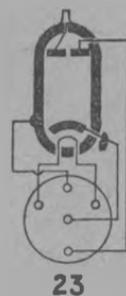
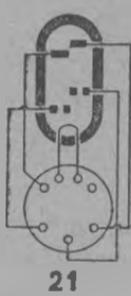
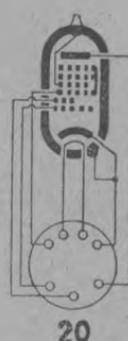
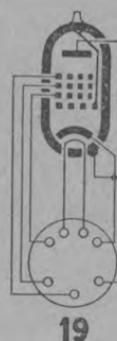
8

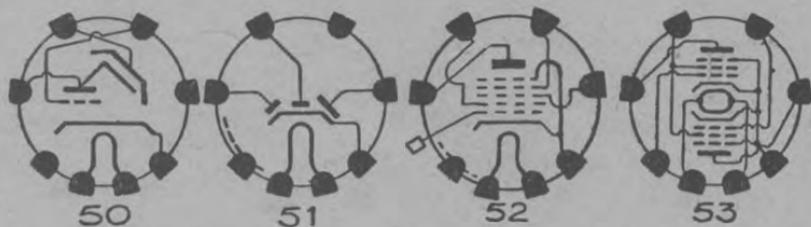
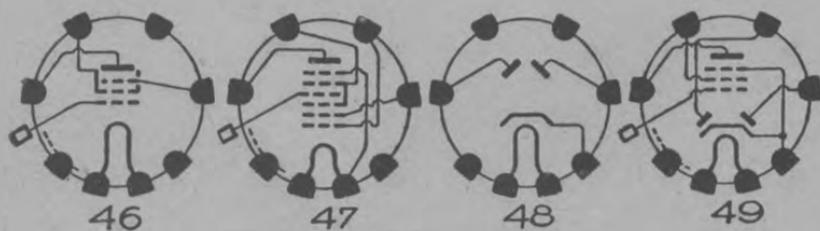
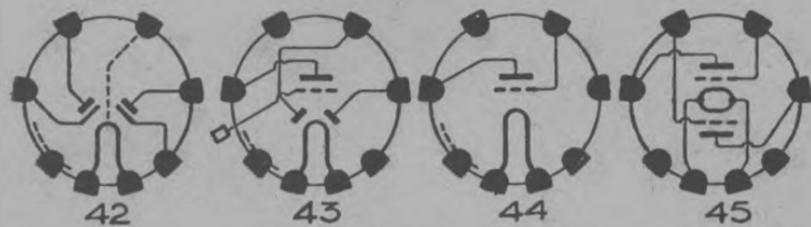
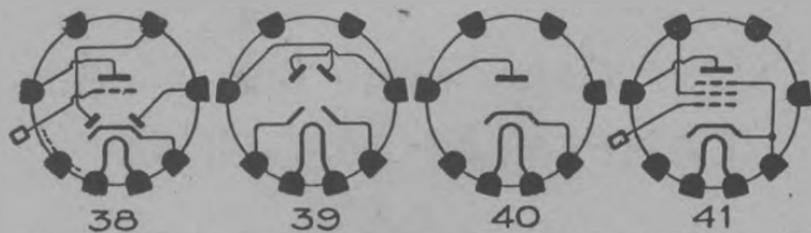
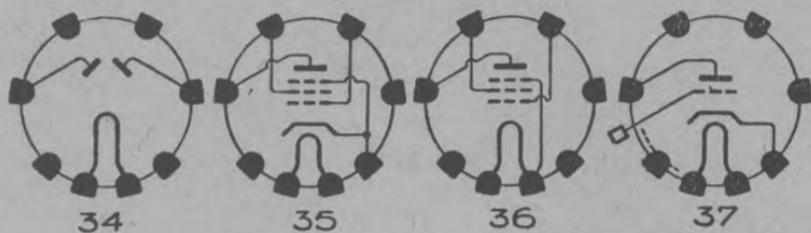
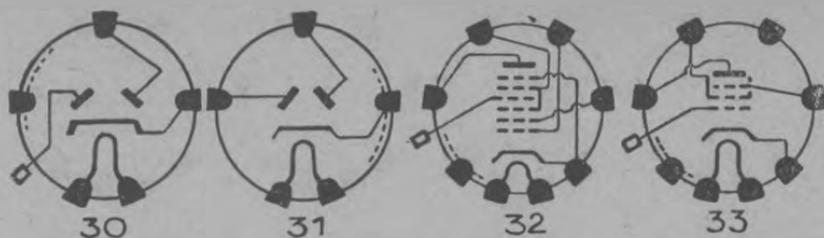


9

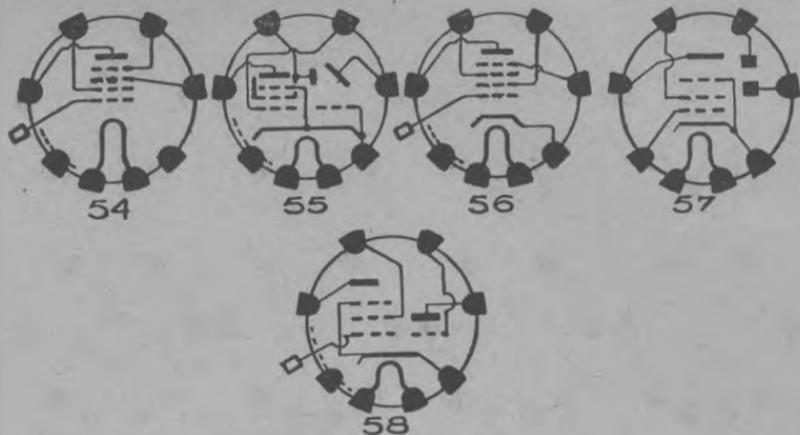


10

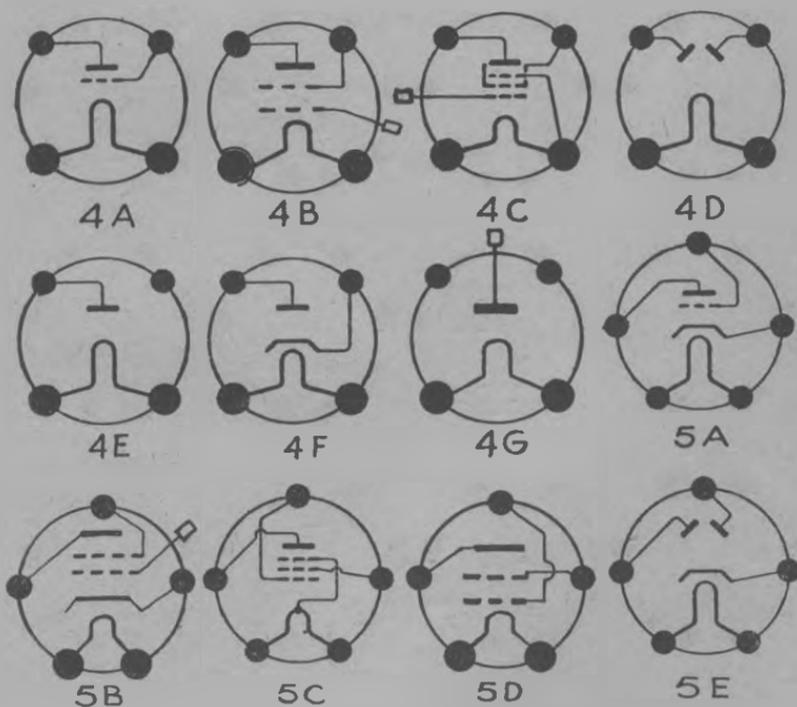


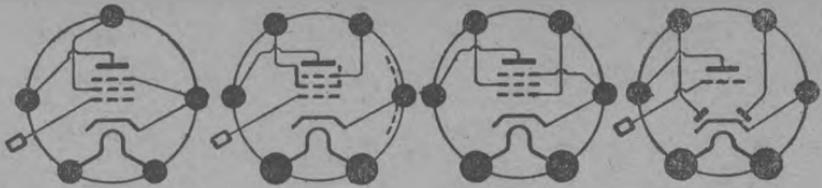


LAMPES EUROPÉENNES



Connexions des LAMPES AMÉRICAINES



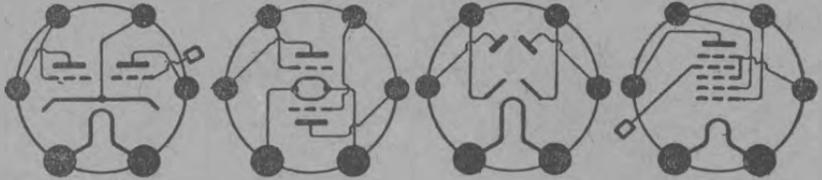


5F

6A

6B

6C

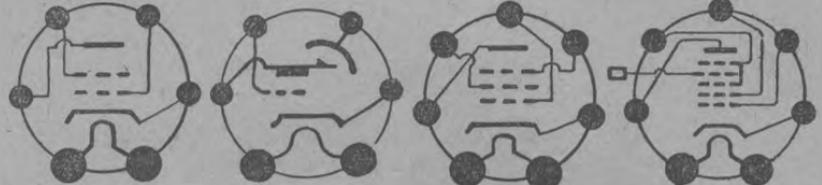


6D

6E

6F

6G

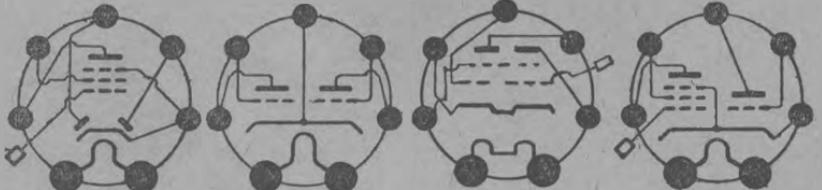


6H

6J

7A

7B

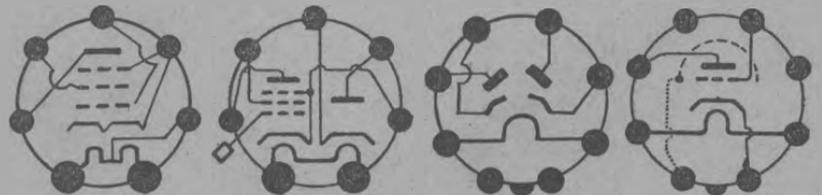


7C

7D

7E

7F

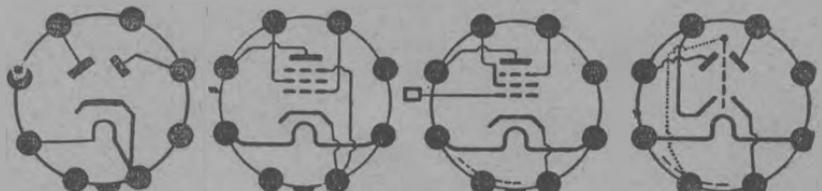


7G

7H

8A

8B



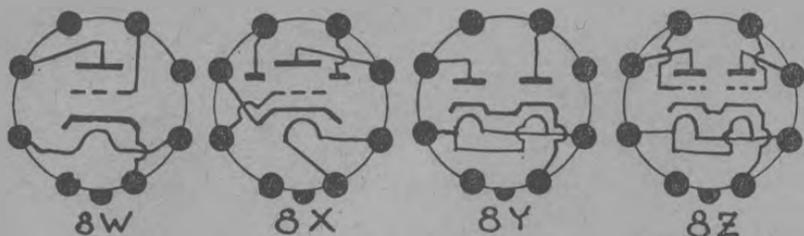
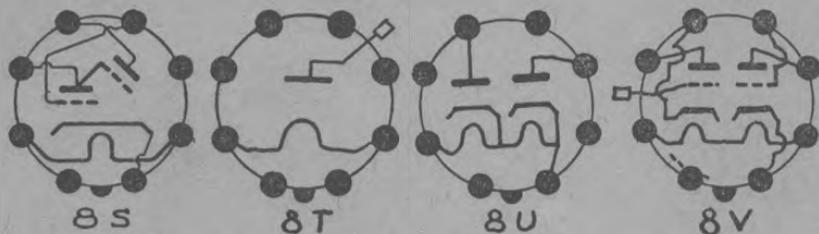
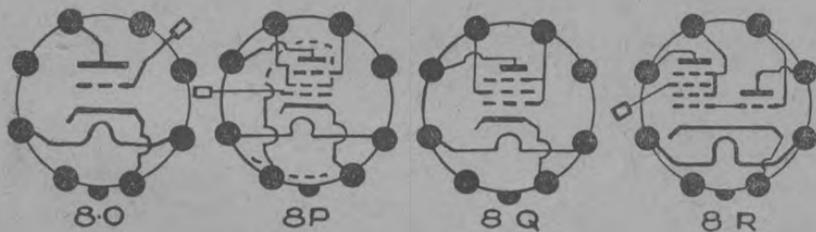
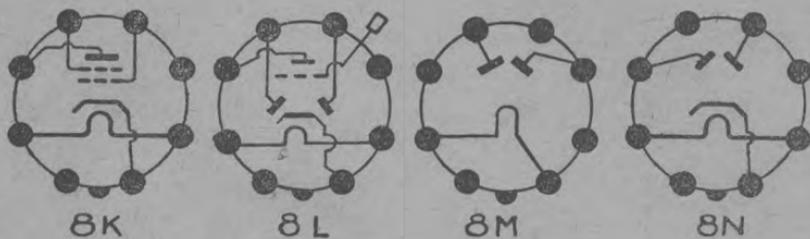
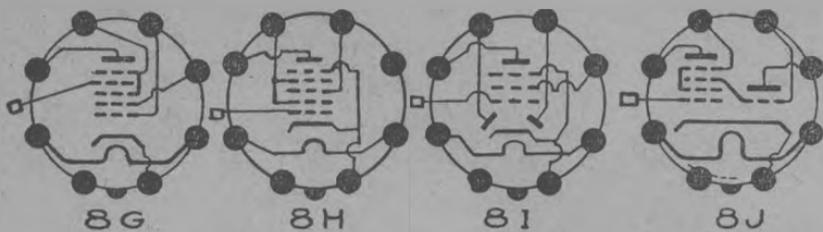
8C

8D

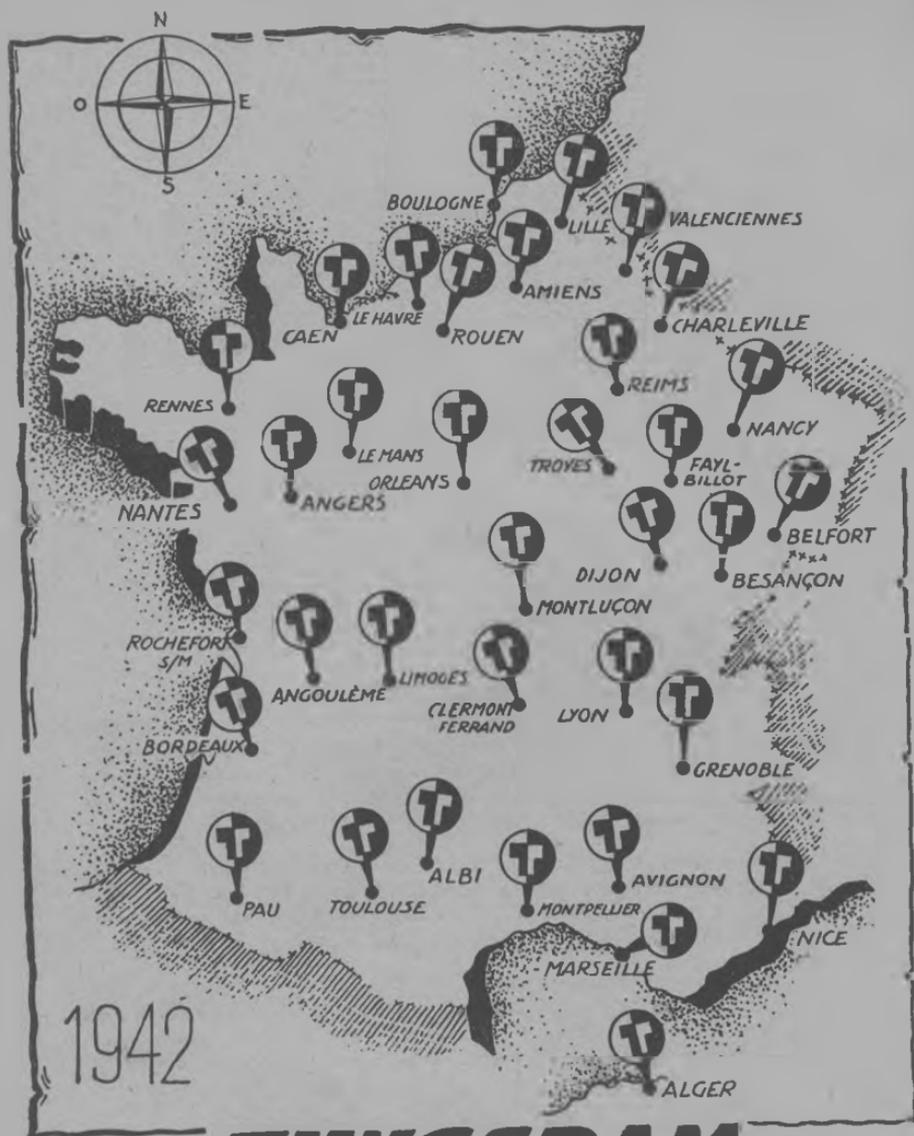
8E

8F

LAMPES AMÉRICAINES



LAMPES AMÉRICAINES



TUNGSRAM

*a un dépôt
dans votre région*

POUR LA VENTE EXCLUSIVE AUX PROFESSIONNELS

DICTIONNAIRE DE COMPARAISON DES ANCIENNES LAMPES EUROPÉENNES

Il est évidemment impossible, et inutile, de faire une nomenclature complète des lampes européennes qui ont précédé la normalisation. D'abord, parce qu'il faudrait y consacrer plusieurs centaines de pages; ensuite, parce que ce travail n'intéresserait que les historiens. Nombre de fabricants de ces lampes ont disparu du marché, et les vieilles lampes non normalisées ne sont plus fabriquées par personne.

Ce dictionnaire serait donc inutile ? Pas encore. Car il y a toujours de vieux postes à dépanner, et beaucoup de radio-techniciens ont encore dans leurs tiroirs des lampes TUNGSRAM de types anciens, neuves ou d'occasion, qui peuvent sauver la vie d'un récepteur chevronné.

Le dictionnaire vous servira encore à déterminer approximativement les caractéristiques principales d'un tube inconnu. Vous cherchez sa correspondance TUNGSRAM et vous vous reportez au tableau des anciennes lampes européennes TUNGSRAM, où sont indiquées les caractéristiques.

Dans les pages suivantes, le type TUNGSRAM qui figure en face de la lampe à remplacer lui correspond à peu près exactement s'il est imprimé en caractères penchés. Il en diffère légèrement s'il est en caractères droits, le plus souvent parce que la lampe TUNGSRAM a des caractéristiques plus intéressantes que le tube qu'elle remplace (K plus élevé, moindre consommation au chauffage, R interne moindre). Si donc le changement, en augmentant la sensibilité du poste, produit une tendance à l'accrochage, il y aurait lieu de modifier les polarisations et parfois les tensions anodiques, ce qui est toujours facile.

Dans cette édition, nous avons supprimé certaines lampes vraiment trop peu répandues pour exister encore, même à l'état de souvenir. Entre nous, il en reste bien assez comme cela !...

| LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM | LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM |
|----------------------|-------------|----------|----------------------|-------------|----------|
| A 4 | Sator | G 407 | AC/SP | Lissen | HP 4101 |
| A 9 | Fotos | G 407 | AC/SPV | Lissen | AF 2 |
| A 10 | Sator | G 407 | AC/S 2 | Mazda | AS 4120 |
| A 11 | Sator | HR 406 | AC/S 2 Pen (P) | Mazda | HP 4101 |
| A 18 | Sator | G 407 | AC/VP 1 (P) | Mazda | AS 4125 |
| A 19 | Sator | P 410 | AC/VS | Radiorecord | AS 4125 |
| A 21 | Sator | G 407 | AC/VS | Hivac | AS 4125 |
| A 22 | Sator | HR 406 | AD 4 | Triotron | G 407 |
| A 24 | Sator | P 410 | AD 510 | Triotron | G 407 |
| A 25 | Fotos | HR 406 | AG 2018 | Vatea | R 2018 D |
| A 41 | Sator | G 407 | AG 4100 | Tungstram | AG 495 |
| A 42 | Sator | HR 406 | AI 1212 | Cyrnos | AG 495 |
| A 43 | Sator | HR 406 | AI 15008 | Cyrnos | AS 4100 |
| A 49 | Sator | G 407 | AN 4 | Triotron | AR 4101 |
| A 65 | Sator | G 407 | AN 4126 | Valvo | DS 4100 |
| A 199 | Sator | G 407 | APP 4100 | Tungstram | APP 4120 |
| A 408 | Valvo | LD 410 | AR 23 | Loewe | G 407 |
| A 409 | Philips | G 407 | AR 4100 | Tungstram | AR 4101 |
| A 410 | Valvo | LD 410 | AS 4 | Triotron | HR 406 |
| A 410 N | Philips | G 407 | AS 495 | Tungstram | AS 4120 |
| A 411 | Valvo | HR 406 | AS 2004 | Radiorecord | S 406 |
| A 414 K | Philips | G 407 | AV 4100 | Vatea | AR 4101 |
| A 415 | Philips | LD 410 | B 1 | Cyrnos | PV 430 |
| A 420 | Triotron | LD 410 | B 1 | SIF | DG 407/0 |
| A 425 | Philips | HR 406 | B 2 | SIF | DG 4101 |
| A 430 | Triotron | G 407 | B 3 | Cyrnos | PV 430 |
| A 430 N | Triotron | AG 495 | B 9 | Fotos | G 407 |
| A 435 | Philips | HR 406 | B 9 | Sator | DG 407/0 |
| A 441 | Philips | DG 407/0 | B-10 | Sator | DG 407/0 |
| A 442 | Philips | S 406 | B 11 | Sator | DG 407/0 |
| A 442 R | Philips | S 406 | B 11 | Orion | DG 407/0 |
| A 1005 | Cyrnos | G 407 | B 20 | Cyrnos | V 430 |
| A 2030 N | Triotron | S 2018 | B 25 | Fotos | HR 406 |
| A 2040 N | Triotron | R 2018 | B 80 | Cyrnos | PV 4200 |
| A 2118 | Valvo | G 2018 | B 220 | Celsior | PV 430 |
| A 4090 | Valvo | AG 495 | B 230 | Celsior | PV 495 |
| A 4100 | Valvo | AG 495 | B 350 | Celsior | PV 495 |
| A 4110 | Valvo | AG 495 | B 403 | Philips | P 414 |
| A 4115 | Valvo | AG 495 | B 405 | Philips | P 414 |
| A 15008 | Cyrnos | S 406 | B 406 | Philips | P 410 |
| AC 064 | Mullard | P 460 | B 409 | Philips | L 414 |
| AC 064 X | Mullard | P 460 | B 415 | Philips | L 414 |
| AC/DG | Mullard | DG 4101 | B 420 | Cyrnos | PV 430 |
| AC/HL | Radiorecord | AR 4101 | B 424 | Philips | LD 410 |
| AC/P | Mazda | APP 4120 | B 430 N | Triotron | DS 4100 |
| AC/S | Radiorecord | HP 4101 | B 438 | Philips | HR 406 |
| AC/SG | Mazda | HP 4101 | B 440 | Cyrnos | PV 495 |
| AC/SG | Lissen | AS 4120 | B 442 | Philips | S 406 |
| AC/SGV | Lissen | AS 4125 | B 443 | Philips | PP 415 |

| LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM | LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM |
|----------------------|------------|----------|----------------------|----------|----------|
| B 443 S | Philips | PP 416 | CB 1 | Valvo | DD 818 |
| B 480 | Cyrnos | PV 4200 | CB 510 | Celsior | DG 407/0 |
| B 520 | Celsior | DG 407/0 | CI 415 | Cyrnos | AG 495 |
| B 712 | Cyrnos | P 410 | CI 424 | Cyrnos | AG 495 |
| B 1003 | Cyrnos | PV 4200 | CI 438 | Cyrnos | AR 4101 |
| B 1209 | Cyrnos | G 407 | CI 441 | Cyrnos | DG 4101 |
| B 2006 | Philips | P 2018 | CI 442 | Cyrnos | AS 494 |
| B 2024 | Philips | G 2018 | CI 442 S | Cyrnos | AS 4100 |
| B 2030 N | Triotron | DS 2018 | CI 4090 | Zénith | AG 495 |
| B 2038 | Philips | R 2018 | CL 25 | Métal | HR 406 |
| B 2042 | Philips | S 2018 | CL 64 B | Métal | G 407 |
| B 2043 | Philips | PP 2018 | CL 104 | Métal | P 410 |
| B 2045 | Philips | SE 2018 | CL 124 | Métal | P 410 |
| B 2046 | Philips | HP 2018 | CL 164 | Métal | HR 406 |
| B 2047 | Philips | HP 2118 | CL 254 | Métal | HR 406 |
| B 2052 T | Philips | SS 2018 | CL 504 | Métal | HR 406 |
| B 4125 | Cyrnos | PV 4200 | CL 1257 | Métal | PP 4101 |
| BB 1 | Philips | DD 818 | CR 2 | Mazda | V 430 |
| BB 1 | Téléfunken | DD 818 | CS | Elektra | G 407 |
| BB 1 | Valva | DD 818 | CT 06 | Dario | P 2018 |
| BB 1320 | Vatea | DD 818 | CT 38 | Dario | G 2018 |
| BC 1 | SIF | S 406 | CT 41 | Dario | DG 2018 |
| BC 2 | SIF | AS 4100 | CT 42 | Dario | S 2018 |
| BC 6 | SIF | AS 4120 | CT 43 | Dario | PP 2018 |
| BF 1 | Fotos | P 410 | CT 45 | Dario | SE 2018 |
| BF 5 | Cyrnos | P 414 | CT 46 | Dario | HP 2018 |
| BF 6 | Cyrnos | P 410 | CT 47 | Dario | HP 2118 |
| BF 9 | Cyrnos | L 414 | CT 52 | Dario | SS 2018 |
| BF 43 | Cyrnos | PP 415 | CT 55 | Dario | SE 2018 |
| BF 50 | Cyrnos | P 460 | CWN 4 | Triotron | AS 4100 |
| BF 100 | Cyrnos | PP 430 | CY 9 | Cyrnos | G 407 |
| BG 4 | Gécovalve | DG 407/0 | CY 10 | Cyrnos | G 407 |
| BG 4 | Marconi | DG 407/0 | CY 15 | Cyrnos | LD 410 |
| BI 4090 | Zénith | AR 4101 | CY 25 | Cyrnos | HR 406 |
| Bigrille | Cyrnos | DG 407/0 | CY 41 N | Cyrnos | DG 407/0 |
| Bigrille | Fotos | DG 407/0 | CY 42 | Cyrnos | S 406 |
| BL 2 | Philips | PP 4018 | Cyrnos Ampl. | Cyrnos | G 407 |
| BL 2 | Téléfunken | PP 4018 | D 4 | Zénith | DG 407/0 |
| BL 2 | Valvo | PP 4018 | D 5 | Fotos | P 414 |
| BS | Elektra | G 407 | D 9 | Fotos | L 414 |
| BS 1212 | Celsior | DG 4101 | D 15 | Fotos | L 410 |
| C 9 | Fotos | G 407 | D 40 | Fotos | HR 406 |
| C 25 | Fotos | HR 406 | D 60 | Fotos | PP 416 |
| C 150 | Fotos | S 406 | D 100 | Fotos | PP 415 |
| C 405 | Philips | P 430 | D 100 N | Fotos | PP 415 |
| C 406 | Zénith | G 407 | D 230 | Mazda | V 430 |
| C 1220 | Celsior | DG 407/0 | D 230 B | Mazda | PV 430 |
| CB 1 | Philips | DD 818 | D 350 B | Mazda | PV 495 |
| CB 1 | Téléfunken | DD 818 | D 380 B | Mazda | PV 495 |

| LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM | LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM |
|----------------------|-------------|----------|----------------------|-----------|----------|
| D 400 | Triotron | AB 2 | DO 25 | Mullard | P 25/400 |
| D 401 | Triotron | AB 1 | DO 60 | Mullard | P 60/500 |
| D 404 | Philips | P 460 | DO 230 B | Mazda | PV 430 |
| D 410 | Philips | P 455 | DP | Cossor | PP 4018 |
| D 410 cont. | Triotron | DG 407/0 | DP/PEN | Cossor | PP 4018 |
| D 410 alter | Triotron | DG 4101 | DPT (16 V) | Gécovalve | PP 2018 |
| D 410 N | Triotron | DG 4101 | DS (16 V) | Gécovalve | S 2018 |
| D 430 B | Mazda | PV 430 | DS 1610 | Celsior | AG 495 |
| D 480 B | Mazda | PV 495 | DS 2408 | Celsior | AG 495 |
| D 1208 | Celsior | LD 410 | DSB | Gécovalve | S 2018 |
| D 1300 | Triotron | CB 2 | DSB (16 V) | Gécovalve | SS 2018 |
| D 1301 | Triotron | CB 2 | DSPI (16 V) | Gécovalve | HP 2018 |
| D 5125 B | Mazda | PV 4200 | DS Pen | Cossor | HP 2018 |
| DA 60 | Gécovalve | P 60/500 | DT 215 | Triotron | KBC 1 |
| DA 406 | Zénith | S 406 | DT 436 | Triotron | ABC 1 |
| DC 2/Pen | Mazda | PP 2018 | DT 1336 | Triotron | CBC 1 |
| DC 2/SG | Mazda | SS 2018 | DU/1 | Mullard | V 430 |
| DC 2/SGVM | Mazda | SE 2018 | DU/2 | Mullard | PV 495 |
| DC 3/HL | Mazda | R 2018 | DU/2 X | Mullard | PV 495 |
| DD 4 | Cossor | AB 1 | DU 5 | Mullard | PV 495 |
| DDPEN | Cossor | DS 4100 | DU 10 | Mullard | V 430 |
| DDPEN (16) | Cossor | PP 2018 | DU 412 | Vatea | DG 407/0 |
| DE 3 | Marconi | G 407 | DU 415 | Zénith | PP 415 |
| DE 3 | Gécovalve | G 407 | DV 4100 | Vatea | DG 4101 |
| DE 4 | Gécovalve | LD 410 | DVG 51 | Sator | AZ 1 |
| DE 5 | Marconi | G 407 | DVPI (16 V) | Gécovalve | HP 2118 |
| DE 5 | Gécovalve | G 407 | DVSG (16 V) | Cossor | SE 2018 |
| DEH 410 | Gécovalve | HR 406 | DVS Pen | Cossor | HP 2118 |
| DEL 410 | Gécovalve | HR 406 | DW 1 | Mullard | PV 430 |
| DEP 410 | Marconi | L 414 | DW 1 | Métal | DG 407/0 |
| DEP 410 | Gécovalve | L 414 | DW 1 B | Mazda | DG 4101 |
| DG 4 | Sator | DG 407/0 | DW 2 | Mazda | AS 4100 |
| DGP 3 | Vatea | DG 407/0 | DW 2 | Mullard | PV 495 |
| DI 4090 | Zénith | AS 494 | DW 2 X | Mullard | PV 495 |
| DL (16 V) | Gécovalve | P 2018 | DW 3 | Mazda | PP 430 |
| DLP 51 | Sator | AL 1 | DW 3 | Mullard | PV 4200 |
| DM 300 | Radiorecord | DG 407/0 | DW 6 | Mazda | AS 494 |
| DN 44 ₁ | Radiorecord | DG 4101 | DW 4 | Mullard | PV 4200 |
| DN 64 | Radiorecord | AG 495 | DW 7 | Mazda | AS 4120 |
| DN 154 | Radiorecord | AG 495 | DW 7 X | Mullard | PV 4100 |
| DN 254 | Radiorecord | AG 495 | DW 8 | Mazda | AS 4104 |
| DN 284 | Radiorecord | AG 495 | DW 9 | Mazda | APP 4120 |
| DN 404 | Radiorecord | AR 4101 | DW 11 | Mazda | PP 4101 |
| DN 754 | Radiorecord | AR 4101 | DW 30 | Mullard | PV 4200 |
| DN 904 | Radiorecord | AS 4120 | DW 111 | Mazda | AG 495 |
| DN 2004 | Radiorecord | AS 4100 | DW 302 | Mazda | P 430 |
| DN 3004 | Radiorecord | AS 4120 | DW 402 | Mazda | AR 4101 |
| DN 5004 | Radiorecord | AS 4104 | DW 702 | Mazda | P 455 |
| DN 9014 | Radiorecord | AS 4120 | DW 702 | Métal | P 455 |

| LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM | LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM |
|----------------------|-------------|-----------------|----------------------|-------------|------------------|
| DW 802 | Mazda | <i>P 460</i> | E 445 | Philips | AS 4104 |
| DW 1011 | Métal | <i>AG 495</i> | E 446 | Philips | HP 4101 |
| DW 1111 | Mazda | <i>AG 495</i> | E 447 | Philips | HP 4106 |
| DW 1508 | Métal | <i>AG 495</i> | E 452 T | Philips | AS 4120 |
| DW 4023 | Métal | <i>AR 4101</i> | E 453 | Philips | APP 4120 |
| DX 3 | Mazda | <i>PP 415</i> | E 455 | Philips | AS 4125 |
| DX 406 | Vatea | <i>DG 407/0</i> | E 462 | Philips | AS 4120 |
| DX 414 | Vatea | <i>DG 407</i> | E 463 | Philips | APP 4120 |
| DX 502 | Mazda | P 414 | E 2020 N | Triotron | P 2018 |
| DX 804 | Mazda | <i>L 414</i> | EG 410 | Sator | PV 4200 |
| DY 604 | Mazda | <i>P 410</i> | EG 430 | Eagle | V 430 |
| DZ 1 | Mazda | <i>DG 407/0</i> | EG 4100 | Eagle | V 430 |
| DZ 2 | Mazda | <i>S 406</i> | ES 32 | Celsior | AS 4120 |
| DZ 811 | Mazda | <i>G 407</i> | ES 33 | Celsior | AS 4100 |
| DZ 813 | Mazda | <i>G 407</i> | ES 100 | Tekade | AS 4120 |
| DZ 908 | Mazda | <i>G 407</i> | ES 300/200 | Celsior | AS 4100 |
| DZ 1508 | Mazda | <i>LD 410</i> | EX 680 | Mazda | 80 |
| DZ 2222 | Mazda | <i>HR 406</i> | F 4 | Sator | LD 410 |
| DZ 3529 | Mazda | <i>G 407</i> | F 5 | Fotos | P 12/250 |
| E 0 | Fotos | V 430 | F 10 | Fotos | P 455 |
| E 4 | Sator | <i>L 414</i> | F 100 | Fotos | PP 430 |
| E 10 | Sator | <i>G 407</i> | F 100 N | Fotos | PP 4101 |
| E 11 | Sator | <i>G 407</i> | F 443 | Philips | PP 4101 |
| E 14 | Sator | <i>HR 406</i> | FC 4 | Mullard | AK 1 |
| E 15 | Sator | <i>G 407</i> | FC 13 | Mullard | CK 1 |
| E 23 | Celsior | <i>S 406</i> | FW | Radiorecord | PV 4200 |
| E 27 | Radiotechn. | P 410 | FW 1 | Dario | PV 495 |
| E 107 B | Dario | P 460 | FW 3 | Dario | PV 4200 |
| E 200/300 | Celsior | <i>S 406</i> | G 102 | Radiorecord | P 2018 D |
| E 381 | Marconi | AR 4101 | G 252 | Radiorecord | R 2018 D |
| E 381 | Gécovalve | AR 4101 | G 405 | Tungsrám | G 407 |
| E 405 | Triotron | P 430 | G 406 | Tungsrám | G 407 |
| E 406 | Philips | P 12/250 | G 415 | Valvo | V 430 |
| E 408 | Philips | 015/400 | G 425 | Valvo | V 430 |
| E 408 N | Philips | 015/400 | G 429 | Triotron | V 430 |
| E 414 | Triotron | P 410 | G 430 | Valvo | PV 430 |
| E 415 | Philips | AG 495 | G 431 | Triotron | PV 430 |
| E 420 | Triotron | P 414 | G 450 | Splendor | PV 495 |
| E 422 | Triotron | L 414 | G 459 | Triotron | AZ 1 |
| E 424 | Philips | AG 495 | G 460 | Triotron | PV 4100 |
| E 424 N | Philips | AG 495 | G 470 | Triotron | PV 495 |
| E 425 | Triotron | P 430 | G 490 | Valvo | PV 495 |
| E 438 | Philips | AR 4101 | G 504 | Valvo | PV 430 |
| E 441 | Philips | DG 4101 | G 572 | Radiorecord | R 2018 |
| E 441 N | Philips | DG 4101 | G 1002 | Radiorecord | PP 2018 D |
| E 442 | Philips | AS 494 | G 4100 | Valvo | PV 4100 |
| E 442 S | Philips | AS 4100 | G 4120 | Triotron | PV 4200 |
| E 443 H | Philips | PP 4101 | G 4200 | Valvo | PV 4200 |
| E 444 | Philips | DS 4100 | G 5002 | Radiorecord | SE 2018 |

| LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM | LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM |
|----------------------|-------------|-----------------|----------------------|-----------|-----------------|
| G 9002 | Radiorecord | S 2018 | H 4111 D | Valvo | AS 4120 |
| GA 24 | Triotron | PV 495 | H 4115 D | Valvo | AS 4125 |
| GD 24 | Triotron | PV 4100 | H 4125 | Valvo | AS 4104 |
| GE 25 | Triotron | PV 495 | H 4125 D | Valvo | AS 4104 |
| GL 4 | Sator | PV 4200 | H 4128 D | Valvo | HP 4101 |
| GL 4/0,15 | Sator | V 430 | H 4129 D | Valvo | HP 4106 |
| GL 4/0,30 | Sator | PV 430 | HA 130 | Tekade | AG 495 |
| GL 4/0,35 | Sator | PV 430 | HF 406 | Astron | LD 410 |
| GL 4/0,40 | Sator | V 430 | HF 407 | Mazda | HR 406 |
| GL 4/0,6 D | Sator | PV 430 | HF 410 | Mazda | HR 410 |
| GL 4/0,6 E | Sator | V 495 | HL 20 | Mullard | R 2018 |
| GL 4/0,60 | Sator | PV 4100 | HL 410 | Gécovalve | HR 406 |
| GL 4/0,80 | Sator | PV 495 | HP 100/63 | Celsior | PP 415 |
| GL 4/1 | Sator | PV 4100 | HP 501 | Cels or | P 460 |
| GL 4/1 spéc. | Sator | PV 4100 | HP 604 | Celsior | P 410 |
| GL 4/1 D | Sator | PV 495 | HP 1604 | Celsior | P 455 |
| GL 4/2 | Sator | PV 4200 | HP 1608 | Celsior | LD 410 |
| GL 4/2 D | Sator | PV 4200 | HP 5025 | Celsior | PP 430 |
| GL 4/2 S | Sator | 80 | HV 4100 | Vatea | LD 410 |
| GM | Mazda | DG 407-0 | HX 406 | Vatea | AG 495 |
| GN 14 | Triotron | V 430 | HX 410 S | Vatea | G 407 |
| GN 24 | Triotron | PV 430 | HX 412 | Vatea | G 407 |
| GP 4 | Mazda | G 407 | HX 906 | Vatea | LD 410 |
| GP 406 | Astron | G 407 | I 43 | Sator | PP 415 |
| GP 407 | Mazda | G 407 | I 4053 | Dario | DG 4101 |
| GT 130 | Tekade | PV 495 | I 4076 | Dario | AG 495 |
| GVG 3010 | Hoges | PV 4200 | I 4077 | Dario | AG 495 |
| GX 5200 | Valvo | 80 | I 4078 | Dario | AR 4101 |
| H 4 | Salor | LD 410 | I 4091 | Dario | AS 494 |
| H 4 MD | Valvo | AS 4120 | I 4092 | Dario | AS 4100 |
| H 80 | Sator | LD 410 | I 4094 | Dario | AS 4120 |
| H 406 | Valvo | G 407 | J 15 | Elecson | AG 495 |
| H 406 | Vatea | G 407 | J 25 | Elecson | AG 495 |
| H 406 D | Valvo | S 406 | J 40 | Elecson | AR 4101 |
| H 407 S | Valvo | G 407 | J 150 | Elecson | AS 4100 |
| H 410 | Gécovalve | HR 406 | J 200 | Elecson | AS 494 |
| H 410 D | Valvo | S 406 | J 300 | Elecson | AS 4120 |
| H 412 | Triotron | G 407 | JB 441 | Elecson | DG 4101 |
| H 425 | Triotron | AH 1 | JPV 45 | Elecson | AS 4104 |
| H 1325 | Triotron | CH 1 | K 4 | Sator | 015/400 |
| H 1818 D | Valvo | SS 2018 | K 435 | Triotron | P 460 |
| H 1918 D | Valvo | SE 2018 | K 445/2 | Triotron | O 15/400 |
| H 2018 D | Valvo | S 2018 | KD 02,30 | Mazda | V 430 |
| H 2518 D | Valvo | HP 2018 | KD 02,30 B | Mazda | PV 430 |
| H 2618 D | Valvo | HP 2118 | KD 03,80 B | Mazda | PV 495 |
| H 4080 | Valvo | AS 4100 | KD 05,125 B | Mazda | PV 4200 |
| H 4080 D | Valvo | AS 494 | KH 1 | Marconi | AR 4101 |
| H 4100 | Valvo | AG 495 | KH 1 | Gécovalve | AR 4101 |
| H 4100 D | Valvo | AS 4100 | L 4 | Sator | P 414 |

| LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM | LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM |
|----------------------|-----------|-----------------|----------------------|-------------|-----------------|
| L 4 | Zénith | G 407 | LS 6 a | Marconi | P 15/400 |
| L 4 S | Sator | P 415 | LS 6 a | Gécovalve | O 15/400 |
| L 24 | Sator | P 410 | LX 410 | Vatea | P 410 |
| L 43 | Sator | PP 415 | LX 414 | Vatea | P 414 |
| L 44 | Sator | L 414 | LX 525 | Valvo | LD 410 |
| L 408 | Zénith | LD 410 | M 20 | Fotos | DG 407/0 |
| L 410 | Gécovalve | LD 410 | M 40 | Fotos | DG 407/0 |
| L 410 | Marconi | LD 410 | M 43 | Sator | PP 430 |
| L 412 | Zénith | HR 406 | M 80 | Fotos | DG 407/0 |
| L 413 | Valvo | L 414 | M 41 HF | Cossor | AR 4101 |
| L 414 | Valvo | P 414 | M 41 LF | Cossor | AG 495 |
| L 415 | Valvo | P 415 | M 41 P | Cossor | AG 495 |
| L 415 D | Valvo | PP 415 | M 41 RC | Cossor | AR 4101 |
| L 416 D | Valvo | PP 416 | M 41 SG | Cossor | AS 4120 |
| L 425 D | Valvo | PP 430 | M 43 | Sator | PP 430 |
| L 430 | Vatea | L 414 | M 54 | Radiorecord | P 414 |
| L 490 D | Valvo | PP 4101 | M 64 | Radiorecord | P 430 |
| L 491 D | Valvo | PP 4101 | M 94 | Radiorecord | L 414 |
| L 496 D | Valvo | PP 4101 | M 104 | Radiorecord | P 414 |
| L 491 D | Valvo | PP 4100 | M 144 | Radiorecord | LD 410 |
| L 496 D | Valvo | PP 4101 | M 144 S | Radiorecord | LD 410 |
| L 2218 | Valvo | P 2018 D | M 204 | Radiorecord | LD 410 |
| L 2318 D | Valvo | PP 2018 | M 220 | Celsior | V 430 |
| L 4150 D | Valvo | APP 4120 | M 252 | Radiorecord | LD 410 |
| LA 74 | Lœwe | G 407 | M 300 | Radiorecord | G 407 |
| LA 101 | Lœwe | LD 410 | M 300 S | Radiorecord | LD 410 |
| LA 203 | Lœwe | AG 495 | M 350 | Radiorecord | HR 406 |
| LD 408 | Tungsrām | LD 410 | M 400 | Radiorecord | P 410 |
| LF 410 | Mazda | LD 410 | M 400 S | Radiorecord | P 414 |
| LF 418 | Astron | LD 410 | M 405 | Cyrnos | PV 495 |
| LG 4/1 | Sator | PV 4100 | M 504 | Radiorecord | HR 406 |
| LG 2018 | Vatea | P 2018 | M 604 | Radiorecord | PP 430 |
| LI 4090 | Zénith | L 414 | M 704 | Radiorecord | PP 430 |
| LK 430 | Valvo | P 430 | M 1004 | Radiorecord | PP 415 |
| LK 460 | Valvo | P 460 | MBG 4 | Gécovalve | DG 4101 |
| LK 4110 | Valvo | O 15/400 | MD 4 | Triotron | DG 407/0 |
| LK 4200 | Valvo | O 15/400 | MDP 4 | Marconi | HP 4101 |
| LK 7110 | Valvo | P 41/800 | MDP 4 | Gécovalve | HP 4101 |
| LK 7115 | Valvo | P 40 800 | MF | Fotos | HR 406 |
| LL 4 | Sator | P 460 | MF 1520 | Celsior | HR 406 |
| LL 25 | Sator | P 414 | MF 2018 | Vatea | HP 2118 |
| LL 415 | Sator | PP 415 | MG 2 | Valvo | V 430 |
| LL 416 | Sator | PP 416 | MG 2018 | Vatea | SE 2018 |
| LP 4 | Ferranti | PP 4101 | MGSG | Cossor | AS 4104 |
| LS 3 | Marconi | PP 430 | MH 4 | Gécovalve | AG 495 |
| LS 3 | Gécovalve | PP 430 | MH 41 | Marconi | AR 4101 |
| LS 5 | Gécovalve | P 15/400 | MH 41 | Gécovalve | AR 4101 |
| LS 5 a | Marconi | P 460 | MH 4100 | Tungsrām | AK 1 |
| LS 5 a | Gécovalve | P 460 | MH 4105 | Tungsrām | AK 1 |

| LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM | LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM |
|----------------------|-----------|-----------------|----------------------|----------|-----------------|
| MHD 4 | Géco | ABC 1 | NDD 51 | Sator | AB 2 |
| MHF | Cossor | AR 4101 | NDDT 51 | Sator | ABC 1 |
| MHL 4 | Gécovalve | AG 495 | NDG 4 | Sator | DG 4101 |
| MHL 4 C | Gécovalve | AG 495 | NDG 180 | Sator | DG 2018 |
| MICRO | Cyrnos | G 407 | NDS 42 | Sator | DS 4100 |
| Microtriode | Fotos | G 407 | NDS 182 | Sator | DS 2018 |
| Mikrontron | Valvo | PV 495 | NE 43 | Sator | APP 4120 |
| MM 4 V | Mullard | AS 4104 | NE 180 | Sator | P 2018 |
| MM 20 | Mullard | SE 2018 | NE 183 | Sator | PP 2018 |
| MN 4 | Triotron | DG 4101 | NEG 2002 | Sator | V 2118 |
| MO 10 | SIF | P 460 | NEG 3002 | Sator | PV 3018 |
| MO 12 | SIF | P 15/400 | NEP 51 | Sator | AF 3 |
| MP/PEN | Cossor | APP 4120 | NG 100 | Ostar | PV 3018 |
| MPT 4 | Gécovalve | APP 4120 | NH 4 | Sator | AG 495 |
| MPT 41 | Marconi | APP 4120 | NHP 51 | Sator | AF 7 |
| MPT 41 | Gécovalve | APP 4120 | NM 046 | Sator | AK 1 |
| MR 2 | Tungsrám | LD 410 | NM 051 | Sator | AK 2 |
| MR 4 | Tungsrám | LD 410 | NN 4 | Sator | AG 495 |
| MR 11 | Tungsrám | P 414 | NP 43 | Sator | APP 4120 |
| MRG | Cossor | AR 4101 | NR 4 | Sator | AR 4101 |
| MRX | Tungsrám | L 414 | NS 4 | Sator | AS 4120 |
| MRY | Tungsrám | L 414 | NS 180 | Sator | S 2018 |
| MS 4 | Gécovalve | AS 494 | NSS 4 | Sator | AS 4100 |
| MS 4 B | Gécovalve | AS 4120 | NSS 42 | Sator | AS 4120 |
| MS 4 C | Gécovalve | AS 4100 | NSS 43 | Sator | HP 4101 |
| MS 4 V | Marconi | AS 4104 | NSS 45 | Sator | AK 1 |
| MS 4 V | Gécovalve | AS 4104 | NSS 180 | Sator | SS 2018 |
| MS 70 | Ostar | SE 2018 | NSS 183 | Sator | HP 2018 |
| MSG | Cossor | AS 4100 | NT 51 | Sator | AC 2 |
| MSG/HA | Cossor | AS 4120 | NT 1320 | Vatea | HP 1118 |
| MSG/LA | Cossor | AS 4120 | NT 4110 | Vatea | AF 2 |
| MT 2118 | Vatea | HP 2118 | NVG 3002 | Sator | PV 3018 |
| MT 4110 | Vatea | HP 4106 | NVS 4 | Sator | AS 4104 |
| MV 4100 | Vatea | AS 4104 | NVS 42 | Sator | AS 4125 |
| MV 4110 | Vatea | AS 4125 | NVS 43 | Sator | HP 4106 |
| MVSG | Cossor | AS 4125 | NVS 180 | Sator | SE 2018 |
| MX 20 | Fotos | HP 4106 | NVS 183 | Sator | HP 2118 |
| MX 40 | Fotos | DG 407/0 | NVSS 180 | Sator | SE 2118 |
| MX 80 | Fotos | DG 407/0 | NW 4 | Sator | AR 4101 |
| N 43 | Sator | PP 416 | NW 180 | Sator | R 2018 |
| N 306 | Vatea | G 407 | O 406 | Triotron | AK 2 |
| N 406 | Valvo | P 410 | O 407 | Triotron | AK 1 |
| N 406 | Vatea | G 407 | O 1307 | Triotron | CK 1 |
| NA 4 | Sator | AG 495 | OD 4 | Triotron | G 407 |
| NC 4 A | Sator | AS 4120 | OE 4 | Triotron | G 407 |
| NC 4 B | Sator | AS 494 | P 1 | Cossor | G 407 |
| NCC 4 | Sator | AS 4120 | P 2 | Cossor | G 407 |
| ND 4 | Sator | AR 4101 | P 3 | Cossor | LD 410 |
| NDD 40 | Sator | AB 1 | P 4 | Sator | P 460 |

| LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM | LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM |
|----------------------|-----------|-----------------|----------------------|-------------|-----------------|
| P 10 | Fotos | P 460 | PT 43 | Ostar | PP 2018 |
| P 12 | Fotos | O 15/400 | PT 425 | Gécovalve | PP 416 |
| P 13 | Fotos | O 15/400 | PT 425 X | Gécovalve | PP 430 |
| P 16 | Fotos | L 414 | PU 801 | Celsior | O 15/400 |
| P 43 M | Sator | PP 4101 | PU 1002 | Celsior | O 15/400 |
| P 205 | Sator | G 407 | PX 4 | Gécovalve | P 12/250 |
| P 207 | Sator | P 410 | PX 430 | Vatea | P 430 |
| P 209 | Sator | G 407 | P X 460 | Vatea | P 460 |
| P 211 | Sator | HR 406 | P X 4100 | Vatea | P 15/400 |
| P 404 | Eleccson | P 460 | R 14 | Dario | G 407 |
| P 408 | Eleccson | O 15/400 | R 14 | Radiorecord | V 430 |
| P 409 | Eleccson | L 414 | R 18 | Dario | DG 407/0 |
| P 410 | Gécovalve | P 410 | R 24 | Dario | G 407 |
| P 415 | Gécovalve | P 414 | R 24 | Radiorecord | PV 430 |
| P 420 | Triotron | PP 415 | R 36 | Dario | G 407 |
| P 420 | Zénith | P 455 | R 41 | Dario | G 407 |
| P 425 | Gécovalve | P 414 | R 42 | Dario | G 407 |
| P 425 | Triotron | PP 430 | R 43 | Dario | DG 407/0 |
| P 440 N | Triotron | APP 4120 | R 50 | Dario | G 407 |
| P 443 | Eleccson | PP 430 | R 55 | Dario | G 407 |
| P 2020 N | Triotron | PP 2018 | R 56 | Dario | P 410 |
| P 4100 | Zénith | P 460 | R 62 | Dario | HR 406 |
| PD 4 | Triotron | PP 430 | R 63 | Dario | HR 406 |
| PEN 4 VA | Mullard | APP 4120 | R 75 | Dario | G 407 |
| PEN 4 VX | Mullard | APP 4120 | R 76 | Dario | LD 410 |
| PEN 20 | Mullard | PP 2018 | R 77 | Dario | P 414 |
| PM 3 A | Mullard | G 407 | R 78 | Dario | HR 406 |
| PM 3 AX | Mullard | LD 410 | R 79 | Dario | PP 415 |
| PM 3 B | Mullard | HR 406 | R 80 | Dario | P 455 |
| PM 3 DX | Mullard | HR 406 | R 81 | Dario | S 406 |
| PM 3 X | Mullard | G 407 | R 83 | Dario | DG 407/0 |
| PM 3 | Mullard | G 407 | R 85 | Dario | L 414 |
| PM 4 | Mullard | L 414 | R 89 | Dario | PP 430 |
| PM 4 DG | Mullard | DG 407/0 | R 234 | Radiorecord | PV 495 |
| PM 4 DX | Mullard | LD 410 | R 240 | Radiorecord | PV 4200 |
| PM 4 X | Mullard | P 410 | R 3815 | Radiotechn. | G 407 |
| PM 13 DC | Mullard | S 406 | R 3821 | Radiotechn. | G 407 |
| PM 13 X | Mullard | S 406 | R 3836 | Radiotechn. | G 407 |
| PM 14 | Mullard | S 406 | R 3836 D | Radiotechn. | G 407 |
| PM 24 | Mullard | PP 415 | R 3841 | Radiotechn. | G 407 |
| PM 24 A | Mullard | PP 430 | R 3843 S | Radiotechn. | DG 407/0 |
| PM 24 DC | Mullard | PP 430 | R 3850 | Radiotechn. | G 407 |
| PM 24 M | Mullard | PP 4101 | R 3854 | Radiotechn. | P 410 |
| PM 254 | Mullard | P 430 | R 4100 | Zénith | PV 495 |
| PM 254 X | Mullard | P 414 | R 4200 | Zénith | PV 4200 |
| PT 4 | Gécovalve | PP 4101 | R 5046 | Radiotechn. | P 410 |
| PT 41 | Cossor | PP 430 | Radiofotos | Fotos | G 407 |
| PT 41 B | Cossor | PP 4100 | RD 4 | Triotron | G 407 |
| PT 43 | Cossor | PP 4100 | RD 509 | Triotron | G 407 |

| LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM | LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM |
|----------------------|------------|-----------------|----------------------|------------|-----------------|
| RE 034 | Téléfunken | HR 406 | RGN 2004 | Téléfunken | PV 4200 |
| RE 064 | Téléfunken | G 407 | RM | Métal | DG 407/0 |
| RE 71 n | Téléfunken | G 407 | RO 423 | Rectron | PV 430 |
| RE 074 | Téléfunken | G 407 | RO 431 | Rectron | PV 4200 |
| RE 074 D | Téléfunken | DG 407/0 | RO 437 | Rectron | PV 495 |
| RE 084 | Téléfunken | G 407 | RO 4010 | Visseaux | G 407 |
| RE 094 | Téléfunken | S 406 | RO 4109 | Visseaux | G 407 |
| RE 114 | Téléfunken | P 410 | RO 4125 | Visseaux | HR 406 |
| RE 124 | Téléfunken | P 414 | RO 4141 | Visseaux | DG 407/0 |
| RE 134 | Téléfunken | L 414 | RO 4142 | Visseaux | S 406 |
| RE 354 | Téléfunken | L 414 | RO 4181 | Visseaux | DG 407/0 |
| RE 425 | Vatea | V 430 | RO 4206 | Visseaux | P 410 |
| RE 450 | Vatea | PV 430 | RO 4215 | Visseaux | LD 410 |
| RE 504 | Téléfunken | G 407 | RO 4243 | Visseaux | PP 415 |
| RE 604 | Téléfunken | P 460 | RO 4305 | Visseaux | P 414 |
| RE 4100 | Vatea | PV 495 | RO 4309 | Visseaux | L 414 |
| RE 4110 | Vatea | PV 4100 | RO 4324 | Visseaux | HR 406 |
| RE 4200 | Vatea | PV 4200 | RO 4404 | Visseaux | P 460 |
| REN 704 D | Téléfunken | DG 4101 | RO 4610 | Visseaux | P 455 |
| REN 804 | Téléfunken | AG 495 | RS 4 | Triotron | G 407 |
| REN 904 | Téléfunken | AG 495 | RS 2512 | Celsior | AR 4101 |
| REN 1004 | Téléfunken | AR 4101 | RS 4141 | Visseaux | DG 4101 |
| REN 1822 | Téléfunken | P 2018 | RS 4142 | Visseaux | AS 494 |
| RENS 1204 | Téléfunken | AS 4100 | RS 4144 | Visseaux | DS 4100 |
| RENS 1214 | Téléfunken | AS 4104 | RS 4145 | Visseaux | AS 4104 |
| R 4100/A | Zénith | PV 495 | RS 4215 | Visseaux | AG 495 |
| RENS 1254 | Téléfunken | OS 4100 | RS 4238 | Visseaux | AR 4101 |
| RENS 1264 | Téléfunken | AS 4120 | RS 4324 | Visseaux | AG 495 |
| RENS 1274 | Téléfunken | AS 4125 | RS 4341 | Visseaux | DG 4101 |
| RENS 1284 | Téléfunken | HP 4101 | RS 4342 | Visseaux | AS 4120 |
| RENS 1294 | Téléfunken | HP 4106 | RS 4343 | Visseaux | PP 430 |
| RENS 1374 | Téléfunken | APP 4120 | RS 4344 | Visseaux | DS 4100 |
| RENS 1818 | Téléfunken | SS 2018 | RS 4345 | Visseaux | AS 4125 |
| RENS 1819 | Téléfunken | SE 2018 | RS 4346 | Visseaux | HP 4101 |
| RENS 1820 | Téléfunken | S 2018 | RS 4347 | Visseaux | HP 4106 |
| RENS 1821 | Téléfunken | G 2018 | RS 4353 | Visseaux | APP 4120 |
| RENS 1823 | Téléfunken | PP 2018 | RS 4543 | Visseaux | PP 4101 |
| RENS 1884 | Téléfunken | HP 2018 | RV 490 | Vatea | AR 4101 |
| RENS 1894 | Téléfunken | HP 2118 | RV 4100 | Vatea | AG 495 |
| RES 094 | Téléfunken | S 406 | RV 4110 | Vatea | AR 4101 |
| RES 164 | Téléfunken | PP 416 | RX 406 | Vatea | HR 406 |
| RES 174 D | Téléfunken | PP 415 | RX 410 S | Vatea | HR 406 |
| RES 364 | Téléfunken | PP 430 | S 4 | Sator | S 406 |
| RES 964 | Téléfunken | PP 4101 | S 4 V | Mullard | AS 494 |
| RG 2018 | Vatea | G 2018 | S 4 VB | Mullard | AS 4120 |
| RGN | Téléfunken | V 430 | S 25 | Ostar | SS 2018 |
| RGN 504 | Téléfunken | PV 430 | S 100 | Ostar | S 2018 |
| RGN 1054 | Téléfunken | PV 495 | S 100 | Fotos | APP 4120 |
| RGN 1064 | Téléfunken | PV 4100 | S 100 | Sator | S 406 |

| LAMPE A REPLACER | | TUNGSRAM | LAMPE A REPLACER | | TUNGSRAM |
|---------------------|-------------|----------------|---------------------|-------------|-----------------|
| S 408 | Triotron | S 406 | ST 4110 | Vatea | HP 4106 |
| S 409 | Triotron | S 406 | SV 490 | Vatea | AS 4100 |
| S 410 | Gécovalve | S 406 | SO 4110 | Vatea | AK 1 |
| S 410 | Fotos | AG 495 | SV 4100 | Vatea | AS 494 |
| S 410 N | Triotron | HP 4106 | SV 4110 | Vatea | AS 4120 |
| S 412 N | Triotron | AS 494 | SX 406 | Vatea | S 406 |
| S 415 | Fotos | AG 495 | SX 410 S | Vatea | S 406 |
| S 415 N | Fotos | AG 495 | T 34 | Radiorecord | P 460 |
| S 415 N | Triotron | AS 4104 | T 410 | Fotos | APP 495 |
| S 425 | Fotos | AR 4101 | T 425 | Fotos | AG 495 |
| S 430 N | Triotron | AS 4120 | T 1020 | Celsior | G 407 |
| S 431 N | Triotron | AS 4125 | T 4150 | Fotos | AS 4100 |
| S 434 N | Triotron | HP 4106 | T 4400 | Fotos | DS 4100 |
| S 435 N | Triotron | HP 4101 | T 4500 | Fotos | AS 4100 |
| S 440 | Fotos | AR 4101 | T 4500 C | Fotos | AS 4125 |
| S 440 N | Fotos | AR 4101 | T 4600 | Fotos | HP 4101 |
| S 1010 | Celsior | G 407 | T 4700 | Fotos | HP 4106 |
| S 2010 N | Triotron | S 2018 | TA 09 | Dario | G 407 |
| S 2012 N | Triotron | SE 2018 | TA 10 | Dario | G 407 |
| S 2030 N | Triotron | SS 2018 | TA 15 | Dario | LD 410 |
| S 2031 N | Triotron | SE 2118 | TA 25 | Dario | HT 406 |
| S 2034 N | Triotron | HP 2118 | TA 31 | Dario | DG 407/0 |
| S 2035 N | Triotron | HP 2018 | TA 41 | Dario | DG 407/0 |
| S 4150 | Fotos | AS 494 | TA 42 | Dario | S 406 |
| S 4150 C | Fotos | AS 4104 | TB 1 | Dario | AB 1 |
| S 4150 E | Fotos | AS 4100 | TB 05 | Dario | P 414 |
| SA 2004 | Radiorecord | S 406 | TB 06 | Dario | P 410 |
| SB 4110 | Vatea | DS 4101 | TB 09 | Dario | L 414 |
| SC 4 | Triotron | S 406 | TB 42 | Dario | S 406 |
| SCG 4 | Triotron | S 406 | TB 43 | Dario | PP 415 |
| SCN 4 | Triotron | AS 494 | TB 43 N | Dario | PP 430 |
| SD 4 | Mullard | DS 4100 | TB 43 S | Dario | PP 416 |
| SD 515 | Triotron | LD 410 | TC 43 | Dario | PP 415 |
| SG 20 | Mullard | S 2018 | TD 10 | Dario | P 455 |
| SG 20 A | Mullard | S 2018 | TE 06 | Dario | P 410 |
| SG 2018 | Vatea | S 2018 | TE 08 | Dario | O 15/400 |
| SG 2118 | Vatea | SS 2018 | TE 15 | Dario | AG 495 |
| SI 4090 | Zénith | AS 4100 | TE 24 | Dario | AG 495 |
| SM 4 | Fotos | DG 4101 | TE 38 | Dario | AR 4104 |
| SM 94 | Radiorecord | L 414 | TE 41 | Dario | DG 4101 |
| SM 414 | Radiorecord | LD 410 | TE 42 | Dario | AS 494 |
| SM 300 | Radiorecord | G 407 | TE 42 S | Dario | AS 410 |
| SM 350 | Radiorecord | HR 406 | TE 43 H | Dario | PP 4101 |
| SM 400 | Radiorecord | P 410 | TB 2 | Dario | AB 2 |
| SM 1004 | Radiorecord | PP 416 | TB 2 | Dario | AB 2 |
| SN 4 | Triotron | AG 495 | TC 2 | Dario | AC 2 |
| SP 4 | Mullard | HP 4101 | TF 3 | Dario | AF 7 |
| SP 20 | Mullard | HP 2018 | TF 7 | Dario | AF 7 |
| ST 2118 | Vatea | HP 2018 | TK 2 | Dario | AK 2 |

| LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM | LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM |
|----------------------|-----------|-----------------|----------------------|----------|----------------|
| TL 1 | Dario | <i>AL 1</i> | UF 7 | Dario | <i>CF 7</i> |
| TL 2 | Dario | <i>AL 2</i> | UHP 1018 | Sator | <i>HP 1018</i> |
| TZ 1 | Dario | <i>AZ 1</i> | UK 1 | Dario | <i>CK 1</i> |
| TE 43 N | Dario | <i>PP 4100</i> | UKP 403 | Sator | <i>PP 4018</i> |
| TE 44 | Dario | <i>DS 4100</i> | UL 2 | Dario | <i>CL 2</i> |
| TE 45 | Dario | <i>AS 4104</i> | UMD 40 | Sator | <i>D 418</i> |
| TE 46 | Dario | <i>HP 4101</i> | UPG 105 | Sator | <i>MH 1118</i> |
| TE 47 | Dario | <i>HP 4106</i> | UX 406 | Vatea | <i>L 414</i> |
| TE 52 | Dario | <i>AS 4120</i> | V 0 | Fotos | <i>V 430</i> |
| TE 55 | Dario | <i>AS 4125</i> | V 1 | Fotos | <i>V 430</i> |
| TF 2 | Dario | <i>HP 4115</i> | V 1 | Visseaux | <i>V 495</i> |
| TF 10 | Dario | <i>015/400</i> | V 2 | Visseaux | <i>PV 495</i> |
| TK 1 | Dario | <i>MO 465</i> | V 4 | Cyrnos | <i>V 430</i> |
| TL 414 | Vatea | <i>PP 415</i> | V 4 | Ignix | <i>PV 430</i> |
| TL 4 | Triotron | <i>G 407</i> | V 4 oxyde | Cyrnos | <i>V 430</i> |
| TL 2018 | Vatea | <i>PP 2018</i> | V 6 | Fotos | <i>PV 495</i> |
| TMD | Mazda | <i>P 414</i> | V 6 N | Fotos | <i>PV 495</i> |
| TM 4 | Fotos | <i>DG 4101</i> | V 8 | Ignix | <i>PV 430</i> |
| TP 3 | Vatea | <i>G 407</i> | V 21 B | Fotos | <i>PV 430</i> |
| TP 4100 | Zénith | <i>PP 4100</i> | V 21 M | Fotos | <i>V 430</i> |
| TR 224 | Triotron | <i>G 407</i> | V 22 | Fotos | <i>PV 4200</i> |
| TS 4 | Triotron | <i>G 407</i> | V 41 | SIF | <i>PV 430</i> |
| TV 60 | Dario | <i>PV 430</i> | V 42 | Ignix | <i>PV 495</i> |
| TV 61 | Dario | <i>V 430</i> | V 43 | Ignix | <i>PV 495</i> |
| TV 80 | Dario | <i>PV 495</i> | V 44 | Ignix | <i>PV 430</i> |
| TV 81 | Dario | <i>PV 4100</i> | V 46 | Ignix | <i>PV 495</i> |
| TV 90 | Dario | <i>PV 4200</i> | V 48 | Ignix | <i>PV 4200</i> |
| TV 425 | Vatea | <i>PV 430</i> | V 56 | Dario | <i>V 430</i> |
| TV 4110 | Vatea | <i>PP 4101</i> | V 60 | Dario | <i>PV 430</i> |
| U 9 | Gécovalve | <i>PV 495</i> | V 62 | SIF | <i>PV 495</i> |
| U 10 | Gécovalve | <i>PV 495</i> | V 80 | Dario | <i>PV 495</i> |
| U 12 | Gécovalve | <i>PV 495</i> | V 90 | Dario | <i>PV 4200</i> |
| U 14 | Gécovalve | <i>PV 4200</i> | V 122 | SIF | <i>PV 4200</i> |
| U 406 | Vatea | <i>G 407</i> | V 150 | Visseaux | <i>V 430</i> |
| U 408 D | Valvo | <i>DG 407/0</i> | V 202 | Elecson | <i>PV 430</i> |
| U 409 D | Valvo | <i>DG 407/0</i> | V 250 | Visseaux | <i>PV 430</i> |
| U 415 | Zénith | <i>L 414</i> | V 306 | Elecson | <i>PV 495</i> |
| U 418 | Zénith | <i>P 414</i> | V 480 | Visseaux | <i>PV 4200</i> |
| U 420 | Zénith | <i>P 415</i> | V 3 | Ostar | <i>HP 2118</i> |
| U 1718 D | Valvo | <i>DG 2018</i> | V 4 | Ignix | <i>PV 430</i> |
| U 4100 D | Valvo | <i>DG 4101</i> | V 1508 | Splendor | <i>G 407</i> |
| Universel | Fotos | <i>G 407</i> | V 3030 | Splendor | <i>HR 406</i> |
| UB 2 | Dario | <i>CB 2</i> | V 4001 | Dario | <i>PV 495</i> |
| UBC 1 | Dario | <i>CBC 1</i> | VA 41 | SIF | <i>PV 430</i> |
| UC 2 | Dario | <i>CC 2</i> | VA 62 | SIF | <i>PV 495</i> |
| UD 506 | Triotron | <i>P 410</i> | VA 122 | SIF | <i>PV 4200</i> |
| UDD 80 | Sator | <i>DD 818</i> | Valve 4 V | Cyrnos | <i>V 430</i> |
| UEP 103 | Sator | <i>HP 1118</i> | VB 200.20 | Celsior | <i>PV 430</i> |
| UF 3 | Dario | <i>CF 3</i> | VB 250.50 | Celsior | <i>PV 495</i> |

| LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM | LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM |
|----------------------|-----------|----------------|----------------------|---------|-----------------|
| VB 250.50 | Celsior | PV 495 | 0,06 DG | Métal | GD 407/0 |
| VDS | Gécovalve | SE 2018 | 1.4043 | Dario | DG 4101 |
| VG 406 | Sator | PV 430 | 1.4053 | Dario | DG 4101 |
| VG 410 | Sator | PV 495 | 1.4076 | Dario | AG 495 |
| VG 411 | Sator | PV 4100 | 1.4077 | Dario | AG 495 |
| VG 420 | Sator | PV 4200 | 1.4078 | Dario | AR 4101 |
| VG 460 | Eagle | PV 430 | 1.4081 | Dario | AS 4100 |
| VG 4100 | Eagle | PV 495 | 1.4091 | Dario | AS 494 |
| VG 4200 | Eagle | PV 4200 | 1.4093 | Dario | AS 4120 |
| VM 4 V | Mullard | AS 4125 | 1.4094 | Dario | AS 4120 |
| VM 20 | Mullard | SE 2018 | 2 D 4 | Mullard | AB 1 |
| VM 200.10 | Celsior | V 430 | 2 G 4 | Cossor | DG 407/0 |
| VM 200.20 | Celsior | V 430 | 4 A 07 | Tékade | LD 410 |
| VM 200.30 | Celsior | V 430 | 4 A 08 | Tékade | LD 410 |
| VMP 4 G | Géco | HP 4105 | 4 A 15 | Tékade | LD 410 |
| VMS 4 | Gécovalve | AS 4104 | 4 A 80 | Tékade | AG 495 |
| VMS 4 B | Géco | AS 4125 | 4 A 8 ON | Tékade | AG 495 |
| VP 4 A | Mullard | AF 2 | 4 A 90 | Tékade | AG 495 |
| VP 4 | Mullard | HP 4106 | 4 A 120 | AG 495 | AG 495 |
| VP 20 | Mullard | HP 2118 | 4 B 06 | Tékade | G 407 |
| VT 111 | Tékade | P 410 | 4 D 06 | Tékade | DG 407/0 |
| VT 112 | Tékade | G 407 | 4 D 80 | Tékade | DG 4101 |
| VT 128 | Tékade | G 407 | 4 DA 10 | Tékade | DG 407/0 |
| VT 129 | Tékade | L 414 | 4 F 06 | Tékade | G 407 |
| W 4 | Sator | HR 406 | 4 G 15 | Tékade | V 430 |
| W 6 | Fotos | PV 495 | 4 G 25 | Tékade | V 430 |
| W 10 | Fotos | PV 4200 | 4 G 30 | Tékade | PV 430 |
| W 100 | Sator | HR 406 | 4 G 105 | Tékade | PV 495 |
| W 406 | Valvo | HR 406 | 4 G 200 | Tékade | PV 4200 |
| W 411 | Valvo | HR 406 | 4 H 07 | Tékade | G 407 |
| W 412 | Triotron | HR 406 | 4 H 08 | Tékade | HR 406 |
| W 415 N | Triotron | AR 4101 | 4 H 80 | Tékade | AG 495 |
| W 420 | Triotron | HR 406 | 4 K 50 | Tékade | P 460 |
| W 4080 | Valvo | AR 4101 | 4 K 60 | Tékade | P 460 |
| WD 4 | Triotron | HR 406 | 4 L 11 | Tékade | P 410 |
| WD 4 S | Triotron | HR 406 | 4 L 12 | Tékade | P 414 |
| WD 525 | Triotron | HR 406 | 4 L 13 | Tékade | L 414 |
| WE 4 | Triotron | G 407 | 4 L 14 | Tékade | L 414 |
| WG 4 SC | Eagle | AS 4100 | 4 L 15 | Tékade | P 414 |
| WG 41 | Eagle | AG 495 | 4 L 29 | Tékade | PP 415 |
| WG 43 | Eagle | AG 495 | 4 N 08 | Tékade | G 407 |
| XD 4 | Triotron | P 414 | 4 N 110 | Tékade | G 407 |
| YD 4 | Triotron | L 414 | 4 NG | Loewe | PV 495 |
| YM 4 V | Mullard | AS 4104 | 4 P 25 | Tékade | PP 430 |
| ZD 4 | Triotron | P 414 | 4 S 09 | Tékade | S 406 |
| ZD 503 | Triotron | P 414 | 4 S 10 | Tékade | S 406 |
| ZE 4 | Triotron | L 414 | 4 S 80 | Tékade | AS 4120 |
| 0,06 | Métal | G 407 | 4 S 80 N | Tékade | AS 4100 |
| 0,06 D | Métal | G 407 | 4 S 120 | Tékade | AS 494 |

| LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM | LAMPE A REMPLACER | | TUNGSRAM |
|----------------------|---------|-----------------|----------------------|---------|----------------|
| 4 SC | Eagle | S 406 | 410 LF | Cossor | LD 410 |
| 4 V | Cyrnos | V 430 | 410 P | Cossor | P 410 |
| 4 W 03 | Tékade | HR 406 | 410 PT | Cossor | PP 415 |
| 4 W 08 | Tékade | HR 406 | 410 RC | Cossor | HR 406 |
| 4 W 100 | Tékade | AR 4101 | 410 SC | Eagle | S 406 |
| 4 W 120 | Tékade | AR 4101 | 410 SG | Cossor | S 406 |
| 4 XP | Cossor | P 460 | 412 BU | Cossor | PV 495 |
| 12 NG | Løwe | PV 430 | 415 A | Eagle | LD 410 |
| 41 MDG | Cossor | DG 4101 | 415 L | Eagle | L 414 |
| 41 MH | Cossor | AR 4101 | 415 LL | Eagle | P 414 |
| 41 MHD | Cossor | DG 4101 | 415 PT | Cossor | PP 415 |
| 41 MHF | Cossor | AG 495 | 415 QT | Cossor | PP 415 |
| 41 MLF | Cossor | AG 495 | 415 SP | Cossor | P 414 |
| 41 MRC | Cossor | AR 495 | 415 XP | Cossor | P 414 |
| 41 MSG | Cossor | AS 4100 | 425 XP | Cossor | P 414 |
| 42 MPPEN | Cossor | AL 4 | 442 BU | Cossor | PV 495 |
| 44 SU | Cossor | PV 495 | 460 BU | Cossor | PV 4200 |
| 103 | Ignix | AG 495 | 475 K | Eagle | P 460 |
| 105 | Ignix | AG 495 | 484 VX | Mullard | AR 4101 |
| 107 | Ignix | AR 4101 | 506 | Philips | PV 495 |
| 121 | Ignix | DG 4101 | 506 BU | Cossor | PV 495 |
| 151 | Ignix | AS 4100 | 524 | SIF | P 414 |
| 153 | Ignix | AS 4104 | 723 | SIF | L 414 |
| 154 V | Mullard | AG 495 | 822 | SIF | P 460 |
| 155 | Ignix | AS 4100 | 907 | SIF | G 407 |
| 159-157 | Ignix | AS 4125 | 915 | SIF | G 407 |
| 202 | Ignix | P 455 | 1515 | SIF | G 407 |
| 204 | Ignix | P 4100 | 1561 | Philips | PV 4200 |
| 244 V | Mullard | AG 495 | 1620 | SIF | AG 495 |
| 252 | Ignix | PP 430 | 1801 | Philips | PV 430 |
| 354 V | Mullard | AG 495 | 1802 | Philips | V 430 |
| 354 VX | Mullard | AR 4101 | 1805 | Philips | PV 4100 |
| 407 A | Eagle | G 407 | 2430 | SIF | AG 495 |
| 407 H | Eagle | G 407 | 3215 | SIF | HR 406 |
| 407 W | Eagle | HR 406 | 3815 | SIF | AR 4101 |
| 408 BV | Cossor | PV 430 | 4028 | SIF | AR 4101 |
| 408 L | Eagle | P 410 | 7515 | SIF | PP 415 |
| 410 DG | Cossor | DG 40710 | 8517 | SIF | PP 430 |
| 410 HF | Cossor | HR 406 | | | |

FORMULAIRE DE T. S. F.

ÉLECTRICITÉ

Loi d'Ohm : formule fondamentale en courant continu.

$$I = E/R \quad R = E/I \quad E = IR.$$

I en A.
E en V.
R en Ω.

Loi de Joule : puissance circulant dans un fil.

$$P = EI = RI^2 = E^2/R.$$

P en W.

Énergie emmagasinée dans un circuit.

$$W = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} CV^2.$$

W en J.
L en H.
C en F.

Résistance d'un conducteur.

La formule générale est :

$$R = \frac{\rho L}{s} [1 + \alpha (t - 15)],$$

formule approchée (à 15° C.)

$$R = \rho L/s.$$

ρ = résistance
spécifique.
L en m.
S en mm².
 α = coeff.
thermique.
t en degrés C.

Intensité du courant dans un conducteur.

Courant monophasé :

$$I \text{ amp.} = W \text{ watts} / E \text{ volts} \times \cos \varphi.$$

Courant diphasé :

$$I \text{ amp.} = W \text{ watts} \times 0,5 / E \text{ volts} \times \cos \varphi.$$

Courant triphasé :

$$I \text{ amp.} = W \text{ watts} \times 0,58 / E \text{ volts} \times \cos \varphi.$$

Force portante d'un électro.

$$F = B^2 S / 8 \pi.$$

S en cm².
F en dy.
B en G.

Courants de Foucault.

$$W = k \left(\frac{efB}{10^5} \right)^2,$$

avec $k = 0,0025$ à $0,0058$ suivant épaisseur

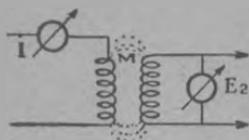
W en J.
f en cycles/s.
B en G.
e en cm.

Tension induite.

$$E = N \frac{d\varphi}{dt} \cdot 10^{-8},$$

formule où N = nombre de spires, et φ le flux les traversant φ en maxwells,

Tension dans un enroulement secondaire.



$$E_2 = M \frac{dI}{dt},$$

où M est l'induction mutuelle et I l'intensité primaire.

M en H.
 I en A.

Tension réactive dans une bobine simple.

$$E = L \frac{dI}{dt}.$$

L en H.

Capacité d'un condensateur.

$$C \text{ cm} = KS/4\pi e.$$

$$C \text{ farads} = KS/4\pi e \cdot 9 \times 10^{11}.$$

$$C \text{ microfarads} = 0,0885 KNA/1.000.000 e.$$

Énergie emmagasinée :

$$W \text{ joules} = \frac{1}{2} CV^2.$$

Attraction des armatures :

$$F \text{ dynes} = \frac{1}{2} \cdot \frac{CV^2}{e} \times 10^7.$$

Valeur d'une self (valeur approchée).

$$L = 1,25 N^2S/1.10^8,$$

où N est le nombre de spires de la bobine. Valeur trouvée, à multiplier par μ si noyau de fer.

L en H.
 S en cm.
 l en cm.

Self d'un solénoïde.

Formule de Nagaoka :

$$L_{\mu H} = \frac{0,0395 K r^2 n^2}{l}.$$

Formule approchée (tout en centimètres):

$$L_{cm} = \frac{(\text{long. du fil})^2}{\text{long. du solénoïde}}$$

Le coefficient K de Nagaoka dépend du rapport r/l .

K = coeff. de Nagaoka.
 r = rayon moyen en cm.
 n = nombre de spires.
 l = long. cm.

Self d'une bobine une couche.

$$L = 0,00986 K l D^2 N^2$$

| Valeurs de K suivant $\frac{D}{l}$ | | | |
|------------------------------------|-------|---------------|-------|
| $\frac{D}{l}$ | K | $\frac{D}{l}$ | K |
| 4 | 0,365 | 1,25 | 0,638 |
| 3,75 | 0,374 | 1 | 0,688 |
| 3,5 | 0,394 | 0,9 | 0,711 |
| 3,25 | 0,441 | 0,8 | 0,735 |
| 3 | 0,429 | 0,7 | 0,781 |
| 2,75 | 0,454 | 0,6 | 0,788 |
| 2,50 | 0,473 | 0,5 | 0,818 |
| 2,25 | 0,497 | 0,4 | 0,850 |
| 2 | 0,525 | 0,3 | 0,884 |
| 1,75 | 0,558 | 0,2 | 0,920 |
| 1,5 | 0,595 | 0,1 | 0,959 |

L = microhenrys.
 D = diamètre en cm.
 l = longueur en cm.
 n = tours par cm.
 K = constante, voir tableau.

Self-induction.

Le rapport entre la variation du flux $d\varphi$ et la variation du courant dI qui l'engendre est :

$$L \text{ henrys} = 10^{-8} \frac{d\varphi}{dI}$$

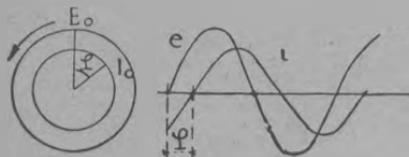
L'énergie accumulée par self-induction est :

$$W \text{ joules ou watts/seconde} = \frac{1}{2} LI^2$$

Pulsation $\omega = 2\pi f$.

Courant sinusoïdal.

C'est un courant dont la tension et l'intensité sont variables avec le temps t selon la loi :



$$E = E_0 \sin \omega t,$$

$$I = I_0 \sin (\omega t + \varphi).$$

t en sec.
 E en V.
 I en A.

La quantité φ étant le décalage ou déphasage.

Valeur efficace. $\frac{2}{3}$

E = moyenne de $e = 0,707 E = 0,707 \times$ tension de crête,

I = moyenne de $i = 0,707 I = 0,707 \times I \text{ max.}$

Inductance : désigne la résistance fictive opposée à l'alternatif seul par une self.

$$Xl = \omega L = 2\pi fL.$$

Capacitance : résistance fictive, non infinie, offerte par une capacité à l'alternatif seul.

$$Xc = 1/\omega C = 1/2\pi fC.$$

X en Ω .
Z en Ω .

Réactance : résistance fictive d'un ensemble de L et C.

L en H.
C en F.



$$X = \omega L - 1/\omega C.$$

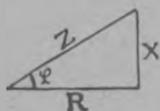
Impédance : résistance en partie fictive, offerte par un ensemble de R, L et C.



$$Z = \sqrt{X^2 + R^2},$$

$$\text{ou } Z^2 = R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2.$$

Déphasage (voir plus haut).



$$\text{Tg } \varphi = \frac{X}{R} \text{ ou } \frac{\omega L}{R} \text{ ou } \frac{1}{\omega CR}.$$

$X = \omega L - \frac{1}{\omega C}$
L en henrys.
C en farads.

$$\text{Tg } \varphi = \frac{2\pi f L - \frac{1}{2\pi f C}}{R}$$

$$\text{avec } \cos \varphi = R/Z \text{ et } \sin \varphi = X/Z.$$

Facteur de puissance d'une bobine L : $Q = \frac{\omega L}{R}$.

Puissance en courant monophasé.

$$P = EI \cos \varphi.$$

P en watts.

Puissance en triphasé.

$$P = EI \sqrt{3} \cos \varphi.$$

E en V.
I en A.

Couplages en série de résistances.

$$R_{\tau} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

Couplage en parallèle.

$$1/R_{\tau} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 \dots \text{ etc.}$$

Si 2 seulement :

$$R_{\tau} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}.$$

Couplage de capacités en parallèle.

$$C_{\tau} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

Couplage de capacités en série.

$$1/C_{\tau} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3.$$

$$\text{Si 2 seulement : } C_{\tau} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

(Voir abaques.)

CIRCUITS RADIO

Condition de résonance.

$$Xl = Xc \text{ ou } \omega L = \frac{1}{\omega C},$$

$$\text{ou } \omega^2 LC = 1.$$

L en H.

C en F.

R en Ω .

Impédance caractéristique d'un circuit oscillant.

$$Zc = \sqrt{L/C}.$$

Fréquence propre d'un circuit ayant une self L et une capa C :

$$F = \frac{1}{2\pi} \times \frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot \text{d'où } \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Condition d'apériodicité d'un circuit oscillant :

$$R > 2\sqrt{L/C} \text{ ou } R > 2Zc.$$

L en H.

C en F.

R en Ω .



Facteur d'amortissement.

$$\alpha = R/2L.$$

Décrément dit logarithmique.

$$\delta = \alpha/\text{fréq.},$$

$$\text{ou } \delta = \frac{R}{2L} T \text{ avec } T = 1/f = \text{période},$$

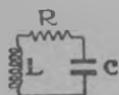
$$\text{ou } \delta = \pi N/Zc.$$

Autre définition du Zc d'un circuit résonnant.

$$Zc = \Omega L = \frac{1}{\Omega C} = \sqrt{L/C},$$

c'est l'impédance de l'un ou l'autre des éléments à la fréquence de résonance.

Fréquence propre d'un circuit amorti.



$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}},$$

$$\text{ou } \Omega' = \sqrt{\Omega^2 - \alpha^2}.$$

L en H.

C en F.

R en Ω .

Sélectivité d'un circuit oscillant accordé.

$$\text{Volts aux bornes} = \frac{100}{\sqrt{1 + 4m^2 \left(\frac{df}{f}\right)^2}},$$

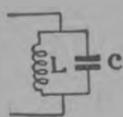
en % des volts à la résonance,

avec : f = fréquence en cycles à la résonance ;

df = montant de l'écart en cycles ;

m = amplification du circuit accordé.

CIRCUITS SIMPLES

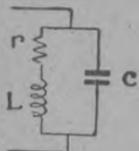


Bouchon idéal : à la résonance Ω il fait bouchon infini; à une pulsation ω quelconque il a une pure réactance.

$$Y = \frac{1}{L} - \frac{1}{C} = \frac{\omega L}{L} - \frac{1}{C}$$

X en ω .
L en H
C en F.

Circuit bouchon réel.

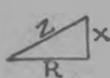


À la résonance Q (voir plus haut), équivaut à une résistance ohmique de valeur

$$R = \frac{Zc^2}{r} = \frac{\omega^2 L^2}{r} = \frac{1}{\omega^2 C^2 r} = \frac{L}{Cr}$$

Systèmes apériodiques : formés d'une R et d'un C ou d'une L.

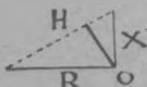
Si combinés en série :



$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \text{ avec } X = \omega L \text{ ou } \frac{1}{\omega C}$$

Graphiquement combinaison en diagonale.

Si combinés en parallèle :

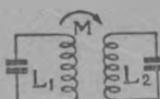


$$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X^2}}}$$

X en Ω .
R en Ω .

Graphiquement Z est la hauteur abaissée de O en H (en grandeur et en phase).

CIRCUITS DOUBLES OU COUPLÉS.

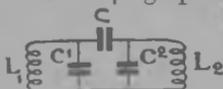


Coefficient de couplage si couplage par induction mutuelle M entre les selfs L_1 et L_2 des deux circuits :

$$k = M/\sqrt{L_1 L_2}$$

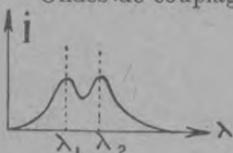
M }
L } en μH .

Si couplage par capacité de liaison C entre les capacités C_1 et C_2 des deux circuits :



$$k = \sqrt{C_1 C_2 / C}$$

Ondes de couplages :



$$\lambda_1 = \lambda_0 \sqrt{1 - K}$$

$$\lambda_2 = \lambda_0 \sqrt{1 + k}$$

λ en m.

Couplage optimum entre deux bobines.

$$M = \sqrt{r_1 r_2} / 2 \pi f$$

avec f = fréquence à la résonance;

r_1, r_2 = impédance des deux circuits;

M = coeff. d'induction mutuelle.

Induction mutuelle.

Si un circuit est parcouru par un courant I , un autre circuit couplé avec lui est traversé par un flux :

$$\varphi = MI,$$

M étant le coefficient d'induction mutuelle exprimé en henrys.

Si I varie, la F. E. M. d'induction dans le circuit induit est :

$$e = 10^{-8} M \frac{dI}{dt}$$

Formules de Thomson.

$$\lambda^m = 60 \sqrt{LC},$$

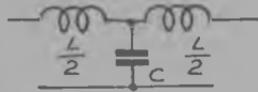
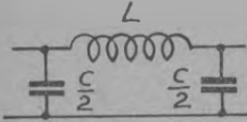
$$\lambda^m = 1885 \sqrt{LC},$$

$$\lambda^{cm} = 2\pi \sqrt{L_{cm} C_{cm}}.$$

L en μH .
C en μF .

L en μH .
C en μF .

Filtres.



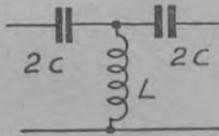
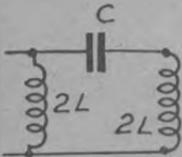
Filtres passe-bas :

$$L = Z/\pi f,$$

$$C = 10^2 Z/\pi.$$

L en H.
C en μF .

f = fréquence limite.
Z en Ω .



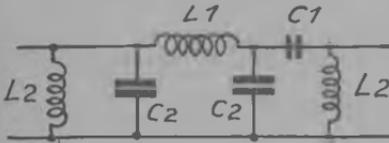
Filtres, passe-haut :

$$L = Z/4 \pi f,$$

$$C = 10^6/4 \pi Z.$$

L en H.
C en μF .
Z en Ω .

Filtres passe-bande :



$$L_1 = Z/\pi (f_1 - f_2),$$

$$L_2 = Z (f_1 - f_2)/2 \pi f_1 f_2,$$

$$C_1 = 10^6 (f_1 - f_2)/Z \times 4 \pi f_1 f_2,$$

$$C_2 = 10^6/Z \times 2 \pi (f_1 - f_2).$$

f_1 et f_2 = fréquences d'arrêt.

Z en Ω .
C en μF .
L en H.

Antenne.

Soient L et C ses éléments statiques ; on a :
Réactance à la pulsation ω :

$$X = \sqrt{Ls/Cs} \cotg \omega \sqrt{Ls Cs}.$$

Valeur approximative aux fréquences basses :

$$X = \frac{1}{\omega Cs} + \frac{1}{3} \omega Ls.$$

L en H.
C en F.

La résonance a lieu pour $X = 0$,

$$\text{ou } \frac{\pi}{2} = \omega \sqrt{Ls Cs} \text{ ou } f = \frac{1}{4 \sqrt{Ls Cs}}.$$

D'où onde propre :

$$\lambda = \sqrt{Ls Cs}.$$

L en m.
C en μF .

Antenne chargée d'une self L à la base.

La nouvelle pulsation propre est donnée par

$$X_{\text{ant}} + XL = 0,$$

$$\text{où } \frac{L}{Ls} = \frac{\cotg \omega \sqrt{Ls Cs}}{\omega \sqrt{Ls Cs}} \text{ équ. trans.}$$

dont la solution approchée est

$$\lambda_m = 1885 \sqrt{Cs \left(L + \frac{Ls}{3} \right)}$$

L en μH .
C en μF .



Puissance rayonnée par l'antenne.

$$P = R_r I^2$$

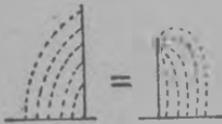
avec I = intensité au ventre
et R_r = résistance de rayonnement.

Hauteur effective H_e .

Définition : hauteur du centre de gravité des capacités réparties.

Pour l'antenne, en quart d'onde :

$$H_e = \frac{2}{\pi^2} \times \text{hauteur totale.}$$



$h_{\text{réel}}$

H_{eff}

Pour antenne en dipole (demi-onde), H_e est double.

Résistance de rayonnement.

Antenne quelconque :

$$R_r = 1600 \frac{H_e^2}{\lambda^3}$$

H en m.

Antenne en quart d'onde :

$$R_r = 40 \text{ ohms.}$$

Antenne en doublet :

$$R_r = 80 \text{ ohms.}$$

Cadre.

F. E. M. captée :

$$v = \frac{2 \pi SE}{\lambda}$$

V en volts.
S en m^2 .
 λ en m.
E = champ électrique.

LAMPES

Émission électronique par cm^2 de cathode à temp. absolue T.

$$I = A \sqrt{T} e^{-b/T}$$

T en deg.
I en A.

avec

| Filament | A | b |
|------------|--------------------|--------|
| Tungstène. | 2×10^{10} | 52.000 |
| Thorium. | 2×10^7 | 38.000 |
| Barium. | 2×10^8 | 20.000 |

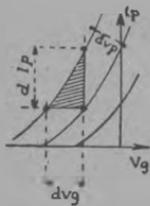
Loi de Stephan = énergie radiée par cm^2 à temp. absolue T .

$$W = KT^4.$$

Loi de la charge d'espace de Langmuir (filament longueur l , rayon r).

$$I = 0,0146 \frac{l}{r} Vp^3/2.$$

Caractéristiques d'une lampe.



$$\rho = \frac{d V_T}{d I_p} \text{ pour } V_g \text{ constant,}$$

$$K = \frac{d V_p}{d V_g} \text{ pour } I_p \text{ constant,}$$

$$S = \frac{d I_p}{d V_g} \text{ pour } V_p \text{ constant.}$$

l en cm.
 r en cm.
 V en V.
 I en A.

Formules des distorsions. — Soit une lampe réglée en un point de fonctionnement donné, où la pente est S . sa dérivée S' , sa dérivée seconde S'' , etc. Si on applique un signal :

$$V_g = V \sin \omega t,$$

un courant plaque :

$$I = S V \sin \omega t + \frac{1}{2} S' V^2 \sin^2 \omega t + \frac{1}{6} S'' V^3 \sin^3 \omega t.$$

Le premier terme donne l'amplification pure ;

Le second, l'harmonique 2 et la détection ;

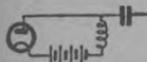
Le troisième, l'harmonique 3 et la cross-modulation.

I en mA.
 V en V.
 S en mA/V.

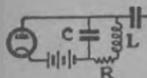
Formule du gain (avec triodes).



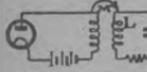
$$G = K \frac{R}{R + \rho} \text{ (ampli à résistance),}$$



$$G = K \frac{\omega L}{\sqrt{\rho^2 + \omega L^2}} \text{ (ampli à impédance),}$$



$$G = K \frac{L}{L + \rho CR} \text{ (ampli à circuit bouchon),}$$



$$G = K \frac{\omega^2 M}{\rho R + \omega^2 M^2} \text{ (ampli à transfo),}$$

ρ en Ω .
 R en Ω .
 C en F.
 L en H.
 M en H.

formules où ρ est la résistance interne de la lampe, M l'induction mutuelle, et R la résistance du bobinage.

Couplage optimum.

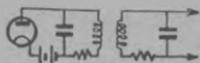
Dans un transfo à secondaire accordé, on doit avoir :

$$\omega^2 M^2 = \rho R \text{ ou } M = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{\rho R}.$$

Dans un transfo à deux côtés accordés, on a :

$$\omega^2 M^2 = R_1 R_2.$$

R_1 et R_2 étant les résistances des deux enroulements.
Si bobinages identiques



$$M = \frac{R}{2\pi f} \text{ ou } k = 1/Q,$$

k étant le coefficient de couplage optimum, et Q le facteur de puissance de la bobine ($Q = \omega L/R$).

R en Ω .
L en H.
M en H.

Largeur de bande.

Si deux circuits accordés sur une même fréquence F sont couplés à un coefficient K , on a deux bosses formant une bande à cheval sur F , et de largeur

$$f = 2 K F.$$

Si le couplage K est optimum, on a :

$$f = 2 F/Q,$$

Q étant le facteur de puissance des bobines.



Formule du gain avec une pentode.

$$G = S \omega L/1.000 \text{ (ampli à self);}$$

$$G = SL/1.000 \text{ Gr (ampli à bouchon);}$$

$$G = SH/1.000 \text{ CR (ampli à transfo).}$$

S en mA/V.
L en H.

Puissance modulée maxima d'une triode BF.

Si chargée à $R = R_0$ et polarisée à V volts :

$$P = \frac{1}{8} K S V^2.$$

Si chargée autrement, on a pour pente dynamique :

$$S' = S/(1 + N/\rho)$$

$$\text{et } P = \frac{1}{4} R S'^2 V^2.$$

P en mW.
S en mA/V.
V en V.

TABLES USUELLES

INDUCTION ET PERMÉABILITÉ DES FERS

ACIER DOUX

| Champ H | Induct. B | Perm. Mu | Champ H | Induct. B | Perm. Mu |
|---------|-----------|----------|---------|-----------|----------|
| 2,2 | 5.400 | 2.451 | 25,1 | 16.300 | 818 |
| 4,5 | 9.625 | 2.137 | 38 | 17.390 | 447 |
| 6 | 11.175 | 1.862 | 50 | 18.140 | 313 |
| 9 | 13.000 | 1.444 | 72 | 19.200 | 267 |
| 14 | 14.650 | 1.040 | 100 | 20.000 | 237 |

FONTE GRISE

| Champ H | Induct. B | Perm. Mu | Champ H | Induct. B | Perm. Mu |
|---------|-----------|----------|---------|-----------|----------|
| 5 | 4.000 | 800 | 80 | 8.000 | 100 |
| 10,5 | 4.000 | 500 | 127 | 9.000 | 71 |
| 21,5 | 6.000 | 279 | 180 | 10.000 | 53 |
| 42 | 7.000 | 166 | 292 | 11.000 | 37 |

CONSTANTES DIÉLECTRIQUES

| Corps | K | Corps | K | Corps | K |
|----------------|-----------|-----------------|---------|-----------------|-----|
| Air..... | 1 | Mica..... | 6 à 8 | Soufre..... | 3,5 |
| Alun..... | 6,4 | Papier sec.... | 1,5 | Laque | 3,5 |
| Bakélite | 5 à 7 | Pap. pr câbles | 4 | Acide acétique. | 6,5 |
| Cellulo | 4 | Paraffine | 2 à 2,3 | Esprit-de-vin.. | 25 |
| Caoutchouc .. | 2,2 | Pétrole sec.... | 2,1 | Esprit de bois. | 32 |
| Cristal | 5,8 à 7,6 | Porcelaine.... | 5,8 | Benzine pure.. | 2,3 |
| Ébonite | 2,9 | Stéatite | 6,5 | Glycérine..... | 56 |
| Fibre rouge.. | 2 | Quartz..... | 4,5 | Succin (ambre) | 2,8 |
| Marbre..... | 8,5 | Résine pure... | 2,6 | Huile de colza. | 3,1 |

COEFFICIENT DE NAGAOKA
en fonction du rapport diamètre sur longueur

| D/l | K | D/l | K | D/l | K | D/l | K |
|------|--------|------|-------|------|-------|-----|-------|
| 0 | 1,000 | 0,45 | 0,834 | 0,68 | 0,766 | 1,3 | 0,629 |
| 0,01 | 0,9957 | 0,5 | 0,818 | 0,7 | 0,761 | 1,4 | 0,611 |
| 0,02 | 0,9916 | 0,52 | 0,812 | 0,75 | 0,748 | 1,5 | 0,595 |
| 0,05 | 0,9791 | 0,54 | 0,806 | 0,80 | 0,735 | 1,6 | 0,579 |
| 0,1 | 0,9588 | 0,56 | 0,800 | 0,85 | 0,723 | 1,7 | 0,564 |
| 0,2 | 0,920 | 0,58 | 0,794 | 0,90 | 0,711 | 1,8 | 0,551 |
| 0,25 | 0,901 | 0,6 | 0,788 | 0,95 | 0,699 | 2 | 0,525 |
| 0,3 | 0,883 | 0,62 | 0,783 | 1,1 | 0,688 | 2,5 | 0,472 |
| 0,35 | 0,866 | 0,64 | 0,777 | 1,1 | 0,667 | 3 | 0,429 |
| 0,4 | 0,850 | 0,66 | 0,771 | 1,2 | 0,647 | 5 | 0,32 |

TABLE DES DÉPHASAGES

| φ | Tg φ | Cos | Sin φ | 1/cos φ | φ | Tg φ | Cos φ | Sin | 1/cos |
|-----------|--------------|-------|---------------|-----------------|-----------|--------------|---------------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 45° | 1 | 0,707 | 0,77 | 1,414 |
| 5° | 0,087 | 0,996 | 0,087 | 1,004 | 50° | 1,191 | 0,642 | 0,666 | 1,555 |
| 10° | 0,176 | 0,984 | 0,173 | 1,015 | 55° | 1,428 | 0,56 | 0,83 | 1,743 |
| 15° | 0,267 | 0,970 | 0,241 | 1,035 | 60° | 1,732 | 0,5 | 0,866 | 2,000 |
| 20° | 0,364 | 0,940 | 0,342 | 1,064 | 65° | 2,144 | 0,422 | 0,906 | 2,366 |
| 25° | 0,466 | 0,906 | 0,422 | 1,103 | 70° | 2,747 | 0,342 | 0,940 | 2,923 |
| 30° | 0,777 | 0,866 | 0,5 | 1,154 | 75° | 3,73 | 0,241 | 0,970 | 3,863 |
| 35° | 0,7 | 0,83 | 0,56 | 1,220 | 80° | 5,67 | 0,173 | 0,984 | 5,758 |
| 40° | 0,839 | 0,766 | 0,642 | 1,305 | 85° | 11,43 | 0,087 | 0,996 | 11,47 |
| 45° | 1 | 0,707 | 0,707 | 1,414 | 90° | Inf. | 0,000 | 1 | Inf. |

TABLE DE CORRESPONDANCE DES FILS
Diamètre en centièmes correspondant au numéro dans diverses jauges.

| Nos | Décimal français | Américain B et S | Old British B W G | Anglais S W G |
|-----|------------------|------------------|-------------------|---------------|
| 000 | 5 | 1.040 | 1.080 | 940 |
| 00 | 7 | 920 | 970 | 880 |
| 0 | 12 | 830 | 860 | 820 |
| 1 | 16 | 730 | 760 | 760 |
| 2 | 20 | 630 | 720 | 640 |
| 3 | 30 | 580 | 660 | 590 |
| 4 | 40 | 520 | 600 | 540 |
| 5 | 50 | 450 | 560 | 490 |
| 6 | 60 | 410 | 520 | 450 |
| 7 | 70 | 370 | 460 | 410 |
| 8 | 80 | 330 | 420 | 366 |
| 9 | 90 | 281 | 376 | 325 |
| 10 | 100 | 259 | 340 | 295 |
| 20 | 200 | 81 | 89 | 91 |
| 25 | 250 | 45 | 51 | 51 |
| 30 | 300 | 25 | 30 | 31 |
| 35 | 350 | 14 | 12 | 21 |
| 40 | 400 | 9 | | 12 |

TABLE DES FILS DE CUIVRE

| SECTION mm ² | DIA- MÈTRE mm. (fil nu). | COURANT ADMISSIBLE pour une densité par millimètre carré de | | | R OHMS au km. | KILOS par km. ou gram- mes par mètre (fil nu). | SPIRES PAR CENTIMÈTRE | |
|----------------------------|-----------------------------------|---|----------|--------|---------------------|---|--------------------------|----------------|
| | | 2 amp. | 2,5 amp. | 3 amp. | | | Émail. | 2 c. coton. |
| | | | | | | | | |
| 0,00196 | 0,05 | 0,004 | 0,005 | 0,006 | 9.000 | 0,018 | 130 | 55 |
| 0,0038 | 0,07 | 0,008 | 0,01 | 0,011 | 4.140 | 0,034 | 120 | 50 |
| 0,0050 | 0,08 | 0,01 | 0,013 | 0,015 | 3.170 | 0,045 | 110 | 45 |
| 0,0064 | 0,09 | 0,013 | 0,016 | 0,019 | 2.505 | 0,057 | 96 | 40 |
| 0,0078 | 0,10 | 0,016 | 0,02 | 0,024 | 2.029 | 0,070 | 86 | 36 |
| 0,0113 | 0,12 | 0,022 | 0,028 | 0,034 | 1.409 | 0,10 | 72 | 31 |
| 0,0177 | 0,15 | 0,035 | 0,045 | 0,053 | 901 | 0,16 | 57 | 28 |
| 0,0201 | 0,16 | 0,040 | 0,050 | 0,060 | 792 | 0,18 | 55 | 27,5 |
| 0,0254 | 0,18 | 0,051 | 0,063 | 0,076 | 700 | 0,23 | 49 | 26,5 |
| 0,0314 | 0,20 | 0,063 | 0,080 | 0,094 | 565 | 0,28 | 43 | 24 |
| 0,0380 | 0,22 | 0,076 | 0,095 | 0,114 | 465 | 0,34 | 39 | 23 |
| 0,0491 | 0,25 | 0,098 | 0,120 | 0,147 | 360 | 0,43 | 36 | 21,5 |
| 0,0616 | 0,28 | 0,123 | 0,154 | 0,184 | 285 | 0,55 | 33 | 20 |
| 0,0707 | 0,30 | 0,141 | 0,175 | 0,212 | 250 | 0,63 | 31 | 19,5 |
| 0,0884 | 0,32 | 0,161 | 0,201 | 0,241 | 215 | 0,72 | 29 | 19 |
| 0,0962 | 0,35 | 0,190 | 0,240 | 0,289 | 185 | 0,85 | 26 | 18 |
| 0,126 | 0,40 | 0,251 | 0,310 | 0,377 | 140 | 1,12 | 23 | 16,5 |
| 0,159 | 0,45 | 0,318 | 0,400 | 0,477 | 110 | 1,41 | 20 | 15 |
| 0,196 | 0,50 | 0,390 | 0,490 | 0,588 | 90 | 1,75 | 17 | 14 |
| 0,238 | 0,55 | 0,476 | 0,600 | 0,714 | 75 | 2,11 | 16 | 14 |
| 0,283 | 0,60 | 0,566 | 0,700 | 0,849 | 63 | 2,51 | 15 | 13 |
| 0,332 | 0,65 | 0,664 | 0,830 | 1 | 54 | 2,95 | 14 | 12 |
| 0,385 | 0,70 | 0,770 | 0,960 | 1,16 | 46 | 3,43 | 13 | 11 |
| 0,442 | 0,75 | 0,884 | 1,10 | 1,33 | 40 | 3,90 | 12,5 | 10,5 |
| 0,503 | 0,80 | 1,01 | 1,25 | 1,51 | 35 | 4,47 | 12 | 10 |
| 0,568 | 0,85 | 1,14 | 1,41 | 1,70 | 31 | 4,99 | 10,5 | 9,5 |
| 0,636 | 0,90 | 1,27 | 1,60 | 1,91 | 28 | 5,66 | 10 | 9 |
| 0,785 | 1 | 1,57 | 1,93 | 2,36 | 22 | 7 | 9,5 | 8,5 |
| 0,950 | 1,10 | 1,90 | 2,38 | 2,85 | 18 | 8,5 | 9 | 8 |
| 1,131 | 1,20 | 2,26 | 2,83 | 3,39 | 15,5 | 10 | 8 | 7 |
| 1,327 | 1,30 | 2,65 | 3,32 | 3,98 | 13 | 11,8 | 7,5 | 6,5 |
| 1,539 | 1,40 | 3,08 | 3,85 | 4,62 | 11,5 | 13,7 | 7 | 6 |
| 1,767 | 1,50 | 3,53 | 4,42 | 5,30 | 10 | 15,7 | 6,5 | 5,5 |
| 2,010 | 1,60 | 4,02 | 5,03 | 6,03 | 8,8 | 17,9 | 6 | 5 |
| 2,27 | 1,70 | 4,54 | 5,67 | 6,81 | 7,8 | 20,2 | 5,5 | 4,5 |
| 2,55 | 1,80 | 5,09 | 6,36 | 7,64 | 7 | 22,7 | 5 | 4 |
| 2,84 | 1,90 | 5,67 | 7,08 | 8,50 | 6,3 | 25,2 | 5 | 4 |
| 3,14 | 2 | 6,28 | 7,87 | 9,42 | 5,6 | 28 | 4,5 | 3,5 |

RÉSISTANCE SPÉCIFIQUE de quelques matériaux

Résistance à 0°, en ohms, d'un prisme de 1 centimètre carré de section
et 1 centimètre de longueur.

| | | | |
|---------------------|------------|---|----------------------|
| Argent recuit..... | 0,00000148 | Maillechort..... | 0,000025 |
| Cuivre recuit..... | 0,00000155 | Manganine..... | 0,000043 |
| Argent éroui..... | 0,00000157 | Mercure..... | 0,000094 |
| Cuivre éroui..... | 0,0000016 | Constantan..... | 0,000048 |
| Aluminium..... | 0,0000025 | Fer..... | 0,0000097 |
| Bronze siliceux.... | 0,0000026 | Bismuth..... | 0,000133 |
| Zinc..... | 0,0000056 | Charbon..... | 0,005 à 0,009 |
| Laiton..... | 0,0000069 | Verre sec..... | 70.000.000 |
| Platine..... | 0,000009 | Ébonite..... | 28 × 10 ⁹ |
| Bronze phosphoreux | 0,0000094 | Eau pure..... | 40 × 10 ⁹ |
| Nickel recuit..... | 0,000012 | H ² SO ⁴ à 10 p. 100, | |
| Platinoid..... | 0,000035 | à 18°..... | 2 |
| Étain..... | 0,000013 | Or..... | 0,000002 |
| Plomb..... | 0,000019 | Tungstène..... | 0,0000064 |

PERTES DANS LES DIÉLECTRIQUES

(d'après le Dr Rohde).

| | CONSTANTE diélectrique | ANGLE DE PERTE (tg δ × 10 ⁴) pour longueurs d'ondes de | | | | |
|------------------------------|---------------------------|---|------------|-------|--------|--------|
| | | 6 m. | 25 m. | 75 m. | 150 m. | 300 m. |
| | | | | | | |
| CÉRAMIQUES | | | | | | |
| Calan..... | 6,6 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,9 | 3,2 |
| Trequenta D..... | 5,6 | < 2 | < 2 | 2 | 3 | 4 |
| Porcelaine..... | 5,4 | 85 | 65 | 60 | 48 | 55 |
| Stéatite..... | 6,5 | 15 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Ultra-calan..... | 7,1 | 1,1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ISOLANTS COURANTS | | | | | | |
| Bakélite..... | 2,8 | 260 | 220 | 210 | 190 | 160 |
| Celluloid..... | 3,3 | | 480 | 490 | 500 | |
| Ébonite..... | 3 | 53 | 56 | 60 | 62 | 64 |
| Fibre vulcanisée... | 4,1 | 1.000 | 750 | 400 | 320 | 280 |
| Matière moulée.... | 2,9 | | 180 | 170 | | |
| Mica..... | 7 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,7 |
| Papier bakélinisé... | 5,4 | 1.000 | 750 | 400 | 320 | 280 |
| Presspahn..... | 3,4 | | 580 | 370 | 280 | 240 |
| Quartz transparent. | 4,7 | 1,1 | 1,1 | 1 | 1 | 1 |
| Quartz fondu..... | 4,2 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 1,8 |
| Trolitul..... | 2,2 | 7 | 5,8 | 5,6 | 5,5 | 3,9 |
| Verre courant..... | 7,5 | | de 35 à 75 | | | |

VALEUR DES CONDENSATEURS

| POSITION | VALEUR MOYENNE | SI PLUS FAIBLE : | SI PLUS FORT : |
|---|------------------------------|--|---|
| Accord ou oscillatrice..... — en O. C. | max. 600 cm. max. 200 cm. | Bande trop étroite. id. | Séparation difficile. id. |
| Moyenne fréquence..... | 100 à 300 cm. | Trop sensible au désaccord. Faible puissance. | Sélectivité amoindrie. Faible sélectivité. |
| Couplage d'antenne..... | 50 cm. | id. | id. |
| Antenne secteur, tous courants..... | 100 à 200 cm. | id. | Inutile. |
| Isolation à la terre, tous courants..... | 0,1 MF | Réaction moins sûre. | Réglage plus difficile. |
| Réaction..... | 250 cm. | id. | id. |
| — en O. C. | max. 100 cm. | Puissance plus faible. | Sélectivité plus faible. |
| Détection grille..... | 100 à 250 cm. | Tendance accrochage. | Inutile. |
| By-pass R de polar. HF..... | 0,1 MF. | id. | id. |
| — BF..... | 25 MF. | id. | id. |
| Découplage-grille HF, MF..... | 0,05 à 0,1 MF. | id. | id. |
| — BF..... | 0,5 à 1 MF. | id. | id. |
| Découplage écran HF, MF..... | 0,1 MF. | id. | id. |
| — BF..... | 0,5 à 4 MF. | id. | id. |
| Découplage anode HF, MF..... | 0,1 à 1 MF. | id. | id. |
| — BF..... | 0,5 à 8 MF. | id. | id. |
| Couplage étage BF..... | 5.000 à 10.000 cm. | Les basses tombent. | Trop cher. |
| HF..... | 100 à 300 cm. | Perte de puissance. | Inutile. |
| Contrôleur de tonalité..... | 25.000 cm. à 0,2 MF. | Effet insuffisant. | Les aiguës tombent trop. |
| By-pass d'anode: Détection grille..... | 100 à 2.000 cm. | | |
| Courbure plaque..... | 100 à 200 cm. | | |
| Électrolytiques de filtrage..... | 2 à 16 MF. | | |
| Filtre passe-bande: Passe-bas..... | 0,01 à 0,05 MF. | | |
| Passe-haut..... | 0,5 à 2 MF. | | |
| By-pass R de charge de diode..... | 100 à 300 cm. | | |
| Condensateur de ligne, deuxième haut-parleur..... | 0,5 à 2 MF. | Puissance moindre, perte des basses. | Inutile. |

VALEUR DES RÉSISTANCES

| FONCTION | POSITION | VALEUR MOYENNE |
|---------------------------------|-------------------------|--------------------|
| Résistance de polarisation..... | Pentode HF. | 50 à 500 Ω |
| — — | Triode BF. | 500 à 2.000 Ω |
| — — | Triode de sortie. | 500 à 1.000 Ω |
| — — | Pentode de sortie. | 100 à 500 Ω |
| — — | Déetectrice à courbure. | 2.000 à 10.000 Ω |
| Découplage de grille..... | HF ou MF. | 20.000 à 500.000 Ω |
| — — | BF. | 50.000 à 250.000 Ω |
| Découplage écran | HF ou MF. | 100 à 1.000 Ω |
| — — | BF. | jusqu'à 10.000 Ω |
| Découplage anode | HF ou MF. | 500 à 10.000 Ω |
| — — | BF. | 5.000 à 100.000 Ω |
| Couplage anodique BF..... | BF. | 10.000 à 100.000 Ω |
| Résistance de fuite de grille.. | HF ou MF. | 1 à 2 M Ω. |
| — — | Détection grille. | 0,1 à 5 M Ω. |
| — — | BF. | 0,1 à 1 M Ω. |
| Résistance de charge de diode. | Détection. | 0,1 à 0,5 M Ω. |
| Volume-contrôle..... | BF. | 0,1 à 1 M Ω. |

CODES DE COULEURS DES RÉSISTANCES ET CAPACITÉS

Pour faciliter leur lecture au sein des câblages compliqués, beaucoup de résistances et de capacité portent, au lieu de l'indication de leur valeur en chiffres, des taches de couleurs répondant à un code. Il y a dix couleurs, représentant chacune un chiffre de 0 à 9. Ce sont :

| | | | |
|--------------|---|-------------|---|
| Noir..... | 0 | Vert..... | 5 |
| Brun | 1 | Bleu..... | 6 |
| Rouge..... | 2 | Violet..... | 7 |
| Orange | 3 | Gris..... | 8 |
| Jaune | 4 | Blanc..... | 9 |

Ces dix couleurs sont utilisés de deux manières différentes, suivant la provenance.

● En Europe, on lit d'abord la couleur générale du corps de la résistance ou du condensateur, puis la couleur différente d'un de ses bouts, puis la couleur différente de la tache ou de la bande centrale. Le corps donne le premier chiffre, le bout donne le second, et la tache centrale donne le nombre de zéros qu'il faut écrire à la suite.

Exemple : corps rouge = 2 ; bout vert = 5 ; tache ou bande centrale jaune = 4 zéros. Total : 250.000 ohms.

Pour les capacités, c'est la même chose, sinon qu'on lit ainsi la capacité en micro-microfarads ($\mu\mu F$).

Exemple : un condensateur de 0,075 microfarads (autrement dit 75.000 μF) aura le corps violet, le bout vert et un centre orange.

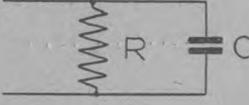
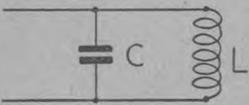
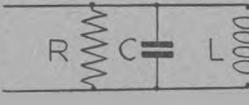
Comme le micro-microfarad est sensiblement égal à un centimètre-capacité, la même notation indique aussi le nombre de centimètres. L'erreur n'est pas supérieure à la tolérance d'étalonnage de 10 p. 100.

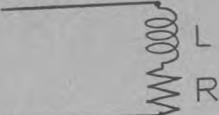
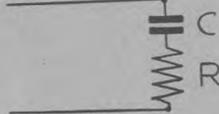
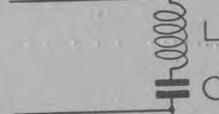
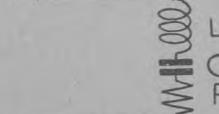
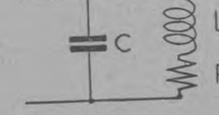
● En Amérique, le corps porte simplement des points de couleur sous la marque, et le code des couleurs est le même. Le premier point indique le premier chiffre à écrire, le second point donne le second chiffre, le troisième point donne le nombre de zéros à écrire à la suite pour obtenir, par lecture totale, la résistance en ohms ou la capacité en micro-microfarads. Si le nombre à indiquer comporte trois chiffres significatifs (par exemple, 175.000 ohms), les deux premiers points représentent les deux premiers chiffres, et le troisième point n'est pas coloré, souvent même il n'existe pas. De l'autre côté du corps, deux autres points sont marqués : celui de gauche représente le troisième chiffre, celui de droite donne le nombre de zéros.

● Enfin, signalons le système allemand, moins répandu dans les appareils existant en France, mais qui présente l'avantage d'écrire même les unités des grandes résistances et des capacités importantes. La valeur est indiquée par un à six traits de couleurs différentes, ou d'anneaux de couleur, suivant le tableau ci-dessous (chaque trait correspondant à une colonne).

| COULEURS | OHMS ou MICRO-MICROFARADS | | | | | |
|---------------|---------------------------|----|-----|-------|--------|---------|
| | | | | | | |
| Blanc..... | | 10 | 100 | 1.000 | 10.000 | 100.000 |
| Bleu pâle.... | | 15 | 150 | 1.500 | 15.000 | 150.000 |
| Rouge..... | | 20 | 200 | 2.000 | 20.000 | 200.000 |
| Brun..... | | 25 | 250 | 2.500 | 25.000 | 250.000 |
| Orange..... | | 30 | 300 | 3.000 | 30.000 | 300.000 |
| Jaune..... | | 35 | 350 | 3.500 | 35.000 | 350.000 |
| Vert..... | 5 | 50 | 500 | 5.000 | 50.000 | 500.000 |
| Bleu foncé... | 6 | 60 | 600 | 6.000 | 60.000 | 600.000 |
| Violet..... | 7 | 70 | 700 | 7.000 | 70.000 | 700.000 |
| Rose..... | 8 | 80 | 800 | 8.000 | 80.000 | 800.000 |
| Argent..... | 9 | 90 | 900 | 9.000 | 90.000 | 900.000 |

IMPÉDANCE ET DÉPHASAGE des circuits usuels.

| CIRCUIT | IMPÉDANCE ÉQUIVALENTE | DÉPHASAGE |
|---|--|--|
|  | $Z = \frac{L\omega R}{\sqrt{L^2 \omega^2 + R^2}}$ | $\operatorname{tg} \varphi = \frac{R}{L\omega}$ |
|  | $Z = \frac{R}{\sqrt{1 + R^2 C^2 \omega^2}}$ | $\operatorname{tg} \varphi = -RC\omega$ |
|  | $Z = \frac{L\omega}{LC\omega^2 - 1}$ | $\operatorname{tg} \varphi = -\frac{L}{C} \frac{1}{L\omega - \frac{1}{C\omega}}$ |
|  | $Z = \frac{RL}{C \sqrt{\frac{L^2}{C^2} + R^2 \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2}}$ | $\operatorname{tg} \varphi = -\frac{CR}{L} \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)$ |

| | | |
|---|---|---|
|  | $Z = \sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}$ | $\operatorname{tg} \varphi = \frac{L\omega}{R}$ |
|  | $Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{C^2 \omega^2}}$ | $\operatorname{tg} \varphi = -\frac{1}{RC\omega}$ |
|  | $Z = L\omega - \frac{1}{C\omega}$ | $\operatorname{tg} \varphi = L\omega - \frac{1}{C\omega}$ |
|  | $Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2}$ | $\operatorname{tg} \varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}$ |
|  | $Z = \frac{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}}{C\omega \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2}}$ | $\operatorname{tg} \varphi = \frac{LC\omega^2 \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right) + R^2}{R}$ |

Carrés, cubes, racines carrées, Inverses, circonférences, surface des cercles et logarithmes des nombres « n » de 1 à 100.

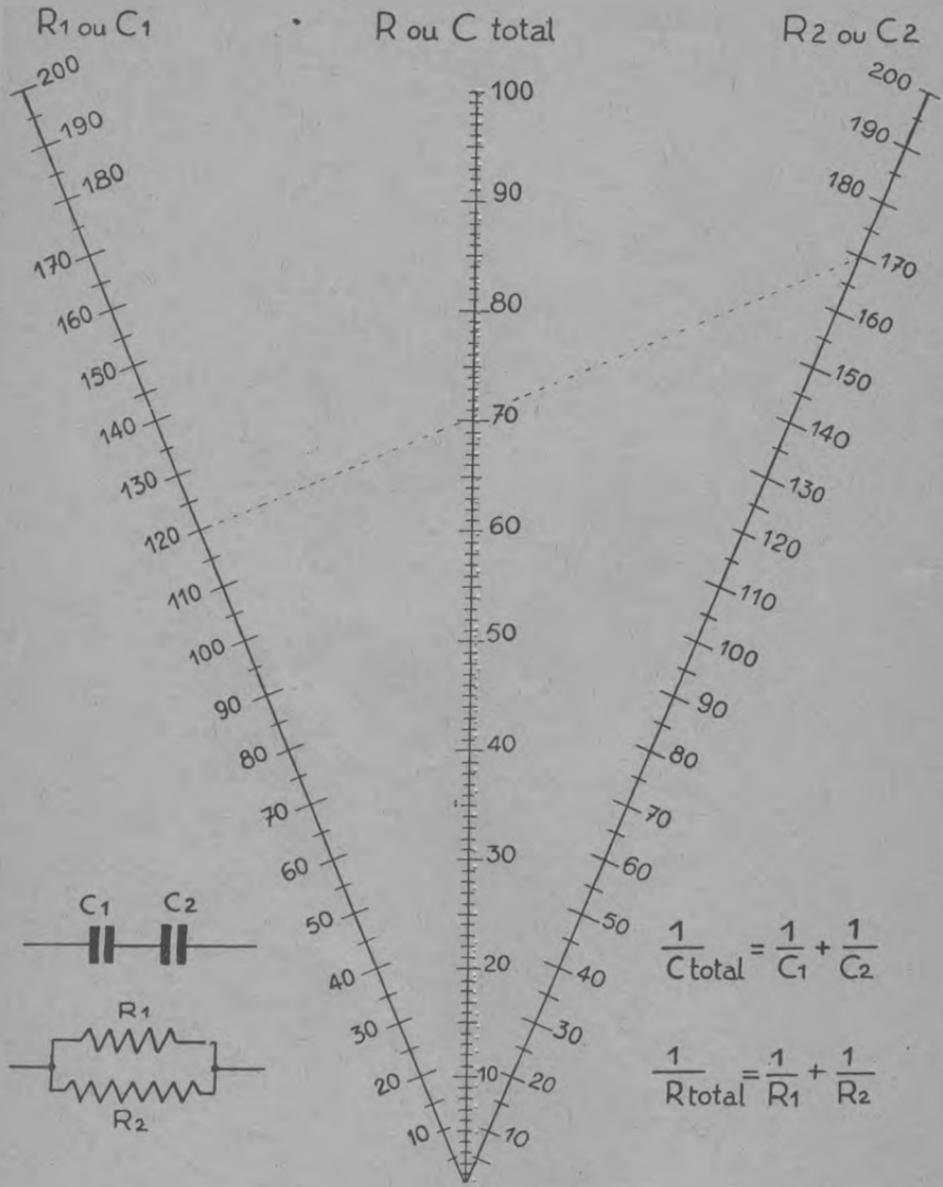
| n | n ² | n ³ | \sqrt{n} | $\frac{1}{n}$ | πn | $\frac{\pi n^2}{4}$ | Log n |
|----|----------------|----------------|------------|---------------|---------|---------------------|--------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1,0000 | 3,142 | 0,7854 | 0,0000 |
| 2 | 4 | 8 | 1,4142 | 0,5000 | 6,283 | 3,1416 | 0,3010 |
| 3 | 9 | 27 | 1,7321 | 0,3333 | 9,426 | 7,0686 | 0,4771 |
| 4 | 16 | 64 | 2,0000 | 0,2500 | 12,566 | 12,5664 | 0,6021 |
| 5 | 25 | 125 | 2,2361 | 0,2000 | 15,708 | 19,6350 | 0,6990 |
| 6 | 36 | 216 | 2,4495 | 0,1666 | 18,850 | 28,2743 | 0,7781 |
| 7 | 49 | 343 | 2,6458 | 0,1428 | 21,991 | 38,4845 | 0,8451 |
| 8 | 64 | 512 | 2,8284 | 0,1250 | 25,133 | 50,2655 | 0,9031 |
| 9 | 81 | 729 | 3,0000 | 0,1111 | 28,274 | 63,6173 | 0,9542 |
| 10 | 100 | 1.000 | 3,1623 | 0,1000 | 31,416 | 78,5398 | 1,0000 |
| 11 | 121 | 1.331 | 3,3166 | 0,0909 | 34,558 | 95,0332 | 1,0414 |
| 12 | 144 | 1.728 | 3,4641 | 0,0833 | 37,699 | 113,097 | 1,0792 |
| 13 | 169 | 2.197 | 3,6056 | 0,0769 | 40,841 | 132,732 | 1,1139 |
| 14 | 196 | 2.744 | 3,7417 | 0,0714 | 43,982 | 153,938 | 1,1461 |
| 15 | 225 | 3.375 | 3,8730 | 0,0666 | 47,124 | 176,715 | 1,1761 |
| 16 | 256 | 4.096 | 4,0000 | 0,0625 | 50,265 | 201,062 | 1,2041 |
| 17 | 289 | 4.913 | 4,1231 | 0,0588 | 53,407 | 226,980 | 1,2304 |
| 18 | 324 | 5.832 | 4,2426 | 0,0556 | 56,549 | 254,469 | 1,2553 |
| 19 | 361 | 6.859 | 4,3589 | 0,0526 | 59,690 | 283,529 | 1,2788 |
| 20 | 400 | 8.000 | 4,4721 | 0,0500 | 62,832 | 314,159 | 1,3010 |
| 21 | 441 | 9.261 | 4,5826 | 0,0476 | 65,973 | 346,361 | 1,3222 |
| 22 | 484 | 10.648 | 4,6904 | 0,0454 | 69,115 | 380,133 | 1,3424 |
| 23 | 529 | 12.167 | 4,7958 | 0,0434 | 72,257 | 415,476 | 1,3617 |
| 24 | 576 | 13.824 | 4,8990 | 0,0416 | 75,398 | 452,389 | 1,3802 |
| 25 | 625 | 15.625 | 5,0000 | 0,0400 | 78,540 | 490,874 | 1,3979 |
| 26 | 676 | 17.576 | 5,0990 | 0,0384 | 81,681 | 530,929 | 1,4150 |
| 27 | 729 | 19.683 | 5,1962 | 0,0370 | 84,823 | 572,555 | 1,4314 |
| 28 | 784 | 21.952 | 5,2916 | 0,0357 | 87,965 | 615,752 | 1,4472 |
| 29 | 841 | 24.389 | 5,3852 | 0,0344 | 91,106 | 660,520 | 1,4624 |
| 30 | 900 | 27.000 | 5,4772 | 0,0333 | 94,248 | 706,858 | 1,4771 |
| 31 | 961 | 29.791 | 5,5678 | 0,0322 | 97,389 | 754,768 | 1,4914 |
| 32 | 1.024 | 32.768 | 5,6569 | 0,0312 | 100,531 | 804,248 | 1,5051 |
| 33 | 1.089 | 35.937 | 5,7446 | 0,0303 | 103,673 | 855,299 | 1,5185 |
| 34 | 1.156 | 39.304 | 5,8310 | 0,0294 | 106,814 | 907,920 | 1,5315 |
| 35 | 1.225 | 42.875 | 5,9161 | 0,0285 | 109,956 | 962,113 | 1,5441 |
| 36 | 1.296 | 46.656 | 6,0000 | 0,0278 | 113,097 | 1.017,88 | 1,5563 |
| 37 | 1.369 | 50.653 | 6,0828 | 0,0270 | 116,239 | 1.075,21 | 1,5682 |
| 38 | 1.444 | 54.872 | 6,1644 | 0,0263 | 119,381 | 1.134,11 | 1,5798 |
| 39 | 1.521 | 59.319 | 6,2449 | 0,0256 | 122,522 | 1.194,59 | 1,5911 |
| 40 | 1.600 | 64.000 | 6,3240 | 0,0250 | 125,66 | 1.256,64 | 1,6021 |
| 41 | 1.681 | 68.921 | 6,4031 | 0,0247 | 128,81 | 1.320,25 | 1,6128 |
| 42 | 1.764 | 74.088 | 6,4807 | 0,0240 | 131,95 | 1.385,44 | 1,6232 |
| 43 | 1.849 | 79.507 | 6,5574 | 0,0233 | 135,09 | 1.452,20 | 1,6335 |
| 44 | 1.936 | 85.184 | 6,6332 | 0,0226 | 138,23 | 1.520,53 | 1,6434 |
| 45 | 2.025 | 91.125 | 6,7082 | 0,0220 | 141,37 | 1.590,43 | 1,6532 |
| 46 | 2.116 | 97.336 | 6,7823 | 0,0214 | 144,51 | 1.661,90 | 1,6628 |
| 47 | 2.209 | 103.823 | 6,8557 | 0,0208 | 147,65 | 1.734,94 | 1,6721 |
| 48 | 2.304 | 110.592 | 6,9282 | 0,0202 | 150,80 | 1.809,56 | 1,6812 |
| 49 | 2.401 | 117.649 | 7,0000 | 0,0196 | 153,94 | 1.885,74 | 1,6902 |
| 50 | 2.500 | 125.000 | 7,0711 | 0,0192 | 157,08 | 1.963,50 | 1,6990 |

| n | n ² | n ³ | \sqrt{n} | $\frac{1}{n}$ | πn | $\frac{\pi n^2}{4}$ | Log n |
|-----|----------------|----------------|------------|---------------|---------|---------------------|--------|
| 51 | 2.601 | 132.651 | 7,1414 | 0,0217 | 160,22 | 2.042,82 | 1,7076 |
| 52 | 2.704 | 140.608 | 7,2111 | 0,0212 | 163,36 | 2.123,72 | 1,7160 |
| 53 | 2.809 | 148.877 | 7,2801 | 0,0208 | 166,50 | 2.206,18 | 1,7243 |
| 54 | 2.916 | 157.464 | 7,3485 | 0,0204 | 169,65 | 2.290,22 | 1,7324 |
| 55 | 3.025 | 166.375 | 7,4162 | 0,0200 | 172,79 | 2.375,83 | 1,7404 |
| 56 | 3.136 | 175.616 | 7,4833 | 0,0196 | 175,93 | 2.463,01 | 1,7482 |
| 57 | 3.249 | 185.193 | 7,5498 | 0,0192 | 179,07 | 2.551,76 | 1,7559 |
| 58 | 3.364 | 195.112 | 7,6158 | 0,0188 | 182,21 | 2.642,08 | 1,7634 |
| 59 | 3.481 | 205.379 | 7,6811 | 0,0185 | 185,35 | 2.733,97 | 1,7708 |
| 60 | 3.600 | 216.000 | 7,7460 | 0,0181 | 188,50 | 2.827,43 | 1,7781 |
| 61 | 3.721 | 226.981 | 7,8102 | 0,0164 | 191,64 | 2.922,47 | 1,7853 |
| 62 | 3.844 | 238.328 | 7,8740 | 0,0161 | 194,68 | 3.019,07 | 1,7924 |
| 63 | 3.969 | 250.047 | 7,9373 | 0,0158 | 197,92 | 3.117,25 | 1,7993 |
| 64 | 4.096 | 262.144 | 8,0000 | 0,0156 | 201,06 | 3.216,99 | 1,8062 |
| 65 | 4.225 | 274.625 | 8,0623 | 0,0154 | 204,20 | 3.318,31 | 1,8129 |
| 66 | 4.356 | 287.496 | 8,1240 | 0,0151 | 207,35 | 3.421,19 | 1,8195 |
| 67 | 4.489 | 300.763 | 8,1854 | 0,0149 | 210,49 | 3.525,65 | 1,8261 |
| 68 | 4.624 | 314.432 | 8,2462 | 0,0147 | 213,63 | 3.631,68 | 1,8325 |
| 69 | 4.761 | 328.509 | 8,3066 | 0,0145 | 216,77 | 3.739,28 | 1,8388 |
| 70 | 4.900 | 343.000 | 8,3666 | 0,0143 | 219,91 | 3.848,45 | 1,8451 |
| 71 | 5.041 | 357.911 | 8,4261 | 0,0141 | 223,05 | 3.959,19 | 1,8513 |
| 72 | 5.184 | 373.248 | 8,4853 | 0,0139 | 226,19 | 4.071,50 | 1,8573 |
| 73 | 5.329 | 389.017 | 8,5440 | 0,0137 | 229,34 | 4.185,39 | 1,8633 |
| 74 | 5.476 | 405.224 | 8,6023 | 0,0135 | 232,48 | 4.300,84 | 1,8692 |
| 75 | 5.625 | 421.875 | 8,6603 | 0,0133 | 235,62 | 4.417,86 | 1,8751 |
| 76 | 5.776 | 438.976 | 8,7178 | 0,0131 | 238,76 | 4.536,46 | 1,8808 |
| 77 | 5.929 | 456.533 | 8,7750 | 0,0130 | 241,90 | 4.656,63 | 1,8865 |
| 78 | 6.084 | 474.552 | 8,8318 | 0,0128 | 245,04 | 4.778,36 | 1,8921 |
| 79 | 6.241 | 493.039 | 8,8882 | 0,0126 | 248,19 | 4.901,67 | 1,8976 |
| 80 | 6.400 | 512.000 | 8,9443 | 0,0125 | 251,33 | 5.026,55 | 1,9031 |
| 81 | 6.561 | 531.441 | 9,0000 | 0,0123 | 254,47 | 5.153,00 | 1,9085 |
| 82 | 6.724 | 551.368 | 9,0554 | 0,0122 | 257,61 | 5.281,02 | 1,9138 |
| 83 | 6.889 | 571.787 | 9,1104 | 0,0120 | 260,75 | 5.410,61 | 1,9191 |
| 84 | 7.056 | 592.704 | 9,1652 | 0,0119 | 263,89 | 5.541,77 | 1,9243 |
| 85 | 7.225 | 614.125 | 9,2195 | 0,0117 | 267,04 | 5.674,50 | 1,9294 |
| 86 | 7.396 | 636.056 | 9,2736 | 0,0116 | 270,18 | 5.808,80 | 1,9345 |
| 87 | 7.569 | 658.503 | 9,3274 | 0,0115 | 273,32 | 5.944,68 | 1,9395 |
| 88 | 7.744 | 681.472 | 9,3808 | 0,0114 | 276,46 | 6.082,12 | 1,9445 |
| 89 | 7.921 | 704.969 | 9,4340 | 0,0112 | 279,60 | 6.221,14 | 1,9494 |
| 90 | 8.100 | 729.000 | 9,4868 | 0,0111 | 282,74 | 6.361,73 | 1,9542 |
| 91 | 8.281 | 753.571 | 9,5394 | 0,0110 | 285,88 | 6.503,88 | 1,9590 |
| 92 | 8.464 | 778.688 | 9,5917 | 0,0109 | 289,03 | 6.647,61 | 1,9638 |
| 93 | 8.649 | 804.357 | 9,6437 | 0,0108 | 292,17 | 6.792,91 | 1,9685 |
| 94 | 8.836 | 830.584 | 9,6954 | 0,0106 | 295,31 | 6.939,78 | 1,9731 |
| 95 | 9.025 | 857.375 | 9,7468 | 0,0105 | 298,45 | 7.088,22 | 1,9777 |
| 96 | 9.216 | 884.736 | 9,7980 | 0,0104 | 301,59 | 7.238,23 | 1,9823 |
| 97 | 9.409 | 912.673 | 9,8489 | 0,0103 | 304,73 | 7.389,81 | 1,9868 |
| 98 | 9.604 | 941.192 | 9,8995 | 0,0102 | 307,88 | 7.542,96 | 1,9912 |
| 99 | 9.801 | 970.299 | 9,9499 | 0,0101 | 311,02 | 7.697,69 | 1,9956 |
| 100 | 10.000 | 1.000.000 | 10,0000 | 0,0100 | 314,16 | 7.853,99 | 2,0000 |

Sinus, cosinus, cosinus carrés, cosinus cubes
et tangentes des angles de 0 à 90°.

| a° | $\sin a$ | $\cos a$ | $\cos^2 a$ | $\cos^3 a$ | $\operatorname{tg} a$ |
|-----------|----------|----------|------------|------------|-----------------------|
| 0 | 0,0000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,0000 |
| 1 | 0,0175 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,0174 |
| 2 | 0,0349 | 0,999 | 0,999 | 0,998 | 0,0349 |
| 3 | 0,0523 | 0,999 | 0,997 | 0,996 | 0,0524 |
| 4 | 0,0698 | 0,998 | 0,995 | 0,993 | 0,699 |
| 5 | 0,0872 | 0,996 | 0,992 | 0,989 | 0,0874 |
| 6 | 0,105 | 0,995 | 0,989 | 0,984 | 0,1051 |
| 7 | 0,122 | 0,993 | 0,985 | 0,978 | 0,1227 |
| 8 | 0,139 | 0,990 | 0,981 | 0,971 | 0,1405 |
| 9 | 0,156 | 0,988 | 0,976 | 0,964 | 0,1583 |
| 10 | 0,174 | 0,985 | 0,970 | 0,955 | 0,1763 |
| 11 | 0,191 | 0,982 | 0,964 | 0,946 | 0,1943 |
| 12 | 0,208 | 0,978 | 0,957 | 0,936 | 0,2125 |
| 13 | 0,225 | 0,974 | 0,949 | 0,925 | 0,2308 |
| 14 | 0,242 | 0,970 | 0,941 | 0,913 | 0,2493 |
| 15 | 0,259 | 0,966 | 0,933 | 0,901 | 0,2679 |
| 16 | 0,276 | 0,961 | 0,924 | 0,888 | 0,2867 |
| 17 | 0,292 | 0,956 | 0,915 | 0,875 | 0,3057 |
| 18 | 0,309 | 0,951 | 0,905 | 0,860 | 0,3249 |
| 19 | 0,326 | 0,946 | 0,894 | 0,845 | 0,3443 |
| 20 | 0,342 | 0,940 | 0,883 | 0,830 | 0,3639 |
| 21 | 0,358 | 0,934 | 0,872 | 0,814 | 0,3838 |
| 22 | 0,375 | 0,927 | 0,860 | 0,797 | 0,4040 |
| 23 | 0,391 | 0,921 | 0,847 | 0,780 | 0,4244 |
| 24 | 0,407 | 0,914 | 0,835 | 0,762 | 0,4452 |
| 25 | 0,423 | 0,906 | 0,821 | 0,744 | 0,4663 |
| 26 | 0,438 | 0,899 | 0,808 | 0,726 | 0,4877 |
| 27 | 0,454 | 0,891 | 0,794 | 0,707 | 0,5095 |
| 28 | 0,470 | 0,883 | 0,780 | 0,688 | 0,5317 |
| 29 | 0,485 | 0,875 | 0,765 | 0,669 | 0,5543 |
| 30 | 0,500 | 0,866 | 0,750 | 0,650 | 0,5773 |
| 31 | 0,515 | 0,857 | 0,735 | 0,630 | 0,6008 |
| 32 | 0,530 | 0,848 | 0,719 | 0,610 | 0,6248 |
| 33 | 0,545 | 0,839 | 0,703 | 0,590 | 0,6494 |
| 34 | 0,559 | 0,829 | 0,687 | 0,570 | 0,6745 |
| 35 | 0,574 | 0,819 | 0,671 | 0,550 | 0,7002 |
| 36 | 0,588 | 0,809 | 0,655 | 0,530 | 0,7265 |
| 37 | 0,602 | 0,799 | 0,638 | 0,509 | 0,7535 |
| 38 | 0,616 | 0,788 | 0,621 | 0,489 | 0,7812 |
| 39 | 0,629 | 0,777 | 0,604 | 0,469 | 0,8097 |
| 40 | 0,643 | 0,766 | 0,587 | 0,450 | 0,8391 |
| 41 | 0,656 | 0,755 | 0,570 | 0,430 | 0,8692 |
| 42 | 0,669 | 0,743 | 0,552 | 0,410 | 0,9004 |
| 43 | 0,682 | 0,731 | 0,535 | 0,391 | 0,9325 |

| a° | $\sin a$ | $\cos a$ | $\cos^2 a$ | $\cos^3 a$ | $\operatorname{tg} a$ |
|-----------|----------|----------|------------|------------|-----------------------|
| 44 | 0,695 | 0,719 | 0,517 | 0,372 | 0,9656 |
| 45 | 0,707 | 0,707 | 0,500 | 0,354 | 1,0000 |
| 46 | 0,719 | 0,695 | 0,483 | 0,335 | 1,035 |
| 47 | 0,731 | 0,682 | 0,465 | 0,317 | 1,072 |
| 48 | 0,743 | 0,669 | 0,448 | 0,300 | 1,110 |
| 49 | 0,755 | 0,656 | 0,430 | 0,282 | 1,150 |
| 50 | 0,766 | 0,643 | 0,413 | 0,266 | 1,191 |
| 51 | 0,777 | 0,629 | 0,396 | 0,249 | 1,234 |
| 52 | 0,788 | 0,616 | 0,379 | 0,233 | 1,279 |
| 53 | 0,799 | 0,602 | 0,362 | 0,218 | 1,327 |
| 54 | 0,809 | 0,588 | 0,345 | 0,203 | 1,376 |
| 55 | 0,819 | 0,574 | 0,329 | 0,189 | 1,428 |
| 56 | 0,829 | 0,559 | 0,313 | 0,175 | 1,482 |
| 57 | 0,839 | 0,545 | 0,297 | 0,162 | 1,539 |
| 58 | 0,848 | 0,530 | 0,281 | 0,149 | 1,600 |
| 59 | 0,857 | 0,515 | 0,265 | 0,137 | 1,664 |
| 60 | 0,866 | 0,500 | 0,250 | 0,125 | 1,732 |
| 61 | 0,875 | 0,485 | 0,235 | 0,114 | 1,804 |
| 62 | 0,883 | 0,470 | 0,220 | 0,103 | 1,880 |
| 63 | 0,891 | 0,454 | 0,206 | 0,0936 | 1,962 |
| 64 | 0,899 | 0,438 | 0,192 | 0,0842 | 2,050 |
| 65 | 0,906 | 0,423 | 0,179 | 0,0755 | 2,144 |
| 66 | 0,914 | 0,407 | 0,165 | 0,0673 | 2,246 |
| 67 | 0,921 | 0,391 | 0,153 | 0,0597 | 2,355 |
| 68 | 0,927 | 0,375 | 0,140 | 0,0526 | 2,475 |
| 69 | 0,934 | 0,358 | 0,128 | 0,0460 | 2,605 |
| 70 | 0,940 | 0,342 | 0,117 | 0,0400 | 2,747 |
| 71 | 0,946 | 0,326 | 0,106 | 0,0347 | 2,904 |
| 72 | 0,951 | 0,309 | 0,0955 | 0,0295 | 3,077 |
| 73 | 0,956 | 0,292 | 0,0855 | 0,0250 | 3,270 |
| 74 | 0,961 | 0,276 | 0,0762 | 0,0211 | 3,487 |
| 75 | 0,966 | 0,259 | 0,0670 | 0,0173 | 3,732 |
| 76 | 0,970 | 0,242 | 0,0585 | 0,0142 | 4,010 |
| 77 | 0,974 | 0,225 | 0,0506 | 0,0114 | 4,331 |
| 78 | 0,978 | 0,208 | 0,0432 | 0,0090 | 4,704 |
| 79 | 0,982 | 0,191 | 0,0364 | 0,0070 | 5,144 |
| 80 | 0,985 | 0,174 | 0,0302 | 0,0052 | 5,671 |
| 81 | 0,988 | 0,156 | 0,0245 | 0,0038 | 6,313 |
| 82 | 0,990 | 0,139 | 0,0194 | 0,0027 | 7,115 |
| 83 | 0,993 | 0,122 | 0,0149 | 0,0018 | 8,144 |
| 84 | 0,995 | 0,105 | 0,0109 | 0,0011 | 9,514 |
| 85 | 0,996 | 0,0872 | 0,0076 | 0,0007 | 11,43 |
| 86 | 0,9976 | 0,0698 | 0,0048 | 0,0003 | 14,30 |
| 87 | 0,9986 | 0,0523 | 0,0027 | 0,0001 | 19,08 |
| 88 | 0,9993 | 0,0349 | 0,0012 | 0,0000 | 28,63 |
| 89 | 0,9998 | 0,0175 | 0,0003 | 0,0000 | 57,28 |
| 90 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | Infini |



LES ABAQUES UTILES

Abaque n° 1.

CAPACITÉS EN SÉRIE

Résistances en parallèle.

Mode d'emploi. — Réunir par une droite les valeurs des deux résistances ou capacités, lues sur les deux échelles obliques. Le trait coupe l'échelle centrale à la résistance ou la capacité résultantes.

1. Soit une capacité de 120 centimètres mise en série avec une capacité de 170 centimètres. Quelle est la capacité résultante ?

Il suffit de présenter le bord droit d'une règle ou d'une feuille de papier de telle manière qu'il coupe les deux branches inclinées de l'abaque aux points 120 et 170, comme l'indique le pointillé. Sur l'échelle centrale, nous lisons 70,5 centimètres : c'est la capacité résultante.

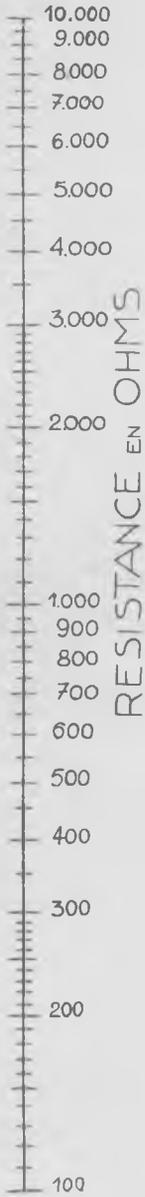
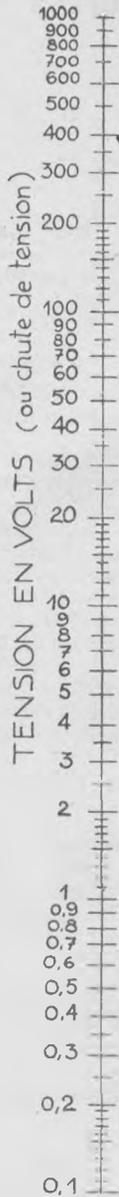
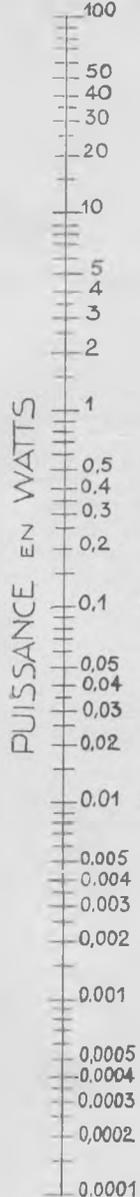
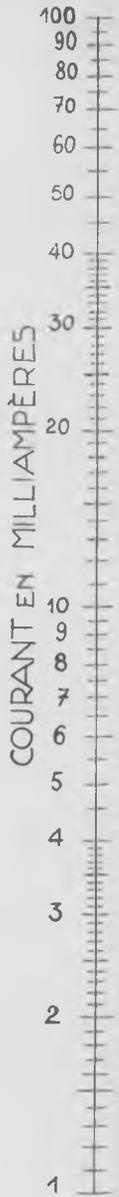
2. De même, une résistance de 120 ohms en parallèle avec une autre de 170 ohms donne une résultante de 70,5 ohms.

3. Bien entendu, on calculera de même pour d'autres valeurs : il suffit d'aligner les deux données, lues sur les deux échelles inclinées, et le trait d'alignement coupe l'échelle centrale à la valeur de la résultante.

4. On peut multiplier ou diviser par un même nombre tous les chiffres des trois échelles, ce qui permet de calculer n'importe quelle combinaison. Par exemple, multiplions tout par 100 : le trait en pointillé indique l'association en parallèle de 12.000 ohms et 17.000 ohms ; résultat : 7.050 ohms. Si on multiplie par 1.000.000, on lit les échelles directement en mégohms. Si on divise par 10, le trait pointillé indique l'association de 12 ohms et 17 ohms = 7,5 ohms, etc.

5. L'abaque permet aussi de calculer trois, quatre... résistances en parallèle ou capacités en série : on calcule l'association des deux premières, puis on recommence avec le résultat et la troisième, etc.

6. Rappelons que les capacités en parallèle s'ajoutent par simple addition, de même que les résistances en série.

R**E****W****I**

Abaque n° 2.

LOI D'OHM ET LOI DE JOULE

(Résistance, tension, intensité, puissance.)

Mode d'emploi. — Cet abaque permet, connaissant deux quelconques des quatre données (résistance, tension, intensité, puissance), de trouver les deux autres. Il suffit d'aligner, à l'aide d'une règle ou du bord droit d'une feuille de papier, les deux données connues, lues sur leur échelle : la droite d'alignement coupe les deux autres échelles aux points répondant à la loi d'Ohm ou de Joule.

1. Quelle est l'intensité passant dans une résistance de 2.000 ohms, sous une différence de potentiel de 150 volts ?

RÉPONSE. — En alignant 2.000, lu sur l'échelle R , avec 150, lu sur l'échelle E , on lit 75 milliampères sur l'échelle I . En même temps, la droite d'alignement coupe l'échelle des puissances W en un point qui représente 11,25 watts : la résistance choisie devra donc pouvoir supporter cette puissance sans se détériorer par l'échauffement.

2. Je fais passer 12 milliampères dans une résistance de 550 ohms. Quelle est la chute de tension dans cette résistance ?

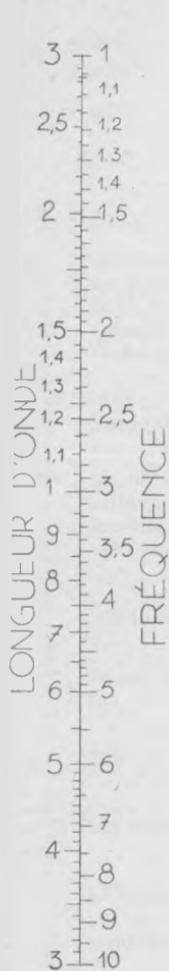
RÉPONSE. — Alignons 12 milliampères avec 550 ohms, la droite passe par 6,6 volts, qui est la chute cherchée. La puissance lue sur l'échelle W est de 0,08 watt environ.

3. Quelles tensions et intensités maxima sont applicables à une résistance de 5.000 ohms capable de supporter un demi-watt ?

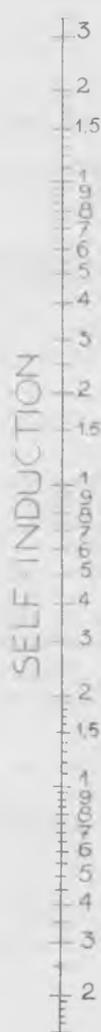
RÉPONSE. — Il suffit d'aligner ces deux données, le trait passe par 50 volts et 10 milliampères.

4. Toutes les lectures des échelles peuvent être multipliées ou divisées par un nombre quelconque (de préférence un multiple de 10 : 10, 100, 1000...), à la condition de multiplier ou diviser toutes les lectures de quatre échelles par le même nombre.

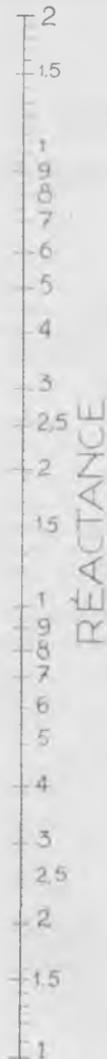
λ F



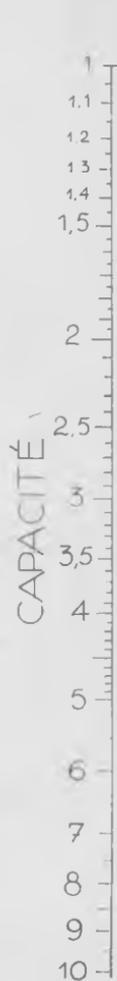
L



Z



C



Abaque n° 3.

RÉACTANCE D'UNE SELF, D'UNE CAPACITÉ (Inductance et capacitance.)

Mode d'emploi. — Pour connaître la réactance en courant alternatif par une self pure ou une capacité pure, il suffit d'en lire la valeur sur l'échelle correspondante et de l'aligner avec la fréquence ou la longueur d'onde, lues sur l'échelle de gauche. La droite d'alignement coupe l'échelle Z (réactance) à la valeur cherchée.

L'abaque ne donne pas la position de la virgule, autrement dit les échelles ne sont pas indiquées en unités, telles que mégohms, kilohms, ohms pour l'échelle Z, par exemple. Il donne le résultat brut, comme une règle à calcul : il faut donc faire appel au bon sens pour savoir l'ordre de grandeur des résultats.

1. Quelle réactance en ohms présente un condensateur de 3/1.000 à 600 kilocycles ?

L'abaque, par alignement de F = 6 et de C = 3, donne Z = 8,9, ou 89, ou 890, ou encore 0,89, etc. Où placer la virgule ? Un peu de bon sens nous dit 89 ohms.

Le calcul exact, rappelons-le, serait :

$$Z \text{ ohms} = \frac{1}{600.000 \times 6,28 \times 0,000000003}$$

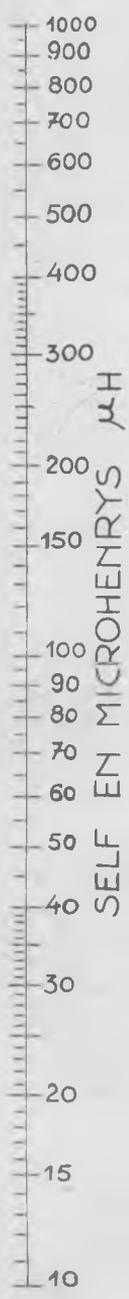
2. On calculera de même l'inductance, L étant exprimé en henrys ou ses sous-multiples.

3. Le même abaque permet de résoudre, en outre, des problèmes de ce genre :

Quelle impédance externe possède à la résonance un bouchon de 200 microhenrys, avec capacité de 0,4/1.000 et 250 ohms ?

On aligne 200 microhenrys, lus sur l'échelle L, avec 250 ohms, lus sur l'échelle Z, le trait coupe l'échelle de gauche en un point que l'on note. On aligne ce point avec 0,4/1.000 lu sur l'échelle C, la droite coupe l'échelle Z en un point qui donne l'impédance cherchée.

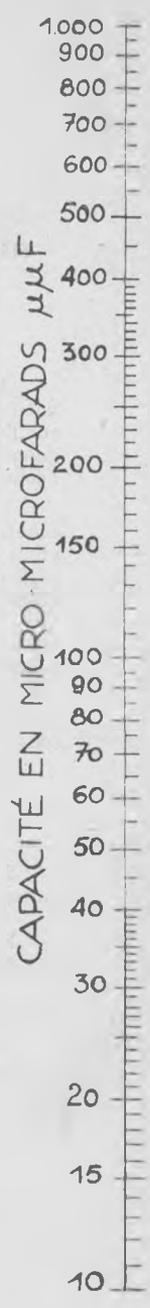
L



λ F



C



Abaque n° 4.

FORMULE DE THOMSON

Fréquence d'un circuit oscillant.

Un circuit oscillant, formé d'une self L et d'une capacité C, peu amorti, a une période propre T donnée approximativement par la formule :

$$T = 2\pi\sqrt{LC};$$

d'où l'on tire :

$$\text{Fréquence en Kc/sec} = \frac{159.220}{\sqrt{L \text{ en } \mu\text{H} \times C \text{ en } \mu\text{F}}}$$

et :

$$\text{Longueur d'onde } \lambda, \text{ en } m = 1,885 \sqrt{L \text{ en } \mu\text{H} \times C \text{ en } \mu\text{F}}$$

L'abaque ci-contre évite ce calcul.

Mode d'emploi. — Il suffit d'aligner la self, lue sur l'échelle de gauche, avec la capacité, lue sur l'échelle de droite : la droite d'alignement coupe l'échelle centrale en un point qui indique la longueur d'onde ou la fréquence propre du circuit oscillant supposé peu amorti.

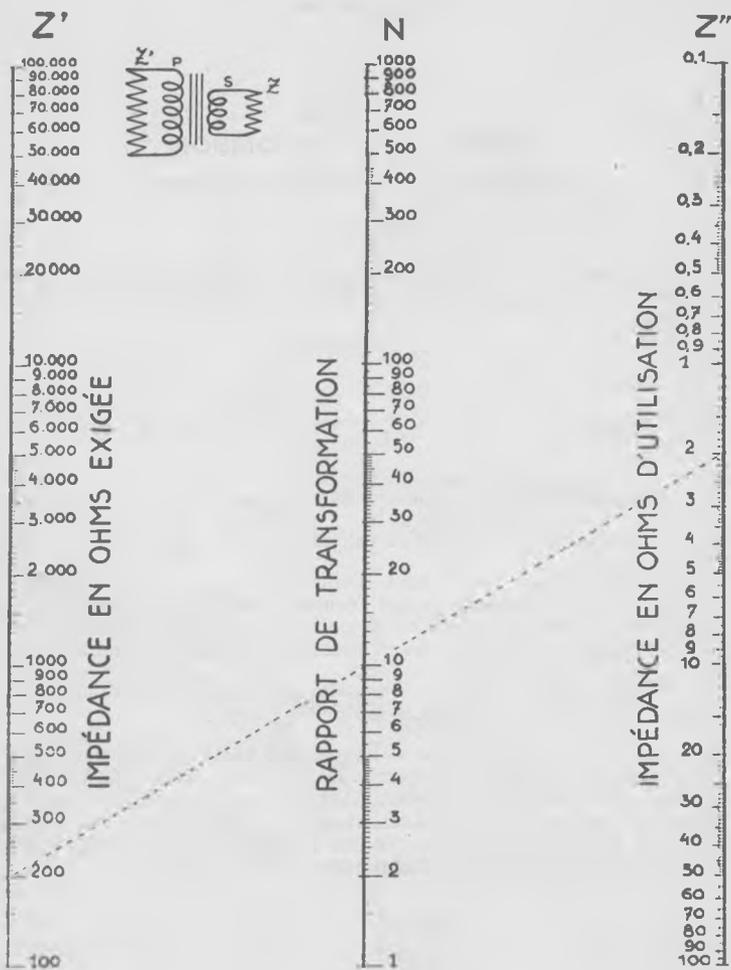
D'une manière générale, l'alignement de deux des valeurs : self, capacité et fréquence, donne la troisième.

Les valeurs données par l'abaque sont valables pour des bobines présentant peu de capacité répartie. Dans le cas de bobinages à plusieurs couches ou massés (nids d'abeille, vrac), la capacité répartie du bobinage s'ajoute à la capacité du condensateur, et la longueur d'onde calculée est plus faible que celle mesurée sur le circuit oscillant. Mais l'erreur n'est pas importante, elle atteint rarement 10 p. 100.

$$\text{ou } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\lambda = \frac{300000}{f - 447} \quad \text{ou} \quad \frac{300000}{1}$$

$$\text{ou } 20 \times 300000 = 1984\sqrt{LC} \quad \frac{20 \times 300000}{2\pi\sqrt{LC}}$$



Abaque n° 5.

ADAPTATION DE DEUX IMPÉDANCES PAR UN TRANSFORMATEUR

Pour lier deux organes électriques d'impédances différentes — par exemple, une lampe de sortie et la bobine mobile d'un haut-parleur — on emploie souvent un transformateur, qui agit exactement comme un levier permettant à l'impédance la plus faible d'équilibrer l'impédance la plus forte.

Cet équilibre des deux impédances, condition d'un bon rendement, est assuré quand le rapport de transformation est égal à la racine carrée du quotient de l'impédance d'entrée Z_1 par l'impédance de sortie Z_2 :

$$n = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}$$

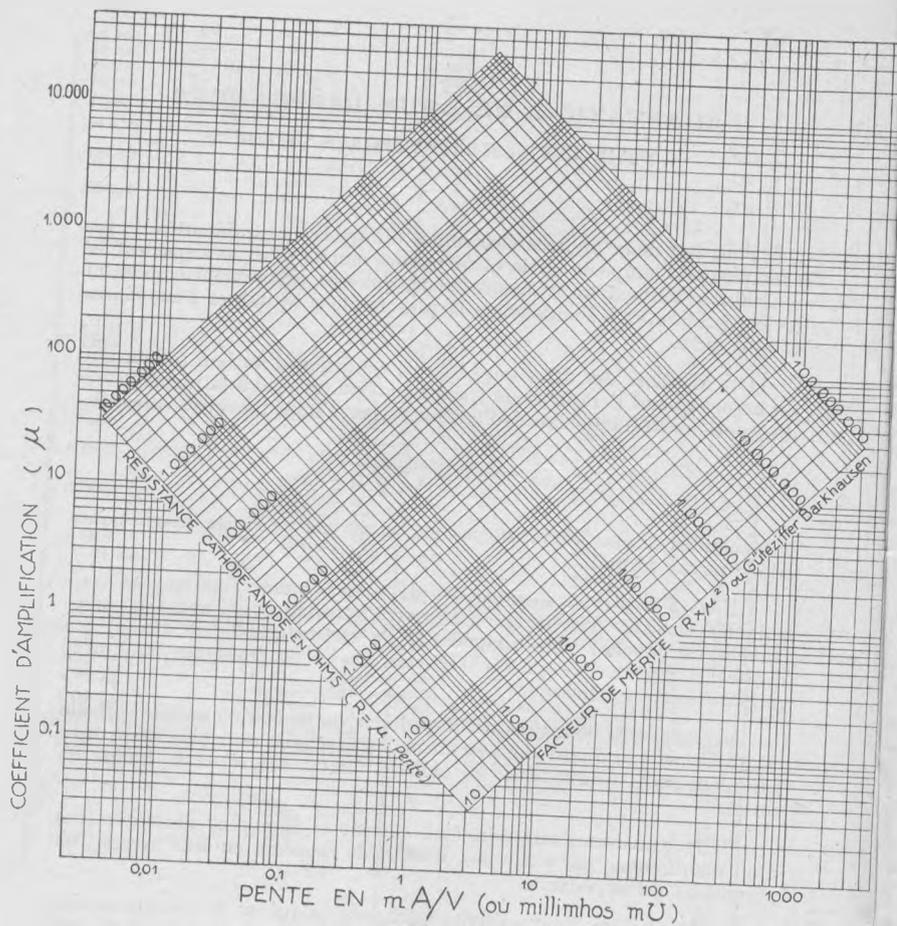
à la condition que le transformateur n'ait pas de fuites magnétiques (donc noyau fermé).

Mode d'emploi de l'abaque. — Il suffit, comme l'indique le trait pointillé servant d'exemple, d'aligner l'impédance en ohms d'entrée (échelle de gauche) avec l'impédance de sortie (échelle de droite). La droite d'alignement coupe l'échelle centrale en un point qui indique le rapport du transformateur.

Inversement, connaissant l'impédance de la bobine mobile (échelle de droite) et le rapport du transformateur (échelle centrale), on trouve par alignement l'impédance en ohms d'entrée, exigée de la lampe de sortie.

Si le transformateur doit être éleveur et non plus abaisseur (cas d'un microphone, par exemple), il suffit de procéder en sens inverse, en permutant les impédances.

Si le transformateur présente des fuites, ce qui est du reste le cas des transformateurs haute et moyenne fréquences, le rapport indiqué par l'abaque est trop faible.



Abaque n° 6.

AMPLIFICATION, PENTE RÉSISTANCE DES LAMPES

Ce monogramme permet de trouver l'une des trois caractéristiques d'une lampe de T. S. F. quelconque dont on connaît les deux autres. Il indique en outre le « nombre de Barkhausen », ou « güteziffer » des Allemands, produit de la résistance interne par le carré du coefficient d'amplification, qui permet de comparer les mérites de deux lampes. Ce facteur de qualité est aussi le produit KS, qui gouverne les lampes destinées à débiter de la puissance.

1. En élevant une verticale partant de la pente, elle coupe l'horizontale partant du facteur d'amplification en un point situé dans le carré central à lignes inclinées. Il suffit de suivre les lignes partant de ce point pour connaître la résistance interne et le facteur de qualité de Barkhausen.

2. Inversement, connaissant la résistance interne, on suit sa ligne oblique jusqu'au point de croisement partant du facteur d'amplification. La verticale partant de ce point indique la pente.

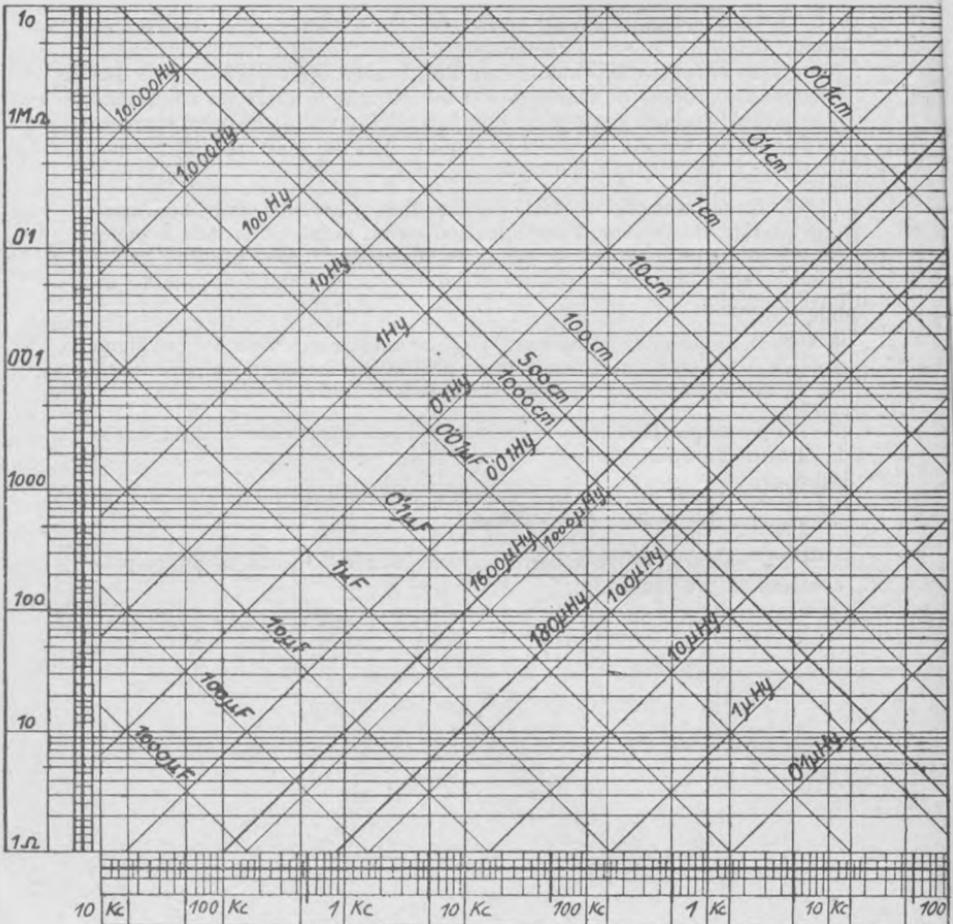
3. De même, la résistance interne et la pente permettent de retrouver le facteur d'amplification.

4. On peut, de la même manière, combiner le facteur de mérite désiré avec les trois autres valeurs.

Les valeurs trouvées correspondent aux conditions d'emploi rencontrées en pratique.

Abaque n° 7.

RÉACTANCE DES BOBINES ET CAPACITÉS

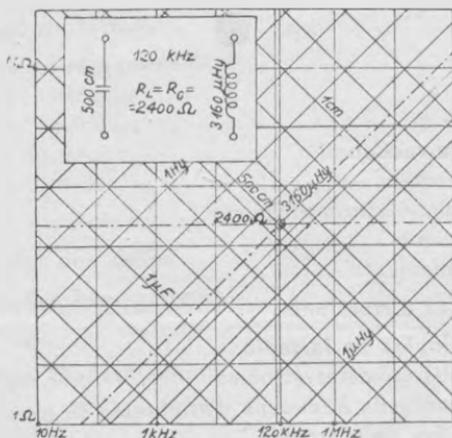


Cet abaque calcule, outre l'impédance des selfs et capacités, la valeur à la résonance de la capacité et de l'impédance d'un circuit oscillant.

En abscisses sont portées les fréquences de 10 hertz (ou cycles par seconde) à 100 mégahertz. En ordonnées sont indiquées les résistances.

Mode d'emploi. — Si nous voulons connaître l'impédance d'un condensateur ou d'une self pour une fréquence donnée, nous n'avons qu'à chercher le point de croisement des deux lignes qui représentent la fréquence donnée et la capacité ou la self considérées. L'ordonnée de ce point nous donne la valeur de l'impédance cherchée.

Par exemple, si nous voulons déterminer quelle est l'impédance d'un condensateur de 500 centimètres, pour une fréquence de 120 kilo-



hertz (MF), nous n'avons qu'à rechercher le point formé par la rencontre de deux lignes, l'une marquée 500 centimètres (inclinée), l'autre, verticale, qui part du point indiquant 120 kilohertz (en abscisses). L'ordonnée de ce point (2.400 ohms) nous indique l'impédance cherchée.

Le même graphique donne également la valeur de la capacité et de l'impédance pour un circuit oscillant, la résonance se produisant seulement quand self et capacité ont même impédance.

Exemple. — On peut définir quelle est la valeur de self qui donnera, avec 500 centimètres de capacité, la résonance à 120 kilohertz. Nous voyons que cette ligne se trouve entre 1.000 et 10.000 microhenrys. Pour la déterminer avec précision, il faut interpoler les valeurs logarithmiques, ce qui demande une certaine expérience. On peut s'aider dans ce but des divisions d'une règle à calcul, ou encore on compare la grandeur à déterminer aux subdivisions qui sont indiquées en ordonnées. Par cette méthode, nous trouvons : $L = 3.200$ microhenrys.

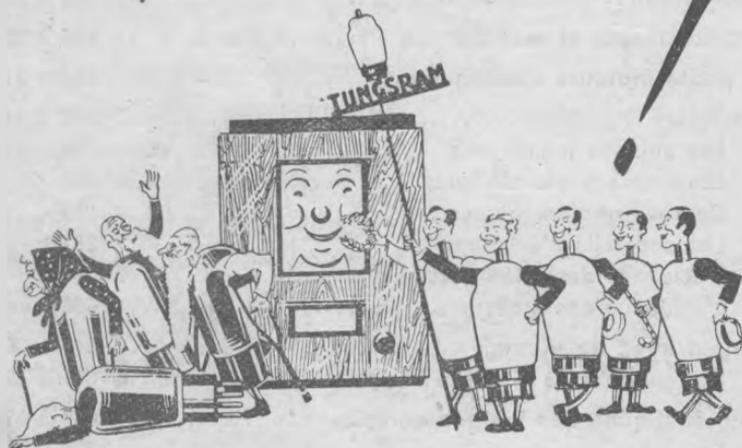
TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|-----------|
| L'électricité en raccourci | 5 à 21 |
| Courant continu..... | 5 |
| Magnétisme, électromagnétisme..... | 10 |
| Électrostatique | 14 |
| Courant alternatif | 15 |
| Harmoniques et distorsions | 22 à 31 |
| Les calculs simples de la radio | 32 à 43 |
| Watts, volts, ampères et ohms..... | 32 |
| Circuits oscillants et circuits d'arrêt..... | 39 |
| La loi d'Ohm en alternatif..... | 42 |
| Les mesures du radiotechnicien | 44 |
| Le laboratoire | 56 à 67 |
| Les appareils de mesure | 61 |
| Les appareils du débrouillard | 68 à 89 |
| Essai simple d'un poste | 90 à 91 |
| Le dépannage synoptique | 92 à 102 |
| Le poste est muet | 93 |
| Le poste marche mal | 97 |
| Le dépannage chirurgical | 103 à 107 |
| Les blocs d'amélioration | 105 |
| Tableaux des principales pannes | 108 à 114 |
| Étage haute fréquence | 108 |
| Étage oscillateur | 109 |
| Étage moyenne fréquence..... | 110 |
| Étage détecteur | 111 |
| Antifading | 112 |
| Étage basse fréquence..... | 113 |
| Alimentation | 114 |

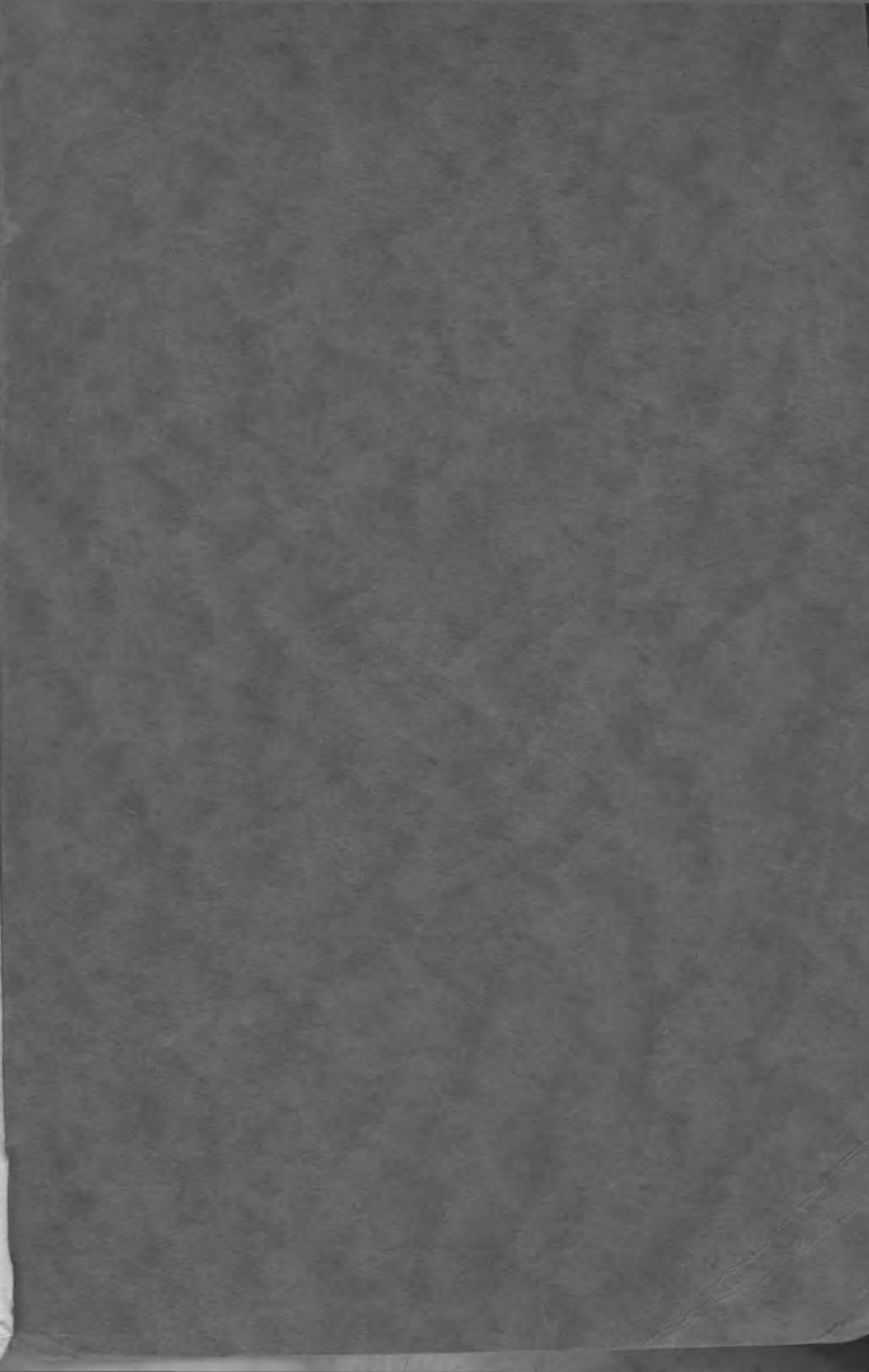
| | |
|---|-----------|
| Le dépannage méthodique | 115 à 181 |
| Devant le poste muet..... | 119 |
| Les troubles de la basse fréquence..... | 128 |
| Réparation des haut-parleurs | 140 |
| Les pannes de la moyenne fréquence | 142 |
| Les pannes du changement de fréquence..... | 151 |
| Les troubles de la haute fréquence | 157 |
| La commande unique | 159 |
| Les systèmes d'antifading et leurs pannes | 169 |
| La détection et ses pannes | 176 |
| Le dépannage de fortune | 182 à 184 |
| Les antennes de réception | 185 à 210 |
| L'antenne intérieure | 194 |
| L'antenne extérieure..... | 196 |
| La prise de terre | 208 |
| Notes et formules | 209 |
| L'installation d'un récepteur | 211 à 214 |
| La sonorisation des salles | 215 à 223 |
| Le couplage des haut-parleurs | 224 à 226 |
| Le déparasitage | 227 à 234 |
| Améliorations. Modernisations | 235 à 255 |
| Remplacements et ersatz | 256 à 259 |
| Les petits moteurs électriques | 260 à 272 |
| La lumière | 273 à 314 |
| Les sources lumineuses | 278 |
| Les unités photométriques | 285 |
| Courbes photométriques | 289 |
| Les appareils d'éclairage | 297 |
| L'éclairage des intérieurs..... | 301 |
| L'éclairage des ateliers..... | 306 |
| Du neuf avec du vieux | 315 à 320 |
| Une courte visite à l' Usine française TUNGSRAM ... | 321 à 328 |
| Caractéristiques des lampes européennes | 330 à 373 |
| Série A | 331 |
| Série C..... | 337 |
| Série E | 344 |
| Série K | 361 |
| Lampes anciennes | 367 |
| Caractéristiques des lampes américaines | 374 à 395 |
| Lampes modernes..... | 375 |
| Tableaux des caractéristiques des lampes anciennes et modernes..... | 392 |

| | |
|--|-----------|
| Connexions des lampes de réception..... | 396 à 401 |
| Européennes..... | 396 |
| Américaines | 399 |
| Dictionnaire de comparaison | |
| des anciennes lampes européennes..... | 403 à 416 |
| Formulaire de T. S. F..... | 417 à 426 |
| Tables usuelles..... | 427 à 439 |
| Les abaques utiles..... | 441 à 453 |

Ouf! ça va mieux!



avec les nouvelles
TUNGSRAM



IMPRIMERIE CRÉTÉ
CORBEIL (S.-et-O.)