

AIDE-MEMOIRE DU DEPANNEUR

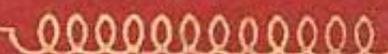
W. SOROKINE

**RÉSISTANCES
CONDENSATEURS
INDUCTANCES
TRANSFORMATEURS**

**25 TABLEAUX
NUMÉRIQUES**



**CODES DE COULEURS
DONNÉES NUMÉRIQUES
CALCUL - VÉRIFICATION
RÉALISATION - RÉPARATION**



SOCIETE DES EDITIONS RADIO

PRÉFACE

Dans l'exercice de leur métier, un dépanneur ou un technicien ont constamment besoin de renseignements précis sur telle ou telle pièce, tel ou tel montage.

Or, nous trouvons dans tous les ouvrages techniques des données théoriques, souvent accompagnées de formules fort justes, mais dont la portée exacte et l'application immédiate échappent souvent à quelqu'un qui n'a pas une grande habitude du calcul.

De plus, ce que nous cherchons la plupart du temps, c'est un nombre, un ordre de grandeur, dont nous avons besoin immédiatement pour un travail déterminé. Feuilletter plusieurs ouvrages pour trouver ce renseignement, se livrer à un calcul plus ou moins long, constitue toujours une perte de temps.

Loin de moi l'idée de présenter ce volume, qui sera d'ailleurs suivi d'autres du même genre, comme une source inépuisable de recettes et renseignements, remplaçant à lui seul toute une bibliothèque. Il a été conçu dans un esprit essentiellement pratique et inspiré aussi bien par l'expérience personnelle que par des questions qui m'ont été très souvent posées par mes lecteurs et correspondants.

La théorie a été réduite, par conséquent, au strict minimum, et je dirai même que c'est beaucoup plus de la mise au point des notions que chacun possède que de la théorie proprement dite.

Par contre, une très large place a été laissée aux données pratiques et aux tableaux fournissant immédiatement des chiffres, sans que le lecteur ait besoin de calculer quoi que ce soit.

Par conséquent, si vous cherchez des considérations générales sur la loi d'Ohm, les circuits en courant alternatif, la théorie du transformateur, le problème des bobines d'inductance, etc..., ce volume ne peut rien vous donner.

Mais si vous voulez connaître immédiatement la valeur d'une résistance ou d'un condensateur en Color Code, l'intensité maximum admise pour tel ou tel diamètre du fil, la valeur totale de deux résistances en parallèle ou de deux capacités en série, si vous voulez pouvoir déterminer en quelques instants la caractéristique d'un transformateur d'alimentation, d'un autotransformateur, d'une bobine d'inductance ou d'un transformateur de H.P., ce livre vous rendra des services précieux.

W. S.

RESISTANCES

Les résistances utilisés en radio peuvent être divisées en trois groupes.

a. — Résistances agglomérées, constituées par un bâtonnet en poudre de carbone agglomérée.

b. — Résistances à couche, constituées par un bâtonnet en matière isolante, porcelaine par exemple, recouvert d'une couche de peinture à base de carbone et protégé par une couche de vernis.

c. — Résistances bobinées, formées par un bâtonnet en matière isolante sur lequel est enroulé le fil résistant.

Ces trois types de résistances ont pour caractéristiques communes :

a. — Leur résistance, en ohms, indiquée par l'un des procédés que nous allons examiner plus loin.

b. — Leur « wattage », terme barbare, mais communément employé, et qui indique en watts, ou fraction de watt, la puissance qu'une résistance donnée est capable de dissiper sans échauffement excessif, préjudiciable à sa stabilité.

Marquage des résistances.

La valeur en ohms d'une résistance est souvent indiquée directement en ohms ou mégohms, par des chiffres imprimés sur le corps même de la résistance.

Si la valeur est indiquée en ohms, le chiffre est suivi du symbole Ω (oméga majuscule), tandis que les chiffres exprimant les mégohms sont suivis du symbole correspondant : $M\Omega$. Rappelons que

$$1 M\Omega = 1.000.000 \Omega$$

et que, par conséquent,

$$0,05 M\Omega = 50.000 \Omega$$

$$0,1 M\Omega = 100.000 \Omega$$

$$0,25 M\Omega = 250.000 \Omega$$

$$0,5 M\Omega = 500.000 \Omega$$

Sur certaines résistances nous pouvons trouver la notation en kilo-ohms ($k\Omega$), dont on se sert souvent pour gagner de la place. Rappelons que

$$1 k\Omega = 1.000 \Omega$$

et que, par conséquent,

$$5 k\Omega = 5.000 \Omega$$

$$20 k\Omega = 20.000 \Omega$$

$$100 k\Omega = 100.000 \Omega$$

etc. .

Se méfier de certains marquages fantaisistes que l'on rencontre et qui ne correspondent pas à la notation internationale.

C'est ainsi que l'on trouve le symbole ω (oméga minuscule) pour ohm, au lieu de Ω , et Ω pour mégohm, au lieu de $M\Omega$.

Les résistances non bobinées d'origine américaine, ou fabriquées par certaines maisons françaises ou européennes, sont marquées en utilisant le code de couleurs américain (*Color Code*).

Code de couleurs des résistances.

Une résistance marquée en *Color Code* porte trois couleurs différentes réparties sur trois zones : le corps, l'extrémité, le point (fig. 1_a) et que l'on doit lire obligatoirement dans l'ordre suivant :

1. — Corps.
2. — Extrémité.
3. — Point.

Voici le tableau qui permet de lire la valeur de n'importe quelle résistance, et que tout dépanneur doit connaître par cœur.

COULEUR	CORPS	EXTREMITE	POINT
Noir		0	
Marron	1	1	0
Rouge	2	2	00
Orange	3	3	000
Jaune	4	4	0000
Vert	5	5	00000
Bleu	6	6	000000
Violet	7	7	
Gris	8	8	
Blanc	9	9	

N'oublions pas, de plus, que

1. — Un point noir n'a aucune signification.
2. — Lorsque le point de couleur n'existe pas, cela veut dire qu'il est de la même couleur que le corps.

Voyons quelques exemples :

1. — Corps *vert*, extrémité *noire*, point *noir*.

Donc 5 0 rien,

TABLEAU I
VALEURS DES RÉSISTANCES COURANTES
MARQUÉES EN « COLOR CODE »

Corps	Extrémité	Point	Valeur
Marron	Noire	Noir	10 Ω
		Marron	100 »
		Rouge	1.000 »
		Orange	10.000 »
		Jaune	100.000 »
		Vert	1 MΩ
		Bleu	10 »
	Verte	Marron	150 Ω
		Rouge	1.500 »
		Orange	15.000 »
Jaune		150.000 »	
	Vert	1,5 MΩ	
Rouge	Noire	Noir	20 Ω
		Marron	200 »
		Rouge	2.000 »
		Orange	20.000 »
		Jaune	200.000 »
		Vert	2 MΩ
		Verte	Marron	250 Ω
	Rouge		2.500 »
	Orange		25.000 »
		Jaune	250.000 »
Orange	Noire	Noir	30 Ω
		Marron	300 »
		Rouge	3.000 »
		Orange	30.000 »
		Jaune	300.000 »
		Vert	3 MΩ
		Verte	Marron	350 Ω
	Rouge		3.500 »
	Orange		35.000 »
	Jaune	Noire	Marron	400 »
Rouge			4.000 »
Orange			40.000 »
Jaune			400.000 »
Verte		Marron	450 Ω
		Rouge	4.500 »
Vert	Noire	Noir	50 Ω
		Marron	500 »
		Rouge	5.000 »
		Orange	50.000 »
		Jaune	500.000 »
		Vert	5 MΩ
Bleu	Noire	Marron	600 Ω

où W est exprimé en watts, R en ohms et I en ampères. Cette formule est utile lorsque nous voulons connaître W et que nous connaissons soit

la valeur de la résistance (R) et l'intensité du courant qui la traverse (I),

soit

la chute de tension que nous voulons obtenir (E) et l'intensité (I),

car, dans la formule (1) nous pouvons remplacer RI^2 par $I(IR)$, ce qui donne $W = EI$, car $IR = E$.

EXEMPLES.

1. — Puissance d'une résistance de 150 ohms qui doit être parcourue par un courant de 50 mA (0,05 A).

Nous avons

$$W = 150 \times (0,05)^2 = 150 \times 0,0025 = 0,375 \text{ watt.}$$

Nous prendrons donc une résistance de 0,5 watt.

2. — Puissance d'une résistance qui doit produire une chute de tension de 150 V et supporter un courant de 1,5 mA (0,0015 A).

Nous avons

$$W = 150 \times 0,0015 = 0,225 \text{ watt.}$$

Nous pouvons prendre une résistance de 0,25 watt, mais il serait plus prudent, pour avoir une certaine marge de sécurité, de prendre une résistance de 0,5 watt.

Lorsque nous voulons connaître l'intensité que peut supporter une résistance dont nous connaissons la puissance et la valeur, nous consulterons le tableau II qui donne l'intensité admissible pour les types courants des résistances de différentes valeurs.

Supposons, par exemple, que nous voulions connaître l'intensité qu'une résistance de 20.000 ohms, 1/2 W est capable de supporter. Prenons la colonne 1/2 W et nous lisons, en face de 20.000 ohms : 5 mA.

Le même tableau nous permet, d'ailleurs, de déterminer la puissance d'une résistance qui doit supporter un courant donné.

Reprenons l'exemple 1 que nous avons donné plus haut. Nous voulons connaître la puissance d'une résistance de 150 ohms qui sera parcourue par un courant de 50 mA. En examinant les intensités admissibles pour les résistances de 150 ohms de 1/4 W et 1/2 W, nous trouvons respectivement 40 mA et 58 mA. C'est donc une résistance de 1/2 watt que nous devons prendre.

Stabilité. Précision.

La *stabilité* d'une résistance est sa propriété de conserver sa valeur initiale pendant un temps indéterminé, malgré l'échauffement, l'humidité, ou autres causes extérieures de variation.

Les résistances bobinées peuvent être, en général, considérées comme les plus stables. Ensuite, viennent les résistances à couche, de bonne fabrication. Les résistances agglomérées sont celles qui varient le plus.

TABLEAU II
PUISSANCE ADMISSIBLE DES RÉSISTANCES

Valeur de R	Courant admissible en mA pour une résistance de							
	1/8 W	1/4 W	1/2 W	1 W	2 W	5 W	10 W	20 W
50	50	71	100	143	200	316	450	630
100	35	50	70	100	142	224	316	448
150	28	40	58	83	116	182	260	365
200	24	35	50	71	100	158	225	316
250	22	31,5	44,8	63	90	142	203	284
300	20	29	41	58	82	128	183	256
350	18	27	38	54	76	120	169	240
400	17,5	25	35,5	50	71	112	158	224
450	16,5	23	33,4	46	67	104	149	208
500	15,6	22	31,5	44	63	100	142	200
600	14,2	20	29	41	58	91	130	182
1.000	11	15,8	22,4	31,5	45	71	100	142
1.500	9	12,9	18,2	25,5	36,5	58	82	116
2.000	7,8	11	15,8	22,4	31,5	50	71	100
2.500	7	10	14,2	20	28,5	45	64	90
3.000	6,4	9,1	13	18,3	26	41	58	82
4.000	5,5	7,9	11,2	15,8	22,4	35	50	70
5.000	5	7,1	10	14,2	20	32	45	64
10.000	3,5	5	7,1	10	14,2	22	31,6	44
15.000	2,8	4,1	5,8	8,1	11,6	18	26	36
20.000	2,5	3,5	5	7,1	10	16	22,5	32
25.000	2,2	3,1	4,4	6,3	8,9	14	20	28
30.000	2,05	2,9	4,1	5,8	8,2	13	18,3	26
40.000	1,75	2,5	3,5	5	7	11	15,8	22
50.000	1,58	2,2	3,1	4,4	6,1	9,8	14,2	20
75.000	1,29	1,83	2,6	3,6	5,2	8	11,4	16
100.000	1,1	1,58	2,2	3,1	4,5	7	10	14
150.000	0,9	1,29	1,81	2,6	3,6	6	8,2	12
200.000	0,78	1,1	1,58	2,2	3,1	5	7,1	10
250.000	0,7	1	1,42	2	2,8	4,5	6,4	9
300.000	0,65	0,9	1,3	1,8	2,6	4,1	5,8	8,2
400.000	0,57	0,78	1,12	1,57	2,2	3,5	5	7
500.000	0,49	0,7	1	1,4	2	3,15	4,5	6,3
1 MΩ	0,35	0,49	0,7	1	1,4	2,2	3,16	4,4
2 MΩ	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,6	2,25	3,2
5 MΩ	0,15	0,23	0,3	0,46	0,6	1	1,42	2
10 MΩ	0,1	0,15	0,23	0,3	0,5	0,7	1	1,4

D'une façon générale, si nous voulons assurer à une résistance une stabilité relative, il faut éviter son échauffement excessif en calculant très largement sa puissance. Il n'est pas rare de voir, dans les récepteurs en panne, des résistances de 50.000 ou 100.000 ohms, trop justement calculées, qui arrivent à faire 200.000 à 500.000 ohms au bout de trois ou quatre ans.

La *précision* d'une résistance est la précision de son étalonnage par rapport à la valeur marquée.

Dans les résistances livrées couramment par l'industrie, cette précision est de 10 % en plus ou en moins, théoriquement, car en réalité il n'est pas rare de voir des écarts de l'ordre de 20 %.

La précision de $\pm 10\%$ est suffisante pour la construction courante des postes récepteurs, mais il existe des appareils où une précision plus grande est nécessaire. Nous pouvons alors faire appel à des maisons spécialisées qui livrent des résistances dont la précision d'étalonnage peut être garantie jusqu'à $\pm 0,5\%$.

Combinaison de résistances.

BRANCHEMENT EN SÉRIE. — La valeur totale R de deux ou plusieurs résistances branchées en série est égale à la somme de leurs valeurs (fig. 2) :

$$R = R_1 + R_2 + R_3.$$

Si $R_1 = 100$ ohms, $R_2 = 600$ ohms et $R_3 = 50$ ohms, nous aurons
 $R = 100 + 600 + 50 = 750$ ohms.

Le branchement en série a encore l'avantage suivant : lorsque nous ne disposons que de résistances de faible puissance et que nous

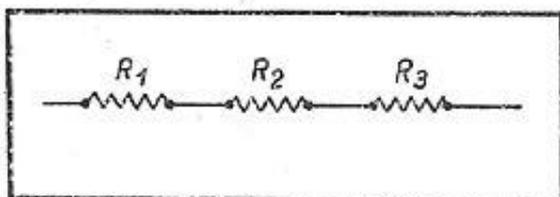


Fig. 2. — Association des résistances en série.

avons besoin d'une résistance laissant passer un nombre respectable de milliampères, nous pouvons associer en série deux ou plusieurs résistances de faible « wattage », de façon à en avoir une de puissance supérieure.

RÈGLE. — Lorsque nous branchons en série plusieurs résistances de valeurs différentes et de puissances dissipées proportionnelles, la résistance totale ainsi obtenue est égale à la somme des résistances composantes, et la *puissance de la résistance totale est égale à la somme des puissances de toutes les résistances.*

Par exemple, soit une résistance de 200 ohms composée de deux résistances de 50 ohms, $1/4$ W, et d'une résistance de 100 ohms, $1/2$ W, branchées en série. La puissance de cette résistance sera :

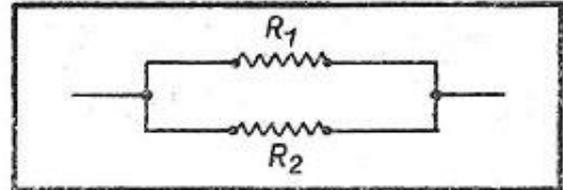
$$1/4 + 1/4 + 1/2 = 1 \text{ W.}$$

BRANCHEMENT EN PARALLÈLE. — La valeur totale R de deux résistances branchées en parallèle (fig. 3) est égale à leur produit divisé par leur somme. Autrement dit,

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

Nous laissons de côté la formule pour 3, 4 ou 5 résistances en parallèle (fig. 4), car on peut ramener toujours n'importe quel cas à celui des deux résistances. Ainsi, dans le cas de la figure 4, nous faisons d'abord l'opération pour R_1 et R_2 et nous continuons le résultat avec R_3 , suivant la formule (2).

Fig. 3 — Association de deux résistances en parallèle.



Si nous branchons en parallèle, par exemple, une résistance de 150 ohms (R_1) et une autre de 250 ohms (R_2), la résistance totale R sera de

$$R = \frac{150 \times 250}{150 + 250} = \frac{37.500}{400} = 93,75 \text{ ohms.}$$

Se rappeler que si les deux résistances R_1 et R_2 sont de même valeur ($R_1 = R_2$), la résistance totale R est égale à la moitié de l'une de ces résistances.

Si nous branchons en parallèle deux résistances de 600 ohms, la résistance totale R sera de

$$\frac{600}{2} = 300 \text{ ohms.}$$

Le branchement des résistances en parallèle peut être également utile lorsqu'on veut constituer une résistance de forte puissance à partir de plusieurs résistances de faible puissance.

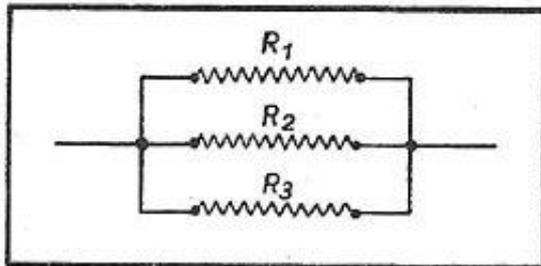


Fig. 4. — Association de trois résistances en parallèle.

Pour les résistances branchées en parallèle, la puissance de la résistance totale est égale à la somme des puissances de toutes les résistances composantes.

Si nous branchons, par exemple, deux résistances de 400 ohms, $1/4$ W, et une résistance de 200 ohms, $1/2$ W, en parallèle, nous obtiendrons une résistance de 100 ohms, 1 W.

Le tableau III permet le calcul quasi-instantané de la résistance totale de deux résistances branchées en parallèle.

Ce tableau est établi pour les valeurs usuelles des résistances comprises entre 50 et 10.000 ohms et nous pouvons distinguer quatre cas différents.

PREMIER CAS. — *Résistances comprises entre 50 et 10.000 ohms.* La valeur de la résistance résultante est donnée directement par le tableau.

DEUXIÈME CAS. — *L'une des résistances, ou les deux, sont comprises entre 10.000 et 100.000 ohms.* Nous les divisons par 10 toutes les deux, de façon à ramener les deux valeurs entre 50 et 10.000 ohms, nous lisons la valeur résultant dans le tableau et nous la multiplions par 10.

Soit, par exemple, à trouver la valeur résultante des résistances de 50.000 ohms et de 8.000 ohms branchées en parallèle. En les divisant par 10, nous avons 5.000 et 800 ohms, dont le tableau nous donne la valeur résultante : 689,65. Multiplions par 10; nous trouvons 6.896,5 ohms.

TROISIÈME CAS. — *L'une des résistances, ou les deux, sont comprises entre 100.000 ohms et 1 M Ω .* Nous les divisons par 100, de façon à les ramener dans les limites du tableau, cherchons le résultat et le multiplions par 100.

Si nous avons, par exemple, les résistances de 500.000 ohms et de 250.000 ohms en parallèle, la résistance résultante sera celle des 5.000 et 2.500 ohms multipliée par 100, c'est-à-dire 166.666 ohms.

QUATRIÈME CAS. — *L'une des résistances, ou les deux, sont comprises entre 1 M Ω et 10 M Ω .* Nous les divisons par 1.000, cherchons le résultat dans le tableau et le multiplions par 1.000.

Soit, par exemple, les résistances de 3 M Ω et de 500.000 ohms branchées en parallèle. En divisant par 1.000, nous avons 3.000 et 500 ohms. Leur résultante étant 428,5 ohms, la valeur cherchée est 428.500 ohms.

Diviseurs de tension et ponts H.T.

Nous pouvons être amenés à établir ou à reconstituer des diviseurs de tension destinés à alimenter un certain nombre d'électrodes sous des tensions différentes, et il est utile de donner quelques notions, d'ailleurs très simples, sur leur calcul.

Ces diviseurs de tension sont constitués, en général, par trois ou quatre résistances, disposées entre la haute tension et la masse, en série (fig. 5), et alimentant, comme l'indique le croquis, l'écran d'une 6B7, les écrans des lampes 6D6 et 6A7 et l'anode oscillatrice de la 6A7.

Dans notre cas, les tensions et les débits doivent être les suivants:

Ecran 6B7	50 V.....	0,35 mA.
Ecrans 6D6	90 V.....	4 mA.
Anode oscillatrice 6A7.....	160 V.....	4,5 mA.

La haute tension disponible étant de 250 V.

Il est évident que l'ensemble des résistances R_1 , R_2 , R_3 et R_4 est parcouru par un courant permanent que nous appellerons I et que nous nous fixerons d'avance, sans dépasser cependant 10 mA.

Admettons, pour notre exemple, que ce courant permanent soit de 5 mA (0,005 A).

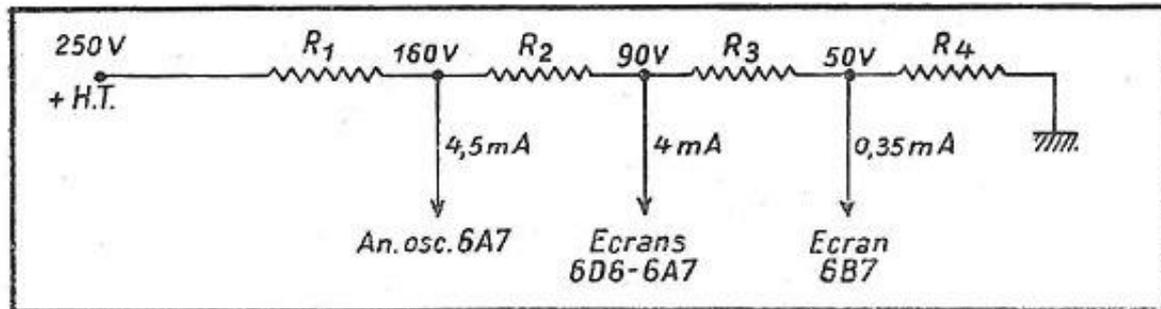


Fig. 5. — Exemple d'un pont diviseur de tension, pour l'alimentation des différentes électrodes.

Nous commençons le calcul par la dernière résistance de la chaîne, R_4 , qui n'est parcourue que par ce courant permanent de 5 mA, qui y crée une chute de tension de 50 V.

Par conséquent, la valeur de R_4 sera de

$$R_4 = \frac{50}{0,005} = 10.000 \text{ ohms.}$$

La résistance R_3 , elle, est parcourue d'abord par le courant, $I = 5$ mA, et puis par le courant d'écran 6B7, soit $i_1 = 0,35$ mA. Donc, 5,35 mA au total. La chute de tension aux bornes de R_3 étant de $90 - 50 = 40$ V, la valeur de R_3 est

$$R_3 = \frac{40}{0,00535} = 7.500 \text{ ohms.}$$

La résistance R_2 est traversée par les courants $I = 5$ mA, $i_1 = 0,35$ mA et $i_2 = 4$ mA, soit au total 9,35 mA. La chute de tension à ses bornes étant de $160 - 90 = 70$ V, sa valeur est

$$R_2 = \frac{70}{0,00935} = 7.500 \text{ ohms.}$$

Enfin, la résistance R_1 est traversée par un courant total de $9,35 + 4,5 = 13,85$ mA. La chute de tension à ses bornes étant de $250 - 160 = 90$ V, la valeur de R_1 est

$$R_1 = \frac{90}{0,01385} = 6.500 \text{ ohms.}$$

Le tableau de la page 12 nous permet de déterminer immédiatement la puissance de ces résistances, et nous trouvons :

$$\begin{aligned} R_1 & - 2 \text{ W.} \\ R_2 & - 1 \text{ W.} \\ R_3 \text{ et } R_4 & - 1/2 \text{ W.} \end{aligned}$$

TABLEAU IV
VALEUR DES RÉSISTANCES CHUTRICES

Volts	Intensités en mA.								
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
10	10.000	6.666	5.000	4.000	3.333	2.857	2.500	2.222	2.000
15	15.000	10.000	7.500	6.000	5.000	4.285	3.750	3.333	3.000
20	20.000	13.333	10.000	8.000	6.666	5.714	5.000	4.444	4.000
25	25.000	16.666	12.500	10.000	8.333	7.142	6.250	5.555	5.000
30	30.000	20.000	15.000	12.000	10.000	8.571	7.500	6.666	6.000
35	35.000	23.333	17.500	14.000	11.666	10.000	8.750	7.777	7.000
40	40.000	26.666	20.000	16.000	13.333	11.428	10.000	8.888	8.000
45	45.000	30.000	22.500	18.000	15.000	12.857	11.250	10.000	9.000
50	50.000	33.333	25.000	20.000	16.666	14.285	12.500	11.111	10.000
55	55.000	36.666	27.500	22.000	18.333	15.714	13.750	12.222	11.000
60	60.000	40.000	30.000	24.000	20.000	17.142	15.000	13.333	12.000
65	65.000	43.333	32.500	26.000	21.666	18.571	16.250	14.444	13.000
70	70.000	46.666	35.000	28.000	23.333	20.000	17.500	15.555	14.000
75	75.000	50.000	37.500	30.000	25.000	21.428	18.750	16.666	15.000
80	80.000	53.333	40.000	32.000	26.666	22.857	20.000	17.777	16.000
85	85.000	56.666	42.500	34.000	28.333	24.285	21.250	18.888	17.000
90	90.000	60.000	45.000	36.000	30.000	25.714	22.500	20.000	18.000
95	95.000	63.333	47.500	38.000	31.666	27.142	23.750	21.111	19.000
110	110.000	73.333	55.000	44.000	36.666	31.428	27.500	24.444	22.000
120	120.000	80.000	60.000	48.000	40.000	34.285	30.000	26.666	24.000
140	140.000	93.333	70.000	56.000	46.666	40.000	35.000	31.111	28.000

Détermination des résistances chutrices.

C'est un problème qui se rencontre quotidiennement dans la pratique du dépannage, de la construction ou de la mise au point. Etant donné une chute de tension à obtenir de E volts avec un courant de I ampères, calculer la valeur de la résistance à utiliser, R.

La formule, connue de tous, est

$$R = \frac{E}{I} \quad (3)$$

où I doit être exprimé en ampères.

Pour faciliter les calculs, nous donnons le tableau IV permettant de déterminer immédiatement les résistances chutrices pour E compris entre 10 et 140 volts et I compris entre 1 et 9,5 mA (0,001 à 0,0095 A).

TABLEAU IV (Suite)
VALEUR DES RESISTANCES CHUTRICES

Volts	Intensités en mA								
	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5
10	1.818	1.666	1.538	1.428	1.333	1.250	1.176	1.111	1.052
15	2.727	2.500	2.307	2.142	2.000	1.875	1.764	1.666	1.578
20	3.636	3.333	3.076	2.856	2.666	2.500	2.352	2.222	2.105
25	4.545	4.166	3.846	3.571	3.333	3.125	2.941	2.777	2.631
30	5.454	5.000	4.615	4.285	4.000	3.750	3.529	3.333	3.157
35	6.363	5.833	5.384	5.000	4.666	4.375	4.117	3.888	3.684
40	7.272	6.666	6.153	5.714	5.333	5.000	4.705	4.444	4.210
45	8.181	7.500	6.923	6.428	6.000	5.625	5.294	5.000	4.736
50	9.090	8.333	7.692	7.142	6.666	6.250	5.882	5.555	5.263
55	10.000	9.166	8.461	7.857	7.333	6.875	6.470	6.111	5.789
60	10.909	10.000	9.230	8.571	8.000	7.500	7.058	6.666	6.315
65	11.818	10.833	10.000	9.285	8.666	8.125	7.647	7.222	6.842
70	12.727	11.666	10.769	10.000	9.333	8.750	8.235	7.777	7.368
75	13.636	12.500	11.538	10.714	10.000	9.375	8.823	8.333	7.894
80	14.545	13.333	12.307	11.428	10.666	10.000	9.411	8.888	8.421
85	15.454	14.166	13.076	12.142	11.333	10.625	10.000	9.444	8.947
90	16.363	15.000	13.846	12.857	12.000	11.250	10.588	10.000	9.473
95	17.272	15.833	14.615	13.571	12.666	11.875	11.176	10.555	10.000
110	20.000	18.333	16.923	15.714	14.666	13.750	12.941	12.222	11.578
120	21.818	20.000	18.461	17.142	16.000	15.000	14.117	13.333	12.631
140	25.454	23.333	21.538	20.000	18.666	17.500	16.470	15.555	14.736

Plusieurs cas peuvent se présenter dans l'utilisation de ce tableau.

PREMIER CAS. — *La valeur de la chute de tension et celle de l'intensité se trouvent dans le tableau.* Ce dernier nous indique immédiatement la résistance à utiliser.

DEUXIÈME CAS. — *La valeur de la chute de tension ou celle de l'intensité, ou les deux, se trouvent dans les limites du tableau, mais ne figurent pas dans les valeurs indiquées.*

Supposons que nous voulions calculer une résistance de façon à produire une chute de tension de 17,5 volts, sous 2,5 mA. Nous remarquerons que $17,5 = 35 : 2$, et que, par conséquent, la résistance nécessaire pour produire une chute de tension de 17,5 V sera la moitié de celle nécessaire pour 35 V. Donc : $R = 14.000 : 2 = 7.000$ ohms.

TROISIÈME CAS. — *La valeur de la chute tension et celle de l'intensité sont comprises entre 0 et 10 volts d'une part et entre 0 et 1 mA d'autre part.* Il suffit de multiplier par 10, simultanément, la chute

de tension et l'intensité données. La valeur de la résistance est indiquée par le tableau.

Soit à calculer une résistance nécessaire pour créer une chute de tension de 8 volts sous 0,6 mA (600 μ A). Multiplions par 10; nous obtenons respectivement 80 V et 6 mA, valeurs du tableau, ce qui nous donne $R = 13.333$ ohms.

QUATRIÈME CAS. — *La valeur de la chute de tension ou celle de l'intensité se trouvent en dehors des limites du tableau.* Nous pouvons toujours, en divisant ou en multipliant par 10, ramener la valeur donnée dans les limites du tableau. Ensuite, suivant le cas, la valeur de la résistance trouvée devra être, également, multipliée ou divisée par 10.

	<i>Si la valeur donnée est comprise</i>	<i>La résistance trouvée doit être</i>
Entre 0 et 10 V		Divisée par 10
Entre 100 et 1.000 V		Multipliée par 10
Entre 0 et 1 mA		Multipliée par 10
Entre 10 et 100 mA		Divisée par 10

Soit, par exemple, à trouver une résistance produisant une chute de tension de 15 V sous 35 mA. Divisons 35 mA par 10; nous avons 3,5 mA. Le tableau nous donne 4.285 ohms, valeur que nous divisons par 10, et obtenons finalement la résistance cherchée, soit 428,5 ohms.

Nous pouvons également avoir un cas combiné. Supposons que nous voulions calculer une résistance créant une chute de tension de 12,5 volts sous 27,5 mA.

Nous raisonnons de la façon suivante :

Pour créer une chute de tension de 12,5 V, nous devons prendre une résistance moitié de celle nécessaire pour une chute de tension de 25 V. *Donc, diviser le résultat par 2.*

La valeur donnée de l'intensité, 27,5 mA, est en dehors des limites du tableau et, pour l'y ramener, il faut la diviser par 10, ce qui nous donne 2,75 mA. *Donc, diviser le résultat par 10, d'après ce qui a été dit plus haut.*

Mais la valeur de 2,75 mA ne se trouve pas dans le tableau. Par contre, nous y voyons 5,5 mA = $2,75 \times 2$. Il nous faut donc multiplier 2,75 mA par 2 et, par conséquent, *multiplier le résultat par 2.*

La valeur que nous trouvons, pour 25 V et 5,5 mA, est de 4.545 ohms. Cette valeur doit être

1. Divisée par 2,
2. Multipliée par 2,
3. Divisée par 10,

donc, en fin de compte, divisée par 10, ce qui donne 454,5 ohms.

Toutes ces explications paraissent un peu longues, mais lorsqu'on a une certaine habitude du tableau, on effectue tous ces calculs sans y penser, d'autant plus que la plupart du temps ce que nous cher-

chons, c'est l'ordre de grandeur de la résistance, à 10 % ou même 20 % près.

Le même tableau permet de résoudre tous les problèmes où la loi d'Ohm est appliquée soit sous la forme

$$E = R.I. \quad (4)$$

soit sous la forme

$$I = \frac{E}{R} \quad (5)$$

Soit, par exemple, à déterminer la chute de tension produite dans une résistance de 15.000 ohms par un courant de 4,5 mA (application de la formule 4). En prenant la colonne correspondant à 4,5 mA, nous trouvons qu'une résistance de 15.555 ohms produit une chute de tension de 70 V. La chute de tension cherchée sera donc un peu inférieure à 70 V.

Résistances bobinées et fils résistants.

Les résistances bobinées sont réalisées en fil résistant de constantan, manganin ou nickelchrome enroulé, généralement sur un bâtonnet en porcelaine.

Il est intéressant de connaître les caractéristiques des différents fils résistants utilisés et nous les donnons dans les tableaux V, VI, VII et VIII relatifs aux fils le plus souvent employés.

Les chiffres indiqués dans ces tableaux doivent être considérés comme un ordre de grandeur, car certains fils résistants présentent des différences de caractéristiques assez sensibles suivant la provenance.

COEFFICIENT DE TEMPÉRATURE.

La résistance des fils varie avec la température, tantôt dans le sens de l'augmentation, tantôt, pour certains alliages, dans celui de la diminution.

Les chiffres donnés dans les tableaux sont valables pour 0°, et si nous voulons connaître la variation d'une résistance lorsque la température monte à T degrés (centigrades), par exemple, nous devons appliquer la formule de correction suivante :

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t)$$

où R_t est la résistance à t degrés

R_0 » » — à 0 »

α » le coefficient de température, positif ou négatif, suivant l'alliage utilisé.

Voici la valeur du coefficient α pour quelques alliages résistants :

Constantan	— 0,00001 à — 0,00004
Manganin	— 0,00003 à + 0,00002
Nickeline	+ 0,0003
Nickelchrome	+ 0,0002

Le coefficient α négatif veut dire, bien entendu, que la résistance diminue à mesure que la température augmente.

Pour le manganin, α est positif, et diminue d'ailleurs constamment, entre 0° et 35°, devient nul à 35° et négatif ensuite.

Voyons, à titre d'exemple, la variation d'une résistance de 100 ohms en nickelchrome lorsqu'on fait varier la température de 0 à 100 degrés :

$$R_{100} = 100 (1 + 0,02) = 102 \text{ ohms,}$$

soit une variation de 2 %.

Ces variations n'ont aucune importance lorsque les résistances en question sont utilisées comme chutrices ou filtres. Par contre, lorsque ces résistances sont employées en tant qu'étalons dans des appareils de mesure (contrôleurs universels, ponts de mesure, etc.) de précision, même une variation de 0,5 % peut avoir une répercussion fâcheuse sur la précision de l'ensemble.

Par conséquent, il est préférable, dans les appareils de mesure, d'utiliser des résistances en fil à faible coefficient de température (constantan et manganin).

L'intensité admissible indiquée dans les tableaux a été calculée en partant d'une densité de courant de 4 à 5 A par mm².

Lorsque nous cherchons à éviter toute possibilité de variation de la résistance par élévation de la température, cette densité doit être diminuée à 1,5 à 2 A par mm².

TABLEAU V
CONSTANTAN

Diamètre en mm.	Section en mm ² .	Résistance en ohms par mètre.	Longueur en mètres par ohm.	Poids en grammes par 100 m.	Résistance en ohms par kilogr.	Longueur en mètres par kg.	Intensité en ampères (5A/mm ²)
0,03	0,00071	690	0,00145	0,632	109.000.000	158.000	0,0035
0,04	0,00126	389	0,00257	1,12	34.700.000	89.300	0,0063
0,045	0,00159	308	0,00324	1,42	21.700.000	70.400	0,0080
0,05	0,00196	250	0,00400	1,75	14.300.000	57.200	0,0098
0,06	0,00283	173	0,00578	2,52	6.870.000	39.700	0,014
0,07	0,00385	127	0,00782	3,43	3.910.000	29.200	0,019
0,08	0,00503	97,4	0,0103	4,48	2.170.000	22.300	0,025
0,09	0,00636	77	0,0130	5,66	1.360.000	17.700	0,032
0,10	0,00785	62,4	0,0160	6,99	892.000	14.300	0,039
0,11	0,00950	51,6	0,0194	8,46	608.000	11.800	0,048
0,12	0,0113	43,4	0,0231	10,1	409.000	9.900	0,056
0,13	0,0133	36,9	0,0272	11,8	312.000	8.470	0,067
0,14	0,0154	31,8	0,0314	13,7	232.000	7.300	0,077
0,15	0,0177	27,7	0,0361	15,8	175.000	6.330	0,089
0,16	0,0201	24,4	0,0410	17,9	124.000	5.080	0,11
0,18	0,0255	19,2	0,0520	22,7	84.600	4.420	0,13
0,20	0,0314	15,6	0,0641	28	55.600	3.570	0,16
0,22	0,0380	12,9	0,0776	33,8	38.200	2.960	0,19
0,25	0,0491	9,98	0,100	43,7	22.800	2.290	0,25
0,30	0,0707	6,93	0,144	62,9	11.000	1.590	0,35
0,32	0,0804	6,10	0,164	71,6	8.540	1.400	0,40
0,35	0,0962	5,09	0,196	85,5	5.950	1.170	0,48
0,40	0,126	3,89	0,257	112	3.470	893	0,63
0,45	0,159	3,08	0,325	142	2.170	704	0,80
0,50	0,196	2,50	0,400	175	1.430	572	0,98
0,55	0,238	2,06	0,485	212	974	473	1,19
0,60	0,283	1,73	0,578	252	687	397	1,4
0,70	0,385	1,27	0,786	343	391	292	1,9
0,80	0,503	0,974	1,03	448	217	223	2,5
0,90	0,636	0,770	1,30	566	136	177	3,2
1	0,785	0,624	1,60	699	89,2	143	3,9
1,1	0,950	0,516	1,94	846	60,8	118	4,8
1,2	1,13	0,434	2,31	1.010	42,9	99	5,7
1,3	1,33	0,369	2,72	1.180	31,2	84,7	6,7
1,5	1,77	0,277	3,61	1.580	17,5	63,3	8,9
1,8	2,55	0,192	5,2	2.270	8,46	44,1	13
2	3,14	0,156	16,44	2.800	5,56	35,7	16
2,2	3,80	0,129	17,76	3.380	3,82	29,6	19
3,5	4,91	0,0998	20	4.370	2,28	22,9	25
2	7,07	0,0693	24,4	6.290	1,10	15,9	35

TABLEAU VI
MANGANIN

Diamètre en mm.	Section en mm ²	Résistance en ohms par mètre	Longueur en mètres par ohm	Poids en grammes par 100 m.	Longueur en mètres par kilogr.	Résistance en ohms par kilogr.	Intensité en ampères (4A/mm ²).
0,03	0,00071	606	0,00165	0,596	168.000	102.000.000	0,0028
0,04	0,00126	342	0,00293	1,06	94.400	32.300.000	0,0050
0,045	0,00159	271	0,00370	1,34	74.600	20.200.000	0,0064
0,05	0,00196	220	0,00456	1,65	60.600	12.200.000	0,0078
0,06	0,00283	152	0,00658	2,38	42.000	6.380.000	0,011
0,07	0,00385	112	0,00895	3,24	30.900	3.460.000	0,015
0,08	0,00503	85,4	0,0117	4,23	23.600	2.020.000	0,020
0,09	0,00636	67,6	0,0148	5,34	18.700	1.260.000	0,025
0,10	0,00785	54,8	0,0183	6,60	15.200	833.000	0,031
0,11	0,00950	45,3	0,0221	7,98	12.500	566.000	0,038
0,12	0,0113	38,1	0,0263	9,5	10.500	400.000	0,045
0,13	0,0133	32,4	0,0309	11,2	8.830	290.000	0,053
0,14	0,0154	27,9	0,0358	12,9	7.750	216.000	0,062
0,15	0,0177	24,3	0,0412	14,9	6.720	163.000	0,071
0,16	0,0201	21,4	0,0467	16,9	5.920	127.000	0,080
0,18	0,0255	16,9	0,0593	21,4	4.670	78.900	0,10
0,20	0,0314	13,7	0,0730	26,4	3.790	51.900	0,13
0,22	0,0380	11,3	0,0884	31,9	3.140	35.500	0,15
0,25	0,0491	8,76	0,114	41,2	2.430	21.300	0,20
0,30	0,0707	6,06	0,164	59,4	1.680	10.200	0,28
0,32	0,0804	5,34	0,187	67,5	1.480	7.900	0,32
0,35	0,0962	4,47	0,224	80,8	1.240	5.540	0,38
0,40	0,126	3,42	0,293	106	944	3.230	0,50
0,45	0,159	2,71	0,370	134	746	2.020	0,64
0,50	0,196	2,20	0,456	165	606	1.220	0,78
0,55	0,238	1,81	0,554	200	500	996	0,95
0,60	0,283	1,52	0,658	238	420	638	1,1
0,70	0,385	1,12	0,895	324	309	346	1,5
0,80	0,503	0,854	1,17	423	236	202	2,0
0,90	0,636	0,675	1,48	435	187	126	2,5
1	0,785	0,548	1,83	660	152	83,3	3,1
1,1	0,950	0,453	2,21	798	125	56,6	3,8
1,2	1,13	0,379	2,63	950	105	40,0	4,5
1,3	1,33	0,324	3,09	1.120	89,3	29,0	5,3
1,5	1,77	0,243	4,12	1.490	67,2	16,3	7,1
1,8	2,55	0,169	5,93	2.140	46,7	7,89	10
2	3,14	0,137	7,30	2.640	37,9	5,19	12
2,2	3,80	0,113	8,84	3.190	31,4	3,55	15
2,5	4,91	0,0875	11,40	4.120	24,3	2,13	19
3	7,07	0,0608	16,4	5.940	16,8	1,02	28

TABLEAU VII

NICKELINE

Diamètre en mm.	Section en mm ² .	Résistance en ohms par mètre.	Longueur en mètres par ohm.	Poids en grammes par 100 m.	Longueur en mètres par kilogr.	Résistance en ohms par kilogr.	Intensité en ampères ($\frac{1}{2}$ A/mm ²)
0,03	0,00071	566	0,00178	0,622	161.000	91.100.000	0,0028
0,04	0,00126	318	0,00315	1,11	90.100	28.700.000	0,0050
0,045	0,00159	252	0,00397	1,4	71.400	18.000.000	0,0064
0,05	0,00196	204	0,00490	1,73	57.800	11.800.000	0,0078
0,06	0,00283	137	0,00707	2,49	40.200	5.510.000	0,011
0,07	0,00385	104	0,00962	3,39	29.500	3.170.000	0,015
0,08	0,00503	79,5	0,0126	4,43	22.600	1.800.000	0,020
0,09	0,00636	62,9	0,0159	5,60	17.900	1.130.000	0,025
0,10	0,00785	51	0,0196	6,91	14.500	765.000	0,031
0,11	0,00950	42,1	0,0238	8,36	12.000	505.000	0,038
0,12	0,0113	35,4	0,0283	9,95	10.100	357.000	0,045
0,13	0,0133	30,1	0,0333	11,7	8.550	257.000	0,053
0,14	0,0154	26	0,0385	13,6	7.360	191.000	0,062
0,15	0,0177	22,6	0,0442	15,6	6.410	145.000	0,071
0,16	0,0201	19,9	0,0502	17,7	5.950	120.000	0,080
0,18	0,0255	15,7	0,0637	22,5	4.450	69.800	0,10
0,20	0,0314	12,7	0,0785	27,6	3.620	45.900	0,13
0,22	0,0380	10,5	0,0950	33,4	2.990	31.400	0,15
0,25	0,0491	8,14	0,123	43,4	2.300	18.700	0,20
0,30	0,0707	5,66	0,177	62,2	1.610	9.100	0,28
0,32	0,0804	4,98	0,201	70,8	1.410	7.020	0,32
0,35	0,0962	4,16	0,241	84,6	1.180	4.300	0,38
0,40	0,126	3,18	0,315	111	901	2.780	0,50
0,45	0,159	2,52	0,398	140	714	1.800	0,64
0,50	0,196	2,04	0,490	173	578	1.180	0,78
0,55	0,238	1,68	0,595	209	479	804	0,95
0,60	0,283	1,37	0,707	249	402	551	1,1
0,70	0,385	1,04	0,962	339	295	307	1,5
0,80	0,503	0,795	1,26	443	226	180	2
0,90	0,636	0,629	1,59	560	179	113	2,5
1,0	0,785	0,510	1,96	691	145	76,5	3,1
1,1	0,950	0,421	2,38	836	120	50,5	3,8
1,2	1,13	0,354	2,83	995	101	35,7	4,5
1,3	1,33	0,301	3,33	1.170	85,5	25,7	5,3
1,5	1,77	0,226	4,42	1.560	64,1	14,5	7,1
1,8	2,55	0,157	6,37	2.250	44,5	6,98	10
2	3,14	0,127	7,85	2.760	36,2	4,59	12
2,2	3,80	0,105	9,50	3.340	29,9	3,14	15
2,5	4,91	0,0815	12,3	4.340	23	1,87	19
3	7,07	0,0566	17,7	6.220	16,1	1,10	28

TABLEAU VIII
NICKELCHROME

Diamètre en mm.	Section en mm ² .	Résistance en ohms par mètre	Longueur en mètres par ohm.	Poids en grammes par 100 m.	Longueur en mètres par kilogr.	Résistance en ohms par kilogr.	Intensité en ampères (5A/mm ²).
0,03	0,00071	1.410	0,00071	0,582	172.000	242.000.000	0,0035
0,04	0,00126	794	0,00126	1,03	97.100	77.100.000	0,0063
0,045	0,00159	629	0,00159	1,30	91.300	57.400.000	0,0080
0,05	0,00196	510	0,00196	1,61	62.100	31.700.000	0,0098
0,06	0,00283	354	0,00283	2,32	43.100	15.300.000	0,014
0,07	0,00385	260	0,00385	3,16	31.200	8.110.000	0,019
0,08	0,00503	199	0,00503	4,13	24.200	4.810.000	0,025
0,09	0,00636	157	0,00636	5,22	19.200	3.010.000	0,032
0,10	0,00785	127	0,00785	6,44	15.500	1.970.000	0,039
0,11	0,00950	105	0,00950	7,79	12.800	1.340.000	0,048
0,12	0,0113	88,5	0,0113	9,27	10.800	959.000	0,056
0,13	0,0133	75,1	0,0133	10,9	9.170	689.000	0,067
0,14	0,0154	65	0,0154	12,6	7.940	516.000	0,077
0,15	0,0177	56,5	0,0177	14,5	6.900	390.000	0,089
0,16	0,0201	49,8	0,0201	16,5	6.060	302.000	0,11
0,18	0,0255	39,2	0,0255	20,9	4.790	188.000	0,13
0,20	0,0314	31,9	0,0314	25,8	3.880	124.000	0,16
0,22	0,0380	26,3	0,0380	31,2	3.210	84.400	0,19
0,25	0,0491	20,4	0,0491	40,3	2.480	50.500	0,25
0,30	0,0707	14,2	0,0707	50,8	1.720	24.400	0,35
0,32	0,0804	12,4	0,0804	65,9	1.520	18.800	0,40
0,35	0,0902	10,4	0,0962	78,8	1.270	13.200	0,48
0,40	0,126	7,94	0,126	103	971	7.710	0,63
0,45	0,159	6,29	0,159	130	913	5.740	0,80
0,50	0,196	5,10	0,196	161	621	3.170	0,98
0,55	0,238	4,2	0,238	195	513	2.150	1,2
0,60	0,283	3,54	0,283	232	431	1.530	1,4
0,70	0,385	2,6	0,385	316	312	811	1,9
0,80	0,503	1,99	0,503	413	242	481	2,5
0,90	0,636	1,57	0,636	522	192	301	3,2
1	0,785	1,27	0,785	644	155	197	3,9
1,1	0,950	1,05	0,950	779	128	134	4,8
1,2	1,131	0,885	1,13	927	108	95,6	5,7
1,3	1,33	0,751	1,33	1.090	91,7	68,9	6,7
1,5	1,77	0,565	1,77	1.450	79,4	51,6	8,9
1,8	2,54	0,392	2,55	2.090	47,9	18,8	13
2	3,14	0,319	3,14	2.580	38,8	12,4	16
2,2	3,80	0,263	3,8	3.120	32,1	8,44	19
2,5	4,91	0,204	4,91	4.030	24,8	5,05	25
3	7,07	0,142	7,07	5.800	17,2	2,44	35

CONDENSATEURS

Les condensateurs fixes utilisés en radio peuvent être divisés en trois groupes :

a. — Condensateurs au papier, dont l'isolant (le diélectrique) est constitué par du papier spécial très mince.

b. — Condensateurs au mica, dont le diélectrique est du mica.

c. — Condensateurs électrolytiques, ou électrochimiques.

Ces trois types de condensateurs ont pour caractéristiques communes :

a. — Leur *capacité*, indiquée par l'un des procédés que nous allons voir plus loin.

b. — Leur *isolement*, c'est-à-dire la tension maximum que le condensateur peut supporter à ses bornes, en service normal.

Marquage des condensateurs.

La capacité d'un condensateur est, le plus souvent, indiquée par des chiffres; l'utilisation du *Color Code* ne se rencontre guère que sur des condensateurs américains ou anglais.

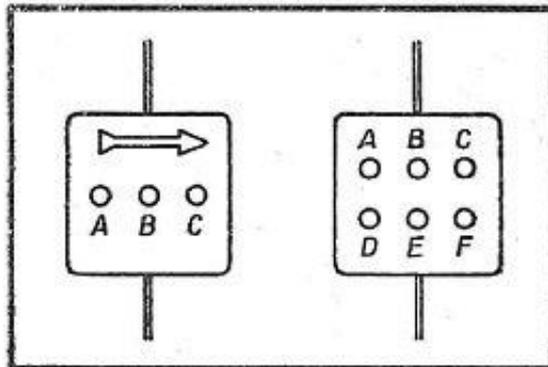


Fig. 6. — Marquage des condensateurs au mica en « color code ». A gauche : système à trois points coloriés. A droite : système à six points coloriés.

L'indication de la capacité sur les condensateurs est très souvent empreinte de la plus grande fantaisie, et il est bon d'y mettre un peu d'ordre.

Les *fortes capacités*, égales ou supérieures à 1 microfarad, sont, en général, marquées μF , ce qui est correct, mais aussi, quelquefois, *mf*, *mF*, *mFd* ou μf , ce qui est incorrect.

Les *capacités moyennes*, entre 1.000 $\mu\mu\text{F}$ et 1 μF , sont marquées soit en fraction de microfarad, soit en centimètres, en picofarads ou en micro-microfarads. Voici un tableau donnant la correspondance entre ces différentes unités et aussi leur symbole correct.

Microfarads μF	Micro-microfarads $\mu\mu\text{F}$	Picofarads pF	Centimètres cm
1	1.000.000	1.000.000	900.000
0,5	500.000	500.000	450.000
0,25	250.000	250.000	225.000
0,1	100.000	100.000	90.000
0,05	50.000	50.000	45.000
0,02	20.000	20.000	18.000
0,01	10.000	10.000	9.000
0,005	5.000	5.000	4.500
0,001	1.000	1.000	900

Les *petites capacités*, inférieures à $\mu\mu\text{F}$, sont presque toujours marquées soit en $\mu\mu\text{F}$, soit en pF, soit en cm.

Les condensateurs au mica d'origine américaine sont souvent marqués en *Color Code*, qui est le même pour les condensateurs que pour les résistances. Le condensateur comporte trois points coloriés, surmontés d'une flèche (fig. 6), et la lecture se fait comme pour les résistances, dans le sens de la flèche.

Par exemple, si nous avons un condensateur avec A rouge, B noir et C marron, nous lisons 2-0-0, c'est-à-dire 200 $\mu\mu\text{F}$.

Certains condensateurs au mica, également d'origine américaine, comportent deux rangées de points coloriés (fig. 6 b). Les points de la rangée supérieure, A, B et C, lus de gauche à droite, donnent les chiffres significatifs du *Color Code*. Les points de la rangée inférieure, D, E et F, lus également de gauche à droite, représentent :

D—le nombre de zéros à ajouter.

E—la tolérance en % suivant le code ci-dessous.

F—la tension de service maximum, suivant le code ci-dessous.

COULEUR	TOLERANCE en %	TENSION DE SERV. MAX.
Marron	1	100
Rouge	2	200
Orange	3	300
Jaune	5	400
Vert	4	500
Bleu	6	600
Violet	7	700
Gris	8	800
Blanc	9	900
Or		1.000
Argent		2.000

Ainsi, un condensateur marqué de la façon suivante : A—vert; B—noir; C—sans couleur; D—marron; E—rouge; F—vert, sera lu

A	B	C	D	E	F
5	0		0	2 %	500 V

c'est-à-dire : condensateur de 500 μF , à $\pm 2\%$, tension de service maximum 500 V.

Isolement.

Les condensateurs, qu'ils soient au papier, au mica ou électrochimiques, se trouvent toujours soumis à une différence de potentiel à leurs bornes et doivent répondre à certaines conditions d'isolement.

Les condensateurs *au papier* et *au mica* livrés couramment sont soit du type « 1.500 V », soit du type « 750 V », chiffres qui désignent la tension d'essai et non celle de service.

Le tableau ci-dessous nous donne la tension maximum de service à ne pas dépasser, en continu et en alternatif.

TENSION D'ESSAI	TENSION DE SERVICE MAX. EN CONTINU	TENSION DE SERVICE MAX. EN ALTERNATIF
1.500	350	300
750	180	150

Toutes les fois que la tension de service atteint ou dépasse ces chiffres, il vaut mieux utiliser des condensateurs essayés sous 2.500 ou 3.000 V, livrés par certaines maisons.

Nous avons plus loin un tableau résumant les différents cas d'utilisation des condensateurs au papier ou au mica, ainsi que la tension d'essai de ces derniers. Personnellement, nous estimons que l'utilisation des condensateurs isolés à 750 V, qui ne peut se justifier que par des considérations d'économie, se répercute toujours sur la qualité de l'ensemble et surtout sur sa durée. Il est évident qu'un condensateur découplant une tension d'écran de 100 V claquera plus facilement s'il est du type « 750 V » que s'il est de celui de « 1.500 V ».

Les condensateurs *électrolytiques* ou *électrochimiques* existent en trois types, au point de vue isolement.

a. — Condensateurs dits « de polarisation » ou de « basse tension » fabriqués pour des tensions de service de 20 à 50 V et dont la capacité est, en général, de 10, 25, 30 ou 50 μF .

b. — Condensateurs de filtrage pour récepteurs tous-courants, prévus pour fonctionner sous 130-140 volts. Leur capacité est presque toujours assez élevée : 25, 50 et même 100 μF .

CIRCUIT D'UTILISATION OU FONCTION DU CONDENSATEUR	TENSION D'ESSAI DU CONDENSATEUR A UTILISER
Etage final d'un récepteur. Découplage du circuit plaque de la lampe finale.....	1.500 V
Liaisons B.F. Condensateurs de liaison, aussi bien ceux des étages préamplificateurs que ceux de l'étage final.....	1.500 V
Tensions d'écran. Découplage des résistances chutrices :	
a) Lorsque ces tensions ne dépassent pas 150 V et que la <i>valve est à chauffage indirect</i>	750 V
b) Lorsque la <i>valve est à chauffage direct</i>	1.500 V
Polarisations de cathode des lampes H.F. et M.F. Condensateurs shuntant les résistances de polarisation	750 V
Découplage de la ligne d'antifading	750 V

c. — Condensateurs de filtrage pour récepteurs ou amplificateurs alimentés sur alternatif. Tensions de service de l'ordre de 450 V; capacité de 8, 16 ou 24 μ F.

Les condensateurs électrochimiques, du moins ceux prévus pour des tensions de service de 100 V et au-dessus, portent, en général, les indications suivantes : Tension de service 450 V; Tension de pointe 500 V. »

La tension de service ainsi indiquée n'a qu'une valeur théorique, et il est bien imprudent de faire fonctionner un électrochimique dans ces conditions.

Pratiquement, je recommande de ne jamais dépasser pour un électrochimique les 80 % de la tension de service indiquée, surtout si la valve est à chauffage direct.

Autrement dit, nous ne dépasserons pas 360 V pour un condensateur marqué « Tension de service 450 V », et 130 V pour celui marqué « Tension de service 165 V ».

Certains trouveront peut-être que j'exagère, mais je les prie de croire qu'une longue expérience m'a montré les ravages que peut provoquer dans un poste un électrochimique claqué, et j'ai toutes les raisons d'être prudent.

Toutes les fois que nous avons besoin de condensateurs supportant une tension de service supérieure à 400 V, il faut avoir recours soit à des électrochimiques spéciaux, prévus pour 900 V (*SAFCO-Trévoux* en fait), soit, ce qui est encore mieux, à des condensateurs

au papier convenablement isolés (par exemple, essayés sous 3.000 V pour une tension de service de l'ordre de 700 V). On peut aussi, à cet effet, utiliser plusieurs condensateurs branchés en série, comme cela est expliqué plus loin.

Courant de fuite.

CONDENSATEURS AU PAPIER. — Le rôle d'un condensateur, qu'il soit placé en découplage ou en liaison, est de s'opposer au passage du courant continu. Un condensateur qui laisse passer un courant, même infime, de l'ordre de quelques microampères, cesse d'être une capacité parfaite et devient une résistance plus ou moins élevée, ce qui peut présenter de graves inconvénients, surtout lorsque ce condensateur assure une liaison plaque-grille entre étages.

Il importe donc de déceler et d'éliminer sans pitié tous les condensateurs au papier qui présentent une fuite.

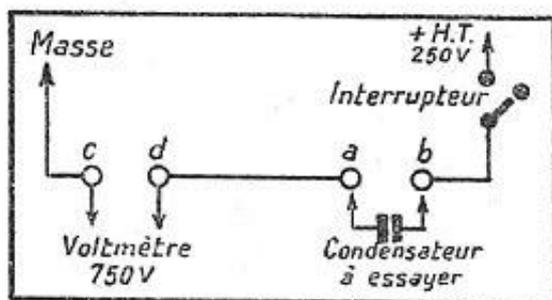


Fig. 7. — Montage à réaliser pour vérifier le courant de fuite des condensateurs et en déduire leur isolement.

Nous utiliserons, comme appareil de mesure, la sensibilité 750 V continu de notre contrôleur universel. Si nous avons souvent à faire des essais de ce genre, nous pouvons réaliser un petit montage, dont le schéma est donné dans la figure 7, et qui consiste simplement en un support isolant quelconque comportant quatre bornes : deux pour le branchement du condensateur à essayer et deux pour celui du voltmètre. En plus de cela, il y a un interrupteur, permettant de couper la haute tension, et deux fils souples, terminés par une pince crocodile, que l'on branchera d'une part à la haute tension d'un récepteur alternatif quelconque, et d'autre part à la masse de ce récepteur.

L'essai se passe de la façon suivante : on connecte le fil de masse et de haute tension au récepteur qui sert d'alimentation. On branche le contrôleur universel (sensibilité 750 V continu), en laissant l'interrupteur ouvert, et on place le condensateur à essayer aux bornes *ab*.

A ce moment, on ferme l'interrupteur et on note la déviation du voltmètre, qui est d'autant plus grande que l'isolement est plus mauvais, c'est-à-dire le courant de fuite plus élevé.

La déviation sera également différente suivant le type du voltmètre utilisé, c'est-à-dire suivant sa résistance propre. Le tableau ci-dessous nous donne la résistance d'isolement approximative du condensateur, pour une tension d'alimentation de 250 V et les différents types de voltmètres. Le résultat est sensiblement le même pour

une tension d'alimentation de 240 ou de 260 V. Peu importe d'ailleurs la valeur exacte de la résistance d'isolement, puisque, dans la pratique, tout condensateur dont la *résistance est inférieure à 25-30 MΩ* doit être considéré comme mauvais, même pour le découplage.

Quant aux *condensateurs de liaison* plaque-grille, leur résistance doit être de l'ordre 400 à 500 MΩ pour qu'ils puissent être utilisés correctement.

C'est pourquoi, lorsqu'on constate une déviation à peine perceptible dans l'essai ci-dessus, il vaut mieux répéter l'opération en branchant aux bornes *cd* soit un microampèremètre sensible (100 μA, par exemple), soit un contrôleur universel genre 13 K de *Guerpillon*, sur la sensibilité 75 V et résistance propre de 13,333 Ω/V. La dernière colonne du tableau nous donne les résistances d'isolement appréciées à l'aide d'un tel contrôleur.

Résistance d'isolement en MΩ	Tension lue en volts sur la sensibilité 750 V continu d'un contrôleur de résistance propre de				Tension lue sur la sensibilité 75 V 13.333 Ω/V
	1.000 Ω/V	1.333 Ω/V	2.000 Ω/V	5.000 Ω/V	
0,25	180	200	214	234	
0,5	150	166	190	220	
1	107	125	150	197	
2	70	83	107	163	
3	50	62	82	139	
5	30	40	58	107	
10	17	23	33	68	
20		12	17	40	
30					62
50					41
100					23

La pratique fréquente de ces essais nous enlèvera probablement les dernières illusions sur la qualité des condensateurs que nous utilisons...

C'est pourquoi je mets en garde les dépanneurs contre l'utilisation, sans contrôle préalable, des condensateurs de récupération qui encombrant les tiroirs de tout technicien qui se respecte. La plupart du temps, ces condensateurs ne valent plus rien ou sont tout juste bons pour faire des découplages d'écran ou de cathode.

CONDENSATEURS ÉLECTROCHIMIQUES. — Les condensateurs de ce type, de par leur constitution interne et leur principe, présentent un courant de fuite en fonctionnement normal. Ce courant, très faible d'ailleurs, ne doit pas, pour un condensateur de bonne qualité, dépasser une certaine valeur.

La *capacité* des condensateurs électrochimiques n'est pas constante et peut varier suivant les conditions d'utilisation.

a. — Influence de la tension de service. Lorsqu'un condensateur prévu pour fonctionner sous une certaine tension, 400 V, par exem-

ple, est utilisé régulièrement sous une tension inférieure, sa capacité augmente progressivement, pour se fixer à une valeur d'autant plus élevée que la nouvelle tension d'utilisation est plus basse.

Ainsi, un condensateur de 8 μF prévu pour 400 V et utilisé sous 120 V peut facilement atteindre 30 μF .

Cependant, il serait probablement imprudent de faire fonctionner à nouveau un tel condensateur sous 400 V, surtout s'il a servi pendant assez longtemps sous 120 V, car il se produit une véritable reformation de l'élément pour une tension de service de 120-150 V.

b. — Influence de la température. La capacité d'un condensateur électrochimique augmente avec la température. Cette variation est peu importante : 10 % environ pour une variation de la température de $+20^\circ$ à $+70^\circ$.

c. — Influence du temps. La capacité diminue avec le temps, mais une diminution sensible ne se produit qu'à la longue, au bout de plusieurs mois ou plusieurs années, suivant la qualité de l'élément.

Le courant de fuite des condensateurs électrolytiques est également fonction des conditions d'utilisation.

a. — Influence de la tension de service. Le courant de fuite d'un condensateur de bonne qualité oscille, en général, entre 0,05 et 0,15 mA par microfarad. Ce courant augmente très lentement avec la tension jusqu'à la limite de la tension de service et croît ensuite très vite, aussitôt que cette tension est dépassée.

b. — Influence de la température. Le courant de fuite augmente assez vite avec la température, et il n'est pas rare de le voir passer du simple au triple, pour une variation de la température de $+20^\circ$ à $+60^\circ$.

Moralité : éviter de placer les électrochimiques trop près des valves, transformateurs d'alimentation et lampes finales qui chauffent beaucoup.

c. — Influence du temps de repos. Un condensateur électrochimique, laissé sans utilisation pendant un temps assez long, présente, à sa remise en service, un courant de fuite beaucoup plus important que la normale, mais qui décroît progressivement et reprend sa valeur au bout de dix à vingt minutes.

Par conséquent, lorsqu'on veut essayer, au point de vue courant de fuite, un condensateur stocké depuis assez longtemps, il faut le laisser sous tension pendant un certain temps et l'essayer ensuite.

La mesure du courant de fuite d'un électrochimique peut présenter un certain intérêt pour se rendre compte de sa qualité, et nous allons donner quelques indications à ce sujet. Le montage à réaliser sera celui de la figure 8. Son alimentation sera assurée, comme dans le cas de la figure 7, par la tension redressée (250 V) provenant d'un récepteur alternatif quelconque.

Le montage comporte un pont diviseur de tension constitué par deux résistances de 15.000 et 10.000 ohms, afin de pouvoir essayer

également des condensateurs prévus pour 100 V. Un commutateur I à trois positions permet soit de couper le circuit du condensateur à essayer (position c), soit de faire l'essai sous 250 V (position a), soit, enfin, de faire l'essai sous 100 V (position b).

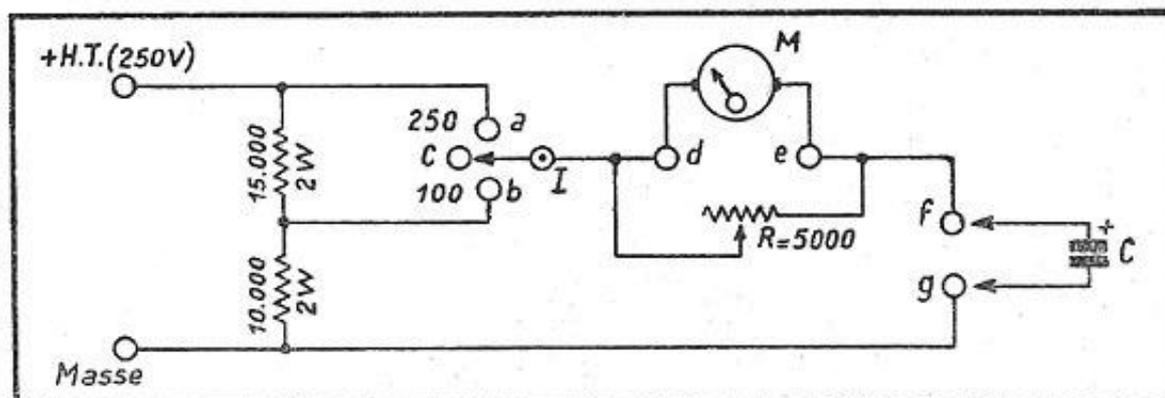


Fig. 8. — Montage à réaliser pour vérifier le courant de fuite des condensateurs électrochimiques.

Les bornes *d* et *e* auxquelles on branche le milliampèremètre *M*, sont shuntées par un potentiomètre *R* de 5.000 Ω qui permet de faire varier la résistance entre *d* et *e* de 0 à 5.000 ohms. L'utilité de ce dispositif est la suivante : lorsqu'on essaie un condensateur inconnu, qui n'est pas en court-circuit bien entendu, mais qui peut avoir un courant de fuite trop élevé et qui risquerait de détériorer le milliampèremètre *M*, on commence par court-circuiter les bornes *d* et *e* à l'aide de *R* et on augmente ensuite progressivement la résistance. Lorsque les 5.000 ohms shuntent le milliampèremètre, ce shunt n'a aucune influence pratiquement sur la sensibilité de ce dernier, et sa déviation indique le courant de fuite du condensateur.

La sensibilité du milliampèremètre à utiliser sera de 3 mA.

Quant au condensateur à essayer, il sera, bien entendu, branché dans le bon sens aux bornes *f* et *g*.

D'une façon générale, *tout condensateur dont le courant de fuite dépasse, dans ces conditions, 0,5 mA par microfarad, doit être rejeté.*

La sagacité de nos lecteurs trouvera certainement un moyen pour combiner les deux dispositifs des figures 7 et 8, ce qui n'est pas bien compliqué, et l'on pourra avoir alors un appareil unique pour vérifier le courant de fuite aussi bien des condensateurs au papier que des électrochimiques.

Combinaison de condensateurs.

BRANCHEMENT EN PARALLÈLE. — La capacité totale de deux ou plusieurs condensateurs branchés en parallèle est égale à la somme de leurs capacités.

Si nous avons, par exemple, trois condensateurs $C_1 = 1.000 \mu\text{F}$, $C_2 = 3.000 \mu\text{F}$ et $C_3 = 500 \mu\text{F}$ (fig. 9), la capacité totale sera

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 1.000 + 3.000 + 500 = 4.500 \mu\text{F}$$

BRANCHEMENT EN SÉRIE. — La valeur totale C de deux condensateurs branchés en série (fig. 10), est égale à leur produit divisé par leur somme. Autrement dit

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

Nous laissons de côté la formule pour 3, 4 ou 5 condensateurs en série (fig 11), car on peut ramener toujours n'importe quel cas à celui de deux condensateurs. Ainsi, dans le cas de la figure 11, nous faisons d'abord l'opération pour C_1 et C_2 et nous combinons le résultat avec C_3 , suivant la formule (6).

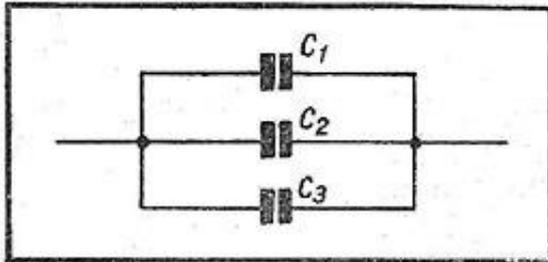


Fig. 9. — Association de trois condensateurs en parallèle.

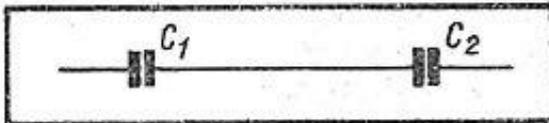


Fig. 10. — Association de deux condensateurs en série.

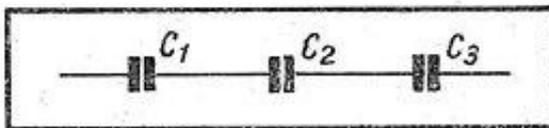


Fig. 11. — Association de trois condensateurs en série.

Si nous branchons en série, par exemple, un condensateur de $1.000 \mu\text{F}$ (C_1) et un autre de $200 \mu\text{F}$ (C_2), la capacité totale C sera de

$$C = \frac{1.000 \times 200}{1.000 + 200} = \frac{200.000}{1.200} = 166,6 \mu\text{F}.$$

Se rappeler que si deux condensateurs C_1 et C_2 en série sont de même valeur ($C_1 = C_2$), la capacité totale C est égale à la moitié de l'une de ces capacités.

Si nous branchons en série deux condensateurs de $0,1 \mu\text{F}$ la capacité totale sera

$$C = \frac{0,1}{2} = 0,05 \mu\text{F} = 50.000 \mu\mu\text{F}.$$

Le branchement des condensateurs en série peut être utile lorsqu'on veut constituer un condensateur présentant un isolement supérieur (en principe double) à celui de chacun des condensateurs constituants.

Lorsqu'il s'agit de *condensateurs au papier*, nous recommandons de ne brancher en série, si l'on veut obtenir un isolement plus élevé, que des condensateurs *d'égale valeur* et présentant un *même courant de fuite*.

Supposons, par exemple, que, pour obtenir un condensateur de $0,1 \mu\text{F}$ isolé à 3.000 V , nous branchions en série deux condensateurs de $0,2 \mu\text{F}$, mais dont le premier, C_1 , présente une résistance de $200 \text{ M}\Omega$, tandis que le second, C_2 , ne fait que $40 \text{ M}\Omega$. Supposons également que la tension aux bornes de l'ensemble soit de 700 V .

Tout se passe comme si nous disposions aux bornes de la source de 700 V de deux résistances en série, faisant au total $240 \text{ M}\Omega$. Il y circulera un courant de

$$\frac{700}{240.000.000} = 3 \mu\text{A environ,}$$

qui produira une chute de tension de 600 V aux bornes du condensateur C_1 (fig. 12) et de 100 V seulement aux bornes de C_2 . Dans ces conditions, il y a de grandes chances pour que C_1 claque au bout de très peu de temps.

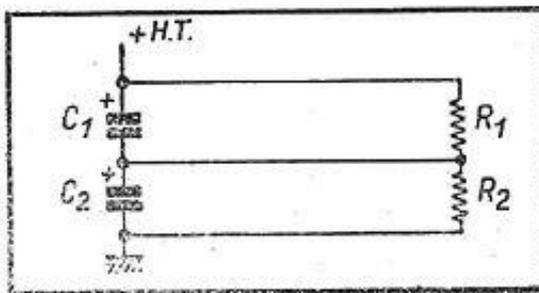
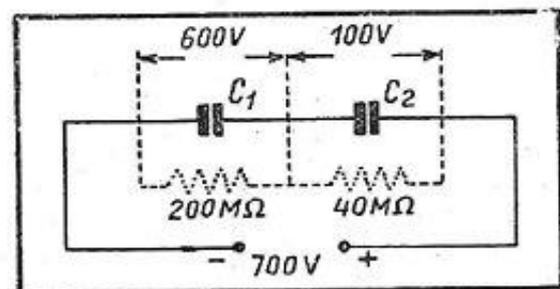


Fig. 12. — Ce qui se passe lorsqu'on monte en série deux condensateurs présentant des courants de fuite différents.

Lorsqu'il s'agit de *condensateurs électrochimiques*, même conseil que ci-dessous : ne mettre en série que des éléments d'égale capacité et présentant un même courant de fuite. Cependant, dans le cas des électrochimiques, nous pouvons, pour égaliser les courants de fuite, shunter chaque élément par une résistance appropriée, de 500.000 ohms à $1 \text{ M}\Omega$ (fig. 13).

Fig. 13. — La façon simple d'égaliser les courants de fuite de deux condensateurs électrochimiques montés en série.



Le tableau III, que nous avons donné pour le calcul de deux résistances en parallèle, peut servir pour déterminer rapidement la valeur totale de deux capacités en série.

Pour les condensateurs de 50 à $10.000 \mu\text{F}$, la valeur résultante est lue directement dans le tableau.

Soit à déterminer la valeur totale des condensateurs de $2.500 \mu\mu\text{F}$ et de $500 \mu\mu\text{F}$ branchés en série. Nous trouvons immédiatement : $415,2 \mu\mu\text{F}$.

Lorsque l'un des condensateurs, ou les deux, sont compris entre $10.000 \mu\mu\text{F}$ et $0,1 \mu\text{F}$, nous divisons leur valeur par 10, lisons le résultat dans le tableau et le multiplions par 10.

Supposons que nous ayons à calculer la valeur résultante des condensateurs de $50.000 \mu\mu\text{F}$ et de $10.000 \mu\mu\text{F}$ branchés en série. Divisons par 10. Nous avons respectivement 5.000 et 1.000, valeurs pour lesquelles le tableau nous donne 833,3. Multiplions par 10. Il vient $8.333 \mu\mu\text{F}$.

Lorsque l'un des condensateurs, ou les deux, sont compris entre $0,1 \mu\text{F}$ ($100.000 \mu\mu\text{F}$) et $1 \mu\text{F}$ ($1.000.000 \mu\mu\text{F}$), nous divisons leurs valeurs par 100, lisons le résultat dans le tableau et le multiplions par 100.

Soit à déterminer la capacité totale des condensateurs de $0,5 \mu\text{F}$ et de $0,15 \mu\text{F}$ branchés en série.

Divisons par 100, en nous souvenant que

$$0,5 \mu\text{F} = 500.000 \mu\mu\text{F}$$

et que

$$0,15 \mu\text{F} = 150.000 \mu\mu\text{F}.$$

Nous avons respectivement 5.000 et 1.500, valeurs pour lesquelles le tableau nous donne 1.153. Multiplions par 100 et nous obtenons $115.300 \mu\mu\text{F}$ ($0,115 \mu\text{F}$).

Comportement des condensateurs en courant alternatif.

Les condensateurs se comportent en courant alternatif, comme des résistances, d'autant plus faibles que la capacité est plus élevée et que la fréquence du courant est plus grande.

La résistance des condensateurs en alternatif s'appelle la *capacitance* et s'exprime, en ohms, par la formule suivante :

$$\frac{160.000}{C.f} \text{ ohms,}$$

dans laquelle C est la capacité exprimée en *microfarads*, et f la fréquence en *périodes/seconde*.

Cette formule n'est qu'approximative, mais largement suffisante pour la pratique. Elle est plus particulièrement indiquée lorsque nous avons à calculer la capacitance d'un condensateur aux fréquences acoustiques (50 à 15.000 p/s).

Soit à calculer la capacitance, que nous désignerons par Z , d'un condensateur de 10.000 $\mu\mu\text{F}$ à 1.000 périodes par seconde (10.000 $\mu\mu\text{F}$ = 0,01 μF) :

$$Z = \frac{160.000}{0,01 \times 1.000} = \frac{160.000}{10} = 16.000 \text{ ohms.}$$

Si nous avons à effectuer des calculs pour des circuits haute fréquence, dans lesquels les capacités sont plutôt faibles et se chiffrent par quelques dizaines ou quelques milliers de $\mu\mu\text{F}$, et où les fréquences sont comptées en kilohertz (milliers de périodes par seconde), nous utiliserons de préférence la formule

$$Z = \frac{160.000.000}{C.f} \text{ ohms.}$$

dans laquelle C est exprimé en micro-microfarads et f en kilohertz.

Calculons, par exemple, la capacitance d'un condensateur de 100 $\mu\mu\text{F}$ à 1.000 kHz :

$$Z = \frac{160.000.000}{100 \times 1.000} = \frac{160.000.000}{100.000} = 1.600 \text{ ohms.}$$

Les deux tableaux IX et X permettent de déterminer immédiatement la valeur de la capacitance pour les valeurs usuelles de condensateurs et de fréquences.

Le premier tableau donne la valeur de la capacitance pour les fréquences acoustiques, jusqu'à 10.000 périodes par seconde, tandis que le deuxième nous permet de calculer la capacitance pour les fréquences élevées (100 kHz à 10 MHz).

TABLEAU IX
CAPACITANCE EN OHMS DANS LES LIMITES DES FRÉQUENCES
ACOUSTIQUES

Capacité en µF	Fréquences en périodes par seconde										
	50	100	200	400	800	1.000	1.500	2.000	3.000	5.000	10.000
0,00005	64.000.000	32.000.000	16.000.000	8.000.000	4.000.000	3.200.000	2.130.000	1.600.000	1.065.000	640.000	320.000
0,0001	32.000.000	16.000.000	8.000.000	4.000.000	2.000.000	1.600.000	1.065.000	800.000	532.500	320.000	160.000
0,00015	21.339.000	10.650.000	5.325.000	2.662.500	1.331.250	1.065.000	710.000	532.500	355.000	213.000	106.500
0,0002	16.000.000	8.000.000	4.000.000	2.000.000	1.000.000	800.000	532.500	400.000	266.250	160.000	80.000
0,00025	12.800.000	6.400.000	3.200.000	1.600.000	800.000	640.000	426.000	320.000	213.000	128.000	64.000
0,0003	10.650.000	5.325.000	2.662.500	1.331.250	665.625	532.500	355.000	266.250	177.500	106.500	53.250
0,0004	8.000.000	4.000.000	2.000.000	1.000.000	500.000	400.000	266.250	200.000	133.125	80.000	40.000
0,0005	6.400.000	3.200.000	1.600.000	800.000	400.000	320.000	213.000	160.000	106.500	64.000	32.000
0,01	320.000	160.000	80.000	40.000	20.000	16.000	10.650	8.000	5.325	3.200	1.600
0,015	213.000	106.500	53.250	26.625	13.312	10.650	7.100	5.325	3.550	2.130	1.065
0,02	160.000	80.000	40.000	20.000	10.000	8.000	5.325	4.000	2.662	1.600	800
0,03	105.500	53.250	26.625	13.312	6.656	5.325	3.550	2.662	1.775	1.065	532
0,05	64.000	32.000	16.000	8.000	4.000	3.200	2.130	1.600	1.065	640	320
0,1	32.000	16.000	8.000	4.000	2.000	1.600	1.065	800	532	320	160
0,15	21.300	10.650	5.325	2.662	1.331	1.065	710	532	355	213	106
0,2	16.000	8.000	4.000	2.000	1.000	800	532	400	266	160	80
0,25	12.800	6.400	3.200	1.600	800	640	426	320	213	128	64
0,5	6.400	3.200	1.600	800	400	320	212	160	106	64	32
1	3.200	1.600	800	400	200	160	106	80	53	32	16
2	1.600	800	400	200	100	80	52	40	26	16	8
4	800	400	200	100	50	40	26	20	13	8	4
8	400	200	100	50	25	20	12	10	6	4	2
16	200	100	50	25	12,5	10	6	5	3	2	1
25	128	64	32	16	8	6,4	4,2	3,2	2,1	1,28	0,64
32	100	50	25	12,5	6,25	5	3,2	2,5	1,6	1	0,5
50	64	32	16	8	4	3,2	2	1,6	1	0,64	0,32

TABLEAU X

CAPACITANCE EN OHMS POUR LES HAUTES FRÉQUENCES

Capacité en pF	Fréquences en kHz			
	100	300	450	600
5	320.000	106.500	71.000	53.250
10	160.000	53.250	35.600	26.625
25	64.000	21.300	14.200	10.650
50	32.000	10.650	7.100	5.325
100	16.000	5.325	3.500	2.662
150	10.650	3.550	2.350	1.775
200	8.000	2.662	1.700	1.331
250	6.000	2.130	1.420	1.056
300	5.320	1.775	1.150	887
400	4.000	1.331	850	665
500	3.200	1.065	710	532
1.000	1.600	532	350	266
2.000	800	266	170	133
3.000	532	177	115	88
5.000	320	106	71	53
10.000	160	53	35	26
15.000	106	35	23	17,5
20.000	80	26	17	13
50.000	32	10,6	7,1	5,3
100.000	16	5,3	3,5	2,6

Capacité en pF	Fréquences en kHz			
	1.000	1.500	5.000	10.000
5	32.000	21.300	6.400	3.200
10	16.000	10.650	3.200	1.600
25	6.400	4.260	1.280	640
50	3.200	2.130	640	320
100	1.600	1.065	320	160
150	1.065	710	212	106
200	800	532	160	80
250	640	426	128	64
300	532	355	106	53
400	400	266	80	40
500	320	213	64	32
1.000	160	106	32	16
2.000	80	53	16	8
3.000	53	35	10,6	5,3
5.000	32	21	6,4	3,2
10.000	16	10,6	3,2	1,6
15.000	10	7	2	1
20.000	8	5,2	1,6	0,8
50.000	3,2	2,1	0,64	0,32
100.000	1,6	1	0,32	0,16

TRANSFORMATEURS D'ALIMENTATION

Tout dépanneur est souvent appelé à réparer, à rebobiner ou à modifier un transformateur d'alimentation, et, quelquefois, à en construire un nouveau.

Un transformateur d'alimentation classique, pour récepteur de T.S.F., comprend :

- a. — Une carcasse constituée par un ensemble de tôles minces découpées suivant le croquis de la figure 14 et empilées en un paquet plus ou moins épais (fig. 15), assemblé, en général, par 4 tiges filetées et des écrous fortement serrés. La partie centrale de la carcasse N (fig. 15) s'appelle le *noyau*.
- b. — Une carcasse en carton paraffiné ou bakélinisé, s'adaptant exactement sur le noyau N (fig. 16). Cette carcasse est quelquefois réalisée avec des jours en carton également (fig. 17).

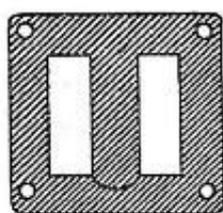


Fig. 14

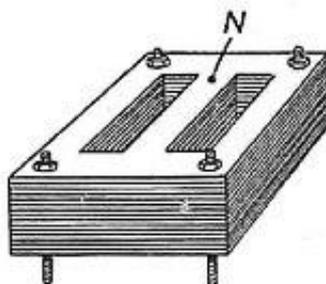


Fig. 15



Fig. 16

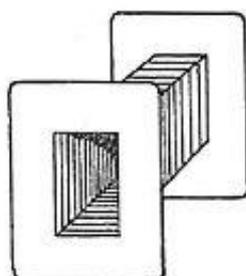


Fig. 17

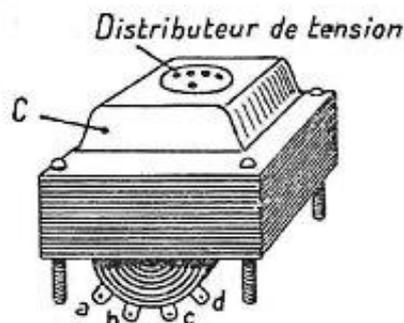


Fig. 18

c. — Le bobinage à proprement parler, réalisé en couches successives sur la carcasse en carton, et comprenant d'abord le primaire, puis les secondaires, en commençant par celui de haute tension et en finissant par ceux de chauffage en gros fil.

Entre le primaire et le secondaire, et isolée soigneusement des deux, se trouve une couche de fil ou une feuille de clinquant, dont l'une des extrémités est reliée à la carcasse métallique, c'est-à-dire à la masse, et l'autre est isolée. C'est l'écran électrostatique.

d. — Un capot métallique C (fig. 18) supportant la plaquette distributrice de tension.

Pannes. Essais.

Un transformateur d'alimentation classique doit nous donner les tensions suivantes, lorsqu'une tension du secteur convenable, correspondant à la position du cavalier fusible, est appliquée au primaire AB (fig. 19) :

1. Secondaire H.T., comportant une prise au milieu : CED. La tension mesurée entre la prise milieu E et l'une des extrémités doit être 350 à 375 V.
2. Secondaire de chauffage valve FG. Suivant la valve utilisée..... 4; 5 ou 6,3 V.
3. Secondaire du chauffage lampes HI. Suivant les lampes utilisées..... 2,5; 4 ou 6,3 V.

Ces tensions sont de 5 à 10 % plus élevées lorsqu'on les mesure le transformateur étant complètement déconnecté de tous les circuits du poste (« à vide »).

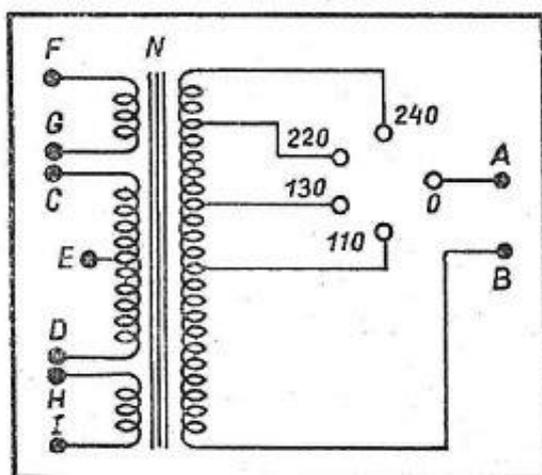


Fig. 19. — Schéma d'un transformateur d'alimentation normal.

A noter également que les secondaires de chauffage valve et lampes comportent quelquefois, surtout dans les modèles anciens, une prise milieu.

Les *pannes* que nous pouvons trouver dans un transformateur d'alimentation sont :

1. Coupure de l'un des enroulements;
2. Court-circuit partiel dans l'un des enroulements;
3. Court-circuit entre deux enroulements;
4. Court-circuit entre l'un des enroulements et le paquet de tôles (masse).

Lorsque nous avons affaire à un transformateur que nous connaissons, dont les différentes sorties sont repérées, tout va bien. Mais nous pouvons très bien tomber sur un transformateur douteux, de provenance inconnue, acheté d'occasion quelque part. Il importe avant tout de bien repérer ses différents enroulements.

Les deux secondaires de chauffage (FG et HI) sont facilement reconnaissables, étant réalisés en fil de gros diamètre. Un doute subsiste quelquefois sur le secondaire HT et le primaire. Nous aurons alors recours à un ohmmètre, car la résistance de ces enroulements est nettement différente.

Le tableau suivant nous donne les résistances que nous devons trouver pour les différents types de transformateurs que nous pouvons rencontrer. Il est évident que plus un transformateur est puissant, plus le fil constituant les différents enroulements est gros et, par conséquent, moins résistant.

Nous verrons plus loin que suivant le principe adopté pour la construction d'un transformateur, ce dernier peut comporter plus ou moins de spires pour chaque enroulement. Les chiffres donnés ci-dessous ne constituent donc qu'un ordre de grandeur. Les résistances données dans les colonnes 110, 130, 220 et 240 V correspondent respectivement aux résistances mesurées entre l'extrémité B du primaire (fig. 19) et les prises 110, 130, 220 et 240 V.

PUISSANCE EN W	Secondaire H.T. (total)	110 V	130 V	220 V	240 V
30	1.200 à 1.600	15 à 20	18 à 22	30 à 40	36 à 46
50	600 à 700	10 à 12	12 à 14	19 à 24	24 à 28
60	400 à 450	8 à 10	10 à 12	16 à 20	20 à 24
75	250 à 300	5 à 7	6 à 8	10 à 15	12 à 17
100	180 à 220	3,5 à 4,5	4 à 5,5	7 à 13	11 à 14

Lorsque les différents enroulements du transformateur sont bien repérés, mettre en série avec le primaire un ampèremètre alternatif (sensibilité 1,5 A) et brancher le primaire au secteur (fig. 20). Si la déviation est trop faible, on peut passer sur la sensibilité 0,3 (300 mA).

Dans ces conditions, nous mesurons le *courant à vide* du transformateur, et les indications de l'ampèremètre peuvent nous donner quelquefois des indications précieuses sur l'état du transformateur.

Il est difficile de donner des chiffres précis sur le courant à vide

des transformateurs que l'on peut rencontrer, mais d'une façon générale ce courant est très faible, de l'ordre de 0,1 A (100 mA).

Prenons comme règle que si nous avons affaire à un transformateur robuste d'aspect, possédant un gros paquet de tôles et un bobinage épais en apparence, son courant à vide sera certainement très faible : 0,08 à 0,12 A (80 à 120 mA) lorsqu'il s'agit d'un transformateur pour récepteur de 5 à 6 lampes, et un peu plus (120 à 160 mA) lorsque nous avons un modèle pour poste à push-pull ou amplificateur.

Par contre, si nous voyons un transformateur assez léger, bien que prévu pour alimenter un récepteur de 5 à 6 lampes, et dont le paquet de tôles est assez mince, nous pouvons compter sur un courant à vide assez important et qui pourra atteindre 0,3 à 0,35 A (300 à 350 mA).

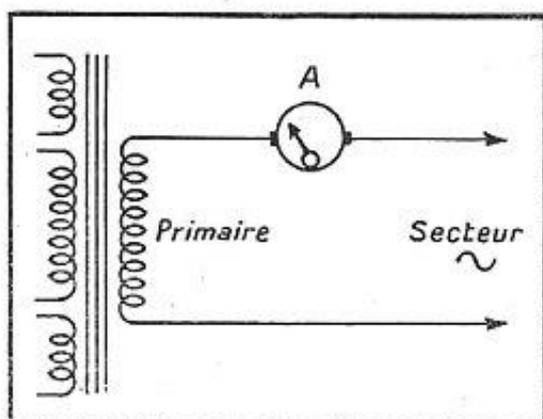


Fig. 20. — Branchement de l'ampèremètre pour la vérification du débit primaire d'un transformateur.

Toujours est-il qu'un courant à vide supérieur à 200 mA est plus ou moins suspect pour un transformateur du premier type. Il nous indiquera presque sûrement qu'il y a un court-circuit partiel d'un enroulement.

Nous aurons alors recours à un voltmètre (alternatif) pour mesurer les différentes tensions.

Le primaire étant alimenté en 110 V, nous devons trouver

130 V	environ	entre	B	et	la	prise	130 V	(fig. 19)
220 »	»	»	»	»	»	»	220 »	
240 »	»	»	»	»	»	»	240 »	

Si l'une de ces tensions s'écarte de plus de 20 % des valeurs indiquées, il y a sûrement un court-circuit partiel du primaire.

Passons ensuite aux secondaires, où nous devons trouver

360 à 390 V soit entre E et C, soit entre E et D.

Ces deux tensions doivent être *identiques*. S'il y a un écart sensible entre les deux valeurs, conclure à un court-circuit partiel de la moitié dont la tension est moindre.

Nous mesurerons aussi, par acquit de conscience, les tensions des secondaires de chauffage FG et HI.

Dans le cas où notre transformateur semble normal au point de vue des tensions secondaires et du courant à vide, il nous restera à faire un dernier essai, celui des courts-circuits possibles entre l'un des

enroulements et les tôles du noyau, ou encore entre deux enroulements différents.

La vérification se fera à l'aide d'un ohmmètre commuté sur sa sensibilité la plus élevée (1 M Ω ou plus). Faire les essais entre le point B et la masse des tôles d'une part, puis entre E et les tôles, ensuite entre F et H et les tôles.

Comment déterminer la puissance du transformateur nécessaire pour alimenter un récepteur donné?

Nous devons déterminer la puissance, en watts, du primaire, ce qui nous oblige de calculer la somme des puissances des secondaires : secondaire H.T., secondaire chauffage valve et secondaire chauffage lampes.

Supposons, par exemple, que nous ayons un récepteur composé de la façon suivante :

- 6E8, changeuse de fréquence;
- 6M7, amplificatrice M.F.;
- 6Q7, détectrice-préamplificatrice B.F.;
- 6V6, amplificatrice B.F. finale;
- 5Y3, valve redresseuse.

Calculons d'abord la consommation en courant de haute tension. A l'aide d'un recueil quelconque de caractéristiques de lampes, nous dressons la liste suivante (où l'on ne doit pas tenir compte du débit de la valve) :

6E8. —	Courant plaque	2,3 mA
	» écran	3 »
	» anode oscillatrice ..	3,3 »
6M7. —	» plaque	6,5 »
	» écran	1,7 »
6Q7. —	» plaque	0,5 »
6V6. —	» plaque	45 »
	» écran	4,5 »

Cela nous fait au total 66,8 mA ou 70 mA (0,07 A) en chiffre rond.

La haute tension disponible à la sortie de la valve redresseuse est de 350 V. Par conséquent, la puissance consommée par les circuits H.T. sera

$$350 \text{ volts} \times 0,07 \text{ ampère} = 24,5 \text{ watts.}$$

Calculons ensuite la puissance que doit fournir le secondaire chauffage valve. Une 5Y3 consomme 2 ampères sous 5 volts, ce qui nous fait

$$5 \text{ volts} \times 2 \text{ ampères} = 10 \text{ watts.}$$

Quant au secondaire chauffage lampes, il alimente 3 lampes consommant chacune 0,3 A au filament (6E8, 6M7 et 6Q7), plus la 6V6 qui consomme 0,45 A, plus deux ampoules du cadran (ne pas oublier!) à 0,3 A chacune, ce qui nous fait, au total, $0,9 + 0,45 + 0,6 = 1,95$ A, soit 2 A en chiffre rond. La tension étant de 6,3 volts, la puissance fournie par le secondaire chauffage lampes sera

$$6,3 \text{ volts} \times 2 \text{ ampères} = 12,6 \text{ watts.}$$

La puissance totale des secondaires, que nous appellerons P_s , sera donc

$$24,5 + 10 + 12,6 = 47,1 \text{ watts.}$$

Ici intervient la question du rendement. Un transformateur d'alimentation est loin d'être un appareil parfait, c'est-à-dire qu'il ne restitue au secondaire qu'une partie de la puissance fournie au primaire. Le rendement d'un transformateur s'exprime en % et représente le rapport de la puissance totale demandée aux secondaires, P_s , à la puissance fournie au primaire, P_p , c'est-à-dire

$$\text{Rendement} = \frac{P_s}{P_p}$$

Nous admettrons, dans notre cas, un rendement de 80 %, c'est-à-dire

$$\frac{P_s}{P_p} = 0,8 \quad \text{donc} \quad P_p = \frac{47,1}{0,8}$$

$$P_p = 58,8 \text{ watts.}$$

C'est la puissance primaire minimum que nous devons adopter pour notre transformateur.

Comment déterminer la puissance d'un transformateur inconnu?

La mesure de la section du noyau magnétique peut nous donner déjà une première idée de cette puissance.

En effet, il existe une formule très simple, qui permet de calculer la section du noyau, connaissant la puissance du transformateur et, par conséquent, la puissance connaissant la section. Si P_p est la puissance primaire en watts et s la section *nette* du noyau en cm^2 , nous avons

$$s = 1,2 \sqrt{P_p}$$

ce qui signifie que la section est égale à la racine carrée de la puissance primaire, multipliée par 1,2.

Si nous transformons cette formule de façon à pouvoir calculer P_p connaissant s , nous avons

$$P_p = \frac{s^2}{(1,2)^2} = \frac{s^2}{1,44}$$

ce qui veut dire, en langage clair, que la puissance primaire d'un transformateur est égale au carré de la section du noyau, divisé

par 1,44. Rappelons que le carré d'un nombre est le produit de ce nombre par lui-même.

Mesurons dans un transformateur la largeur a du noyau (fig. 21) et l'épaisseur b du paquet de tôles. Soit $a = 25$ mm et $b = 38$ mm. La section brute du noyau sera donc

$$25 \times 38 = 950 \text{ mm}^2 = 9,5 \text{ cm}^2.$$

Ce qui nous intéresse, c'est la section *nette* qui s'obtient en multipliant par 0,9 la section brute. En effet, lorsque nous mesurons les dimensions d'un noyau, nous ne tenons pas compte des vides qui existent inévitablement entre les tôles en raison des irrégularités d'empilage. Nous obtenons donc la section brute. Or, ce qui nous intéresse pour le calcul de la puissance, c'est la section nette du fer. Nous avons donc

$$s = 0,9 \times 9,5 = 8,55 \text{ cm}^2.$$

Multiplions ce nombre par lui-même et divisons par 1,44. Nous obtenons, *approximativement*, la puissance primaire P_p .

$$P_p = \frac{8,55 \times 8,55}{1,44} = \frac{73,1}{1,44} = 50,8 \text{ W}$$

Insistons encore sur ce point que la puissance déterminée par ce procédé n'est qu'approximative, et, en général, inférieure à la puissance que le transformateur peut réellement fournir, surtout lorsque nous avons affaire à un transformateur dont le courant à vide est normalement assez élevé, malgré la section du noyau relativement réduite.

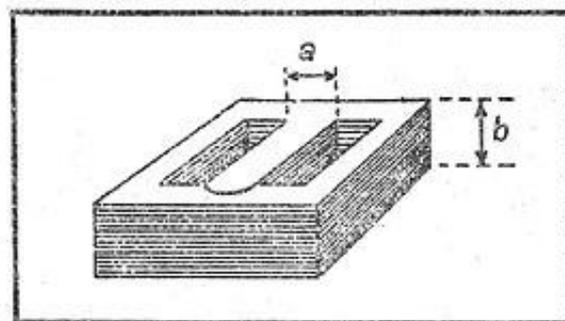


Fig. 21. — Paquet de tôles d'un transformateur et les cotes donnant la section du noyau (ci-dessus).

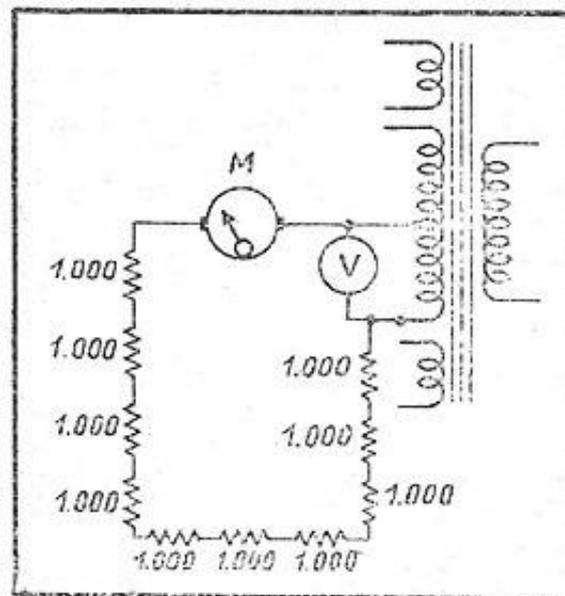


Fig. 22. — Montage à réaliser pour l'essai du fonctionnement en charge d'un secondaire H.T. (ci-contre).

Par conséquent, si nous voulons avoir une idée plus complète sur les possibilités du transformateur, il y a lieu de procéder à un essai de fonctionnement en charge que nous pouvons réaliser de la façon suivante :

L'une des moitiés du secondaire H.T. sera chargée par un circuit comprenant un milliampèremètre alternatif de 75 à 100 mA et 12 à 15 résistances de 1.000 ohms 2 watts, en série (fig. 22). Un voltmètre

alternatif V sera branché aux bornes de l'enroulement (sensibilité 750 V alternatif).

En court-circuitant progressivement, à l'aide d'une connexion munie de deux pinces crocodiles, 3, 4, 5, etc., résistances, nous faisons augmenter le courant que nous lisons sur le milliampèremètre M, et en même temps nous constatons que la tension indiquée par le voltmètre V diminue. Nous arrêtons l'expérience lorsque la tension indiquée par V est de l'ordre de 340-350 V. Le courant indiqué par M à ce moment sera le courant maximum que nous pouvons tirer du secondaire H.T.

Un essai analogue sera réalisé sur le secondaire de chauffage des lampes, avec cette différence que la charge sera constituée par un certain nombre de lampes de tension correspondante montées en parallèle, que le milliampèremètre M sera un ampèremètre de 2 à 3 A et que le voltmètre V sera mis sur la sensibilité 7,5 V alternatif. En faisant varier le nombre de lampes dans le circuit de charge, nous faisons varier le débit.

Construction ou rebobinage d'un transformateur d'alimentation.

CALCUL.

Le remplacement d'un transformateur d'alimentation est un travail fréquemment exécuté dans un atelier de dépannage, et, en général, le transformateur défectueux va rejoindre dans un coin du grenier ou de la cave d'autres transformateurs grillés ou coupés qui moisissent doucement et se couvrent de poussière, sans utilité pour personne.

Or, tout ce vieux matériel peut être récupéré, et je connais pas mal de dépanneurs qui se font de substantiels bénéfices en rebobinant les transformateurs défectueux.

Plusieurs cas peuvent se présenter, suivant l'état du transformateur à rebobiner.

1. — *Transformateur complètement carbonisé, sur lequel aucun fil ne peut être récupéré.* — Nous commençons par enlever successivement tous les enroulements secondaires et primaire. La carcasse isolante (fig. 16 ou 17) ne sera conservée que si elle n'est pas carbonisée. Au besoin, nous en confectionnerons une autre, en carton solide, de préférence paraffiné.

Ensuite, nous mesurerons les dimensions du noyau magnétique, comme nous l'avons fait plus haut (fig. 21), et déduirons la puissance du transformateur à réaliser d'après la section *nette* du noyau.

Reprenons l'exemple précédent. Nous avons trouvé 8,55 cm² pour la section nette du noyau, et 50,8 watts pour la puissance primaire. Le tableau XI nous donne, dans les deux premières colonnes, les différentes puissances et, en regard, les sections correspondantes du noyau. Adoptons la puissance de 50 watts et la section de 9 cm².

Nous voyons, dans la troisième colonne, que le nombre de spires sera de 555 pour 110 V au primaire.

TABLEAU XI

CARACTÉRISTIQUES D'UN TRANSFORMATEUR D'ALIMENTATION

Puissance en watts	Section du noyau en cm ²	Spires primaire pour 110 V	Section de fil primaire en mm ²	Diamètre du fil primaire en mm	Spires par volt	Spires à mettre pour les enroulements de volts :								
						2,5	4	5	6,3	250	300	350	400	
10	3,5	1 428	0,0380	0,22	14	35	56	70	88,2					
10	4	1 250	0,0380	0,22	12	30	48	60	75,6					
12	4	1 250	0,0491	0,25	12	30	48	60	75,6					
12	4,8	1 041	0,0491	0,25	11	27,5	44	55	69,3					
15	5,2	961	0,0572	0,27	9,2	23	36,8	46	58					
20	6	833	0,0707	0,30	8,	20	32	40	50,4					
22	6,3	793	0,0884	0,32	7,5	18,75	30	37,5	47,25					
25	6,5	769	0,0962	0,35	7,2	18	28,8	36	45,36					
30	7	714	0,1134	0,38	7	17,5	28	35	43,1	1 800	2 160	2 520	2 880	
50	8	625	0,159	0,45	6	15	24	30	37,8	1 750	2 100	2 450	2 800	
50	9	555	0,159	0,45	5,3	13,25	21,2	26,5	33,4	1 500	1 800	2 100	2 400	
60	10	500	0,196	0,50	4,8	12	19,2	24	30,24	1 325	1 590	1 855	2 120	
65	11	454	0,238	0,55	4,4	11	17,6	22	27,7	1 200	1 440	1 680	1 920	
75	12	416	0,238	0,55	3,9	9,75	15,6	19,5	24,6	1 100	1 320	1 540	1 760	
100	13	384	0,332	0,65	3,7	9,25	14,8	18,5	23,3	975	1 170	1 365	1 560	
105	13,5	370	0,385	0,70	3,6	9	14,4	18	22,7	925	1 110	1 295	1 480	
110	14	357	0,385	0,70	3,4	8,5	13,6	17	21,4	900	1 080	1 260	1 440	
120	14,5	344	0,442	0,75	3,3	8,25	13,2	16,5	20,8	850	1 020	1 190	1 360	
125	15	333	0,442	0,75	3,2	8	12,8	16	20,15	825	990	1 155	1 320	
140	16	312	0,503	0,80	3	7,5	12	15	18,9	800	960	1 120	1 280	
150	17	294	0,503	0,80	2,8	7	11,2	14	17,65	750	900	1 050	1 200	
200	19	263	0,709	0,95	2,5	6,25	10	12,5	15,75	700	840	980	1 120	
300	24	208	0,950	1,1	2	5	8	10	12,6	625	750	875	1 000	800

Si nous voulons prévoir également *une prise pour 130 V*, nous appliquons la règle de trois : puisqu'il faut 555 spires pour 110 V, il en faut, pour 20 volts en plus :

$$\frac{555 \times 20}{110} = 100 \text{ spires en plus.}$$

Le primaire comprendra donc au total :

$$555 + 100 = 655 \text{ spires.}$$

La cinquième colonne du tableau nous donne le diamètre du fil émaillé à utiliser. Dans notre cas ce sera du fil de 0,45 mm ou 45/100.

Si nous désirons avoir aussi *une prise pour 220 V*, le calcul du nombre de spires à ajouter est extrêmement simple. Etant donné que nous devons mettre 555 spires pour 110 V, nous devons en mettre le double pour 220 V, soit 1.110 spires. Comme nous avons déjà 655 spires pour les enroulements 110 et 130 V, il nous reste à ajouter $1.110 - 655 = 455$ spires.

Mais attention ! Le fil à utiliser, à partir de la prise de 130 V, ne sera plus le même. Il faut prendre *la section moitié*, je dis bien la *section* et non le diamètre. Nous voyons, dans la quatrième colonne du tableau, que le fil de 45/100 correspond à une section de 0,159 mm², dont la moitié nous donne 0,080 mm² environ. A cette section correspond un diamètre de 31/100 ou 32/100, et c'est ce fil que nous utiliserons.

La figure 23 nous donne le schéma de l'enroulement primaire, avec l'indication du nombre de spires et du diamètre du fil à utiliser pour les prises de 110, 130 et 220 volts.

NOTA. — Si nous n'avons besoin, sur notre transformateur à rebobiner, que du primaire pour 220 V, l'enroulement total peut être exécuté en fil de 31/100 ou 32/100.

Passons maintenant au *secondaire H.T.* Nous voyons, toujours d'après le tableau, que pour avoir 350 V, nous devons mettre 1.855 spires. Par conséquent, l'enroulement H.T. comportera au total deux fois 1.855 spires.

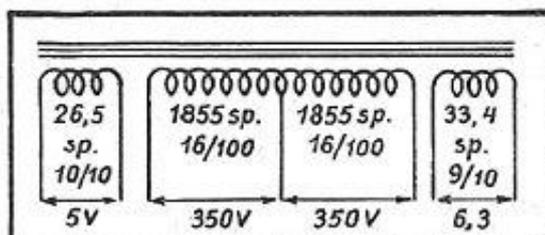


Fig. 23. — Schéma d'un primaire avec l'indication du nombre de spires et du diamètre du fil pour chaque section.

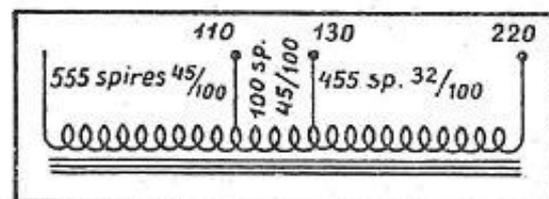


Fig. 24. — Schéma des trois secondaires d'un transformateur d'alimentation avec l'indication du nombre de spires et du diamètre du fil.

Pour déterminer le diamètre du fil à utiliser, consultons le tableau XII des fils émaillés. En admettant une densité de courant

de $2,5 \text{ A/mm}^2$, ce qui est une bonne moyenne, et en tenant compte de ce que l'intensité parcourant le secondaire H.T. sera de l'ordre de 50 à 60 mA (0,05 à 0,06 A), nous voyons qu'il nous faudra prendre du fil de 16/100 à 18/100.

Remarquons que personne ne nous empêche de choisir comme densité de courant admissible 3 A/mm^2 (3 ampères par mm^2). Cela nous permettra de prendre du fil moins gros, 15/100 à 16/100. Le seul inconvénient sera la chute de tension un peu plus élevée en charge et l'échauffement plus grand.

La figure 24 nous donne le schéma de l'enroulement secondaire H.T. avec l'indication du nombre de spires et du diamètre du fil à utiliser.

Continuons par le *secondaire chauffage valve*. Etant donné qu'il s'agit d'une 5Y3 (ou d'une 1.883), nous devons avoir 5 V. La colonne correspondante du tableau nous donne immédiatement le nombre de spires à bobiner : 26,5 spires.

Le courant circulant dans ce secondaire est de 2A. Nous voyons dans la colonne $2,5 \text{ A/mm}^2$ du tableau des fils une intensité de 1,96 A à laquelle correspond le diamètre de 1 mm (10/10). C'est le fil que nous utiliserons pour le secondaire chauffage valve, dont la figure 24 nous donne le schéma.

Il ne nous reste plus que le *secondaire de chauffage lampes*. Il doit nous fournir 6.3 V, et le tableau nous donne, dans la colonne 6,3, le nombre de spires à mettre : 33,4 spires.

Si nous admettons que le transformateur est destiné à chauffer les lampes suivantes : 6E8, 6M7, 6Q7 et 6V6, plus 2 ampoules de cadran de 6,3; 0,1 A, l'intensité totale sera de 1,55 A.

Le tableau des fils nous montre, toujours dans la colonne $2,5 \text{ A/mm}^2$, l'intensité de 1,6 A à laquelle correspond le diamètre de 0,9 mm (9/10).

Nous voilà donc en possession de tous les éléments pour réaliser notre transformateur.

2. — *Transformateur coupé ou partiellement grillé, présentant des enroulements en bon état.* — Nous pouvons, dans ce cas, essayer de récupérer du fil, ce qui est toujours intéressant, mais on doit le faire avec circonspection. En débobinant les différents enroulements, nous examinerons avec attention la couche d'émail et ne conserverons que du fil ne présentant absolument aucun défaut : parties brûlées ou dénudées, etc...

Il est très utile de connaître les tensions que doivent donner les différents secondaires de chauffage (valve et lampes). Si rien n'est indiqué sur le transformateur et que nous ne nous rappelons plus sur quel récepteur ce transformateur a été utilisé, nous pouvons procéder par comparaison. En effet, il ne peut y avoir que les combinaisons suivantes :

a. — *Valve 5 V. Lampes 2,5 V.* Le nombre de spires est double pour le secondaire valve, par rapport au secondaire lampes.

b. — *Valve 4 V. Lampes 4 V.* Le nombre de spires est le même pour les deux secondaires, 24 à 14 spires par enroulement.

c. — *Valve 6,3 V. Lampes 6,3 V.* Le nombre de spires est le même pour les deux enroulements, 38 à 23 spires par enroulement.

d. — *Valve 5 V. Lampes 6,3 V.* Le nombre de spires est un peu plus grand pour le secondaire lampes.

Nous comptons donc le nombre de spires de chaque enroulement en le débobinant et le notons soigneusement en même temps que la tension du secondaire correspondant. Par exemple :

$$\begin{array}{rcl} 12 \text{ spires} & \text{—} & 2,5 \text{ V (chauffage lampes).} \\ 24 \text{ »} & \text{—} & 5 \text{ V (chauffage valve).} \end{array}$$

Ces chiffres nous permettront de déterminer le *nombre de spires par volt*, nombre caractérisant le transformateur à rebobiner, et que nous devons respecter, surtout si nous conservons le primaire sans y toucher.

Dans notre cas, le nombre de spires par volt est évidemment

$$\frac{12}{2,5} = \frac{24}{5} = 4,8 \text{ spires par volt,}$$

ce qui veut dire tout simplement que, pour avoir un secondaire donnant E volts, nous devons mettre $E \times 4,8$ spires.

Par conséquent, si dans notre transformateur le primaire semble en bon état et que nous n'avons à refaire que le secondaire H.T., nous y mettrons, pour avoir 2 fois 350 volts, 2 fois $350 \times 4,8$ spires, c'est-à-dire 2 fois 1.680 spires.

Le diamètre du fil sera choisi d'après l'intensité que nous voulons y faire passer, et en tenant compte de la puissance totale du transformateur.

Par contre, si le secondaire H.T. est en bon état et que nous n'avons qu'à le débobiner soigneusement et le rebobiner, nous aurons à refaire le primaire. Le nombre de spires à mettre sera déterminé en tenant compte du nombre de spires par volt trouvé en débobinant les secondaires de chauffage. *Mais nous diminuerons ce nombre de 5 %*, ce qui nous donnera pour le primaire 4,56 spires par volt.

Nous mettrons donc pour le primaire

$$4,56 \times 110 = 501 \text{ spires pour 110 V.}$$

RÉALISATION.

Les réparateurs de transformateurs d'alimentation s'inspireront des pièces à réparer en ce qui concerne la façon de sortir les fils, de faire des prises intermédiaires, d'isoler les différentes couches et les différents enroulements entre eux, etc...

Disons simplement que chaque enroulement doit se faire par couches successives et que l'on a intérêt, pour gagner de la place, à bobiner aussi régulièrement et aussi serré que possible.

Il n'est pas mauvais, avant de commencer le bobinage, de faire un calcul rapide pour voir si tous les enroulements peuvent se placer dans l'espace aménagé à cet effet dans les tôles (« fenêtre »).

Le tableau des fils nous indique, dans la quatrième colonne, le nombre de spires par cm que nous pouvons placer en bobinant serré.

Supposons, par exemple, que les tôles dont nous disposons ont les dimensions indiquées dans la figure 25. Nous avons donc, pour loger notre bobinage, une fenêtre de 60×25 mm.

En laissant 2,5 mm de chaque côté, ce qui est un minimum, cela nous fait 55 mm pour la longueur d'une couche.

Reprenons l'exemple précédent. Le primaire (nous nous contentons des prises 110 et 130 V) comporte en tout 655 spires en fil de 45/100. Ce fil nous permet de placer 18 spires par cm, donc $18 \times 5,5 = 99$ spires par couche. Il y aura donc 7 couches pour le primaire.

Entre chaque cercle nous mettrons une feuille de papier, et l'ensemble du primaire sera recouvert de dix couches de papier, ce qui nous fait en tout 16 épaisseurs de papier de 0,05 mm, soit 1 mm environ.

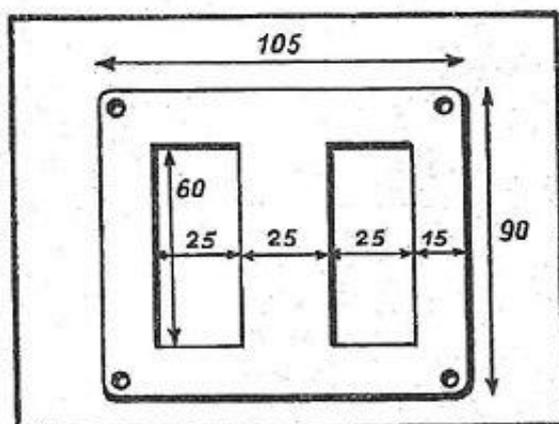


Fig. 25. — Dimensions des tôles pour la réalisation du transformateur ci-dessus.

L'ensemble des 7 couches en fil de 45/100 faisant environ 3,5 mm, nous obtenons, pour le primaire, une épaisseur totale de 4,5 mm environ.

Ajoutons encore 1 mm pour l'ensemble de l'écran électrostatique et les 10 couches de papier qui le recouvrent.

Le secondaire H.T. comporte au total 3.710 spires en 16/100. Ce fil nous permet de faire 47 spires au cm, donc 258 spires par couche. Il y aura donc 15 couches.

Entre chaque couche nous mettrons 2 épaisseurs de papier et nous recouvrirons l'ensemble de 10 épaisseurs de papier, ce qui nous fait en tout 40 épaisseurs de papier, soit environ 2 mm.

L'ensemble des 15 couches en 16/100 fait environ 4 mm. Nous avons donc, pour l'ensemble du secondaire H.T., une épaisseur de 6 mm.

Il nous reste à prévoir l'enroulement de chauffage valve, recouvert de 10 couches de papier, et l'enroulement de chauffage lampes, bobiné par-dessus. L'ensemble de ces deux secondaires fait environ 3 mm.

Nous voyons que l'épaisseur totale de notre bobinage sera de $4,5 + 1 + 6 + 3 = 14,5$ mm environ. Dans tous les cas, la fenêtre pré-

vue dans notre tôle de la figure 25 est largement suffisante pour y loger l'ensemble. Nous pouvons même prévoir, sans inconvénient, les enroulements primaires pour 220 et 240 V.

Quelques mots sur le papier à utiliser pour l'isolement des couches entre elles et la séparation des différents enroulements. Dans l'industrie, on utilise souvent du papier très mince, papier cristal, qu'un dépanneur aura du mal à se procurer probablement. Mais il est parfaitement possible d'employer du papier d'emballage dit « Craft », épais de 0,05 à 0,08 mm et, de préférence, *non vergé*.

Enfin, nous avons parlé plus haut de l'écran électrostatique. Il est constitué par une couche de fil de cuivre quelconque, bobiné entre le primaire et le secondaire du transformateur, et soigneusement isolé par rapport à ces deux enroulements (10 couches de papier de chaque côté). L'une des extrémités de cet enroulement est reliée à la masse de l'appareil, l'autre étant isolée (connectée à rien).

Quelques notions sur le calcul d'un transformateur en général.

Nous avons vu plus haut des exemples d'application des tableaux établis d'avance à la reconstitution d'un transformateur d'alimentation.

Il est bon cependant qu'un dépanneur connaisse les rudiments du calcul d'un transformateur, soit pour modifier, au besoin, les données du tableau, soit pour établir un transformateur nettement différent.

1. — *Déterminer la puissance.* — Calculer la puissance maximum que l'on désire tirer du secondaire ou de l'ensemble des secondaires, comme nous l'avons fait plus haut. Soit P_s cette puissance totale.

Multiplier P_s par 1,2 pour, en tenant compte du rendement, obtenir la puissance primaire, c'est-à-dire P_p .

2. — *Déterminer la section du noyau.* — La puissance primaire P_p étant calculée, nous en tirons la section du noyau. Deux cas peuvent se présenter.

a) Nous disposons de tôles dites à *faibles pertes*. Ce sont des tôles cassantes, de couleur grise. Signalons que d'une façon générale les tôles récupérées sur les transformateurs américains d'origine sont à faibles pertes.

La section *nette* du noyau sera donnée par la formule

$$s = \sqrt{P_p}$$

b) Nous disposons de tôles *ordinaires*, dont nous ne connaissons pas la provenance, facilement pliables, de couleur un peu brunâtre ou bleuâtre.

La section *nette* du noyau sera donnée par la formule

$$s = 1,2 \sqrt{P_p}$$

Dans les deux cas la section nette obtenue sera multipliée par 1,1 pour obtenir la section brute, c'est-à-dire la section définie par les dimensions a et b de la figure 21.

NOTA. — Les pertes des tôles pour transformateurs sont indiquées, lorsqu'on peut avoir cette indication, en watts par kilogramme. Les tôles à faibles pertes font de 1,4 à 2 watts par kg. Les tôles normales font de 2,5 à 4 watts par kg.

3. — *Déterminer le nombre de spires par volt.* — Nous partons de la section *nette* du noyau, s . Plusieurs cas sont à envisager, suivant la qualité des tôles dont nous disposons et de la place disponible pour loger les différents enroulements.

a) Tôles normales. Place disponible largement prévue. Le nombre de spires par volt est donné par la relation

$$N = \frac{56}{s}$$

b) Tôles normales. Peu de place pour loger les différents enroulements. Nécessité de tasser le plus possible. Le nombre de spires par volt est donné par la relation

$$N = \frac{46}{s}$$

c) Tôles à faibles pertes. Le nombre de spires par volt sera

$$N = \frac{38}{s}$$

4. — *Déterminer le nombre de spires au primaire.* — Multiplier le nombre de spires par volt, N , obtenu par l'une des relations ci-dessus, par la tension primaire. Nous avons donc, successivement

$$n_1 = N \times 110 = \text{nombre de spires pour 110 V.}$$

$$n_2 = N \times 20 = \text{nombre de spires à ajouter pour la prise de 130 V.}$$

$$n_3 = N \times 90 = \text{spires à ajouter pour la prise de 220 V.}$$

$$n_4 = N \times 30 = \text{spires à ajouter pour la prise de 250 V.}$$

Le nombre total de spires au primaire sera donc $n_1 + n_2 + n_3 + n_4$.

5. — *Déterminer le nombre de spires aux secondaires.* — Faire comme pour le primaire, mais ajouter 5 % pour compenser la chute de tension éventuelle, autrement dit, multiplier N par 1,05.

Ainsi, pour l'enroulement 350 volts, nous aurons

$$1,05 N \times 350 = \text{nombre de spires pour 350 V.}$$

6. — *Déterminer le diamètre du fil à employer.* — Ici encore nous pouvons choisir. A notre avis, le choix du diamètre du fil sera basé sur 2,5 A/mm², ce qui constitue une bonne moyenne. Cependant, si nous avons besoin de gagner de la place, nous pouvons pousser jusqu'à 3 et même 3,5 A/mm², surtout pour des transformateurs de faible puissance (jusqu'à 50-60 watts). Autant que possible, employer la même densité de courant pour le primaire que pour les secondaires.

TABLEAU XII
FILS ÉMAILLÉS

Diamètre du fil nu en mm.	Section en mm ²	Diamètre du fil recouvert en mm.	Nombre de spires par cm.	Résistance en ohms pour 100 m.	Poids pour 1.000 m. en grammes.
0,05	0,00196	0,08	125	908	18,3
0,07	0,0038	0,10	100	468	35,4
0,08	0,0050	0,115	86	356	46
0,09	0,0064	0,127	78	278	58,1
0,10	0,0078	0,138	72	228	72,3
0,12	0,0113	0,163	61	158	103,5
0,15	0,0177	0,200	50	100,4	159
0,16	0,0201	0,212	47	87	183
0,18	0,0254	0,236	42,3	70,2	231
0,20	0,0314	0,259	38,6	56,7	286
0,22	0,0380	0,282	35,4	46,8	346
0,25	0,0491	0,316	31,6	36,3	434
0,27	0,0572	0,342	29,2	31,1	520
0,28	0,0616	0,350	28,5	28,9	560
0,30	0,0707	0,374	26,7	25,2	643
0,32	0,0884	0,396	25,2	21,9	732
0,35	0,0962	0,430	23,2	18,5	873
0,38	0,1134	0,460	21,7	15,7	1.028
0,40	0,1257	0,487	20,5	14,2	1.143
0,45	0,159	0,540	18,5	11,2	1.443
0,50	0,196	0,595	16,7	9,08	1.780
0,55	0,238	0,650	15,38	7,48	2.150
0,60	0,283	0,700	14,28	6,29	2.384
0,65	0,332	0,750	13,3	5,36	3.000
0,70	0,385	0,810	12,34	4,62	3.536
0,75	0,442	0,860	11,62	4,03	3.990
0,80	0,503	0,920	10,86	3,54	4.490
0,85	0,568	0,970	10,3	3,13	5.120
0,90	0,636	1,03	9,7	2,8	5.620
0,95	0,709	1,08	9,25	2,51	6.387
1	0,785	1,13	8,84	2,27	7.070
1,1	0,950	1,23	8,13	1,88	8.572
1,2	1,131	1,34	7,46	1,58	10.220
1,25	1,227	1,39	7,19	1,45	11.050
1,3	1,327	1,44	6,94	1,34	11.940
1,4	1,539	1,55	6,45	1,16	13.840
1,5	1,767	1,64	6,09	1,01	15.880
1,6	2,010	1,75	4,71	0,887	17.990
1,7	2,27	1,86	5,37	0,785	20.300
1,8	2,545	1,96	5,1	0,700	22.810
1,9	2,835	2,07	4,83	0,628	25.425
2	3,141	2,18	4,58	0,567	28.140
2,2	3,801	2,40	4,16	0,468	34.060
2,5	4,909	2,80	3,57	0,363	44.000
3	7,069	3,35	2,98	0,252	63.300

TABLEAU XII (Suite)

FILS EMAILLES

Diamètre du fil nu en mm.	Longueur pour 1 kilogram en mètres.	Intensité en ampères pour une densité de courant de			
		1,5 A/mm ²	2 A/mm ²	2,5 A/mm ²	3 A/mm ²
0,05	54.700	0,0029	0,004	0,005	0,006
0,07	28.200	0,0058	0,008	0,010	0,011
0,08	21.700	0,0075	0,010	0,013	0,015
0,09	17.200	0,0095	0,013	0,016	0,019
0,10	13.800	0,0118	0,016	0,020	0,024
0,12	9.660	0,0169	0,022	0,028	0,034
0,15	6.290	0,0265	0,035	0,045	0,053
0,16	5.460	0,0301	0,040	0,050	0,060
0,18	4.330	0,038	0,051	0,063	0,076
0,20	3.500	0,047	0,063	0,080	0,094
0,22	2.915	0,057	0,076	0,095	0,114
0,25	2.305	0,074	0,098	0,120	0,147
0,27	1.925	0,086	0,114	0,143	0,171
0,28	1.796	0,092	0,123	0,154	0,184
0,30	1.561	0,106	0,141	0,175	0,212
0,32	1.371	0,120	0,161	0,201	0,241
0,35	1.145	0,144	0,190	0,240	0,289
0,38	972	0,169	0,227	0,283	0,340
0,40	880	0,188	0,251	0,310	0,377
0,45	696	0,238	0,318	0,400	0,477
0,50	563	0,294	0,390	0,490	0,588
0,55	465	0,357	0,476	0,600	0,714
0,60	392	0,424	0,566	0,700	0,849
0,65	334	0,5	0,664	0,830	1
0,70	283	0,58	0,770	0,960	1,16
0,75	241,2	0,66	0,884	1,1	1,33
0,80	223	0,75	1,01	1,25	1,51
0,85	195,6	0,85	1,14	1,41	1,70
0,90	177,6	0,95	1,27	1,6	1,91
0,95	156,7	1,06	1,42	1,77	2,13
1	141,5	1,18	1,57	1,96	2,36
1,1	118	1,42	1,90	2,38	2,85
1,2	97,8	1,70	2,26	2,83	3,39
1,25	90,5	1,81	2,45	3,06	3,68
1,3	83,8	2	2,65	3,32	3,98
1,4	72,3	2,31	3,08	3,85	4,62
1,5	63	2,65	3,53	4,42	5,3
1,6	55,9	3,01	4,02	5,03	6,03
1,7	49,5	3,4	4,54	5,67	6,81
1,8	44,1	3,82	5,09	6,36	7,64
1,9	39,5	4,25	5,67	7,08	8,5
2	35,7	4,71	6,28	7,87	9,42
2,2	29,5	5,7	7,60	9,5	11,4
2,5	22,8	7,36	9,82	10,3	14,73
3	15,9	10,1	14,14	17,7	21,2

Transformateurs pour 25 périodes.

Pour réaliser un transformateur pour secteur à 25 périodes, nous le calculerons de la même façon qu'un transformateur pour 50 périodes, mais en introduisant certaines corrections.

1. — *Section du noyau.* — La relation donnant la section du noyau pour 25 périodes sera

$$s = 1,7 \sqrt{P_p}$$

pour les tôles de qualité courante. Cette relation donne la section nette, et la section brute s'obtient en multipliant s par 1,1.

2. — *Nombre de spires par volt.* — En partant de la section nette du noyau, s , les relations qui donnent le nombre de spires par volt dans les différents cas sont :

a) Tôles normales. Place disponible largement prévue.

$$N = \frac{92}{s}$$

b) Tôles normales. Peu de place pour loger les différents enroulements.

$$N = \frac{76}{s}$$

c) Tôles à faibles pertes.

$$N = \frac{60}{s}$$

Tous les autres calculs sont identiques à ceux des transformateurs pour 50 périodes.

Nous pouvons également utiliser le tableau XI dressé pour la fréquence de 50 périodes.

Commençons par déterminer la section du noyau pour 25 périodes, d'après la formule ci-dessus.

Cette section étant déterminée, nous nous reportons à la même section du tableau et prenons les nombres de spires correspondants, aussi bien pour le primaire que pour les secondaires, mais en les multipliant partout par 1,2.

Nous avons, par exemple, déterminé la section de notre noyau pour 25 périodes et avons trouvé 12 cm^2 . Le tableau nous donne, pour cette section, 416 spires au primaire pour 110 V. Nous allons mettre

$$416 \times 1,2 = 500 \text{ spires.}$$

Le nombre de spires par volt indiqué dans le tableau est de 3,9. Nous allons en mettre 4,7 spires par volt, pour tous les enroulements secondaires.

Autotransformateurs.

Les autotransformateurs, réalisés comme les transformateurs, sur un noyau magnétique (fig. 15), ne comportent qu'un seul enroulement, dit de haute tension, possédant une ou plusieurs prises, nous permettant de disposer de tensions inférieures.

Par exemple, si nous avons un enroulement tel que celui de la figure 26, avec une prise C au milieu, et que nous appliquons 220 V entre A et B, nous pourrions prélever 110 V environ entre B et C (ou entre C et A, bien entendu).

Les autotransformateurs peuvent rendre de grands services dans un atelier de dépannage, car leur réalisation est extrêmement simple.

Tout d'abord, un autotransformateur à plusieurs prises peut nous servir de survolteur-dévolteur.

Ensuite, un autotransformateur 220/110 V nous permettra d'essayer et de faire fonctionner sur 110 V les appareils prévus uniquement pour 220 V (certains postes allemands) et inversement.

Enfin, de petits autotransformateurs nous permettront de remplacer dans un récepteur ancien à lampes sur 2,5 ou 4 V, certaines lampes par des tubes modernes à chauffage sous 6,3 V.

Un autotransformateur possède, en dehors de sa simplicité de construction, une autre propriété intéressante. Dans la partie commune de l'enroulement, CB de la figure 26, le courant résultant est la différence du courant primaire et du courant secondaire.

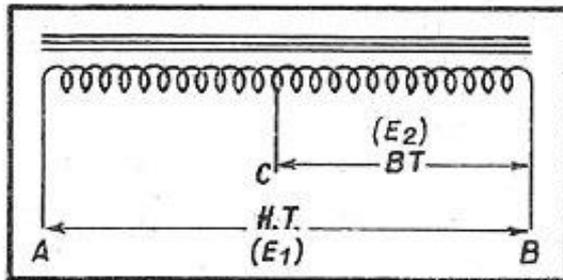


Fig. 26. — Schéma de principe d'un autotransformateur.

Par exemple, si nous consommons 1 ampère entre A et B et que nous tirons 2 ampères entre C et B, le courant circulant dans la portion CB de l'enroulement ne sera que de $2 - 1 = 1$ ampère. Par conséquent, et c'est là l'intérêt principal, tout l'enroulement pourra être fait en même fil, prévu pour 1 A.

Bien entendu, comme les transformateurs, les autotransformateurs sont des *appareils réversibles*. Autrement dit, si nous appliquons une tension de 110 V entre C et B (fig. 26), nous pouvons recueillir 220 V entre A et B.

CALCUL D'UN AUTOTRANSFORMATEUR. — Pour calculer un autotransformateur, nous déterminerons, avant tout, ce qu'on appelle sa *puissance propre*, P_a , appelée également puissance apparente. Nous avons, par exemple, un autotransformateur tel que celui de la figure 26 et nous tirons aux extrémités BC un courant de I_2 ampères sous E_2 volts. D'autre part, nous appliquons E_1 volts entre A et B.

La *puissance d'utilisation* sera évidemment

$$P_u = I_2 \times E_2 \text{ watts,}$$

mais la puissance propre ne sera que

$$P_a = P_u \times \frac{E_1 - E_2}{E_1} \text{ watts.}$$

Prenons un exemple. Soit à réaliser un autotransformateur 220/110 volts, pouvant donner 1,5 A du côté 110 V. La puissance d'utilisation est donc

$$P_u = 110 \times 1,5 = 165 \text{ watts.}$$

Donc

$$P_a = 165 \times \frac{220}{220 - 110} = 82,5 \text{ watts.}$$

C'est la puissance propre P_a qui nous guidera dans le choix de la section du noyau. Consultons le tableau XI des transformateurs. Nous voyons que pour 82,5 watts nous devons prendre un noyau de 12 cm².

Le nombre de spires pour la totalité de l'enroulement sera évidemment de deux fois le nombre de spires indiqué pour 110 V, c'est-à-dire $2 \times 416 = 832$ spires, mais la section du fil restera la même : 55/100.

Pour déterminer à quel endroit nous devons effectuer la prise C, nous regardons le nombre de spires par volt pour la puissance donnée, dans la colonne correspondante. Nous trouvons : 3,9 spires par volt. La partie BC de l'enroulement devra donc comporter

$$110 \times 3,9 = 429 \text{ spires.}$$

Le diamètre du fil sera le même (55/100), étant donné que la partie BC sera traversée par un courant de $1,5 - 0,75 = 0,75$ A.

Notons que le fil à utiliser pour l'enroulement CB est le même dans le cas particulier où $E_1 = 2 E_2$. Lorsqu'il n'en est pas ainsi, nous pouvons très bien avoir pour BC un fil de diamètre inférieur à celui utilisé pour AC. D'une façon générale, l'intensité circulant dans la portion CB de l'enroulement est donnée par la relation

$$I_a = I_u \times \frac{E_1 - E_2}{E_1},$$

dans laquelle I_u est l'intensité tirée (ou absorbée) de l'enroulement BC, et I_a est l'intensité résultante.

Par exemple, si nous avons : $E_1 = 150$ V, $E_2 = 110$ V, $I_u = 1$ A, nous obtenons

$$I_a = 1 \times \frac{150 - 110}{150} = \frac{40}{150} = 0,26 \text{ A,}$$

tandis que l'intensité I circulant dans la portion AC est de 1,36 A.

En consultant le tableau XII des fils, nous voyons qu'il nous faudra prendre du 85/100 pour AC et du 38/100 pour BC en admettant une densité de 2,5 A/mm².

RÉALISATION D'AUTOTRANSFORMATEURS 220/110 V. — Le but de ces appareils, nous l'avons dit plus haut, est de faire fonctionner un récepteur, un appareil de mesure ou un moteur, prévus uniquement pour 110 V, lorsque nous ne disposons que de 220-230 V, ou, inversement, alimenter sous 220-230 V un appareil prévu uniquement pour cette tension, lorsque nous ne disposons que de 110-120 volts.

L'autotransformateur que nous préconisons comporte plusieurs prises intermédiaires, de façon à permettre son adaptation sur toutes les

tensions entre 100 et 130 V d'une part et entre 210 et 250 V d'autre part (fig. 27).

Les deux tableaux ci-dessous résument ses possibilités.

TENSION APPLIQUEE EN AB	TENSION DISPONIBLE EN CHARGE ENTRE :		
	EB	DB	CB
210	92	102	120
220	96	106	125
230	100	110	130
240	105	115	135
250	110	120	140

TENSION APPLIQUEE ENTRE :			TENSION DISPO- NIBLE EN CHARGE ENTRE AB
EB	DB	CB	
		100	175
		110	180
		120	195
100	110	130	210
110	120		230
120	130		245

Le tableau XIII nous donne toutes les indications pour la réalisation d'un certain nombre d'autotransformateurs de différente puissance, calculés tous de façon à satisfaire aux conditions des deux tableaux ci-dessus.

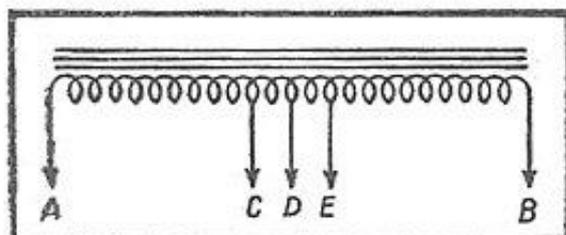


Fig. 27. — Schéma de l'autotransformateur 110/220 V dont les tableaux ci-dessus donnent les caractéristiques.

Supposons, par exemple, que nous ayons à construire un autotransformateur de 100 watts de puissance utile (P_u), autrement dit un appareil qui, alimenté sous 220-230 V, nous permettra de tirer environ 1 A sous 110 V.

Le tableau XIII nous indique que la section du noyau doit être de 9 cm².

Le nombre total de spires sera de 1.426, avec 651 spires pour la section EB, 65 spires pour la section DE et 130 spires pour la section CD. De plus, nous voyons que, pour toute la partie de l'enroulement comprise entre B et D, nous devons utiliser du fil de 55/100.

Nous commençons le bobinage par l'extrémité B, enroulons d'abord 651 spires en 55/100, faisons une sortie et continuons sur 65 spires

TABLEAU XIII
ÉTABLISSEMENT DES AUTOTRANSFORMATEURS 220/110 V.

Pu en watts	Pa en watts	Section du noyau en cm ²	Nombre de spires pour AB	Diamètre du fil pour AD	Spires EB	Diamètre du fil pour DB	Spires DE	Spires CD
40	22,4	5,7	2.300	30/100	1.050	35/100	105	210
50	28	6,3	2.070	35/100	945	38/100	94	188
75	42	7,8	1.656	40/100	756	45/100	75	150
100	56	9	1.426	45/100	651	55/100	65	130
150	84	11	1.173	55/100	535	65/100	53	106
200	112	12,7	1.012	65/100	462	75/100	46	92
300	168	15,5	828	80/100	378	90/100	38	76
400	224	18	713	95/100	325	11/10	32	64
500	280	20	644	11/10	294	12/10	29	58

en même fil. A ce moment, nous faisons encore une sortie et changeons de fil, en mettant du 45/100, enroulons 130 spires, faisons une sortie (C) et terminons le bobinage par

$$1.426 - (651 + 65 + 130) = 1.426 - 846 = 580 \text{ spires}$$

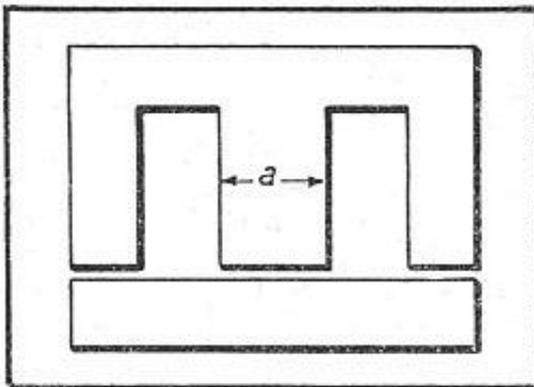


Fig. 28. — Forme générale des tôles utilisées pour la construction des petits autotransformateurs 6,3/2,5 et 6,3/4 V.

Le bobinage sera réalisé exactement comme nous l'avons fait pour les transformateurs, c'est-à-dire en interposant une couche de papier entre chaque couche de fil et en bobinant à spires aussi serrées que possible.

RÉALISATION D'AUTOTRANSFORMATEURS 6,3/2,5 ET 6,3/4 VOLTS. — Ces autotransformateurs nous serviront pour remplacer des lampes 2,5 V ou 4 V des récepteurs anciens par des lampes 6,3 V, sans changer le transformateur d'alimentation.

Ces petits autotransformateurs seront réalisés sur des noyaux provenant des vieux transformateurs de dynamique. Les tôles constituant ces noyaux peuvent être de trois types différents : la largeur de la patte centrale (a , fig. 28) peut être de 16, 17,4 ou 20 mm. Etant donné que l'épaisseur du paquet de tôles est, presque toujours, égale à la

TABLEAU XIV
ÉTABLISSEMENT DES AUTOTRANSFORMATEURS
6,3/2,5 ET 6,3/4 VOLTS

Tension d'alimentation	Tension d'utilisation	Intensité d'utilisation	Section du noyau en cm ²	Spires AB	Diamètre du fil AC	Spires CB	Diamètre du fil CB
2,5	6,3	0,3	2,5	130	38/100	50	45/100
2,5	6,3	0,3	3	110	38/100	43	45/100
2,5	6,3	0,3	4	83	38/100	32	45/100
2,5	6,3	0,6	2,5	130	50/100	50	65/100
2,5	6,3	0,6	3	110	50/100	43	65/100
2,5	6,3	0,6	4	83	50/100	32	65/100
2,5	6,3	1	2,5	130	65/100	50	80/100
2,5	6,3	1	3	110	65/100	43	80/100
2,5	6,3	1	4	83	65/100	32	80/100
2,5	6,3	1,5	3	110	80/100	43	10/10
2,5	6,3	1,5	4	83	80/100	32	10/10
2,5	6,3	2	4	83	95/100	32	12/10
4	6,3	0,2	2,5	130	30/100	80	22/100
4	6,3	0,2	3	110	30/100	68	22/100
4	6,3	0,2	4	83	30/100	51	22/100
4	6,3	0,4	2,5	130	45/100	80	32/100
4	6,3	0,4	3	110	45/100	68	32/100
4	6,3	0,4	4	83	45/100	51	32/100
4	6,3	0,6	2,5	130	50/100	80	40/100
4	6,3	0,6	3	110	50/100	68	40/100
4	6,3	0,6	4	83	50/100	51	40/100
4	6,3	1	2,5	130	65/100	80	50/100
4	6,3	1	3	110	65/100	68	50/100
4	6,3	1	4	83	65/100	51	50/100
4	6,3	1,5	2,5	130	80/100	80	60/100
4	6,3	1,5	3	110	80/100	86	60/100
4	6,3	1,5	4	83	80/100	51	60/100
4	6,3	2	3	110	95/100	68	70/100
4	6,3	2	4	83	95/100	51	70/100

largeur a , nous disposerons, le plus souvent, de noyaux dont la section sera de

1. — $16 \times 16 = 256 \text{ mm}^2$ ou $2,5 \text{ cm}^2$ environ
2. — $17,4 \times 17,4 = 303 \text{ mm}^2$ ou 3 cm^2 environ.
3. — $20 \times 20 = 400 \text{ mm}^2$ ou 4 cm^2 .

Le tableau XIV donne les caractéristiques des différents autotransformateurs que nous pouvons réaliser sur ces trois types de noyaux.

Au point de vue du rapport des tensions, nous pouvons avoir besoin de deux types d'autotransformateurs : 6,3/2,5 et 6,3/4 volts.

Au point de vue de la puissance, tout dépend du nombre et du courant de chauffage des lampes que nous remplaçons. Mais, de toute façon, nous avons intérêt à réaliser notre autotransformateur le plus réduit possible, car, bien souvent, nous ne disposons pas de beaucoup de place pour le loger à l'intérieur du châssis.

C'est pourquoi nous avons indiqué, dans le tableau XIV, les variantes possibles d'un autotransformateur de puissance donnée suivant l'un des trois types de noyau que nous possédons.

Supposons, par exemple, que nous ayons à remplacer, dans un récepteur ancien, une 2A7 et une 2A5 respectivement par une 6A7 et une 42 (ou par une 6A8 et une 6F6 en changeant les supports correspondants).

Le courant de chauffage d'une 6A7 est de 0,3 A; celui de la 42 est de 0,7 A, soit au total $0,3 + 0,7 = 1$ A.

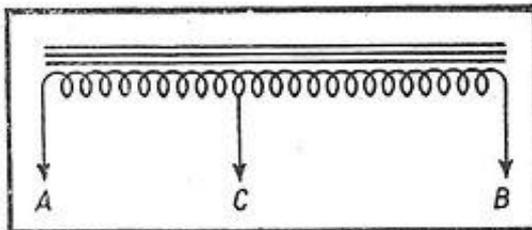


Fig. 29. — Schéma général des petits autotransformateurs dont les caractéristiques sont données dans le tableau XIV.

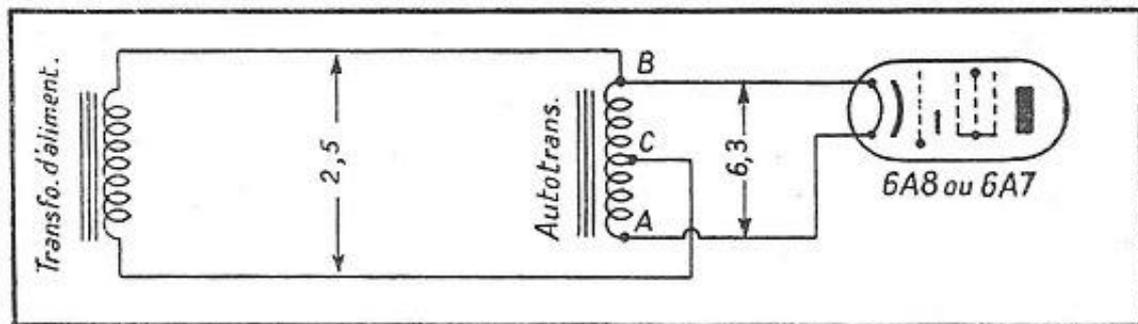


Fig. 30 (ci-dessus). — Branchement d'un autotransformateur pour l'alimentation d'une 6A8 à partir d'un secondaire de chauffage de 2,5 V.

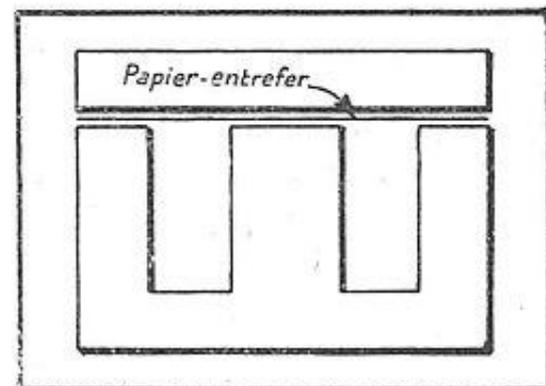


Fig. 31 (ci-contre). — Croquis montrant l'emplacement du papier-entrefer dans un paquet de tôles.

Le tableau nous indique que, pour réaliser un autotransformateur 6,3/2,5 V, donnant 1 ampère sous 6,3 V, nous pouvons, indifféremment, prendre l'un des trois noyaux-types. Supposons encore que nous disposions d'un noyau de 4 cm^2 . Nous voyons que nous devons bobiner 83 spires au total (AB de la figure 29), avec une prise à 32 spires pour 2,5 V (CB = 32 spires).

Pour bien faire, le diamètre du fil ne doit pas être le même pour les deux parties de l'enroulement et le tableau nous l'indique : 65/100 pour AC et 80/100 pour CB; mais au fond cela n'a pas une grande importance, car l'économie du fil réalisée en changeant de diamètre est illusoire pour un seul appareil. Nous pouvons donc réaliser tout le bobinage en même fil, mais en *prenant le diamètre supérieur*, c'est-à-dire 80/100 ou, à la rigueur, un peu plus faible. Nous commencerons par bobiner 32 spires, faisons une prise et terminons en bobinant 51 spires (AC).

La figure 30 nous montre comment doit être branché un autotransformateur dans un récepteur modifié. Le mieux est de le placer à proximité immédiate des lampes remplacées, en veillant, cependant, à ce qu'il ne soit pas trop rapproché de certaines connexions « sensibles » telles que celles de détection, de grille B.F., etc.

Une *remarque importante* pour finir. Lorsque nous réalisons un autotransformateur en utilisant le paquet de tôles d'un transformateur de dynamique, il ne faut pas oublier d'enlever le papier qui constitue l'*entrefer*.

Un entrefer est une coupure que l'on crée artificiellement dans un circuit magnétique et dont nous verrons l'utilité plus loin, à propos des bobines d'inductance et des transformateurs de haut-parleurs.

Le plus souvent un entrefer est constitué par une mince feuille de papier, glissée dans le circuit magnétique, comme nous le montre la figure 31. Nous enlèverons purement et simplement cette feuille.

BOBINES D'INDUCTANCE

Les bobines d'inductance ou, comme on dit en argot des radio-techniciens, *selfs*, sont des bobinages réalisés sur des circuits magnétiques, de faibles dimensions le plus souvent, du genre de ceux que nous avons utilisés pour la confection des autotransformateurs.

Le bobinage se fait presque toujours « en vrac », et on cherche simplement à loger le plus de spires possible dans un espace donné.

Caractéristiques d'une bobine d'inductance.

L'unité qui caractérise la valeur d'une bobine est le *henry*. Les bobines réalisées sur des circuits magnétiques tels que celui de la figure 28 ou celui de la figure 25, sont presque toujours de plusieurs henrys ou même plusieurs dizaines de henrys. Exceptionnellement, pour certains usages spéciaux (circuits correcteurs de tonalité), on utilise des bobines de quelques dizaines de millihenrys (mH).

Rappelons-nous simplement que *le symbole du henry est H*.

La valeur d'une bobine en henrys définit son *coefficient de self-induction*, que l'on désigne habituellement par *L* dans les formules.

Donc, pour conclure, *une bobine est caractérisée par son coefficient de self-induction, ou sa self, que l'on désigne par L et que l'on exprime en henrys.*

En dehors de sa *self*, une bobine est également caractérisée par sa *résistance ohmique* qui est, dans le cas qui nous occupe, de quelques dizaines ou de quelques centaines d'ohms.

Enfin, un facteur qui joue un rôle important, comme nous le verrons plus loin, est le *courant continu* qui est appelé à traverser la bobine.

Nous allons examiner plus en détail ces différentes caractéristiques.

Coefficient de self-induction.

Le coefficient de self-induction, *L*, d'une bobine dépend de plusieurs facteurs.

1. — *Nombre de spires.* — On peut dire que L est proportionnel au carré du nombre de spires.

Autrement dit, si nous doublons le nombre de tours, L sera quatre fois plus grand. Si nous triplons les spires, L sera neuf fois plus grand, etc.

2. — *Section du noyau.* — La self-induction L est proportionnelle à la section du noyau.

C'est dire que, si nous doublons la section du noyau, L sera également double; si nous la multiplions par 1,5, nous multiplions L également par 1,5, à condition, bien entendu, que le nombre de spires ne varie pas.

3. — *Caractéristiques magnétiques des tôles utilisées.* — A nombre de spires égal et à section du noyau égale, L peut être plus ou moins grand suivant la qualité des tôles utilisées. Étant donné que les caractéristiques magnétiques des tôles nous sont presque toujours inconnues, il est bien difficile de calculer une bobine d'avance.

4. — *Courant continu traversant la bobine.* — Il est évident qu'un courant continu traversant une bobine modifie les caractéristiques magnétiques du circuit et, par conséquent, la self-induction L de la bobine.

D'une façon générale, plus le courant continu est intense, plus L diminue.

Pour freiner cette action du courant continu, on modifie les caractéristiques du circuit magnétique en y intercalant un *entrefer* (voir le chapitre précédent, page 65).

Résistance ohmique.

Il est évident que la résistance en ohms d'une bobine dépend d'une part de la section (ou du diamètre) du fil utilisé et, d'autre part, de la longueur de ce fil, ou, ce qui revient au même, du nombre de tours.

En général, que ce soit pour les besoins du filtrage (selfs de filtre) ou pour les circuits B.F., on cherche à avoir une résistance en ohms aussi faible que possible et une self-induction L aussi élevée que cela se peut.

Or, il n'est pas difficile de voir que ces deux exigences sont contradictoires.

En effet, si, en partant d'un circuit magnétique donné, nous voulons réaliser une bobine peu résistante, nous devons y mettre peu de tours en gros fil. Mais qui dit peu de tours dit peu de self-induction.

Nous devons donc chercher une solution intermédiaire, compatible avec la place dont nous disposons (car une bobine peu résistante et comportant néanmoins beaucoup de tours de gros fil est évidemment très encombrante), avec la self minimum que nous désirons obtenir et la résistance maximum que nous pouvons tolérer.

Courant traversant la bobine.

Nous avons parlé plus haut de l'action du courant continu traversant la bobine sur les caractéristiques magnétiques du circuit.

En dehors de cela, c'est ce courant qui nous guide dans le choix du diamètre du fil minimum. Nous admettrons, pour les bobines de filtrage, une densité de 3 à 3,5 A/mm². Le tableau XII des fils nous donne tous les renseignements à ce sujet.

Construction des bobines d'inductance.

Le calcul d'une bobine d'inductance, surtout lorsque nous devons tenir compte des qualités magnétiques du fer, de l'influence du courant continu et déterminer l'entrefer nécessaire, est une opération compliquée et qui sort du cadre du présent ouvrage.

Nous donnons une série de tableaux (XIV) d'après lesquels tout dépanneur ou constructeur pourra réaliser immédiatement à peu près toutes les bobines dont il pourra avoir besoin.

Pour chaque bobine, nous avons indiqué la self en henrys, mais cette indication ne doit être considérée que comme un ordre de grandeur, car elle est susceptible de varier un peu, soit suivant la qualité des tôles utilisées, soit en fonction de l'épaisseur de l'entrefer.

Il faut se rappeler, en effet, que *L diminue lorsque l'entrefer augmente.*

Mais comme nous n'avons jamais besoin d'une self de valeur déterminée à 10 % près, les indications du tableau nous suffiront amplement.

Nous prendrons comme point de départ quatre types de tôles que nous rencontrerons couramment et qui proviendront soit de transformateurs de haut-parleurs hors d'usage, soit de vieilles bobines d'inductance.

La figure 32 représente l'aspect général de ces tôles et le tableau ci-dessous leurs différentes dimensions. Nous désignerons ces quatre types de tôles respectivement par A, B, C et D. Toutes les dimensions sont indiquées en mm.

TYPE DE TOLES	a	b	c	d	e
A	44	28	14	8	7
B	48	32	16	8	8
C	52,5	35	17,5	8,75	8,75
D	60	40	20	10	10

Tous les calculs des tableaux ont été faits en supposant que l'épaisseur du paquet de tôles est de *c* mm, ce qui nous donne, comme section *brute* du noyau, respectivement :

TABLEAU XV
CONSTRUCTION DES BOBINES D'INDUCTANCE

Self en henrys	Courant continu max. en mA	Résistance en ohms	Type de tôles	Nombre de spires	Diamètre du fil	Entrefer en mm.
4	20	430	A	2.820	11/100	0,05
7,5	20	570	A	3.760	11/100	0,1
10,5	20	715	A	4.700	11/100	0,1
13	20	815	A	5.350	11/100	0,1
9	20	630	B	3.760	11/100	0,1
11,5	20	785	B	4.700	11/100	0,1
14	20	855	C	4.700	11/100	0,1
18	20	940	B	5.640	11/100	0,1
18,5	20	1.020	C	5.640	11/100	0,1
20,5	20	1.050	B	6.200	11/100	0,15
24,5	20	1.200	C	6.580	11/100	0,15
28	20	1.350	C	7.470	11/100	0,15
30	20	1.375	D	6.580	11/100	0,15
35	20	1.570	D	7.500	11/100	0,15
43	20	1.760	D	8.460	11/100	0,15
57	20	1.960	D	9.400	11/100	0,2
64	20	2.150	D	10.300	11/100	0,2
2,5	30	230	A	2.100	13/100	0,05
3,5	30	300	A	2.800	13/100	0,1
5	30	380	A	3.500	13/100	0,1
4	30	320	B	2.800	13/100	0,1
5,3	30	415	B	3.500	13/100	0,1
6,3	30	430	A	4.000	13/100	0,1
6,3	30	450	C	3.500	13/100	0,1
8	30	500	B	4.200	13/100	0,1
9	30	550	C	4.200	13/100	0,1
9,5	30	550	B	4.600	13/100	0,15
11	30	640	C	4.900	13/100	0,15
13	30	720	C	5.560	13/100	0,15
13,5	30	730	D	4.900	13/100	0,15
17,5	30	770	D	5.600	13/100	0,2
21	30	940	D	6.300	13/100	0,2
26	30	1.050	D	7.000	13/100	0,2
27,5	30	1.150	D	7.700	13/100	0,2
1,5	40	170	A	1.860	14/100	0,1
1,9	40	230	A	2.500	14/100	0,1
2,4	40	250	B	2.500	14/100	0,1
2,7	40	290	A	3.100	14/100	0,1
3,4	40	320	B	3.100	14/100	0,1
3,5	40	340	C	3.100	14/100	0,1
4,3	40	330	A	3.500	14/100	0,1
4,5	40	380	B	3.700	14/100	0,1
4,7	40	420	C	3.700	14/100	0,1
5,5	40	420	B	4.100	14/100	0,15
6,9	40	480	C	4.300	14/100	0,15
7,9	40	550	C	4.900	14/100	0,15
8	40	560	D	4.300	14/100	0,15

CONSTRUCTION DES BOBINES D'INDUCTANCE (Suite)

Self en henrys	Courant continu max. en mA	Résistance en ohms	Type de tôles	Nombre de spires	Diamètre du fil	Entrefer en mm.
10,5	40	640	D	5.000	14/100	0,15
12	40	720	D	5.600	14/100	0,2
15	40	800	D	6.200	14/100	0,2
16,5	40	880	D	6.800	14/100	0,2
1,2	50	140	A	2.000	16/100	0,1
1,7	50	160	B	2.000	16/100	0,1
2	50	180	A	2.500	16/100	0,1
2,4	50	200	A	2.850	16/100	0,1
2,5	50	215	C	2.500	16/100	0,1
2,3	50	190	B	2.500	16/100	0,1
3,4	50	235	B	3.000	16/100	0,15
3,6	50	250	C	3.000	16/100	0,15
3,8	50	260	B	3.300	16/100	0,15
4,5	50	300	C	3.500	16/100	0,15
5,7	50	345	D	3.500	16/100	0,15
6,2	50	340	C	4.000	16/100	0,2
6,8	50	400	D	4.000	16/100	0,2
10	50	490	D	5.000	16/100	0,2
13	50	540	D	5.500	16/100	0,25
1	75	80	A	1.720	20/100	0,15
1,2	75	90	A	1.960	20/100	0,15
1,5	75	105	B	2.050	20/100	0,15
1,9	75	115	C	2.050	20/100	0,15
2	75	115	B	2.250	20/100	0,15
2,3	75	130	C	2.400	20/100	0,2
2,9	75	150	C	2.730	20/100	0,2
4,3	75	190	D	3.100	20/100	0,2
5,3	75	220	D	3.450	20/100	0,25
6	75	240	D	3.800	20/100	0,3
1	100	77	B	1.850	22/100	0,15
1	100	77	C	1.680	22/100	0,15
1,3	100	90	C	1.960	22/100	0,2
1,6	100	100	C	2.230	22/100	0,2
2,4	100	130	D	2.520	22/100	0,2
3	100	145	D	2.800	22/100	0,25
3,4	100	160	D	3.080	22/100	0,3

A	.....	1,96 cm ²
B	.....	2,56 cm ²
C	.....	3,06 cm ²
D	.....	4 cm ²

Cette disposition se rencontrant le plus souvent dans la pratique, nous avons cru bon de l'adopter.

Le bobinage lui-même sera réalisé obligatoirement sur une car-

casse comme celle de la figure 17, que nous confectionnerons au besoin avec du carton mince mais solide, de 1 mm d'épaisseur environ.

L'enroulement se fera « en vrac », en bobinant aussi serré que possible et en répartissant le fil uniformément de façon que le bobinage terminé ait à peu près le même diamètre partout.

L'entrée et la sortie de la bobine se feront en fil plus gros et souple faisant quelques tours avant d'être soudé au fil fin (fig. 33). La soudure sera isolée par un petit morceau de chatterton. Le bobinage terminé, on recouvre le tout de 3 à 5 tours de papier « craft ».

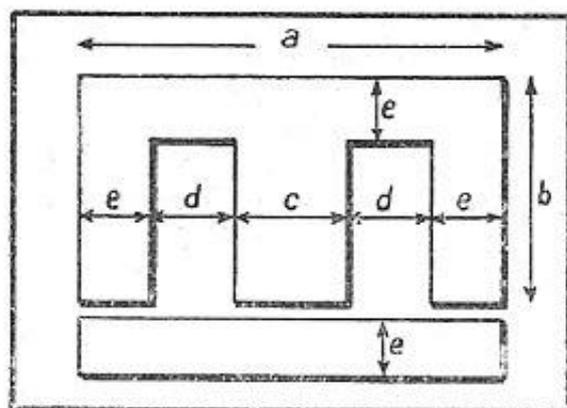


Fig. 32. — Forme générale et dimensions des tôles utilisées pour la construction des bobines d'inductance.

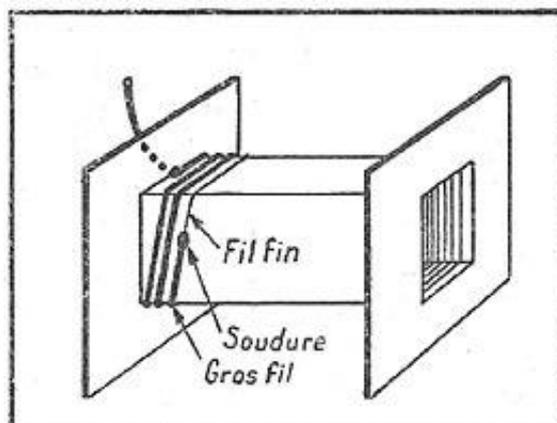


Fig. 33. — La façon de commencer, ou de finir, un enroulement en fil fin, en faisant une entrée, ou une sortie, en fil plus gros.

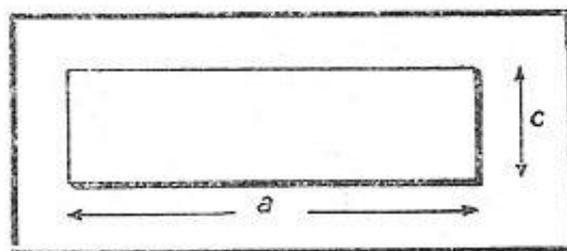


Fig. 34. — Croquis montrant les dimensions du papier-entrefer.

En ce qui concerne l'entrefer, dont l'épaisseur est indiquée dans les tableaux en mm, on découpera dans du papier d'épaisseur convenable une bande telle que celle de la figure 34, et dont les dimensions a et c correspondront aux dimensions a et c de la tôle choisie pour le circuit magnétique.

Notons, pour donner un ordre de grandeur, que le papier à écrire ordinaire (papier machine) fait de 0,04 à 0,07 mm, suivant l'épaisseur, et que le papier « craft » fait de 0,08 à 0,15 mm.

Comportement d'une bobine en courant alternatif.

Une bobine se comporte en courant alternatif comme une résistance, d'autant plus faible que sa self (en henrys) est plus faible et que la fréquence du courant est plus faible.

TABLEAU XVI

RÉACTANCE DES BOBINES AUX DIFFÉRENTES FRÉQUENCES

Fréquence en périodes-seconde.						
Self en henrys	25	50	100	150	200	250
1	157	314	628	942	1.256	1.570
2	314	628	1.256	1.884	2.512	3.140
3	471	942	1.884	2.826	3.768	4.710
4	628	1.256	2.512	3.768	5.024	6.280
5	785	1.570	3.140	4.710	6.280	7.850
6	942	1.884	3.770	5.650	7.540	9.420
7	1.100	2.200	4.400	6.600	8.800	11.000
8	1.256	2.512	5.024	7.540	10.050	12.560
9	1.410	2.820	5.650	8.480	11.300	14.130
10	1.570	3.140	6.280	9.420	12.560	15.700
11	1.730	3.460	6.920	10.360	13.840	17.270
12	1.884	3.770	7.540	11.300	15.080	18.840
13	2.040	4.080	8.160	12.240	16.320	20.400
14	2.200	4.400	8.800	13.200	17.600	22.000
15	2.355	4.710	9.420	14.130	18.840	23.550
16	2.512	5.024	10.050	15.080	20.100	25.120
17	2.670	5.340	10.680	16.000	21.360	26.700
18	2.820	5.650	11.300	16.950	22.600	28.260
19	2.980	5.970	11.900	17.900	23.860	29.800
20	3.140	6.280	12.560	18.840	25.120	31.400

La résistance d'une bobine en alternatif s'appelle la *réactance* et s'exprime, également en ohms, par la formule suivante.

$$6,28 \cdot f \cdot L \text{ ohms}$$

où f est la fréquence en *périodes/seconde* et L , le coefficient de self-induction de la bobine en *henrys*.

Soit à calculer la réactance d'une bobine de 10 henrys à 100 périodes. Nous avons, en désignant la réactance par R_1 ,

$$R_1 = 6,28 \times 100 \times 10 = 6.280 \text{ ohms.}$$

A vrai dire, la résistance d'une bobine en courant alternatif dépend également de sa résistance ohmique, mais cette dernière, lorsqu'elle n'est pas très élevée, peut être souvent négligée, d'autant plus que la fréquence est plus élevée.

La résistance totale d'une bobine en alternatif, compte tenu de la résistance ohmique, s'appelle l'*impédance*. L'impédance est exprimée en ohms et désignée, presque toujours, par la lettre Z .

TABLEAU XVI (suite)
 REACTANCE DES BOBINES AUX DIFFERENTES FREQUENCES

Fréquence en périodes-seconde.						
Self en henrys	300	400	800	1.000	5.000	10.000
1	1.884	2.512	5.024	6.280	31.400	62.800
2	3.768	5.024	10.048	12.560	62.800	125.600
3	5.651	7.536	15.080	18.840	94.200	188.400
4	7.536	10.048	20.096	25.120	125.600	251.200
5	9.420	12.560	25.120	31.400	157.000	314.000
6	11.300	15.080	30.160	37.700	188.400	377.000
7	13.200	17.600	35.200	44.000	220.000	440.000
8	15.080	20.100	40.200	50.250	251.000	502.500
9	16.800	22.400	44.800	56.000	280.000	560.000
10	18.800	25.100	50.250	62.800	314.000	628.000
11	20.720	27.680	55.360	69.200	396.000	692.000
12	22.600	30.160	60.320	75.400	377.000	754.000
13	24.480	32.640	65.280	81.600	408.000	816.000
14	26.400	35.200	70.400	88.000	440.000	880.000
15	28.260	37.680	75.400	94.200	471.000	942.000
16	30.160	40.200	80.400	100.500	502.500	1.005.000
17	32.000	42.700	85.400	106.800	534.000	1.068.000
18	33.900	45.200	90.400	113.000	565.000	1.130.000
19	35.800	47.700	95.400	119.000	595.000	1.190.000
20	37.680	50.200	100.500	125.000	628.000	1.250.000

L'expression de l'impédance est assez complexe et s'écrit de la façon suivante

$$Z = \sqrt{R^2 + R_1^2}$$

où Z est l'impédance en ohms; R , la résistance ohmique de la bobine (en ohms) et R_1 , la réactance à la fréquence considérée, en ohms également.

Donc, lorsqu'on parle d'une impédance, il est toujours nécessaire de préciser à quelle fréquence cette impédance a été calculée.

Soit à calculer l'impédance à 100 périodes/seconde d'une bobine de 6 H et de 240 ohms de résistance.

Calculons d'abord la réactance R_1 .

$$R_1 = 6,28 \times 100 \times 6 = 3.768 \text{ ohms.}$$

L'impédance à 100 périodes sera donc

$$Z = \sqrt{(240)^2 + (3.768)^2} = 3.780 \text{ ohms environ.}$$

Nous voyons que pour des bobines dont la résistance ohmique ne dépasse pas quelques centaines d'ohms, nous pouvons très bien la négliger et considérer, pour nos calculs rapides, que l'impédance Z est égale à la réactance R_1 .

Dans beaucoup de cas, que nous verrons par la suite, il nous est nécessaire de connaître l'impédance d'une bobine à telle ou telle fréquence. Pour éviter les calculs et faciliter le travail, nous donnons le tableau XV qui nous permettra de déterminer immédiatement la réactance d'un certain nombre de bobines à des fréquences allant de 25 périodes à 10.000 périodes. Comme nous l'avons dit plus haut, cette réactance pourra presque toujours être confondue avec l'impédance.

Pour utiliser commodément ce tableau, suivons les indications ci-après :

a. — Self et fréquence figurant dans le tableau. — Au croisement de la ligne et de la colonne correspondantes, nous trouvons immédiatement la réactance en ohms.

Par exemple, nous voulons connaître la réactance d'une bobine de 12 H à 400 périodes. Nous lisons dans le tableau : 30.160 ohms.

b. — Self ne figurant pas dans le tableau. — Se rappeler simplement que la réactance est proportionnelle à la self, autrement dit la réactance d'une self de 5 H est 5 fois plus élevée que celle d'une self de 1 H et 2 fois plus faible que celle d'une self de 10 H, etc.

Par exemple, nous voulons connaître la réactance d'une self de 35 H à 100 périodes. Elle sera 7 fois plus élevée que la réactance d'une self de 5 H à cette fréquence ($5 \times 7 = 35$), par conséquent $3.140 \times 7 = 21.980$ ohms.

c. — Fréquence ne figurant pas dans le tableau. — Se rappeler également que la réactance est proportionnelle à la fréquence. Par exemple, nous cherchons la réactance d'une self de 6 henrys à 500 périodes. Elle sera 10 fois plus faible que la réactance à 5.000 périodes, par conséquent : 18.840 ohms.

d. — Fréquence et self ne figurant pas dans le tableau. — Supposons, par exemple, que nous ayons à calculer la réactance d'une bobine de 25 H à 600 périodes.

Nous savons, d'une part, que la réactance d'une bobine à 600 périodes sera deux fois plus élevée qu'à 300 périodes.

Nous savons aussi que la réactance d'une bobine de 25 H sera cinq fois plus élevée que celle d'une bobine de 5 H.

Par conséquent, la réactance d'une bobine de 25 H à 600 périodes sera $5 \times 2 = 10$ fois plus élevée que celle d'une bobine de 5 H à 300 périodes, c'est-à-dire $9.420 \times 10 = 94.200$ ohms.

Utilisation des bobines d'inductance.

Les deux cas principaux d'utilisation des bobines d'inductance dans les récepteurs de radio sont :

1. Circuits de filtrage.
2. Circuits B.F.

Dans les circuits de filtrage, dont la figure 35 nous donne un schéma classique, la bobine est toujours parcourue par le courant continu d'alimentation du récepteur. Un entrefer est donc nécessaire pour des raisons que nous avons indiquées plus haut.

Par contre, dans le cas où une bobine est utilisée dans une liaison B.F., elle n'est pas toujours parcourue par du courant continu.

Il est évident que, dans le cas de la figure 36, la bobine L est parcourue par le courant anodique de la lampe V. Si ce courant ne dépasse pas 10 à 15 mA, nous pouvons ne pas introduire d'entrefer dans la bobine. Si, par contre, le courant anodique est plus élevé, un entrefer est à recommander.

Le cas de la figure 37 est celui où la bobine L n'est parcourue par aucun courant. Il n'est donc pas nécessaire de prévoir un entrefer.

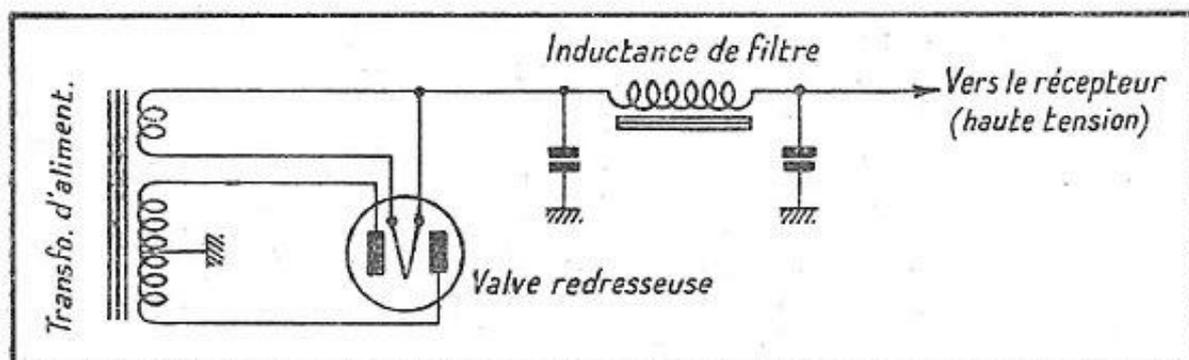


Fig. 35. — Utilisation d'une bobine d'inductance dans une cellule de filtrage de la H.T. redressée.

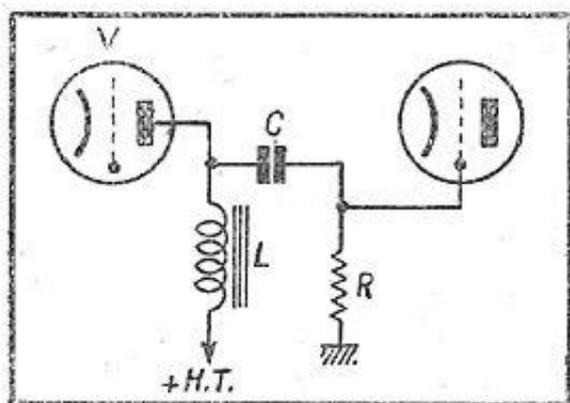


Fig. 36. — Utilisation d'une bobine d'inductance dans une liaison B.F. Bobine parcourue par la composante continue.

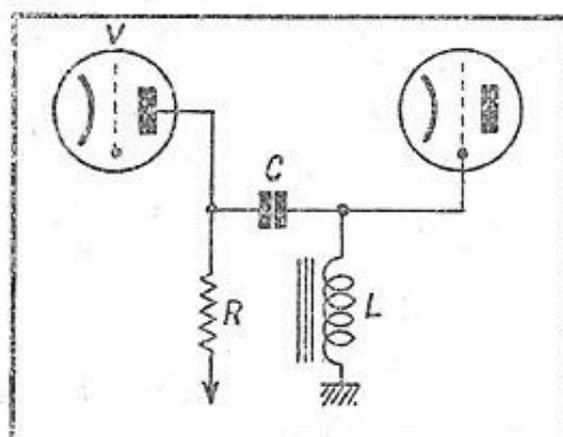


Fig. 37. — Utilisation d'une bobine d'inductance dans une liaison B.F. Pas de composante continue.

Réalisation des bobines d'inductance sur des noyaux de section différente de celle du tableau.

Nous pouvons avoir affaire à des circuits magnétiques dont les tôles ont les dimensions indiquées plus haut (A, B, C et D), mais dont la section du noyau est supérieure à $c \times c$, section qui a servi de base pour le calcul du tableau.

Nous nous rappellerons simplement que la self d'une bobine peut être considérée comme proportionnelle à la section du noyau, le nombre de spires et les dimensions des tôles restant les mêmes.

Supposons, par exemple, que nous ayons sous la main un paquet de tôles du type C, mais dont l'épaisseur est de 22 mm au lieu de 17,5 mm. La section brute sera donc de 3,7 cm² au lieu de 3,06 cm².

Si nous réalisons sur ce circuit une bobine comportant 4.000 spires en 16/100, la self ne sera plus de 6,2 H, valeur indiquée dans le tableau, mais de

$$\frac{6,2 \times 3,7}{3,06} = 7,5 \text{ H environ.}$$

La résistance ohmique sera, bien entendu, légèrement supérieure à celle indiquée dans le tableau, car la longueur de la spire moyenne sera augmentée.

Donc, pour résumer, si pour un type de tôles donné, nous avons une section du noyau s_1 , différente de la section indiquée, que nous appelons s , nous multiplions la valeur de la self donnée dans le tableau par le rapport s/s_1 .

TRANSFORMATEURS DE HAUT-PARLEURS

La question des transformateurs de haut-parleurs est très importante à deux points de vue.

Premièrement, un dépanneur a constamment besoin de remplacer ou de réparer ces pièces.

Deuxièmement, et je l'ai souvent remarqué, la plupart des techniciens radio n'ont, sur les transformateurs de haut-parleurs, que des idées vagues et, dans bien des cas, erronées.

Le rôle d'un transformateur de H.P.

Voyons un peu ce qui se passe à la sortie d'un récepteur, entre la plaque de la lampe finale V (fig. 38) et la bobine mobile B du H.P.

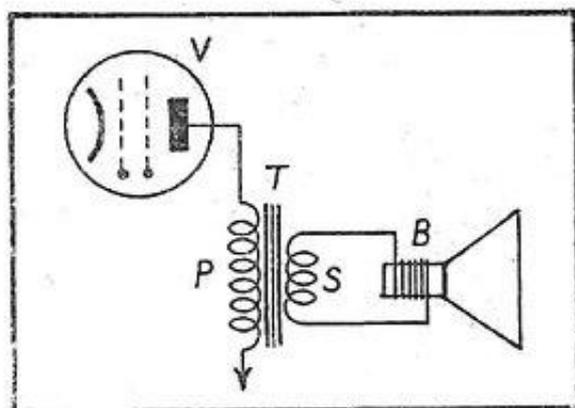


Fig. 38. — Branchement d'un transformateur de H.P.

La bobine mobile, comme tout bobinage, présente une certaine impédance (résistance en courant alternatif), que l'on mesure généralement à 400 ou 1.000 périodes et que l'on exprime bien entendu en ohms. Cette impédance est presque toujours très faible, variable suivant le type et la marque du H.P., et comprise, le plus souvent, entre 1 et 5 ohms.

D'autre part, la lampe finale, pour fonctionner correctement, exige dans son circuit anodique une charge bien déterminée. Cette

charge peut être constituée soit par une résistance (cas général des lampes B.F. préamplificatrices. fig. 37), soit par une bobine (cas de la figure 36, celui d'une liaison par transformateur, et cas général d'un étage final).

L'impédance du bobinage intercalé dans le circuit anodique d'une lampe finale doit être, à 1.000 périodes, égale à la charge optimum de la lampe donné. Cette charge optimum et, par conséquent, cette impédance, est toujours assez élevée, variable suivant le type de la lampe utilisée, mais le plus souvent comprise entre 2.000 et 10.000 ohms.

Nous avons donc d'un côté l'impédance de la bobine mobile, qui est faible et que nous désignerons par Z_2 , et de l'autre côté l'impédance nécessaire au fonctionnement de la lampe finale, qui est élevée et que nous désignerons par Z_1 .

Il nous faut avoir recours à un dispositif nous permettant de transformer l'impédance faible Z_2 en une impédance élevée Z_1 .

Ce dispositif est justement le transformateur T de la figure 38.

Les caractéristiques d'un transformateur de H.P.

Nous allons maintenant lutter contre quelques idées fausses.

Disons, pour commencer, qu'un transformateur de H.P. n'est pas du tout caractérisé, comme certains le pensent, par son adaptation à telle ou telle lampe, mais par son *rapport de transformation*.

Ce dernier, que l'on désigne généralement par n , définit le rapport du nombre de spires au primaire à celui du secondaire. Prenons, par exemple, un transformateur T, dont le primaire P comporte 3.000 spires et le secondaire S, 100 spires. Le rapport de transformation sera

$$n = \frac{3.000}{100} = 30.$$

Une autre caractéristique d'un transformateur de H.P., importante pour la reproduction fidèle des fréquences basses, est la *self primaire*, c'est-à-dire le coefficient de self-induction du primaire P.

Nous avons vu, dans le chapitre précédent, que la self d'une bobine était d'autant plus élevée que le nombre de spires était plus grand. Il est donc possible d'avoir une infinité de transformateurs ayant un même rapport de transformation n et ne différant que par la self primaire, c'est-à-dire par le nombre de spires.

Ainsi, les transformateurs ayant, au primaire, 2.400, 2.700 et 3.600 spires et, au secondaire, respectivement 80, 90 et 120 spires, sont tous identiques, de rapport de transformation $n = 30$, car

$$n = \frac{2.400}{80} = \frac{2.700}{90} = \frac{3.600}{120} = 30.$$

Ces trois transformateurs ne diffèrent que par leur self primaire.

Par conséquent, si pour adapter l'impédance Z_2 d'une bobine mobile à l'impédance Z_1 d'une lampe finale nous avons besoin d'un rapport de transformation $n = 30$, nous pouvons prendre *n'importe lequel* des trois transformateurs ci-dessus.

Le primaire d'un transformateur de H.P. constituant une bobine d'inductance traversée par le courant anodique de la lampe finale V, nous devons prévoir un *entrefer*, pour les mêmes raisons que lorsque nous avons affaire à des bobines d'inductance simples.

Le rapport de transformation.

Pour déterminer le rapport de transformation nécessaire pour adapter une impédance de bobine mobile Z_2 à l'impédance de charge Z_1 de la lampe finale, nous avons la relation

$$n = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}$$

ce qui veut dire que le rapport de transformation est égal à la racine carrée du rapport des impédances.

Par exemple, nous avons une CBL6 dont l'impédance de charge (Z_1) doit être de 2.000 ohms. D'autre part, l'impédance Z_2 de la bobine mobile est de 2 ohms. Par conséquent, nous avons

$$n = \sqrt{\frac{2.000}{2}} = \sqrt{1.000} = 31,6.$$

Nous connaissons toujours l'impédance de charge de la lampe finale (Z_1), mais il n'en est pas de même avec l'impédance Z_2 de la bobine mobile.

Nous donnons ci-dessous un tableau indiquant les impédances adoptées par quelques constructeurs de H.P.

PRINCEPS		CLEVELAND		VEGA		AUDAX	
Type du H.P.	$Z_2$	Type du H.P.	$Z_2$	Type du H.P.	$Z_2$	Type du H.P.	Z_2
12 cm	3,8	12 cm AP	4,5	12 cm	2	12 cm	2,7
16 cm	3,8	12 cm	2,5	16 cm	2	16 cm	2,7
19 cm	2,5	16 cm AP	4,5	21 cm	2,5	19 cm	2,15
21 cm	2,5	16 cm	4,5	24 cm	2,5	21 cm	2,15
24 cm	2,5	21 cm	2,2			24 cm	2,15
28 cm	8	24 cm	2,2			28 cm	5
						34 cm	8

Lorsque l'impédance de la bobine mobile nous est inconnue, nous pouvons la déterminer approximativement par le procédé suivant :

Mesurer la *résistance ohmique* de la bobine mobile et *multiplier* cette *résistance* par 1,5.

Remplacement des transformateurs de H.P.

Lorsqu'un dépanneur se trouve en présence d'un transformateur de H.P. coupé ou détérioré, il ne s'embarrasse pas de beaucoup de considérations et le remplace, suivant le cas, par un autre, de provenance quelconque, « pour penthode » ou « pour 25L6 ».

Or, cette façon de faire peut avoir, quelquefois, des conséquences catastrophiques, et nous allons voir comment.

Rappelons d'abord, comme conséquence de ce que nous avons dit plus haut, qu'il n'existe pas de transformateurs de H.P. pour penthode ou pour triode ou pour telle ou telle lampe. Il existe des transformateurs de rapport tant et des bobines mobiles d'impédance tant.

Pour une certaine marque et un certain type de H.P. et de transformateur, ces indications sont valables, mais dans ce cas particulier seulement.

En principe, un transformateur « pour penthode » de la marque X ne conviendra pas du tout comme tel à un haut-parleur de la marque Y, sauf le cas particulier où l'impédance de la bobine mobile est la même dans les deux marques.

Cela posé, nous allons voir où cela peut nous mener de remplacer n'importe comment, n'importe quel transformateur sur n'importe quel haut-parleur.

Supposons que le transformateur défectueux équipe un H.P. de la marque X, prévu pour une impédance de charge de 7.000 ohms (penthode), et dont la bobine mobile a une impédance de 2 ohms.

D'après ce que nous avons dit plus haut, le rapport de transformation sera

$$n = \sqrt{\frac{7.000}{2}} = \sqrt{3.500} = 59.$$

Or, pour remplacer le transformateur défectueux, nous prenons un transformateur marqué « penthode » de la marque Y, sans penser et sans savoir que ce dernier est bien prévu pour une impédance de 7.000 ohms, mais à condition que l'impédance de la bobine mobile soit de 3 ohms, ce qui nous fait, comme rapport de transformation,

$$n = \sqrt{\frac{7.000}{3}} = \sqrt{2.333} = 48.$$

Qu'est-ce qui va se passer? Tout simplement ceci : le transformateur de rapport 48, connecté au secondaire à une impédance de

2 ohms, va nous offrir au primaire une impédance Z_1 donnée par la relation

$$n^2 = (48)^2 = 2.304 = \frac{Z_1}{2},$$

c'est-à-dire

$$Z_1 = 2.304 \times 2 = 4.608 \text{ ohms environ,}$$

ce qui est une impédance à peine suffisante même pour une 6V6. Résultat : manque de puissance et manque de graves.

Voilà l'explication des résultats parfois décevants que l'on constate après remplacement d'un transformateur de H.P. Nous voyons que cette opération, anodine en apparence, peut « massacrer » complètement le rendement musical d'un récepteur.

La seule façon d'éviter ces inconvénients est la suivante : lorsque nous commandons à une maison quelconque des transformateurs de rechange pour notre stock, demander l'indication, pour chaque type du transformateur, de son rapport de transformation.

Ensuite, lorsque nous avons à effectuer un remplacement, déterminer, d'une façon aussi précise que possible, l'impédance de la bobine mobile, par la méthode indiquée plus haut.

Enfin, en nous reportant au tableau ci-dessous, choisir un transformateur dont le rapport se rapproche le plus de celui dont nous avons besoin.

Impédance primaire	Impédance de la bobine mobile (ohms)													
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10
2.000	45	36	32	28	26	24	22	21	20	18	17	16	15	14
2.500	50	41	35	32	29	27	25	23,5	22	20	19	17,5	16,5	16
3.000	55	35	39	35	32	29	27	26	24,5	22	21	19	18	17
3.500	59	48	42	37	34	32	29,5	28	26	24	22	21	20	19
4.000	64	52	45	40	37	34	32	30	28	26	24	22	21	20
5.000	71	58	50	45	41	38	35	33	32	29	27	25	23,5	22
7.000	84	68	59	53	48	45	42	39	37	34	32	29	28	26
8.000	90	73	64	57	52	48	45	42	40	37	34	32	29,5	28
10.000	100	82	71	63	58	54	50	47	45	41	38	35	33	32
12.000	110	89	78	69	63	59	55	52	49	45	42	39	37	35

Par exemple, nous voyons, d'après ce tableau, que pour une impédance de charge de 2.000 ohms (CBL6 ou 25L6) et une bobine mobile de 2 ohms, nous devons prendre un transformateur de rapport $n = 32$.

Il y a encore un moyen de déterminer assez exactement l'impédance de la bobine mobile du H.P.

Lorsque nous sommes en présence d'un transformateur de H.P. défectueux, la panne provient neuf fois sur dix d'une coupure du primaire. Même si nous remplaçons purement et simplement la pièce défectueuse sans chercher à la réparer, nous avons tout intérêt à récupérer soit le fil, soit le circuit magnétique. Les deux pourront nous servir plus tard à confectionner d'autres transformateurs ou des bobines d'inductance.

Débobinons donc proprement notre transformateur défectueux et notons soigneusement le nombre de spires au secondaire (gros fil) et au primaire (fil fin). Je ne dis rien sur le dispositif à adopter pour débobiner le primaire, car le faire à la main uniquement est assez fastidieux à cause du grand nombre de spires. Chacun le réalisera suivant son idée, en s'aidant par exemple d'une chignolle fixée dans un étau.

Soit, par exemple, 3.200 spires au primaire et 64 spires au secondaire. Le rapport de transformation sera

$$n = \frac{3.200}{64} = 50.$$

D'autre part, d'après le type de la lampe finale, nous connaissons l'impédance primaire. Soit, dans notre cas, une 6V6 comme lampe finale, dont l'impédance de charge est de 5.000 ohms.

L'impédance de la bobine mobile sera donnée par la relation

$$Z_2 = \frac{Z_1}{n^2} = \frac{5.000}{(50)^2} = \frac{5.000}{2.500} = 2 \text{ ohms.}$$

Réalisation des transformateurs de H.P.

Le calcul d'un transformateur de H.P. est une opération assez longue et compliquée. Pour cette raison, nous avons établi une série de tableaux (XVI à XXIV) répondant à tous les besoins et calculés en tenant compte des quatre circuits standard que nous avons utilisés pour la réalisation des bobines d'inductance (A, B, C et D).

Les transformateurs seront réalisés en utilisant une carcasse en carton, comme celle de la figure 16. L'épaisseur de cette carcasse sera de 1 mm d'épaisseur dans tous les cas, mais nous conseillons, pour les circuits A et B, de réduire cette épaisseur à 0,5 à 0,7 mm.

Commencer par le bobinage du primaire. La sortie du début de l'enroulement sera faite en fil plus gros, comme nous l'avons fait pour les bobines d'inductance (fig. 33).

Le bobinage du primaire sera réalisé par couches successives, avec interposition d'une feuille de papier entre chaque couche. Chaque couche de fil commencera et se terminera à 2 mm du bord de la

carcasse, tandis que les feuilles de papier entre couches auront la même largeur que la carcasse (fig. 39). Cette figure représente la coupe d'une carcasse avec deux couches de fil enroulées et deux feuilles de papier.

La deuxième colonne de chaque tableau (Nombre de spires) indique le nombre de spires *maximum* que l'on peut loger dans la « fenêtre » du circuit correspondant, en bobinant le nombre de couches indiqué dans la troisième colonne, chaque couche comportant le nombre de spires indiqué dans la quatrième colonne.

Cette dernière nous indique, pour chaque diamètre du fil, le nombre de spires maximum que l'on peut bobiner par couche, en laissant une marge de 2 mm de chaque côté et en bobinant *rigoureusement à spires jointives*.

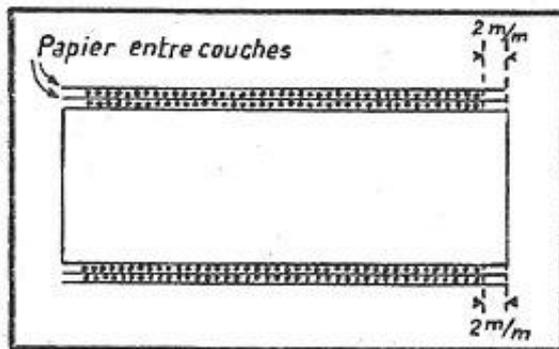


Fig. 39. — Croquis montrant deux couches de fil avec interposition de deux couches papier.

On remarquera que, pour chaque type de transformateur et chaque diamètre du fil, nous donnons deux variantes de réalisation, à nombre de spires primaire différent. La première variante, celle qui comporte le plus de spires au primaire, ne peut être réalisée que si le constructeur dispose de papier spécial, très mince (papier cristal), pour isoler les couches entre elles. L'épaisseur de ce papier ne doit guère dépasser 0,025 à 0,03 mm. Si nous n'avons sous la main que du papier ordinaire, il est nécessaire d'adopter la deuxième variante, à nombre de spires moins élevé. Il ne faut cependant pas que l'épaisseur de ce papier dépasse 0,05 mm (5/100).

Lorsque le primaire est terminé, nous le protégeons par 4 ou 5 couches de papier et bobinons le secondaire, dont le nombre de spires dépendra de l'impédance de la bobine mobile du H.P. à équiper.

Chaque transformateur des tableaux a été calculé pour deux valeurs de l'impédance de la bobine mobile : 2 et 4,5 ohms, c'est-à-dire les deux limites entre lesquelles sont comprises presque toujours les impédances des bobines mobiles des H.P. du commerce.

Cependant, si nous voulons connaître rapidement le nombre de spires secondaire pour une impédance différente de 2 ou de 4,5 ohms, nous multiplierons le nombre de spires correspondant à l'impédance de 2 ohms par un facteur correspondant à la nouvelle impédance, et que nous trouverons dans le tableau ci-dessous.

<i>Nouvelle impédance</i>	<i>Facteur</i>
2,15 Ω.....	1,03
2,2 ».....	1,04
2,5 ».....	1,12
2,7 ».....	1,16
3 ».....	1,22
3,5 ».....	1,75
3,8 ».....	1,9

Ainsi, nous voulons savoir quel est le nombre de spires secondaires à mettre dans un transformateur pour 25L6 dont le secondaire aurait comporté 102 spires pour une bobine mobile de 2 ohms, l'impédance de la bobine mobile étant de 2,7 ohms. Le nouveau nombre de spires sera

$$102 \times 1,16 = 118 \text{ spires.}$$

Le nombre de couches du fil secondaire, indiqué dans la colonne correspondante, est le nombre de couches maximum que l'on peut bobiner étant donné le diamètre du fil et la place disponible. Par conséquent, si nous devons modifier, comme dans le cas ci-dessus, le nombre de spires secondaires, il faut voir combien de couches et de quel diamètre nous pouvons placer.

Le tableau ci-dessous nous indique quel est le nombre *maximum* de spires que nous pouvons mettre par couche pour les différents types du circuit et les différents diamètres du fil.

Diamètre du fil en mm	Type du circuit			
	A	B	C	D
50/100	28	33	37	43
55/100	26	31	34	40
60/100	24	28	31	37
65/100	22	27	29	34
70/100	21	25	27	32
75/100	20	23	25	30
80/100	18	22	24	28
85/100	17	21	23	26
90/100	16	19	21	25
95/100	15	18	20	24
10/10	15	17	19	23

Par exemple, pour le cas qui nous occupe, nous voyons que nous pouvons mettre du fil de 70/100, car nous pouvons placer au maximum 4 couches de 32 spires, ce qui fait, au total, 128 spires. Nous bobinerons donc 3 couches pleines (96 spires), plus une couche incomplète de 22 spires.

TABLEAU XVII
TRANSFORMATEURS POUR LAMPES 25 L6 - CBL6 - CL2 - CL6
 (2.000 Ω)

Type du circuit	Primaire				Secondaire				Impédance bobine mob.	Entrefer en mm.
	Nombre de spires	Nombre de couches	Spires par couches	Diamètre du fil en mm.	Nombre de spires	Nombre de couches	Spires par couche	Diamètre du fil en mm.		
A	2.350	25	94	14/100	72	3	24	60/100	2	0,1
					112	4	28	50/100	4,5	0,1
	2.068	22	94	14/100	65	3	24	60/100	2	0,1
					98	4	28	50/100	4,5	0,1
B	2.750	25	110	14/100	86	3	28,5	60/100	2	0,1
					131	4	33	50/100	4,5	0,1
	2.420	22	110	14/100	76	3	28	60/100	2	0,1
					115	4	33	50/100	4,5	0,1
	2.300	23	100	15/100	72	3	28	60/100	2	0,1
					110	4	33	50/100	4,5	0,1
C	2.000	20	100	15/100	62	3	28	60/100	2	0,1
					95	3	33	50/100	4,5	0,1
	3.025	25	121	14/100	94	3	31	60/100	2	0,1
					144	4	37	50/100	4,5	0,1
	2.662	22	121	14/100	83	3	29	65/100	2	0,1
					126	4	31	60/100	4,5	0,1
	2.530	23	110	15/100	79	3	27	70/100	2	0,1
					120	3	31	60/100	4,5	0,1
2.200	20	110	15/100	69	3	24	80/100	2	0,1	
				105	4	29	65/100	4,5	0,1	
2.392	23	104	16/100	75	3	25	75/100	2	0,1	
				114	4	31	60/100	4,5	0,1	
2.080	20	104	16/100	65	3	23	85/100	2	0,1	
				99	4	29	65/100	4,5	0,1	
D	3.640	28	130	15/100	114	4	32	70/100	2	0,15
					173	5	40	55/100	4,5	0,15
	3.250	25	130	15/100	102	4	32	70/100	2	0,15
					154	4	40	55/100	4,5	0,15
	3.172	26	122	16/100	99	4	32	70/100	2	0,15
					151	4	40	55/100	4,5	0,15
	2.806	23	122	16/100	88	3	30	75/100	2	0,15
				133	4	37	60/100	4,5	0,15	

TABLEAU XVIII

TRANSFORMATEURS POUR PENTHODES

ABL1 - AL1 - AL2 - AL3 - EBL1 - EL3 - 2A5 - 6F6 - 6K6 - 6M6 -
41 - 42 - 47 (7.000 Ω)

Type du circuit	Primaire				Secondaire				Impédance bobine mob.	Entrefer en mm.
	Nombre de spires	Nombre de couches	Spires p ^r couche	Diamètre du fil en mm.	Nombre de spires	Nombre de couches	Spires p ^r couche	Diamètre du fil en mm.		
C	3.375	27	125	13/100	56	2	28	70/100	2	0,1
					84	3	28	60/100	4,5	0,1
	3.000	24	125	13/100	50	2	25	75/100	2	0,1
					75	3	25	60/100	4,5	0,1
D	4.930	34	145	13/100	82	3	28	80/100	2	0,15
					123	4	31	70/100	4,5	0,15
	4.350	30	145	13/100	73	3	25	85/100	2	0,15
					111	4	28	70/100	4,5	0,15
	4.290	30	143	14/100	72	3	25	85/100	2	0,15
					108	4	27	70/100	4,5	0,15
	3.718	26	143	14/100	62	2	31	70/100	2	0,15
				93	3	31	70/100	4,5	0,15	

TABLEAU XIX

TRANSFORMATEURS POUR LAMPES 25A6 - 43 (4.500 Ω)

Type du circuit	Primaire				Secondaire				Impédance bobine mob.	Entrefer en mm.
	Nombre de spires	Nombre de couche	Spires par couche	Diamètre du fil en mm.	Nombre de spires	Nombre de couche	Spires par couche	Diamètre du fil en mm.		
A	3.432	33	104	12/100	71	3	24	60/100	2	0,05
					107	4	27	50/100	4,5	0,05
	2.912	28	104	12/100	60	3	23	60/100	2	0,05
					94	4	25	50/100	4,5	0,05
B	4.026	33	122	12/100	84	3	28	60/100	2	0,07
					126	4	32	50/100	4,5	0,07
	3.416	28	122	12/100	71	3	27	60/100	2	0,07
				106	4	27	50/100	4,5	0,07	
C	4.422	33	134	12/100	92	3	31	60/100	2	0,07
					138	4	35	50/100	4,5	0,07
	3.752	28	134	12/100	78	3	27	65/100	2	0,07
					117	4	30	60/100	4,5	0,07
D	6.004	38	158	12/100	119	4	30	70/100	2	0,09
					187	5	38	55/100	4,5	0,09
	5.372	34	158	12/100	106	4	30	70/100	2	0,09
					167	5	38	55/100	4,5	0,09

TABLEAU XX
TRANSFORMATEURS POUR LAMPE 6V6 (5.000 Ω)

Type du circuit	Primaire				Secondaire				Impédance bob. mob.	Entrefer en mm.
	Nombre de spires	Nombre de couches	Spires par couche	Diamètre du fil en mm.	Nombre de spires	Nombre de couches	Spires par couche	Diamètre du fil en mm.		
B	2.750	25	110	14/100	54	2	27	65/100	2	0,1
					82	3	28	60/100	4,5	0,1
	2.420	22	110	14/100	48	2	24	70/100	2	0,1
					72	3	25	65/100	4,5	0,1
	2.300	23	100	15/100	46	2	23	75/100	2	0,1
					69	3	25	60/100	4,5	0,1
2.000	20	100	15/100	40	2	20	85/100	2	0,1	
				60	2	30	55/100	4,5	0,1	
C	3.025	25	121	14/100	60	3	22	80/100	2	0,1
					90	3	30	60/100	4,5	0,1
	2.662	22	121	14/100	53	3	22	80/100	2	0,1
					81	3	28	65/100	4,5	0,1
	2.530	23	110	15/100	50	3	22	80/100	2	0,1
					75	3	25	75/100	4,5	0,1
2.200	20	110	15/100	43	2	22	85/100	2	0,1	
				66	3	22	80/100	4,5	0,1	
D	3.640	28	130	15/100	72	3	24	85/100	2	0,15
					108	4	28	65/100	4,5	0,15
	3.250	25	130	15/100	64	2	32	70/100	2	0,15
					96	3	32	70/100	4,5	0,15
	3.172	26	122	16/100	63	2	32	70/100	2	0,15
					94	3	32	70/100	4,5	0,15
2.806	23	122	16/100	56	2	28	80/100	2	0,15	
				84	3	28	80/100	4,5	0,15	

TABLEAU XXI
TRANSFORMATEURS POUR AL5 - EL6 (3.500 Ω)

D	2.530	23	110	18/100	60	3	24	90/100	2	0,15
					90	3	30	75/100	4,5	0,15
	2.200	20	110	18/100	52	2	26	85/100	2	0,15
					78	3	26	85/100	4,5	0,15
	2.000	20	100	20/100	47	2	24	95/100	2	0,15
					71	3	24	85/100	4,5	0,15
	1.700	17	100	20/100	40	2	20	10/10	2	0,15
					60	3	20	90/100	4,5	0,15

TABLEAU XXII

TRANSFORMATEURS POUR C443 - C443N (15.000 Ω)

Type du circuit	Primaire				Secondaire				Impédance bob. mob.	Entrefier en mm.
	Nombre de spires	Nombre de couches	Spires par couche	Diamètre du fil en mm.	Nombre de spires	Nombre de couches	Spires par couche	Diamètre du fil en m.		
D	6.004	38	158	12/100	69	3	23	80/100	2	0,1
					103	3	35	60/100	4,5	0,1
	5.372	34	158	12/100	61	2	32	70/100	2	0,1
					92	3	31	70/100	4,5	0,1

TABLEAU XXIII

TRANSFORMATEURS POUR 2A3 - 6A3 - 6L6 (2.500 Ω)

D	2.530	23	110	18/100	71	3	24	85/100	2	0,15
					106	4	28	70/100	4,5	0,15
	2.200	20	110	18/100	62	3	21	95/100	2	0,15
					93	3	31	70/100	4,5	0,15
	2.000	20	100	20/100	56	2	28	80/100	2	0,15
					84	3	28	80/100	4,5	0,15
	1.700	17	100	20/100	48	2	24	95/100	2	0,15
					72	3	24	85/100	4,5	0,15

TABLEAU XXIV

TRANSFORMATEURS POUR AD1 (2.300 Ω)

D	2.530	23	110	18/100	74	3	25	80/100	2	0,15
					111	4	30	65/100	4,5	0,15
	2.200	20	110	18/100	64	3	22	80/100	2	0,15
					96	3	32	70/100	4,5	0,15
	2.000	20	100	20/100	58	2	29	75/100	2	0,15
					87	3	29	75/100	4,5	0,15
	1.700	17	100	20/100	50	2	25	90/100	2	0,15
					75	3	25	90/100	4,5	0,15

Entre deux couches du secondaire, nous mettrons également du papier, aussi mince que possible. L'ensemble sera protégé par 4 ou 5 couches de papier « Craft ».

D'une façon générale, aussi bien pour le primaire que pour le secondaire, il faut bobiner très serré, car la place disponible est très réduite et qu'on a intérêt, pour la reproduction des fréquences basses, à avoir au primaire le plus de spires possible.

TABLEAU XXV
TRANSFORMATEURS POUR PUSH-PULL (CIRCUIT D)

Impédance de charge totale	Primaire				Secondaire				Impédance bobine mobile.
	Nombre de spires	Nombre de couches	Spires par couche	Diamètre du fil en mm.	Nombre de spires	Nombre de couches	Spires par couche	Diamètre du fil en mm.	
4.000	3.380	26	130	15/100	75	3	25	85/100	2
					112	4	29	70/100	4,5
	2.990	23	130	15/100	66	3	22	95/100	2
					99	4	25	70/100	4,5
4.500	3.380	26	130	15/100	72	3	24	90/100	2
					108	4	28	70/100	4,5
	2.990	23	130	15/100	64	3	22	95/100	2
					96	4	25	70/100	4,5
5.000	2.200	20	110	18/100	44	2	22	10/10	2
					66	3	22	90/100	4,5
	1.980	18	110	18/100	40	2	20	10/10	2
					60	3	20	95/100	4,5
	1.800	18	100	20/100	36	2	18	10/10	2
					54	2	27	80/100	4,5
	1.600	16	100	20/100	32	2	16	10/10	2
					48	2	24	90/100	4,5
6.500	2.200	20	110	18/100	38	2	19	10/10	2
					57	2	29	75/100	4,5
	1.980	18	110	18/100	35	2	18	10/10	2
					53	2	27	80/100	4,5
9.000	4.350	30	145	13/100	65	3	22	95/100	2
					97	4	25	70/100	4,5
	3.910	27	145	13/100	58	3	20	95/100	2
					87	3	30	75/100	4,5
	2.200	20	110	18/100	33	2	17	10/10	2
					49	2	25	90/100	4,5
	1.980	18	110	18/100	29	2	15	10/10	2
					44	2	22	10/10	4,5
10.000	4.350	30	145	13/100	61	3	21	90/100	2
					91	3	31	70/100	4,5
	3.910	27	145	13/100	55	2	28	80/100	2
					83	3	28	80/100	4,5
	3.380	26	130	15/100	48	2	24	90/100	2
					72	3	24	90/100	4,5
	2.990	23	130	15/100	42	2	21	10/10	2
					63	3	21	90/100	4,5
11.000	4.350	30	145	13/100	59	3	20	90/100	2
					88	4	25	70/100	4,5
	3.910	27	145	13/100	53	3	19	90/100	2
					80	3	27	80/100	4,5
	3.380	26	130	15/100	46	2	23	10/10	2
					69	3	23	90/100	4,5
	2.990	23	130	15/100	40	2	20	10/10	2
					60	3	20	90/100	4,5

Il peut donc arriver, lorsqu'on n'a pas pris soin de bien serrer les couches et qu'on a utilisé du papier trop épais, qu'il s'avère impossible de placer au primaire toutes les couches indiquées dans le tableau.

Dans ce cas, la seule solution est de diminuer le nombre de spires au primaire et recalculer les spires au secondaire.

Supposons, par exemple, que dans le transformateur considéré plus haut nous ne pouvons mettre que 20 couches de fil de 15/100 au lieu de 25. Cela nous fera au total, à 130 spires par couche, 2.600 spires. Le nombre de spires au secondaire N_2 sera immédiatement donné par une simple règle de trois :

$$\frac{3.250}{102} = \frac{N_2}{2.600},$$

ce qui nous donne

$$N_2 = \frac{102 \times 2.600}{3.250} = 82 \text{ spires,}$$

pour une bobine mobile de 2Ω .

L'épaisseur de l'entrefer est indiquée, en mm, dans la colonne correspondante des tableaux. Nous la réaliserons comme nous l'avons fait pour les bobines d'inductance.

Il est à remarquer que les transformateurs pour l'étage final push-pull ne comportent pas d'entrefer.

Transformateurs pour push-pull.

Un tableau spécial XXIV est consacré à ce type de transformateurs, dont la réalisation ne diffère en rien de celle des transformateurs ordinaires. Nous aurons soin de prévoir, au primaire, une prise au milieu de l'enroulement.

FIN



TABLE DES MATIERES

Préface	5
Résistances	7
Marquage des résistances	7
Code de couleurs	8
Puissance dissipée d'une résistance	9
Stabilité. Précision	11
Tableau pour déterminer la puissance dissipée	12
Combinaison des résistances en série et en parallèle	13
Tableau pour déterminer la résistance résultante de deux résistances en parallèle	15
Diviseurs de tension et ponts HT	16
Détermination des résistances chutrices	18
Tableau pour déterminer la valeur des résistances chutrices.	18
Résistances bobinées et fils résistants	21
Tableaux des fils résistants :	
a) Constantan	23
b) Manganin	24
c) Nickeline	25
d) Nickelchrome	26

Condensateurs	27
Marquage des condensateurs	27
Code de couleurs	28
Isolement	29
Courant de fuite	31
Combinaison de condensateurs en série et en parallèle	34
Comportement des condensateurs en courant alternatif	37
Tableau donnant la capacitance en ohms dans les limites des fréquences acoustiques	39
Tableau donnant la capacitance en ohms pour la haute fréquence	40
 Transformateurs d'alimentation	 41
Pannes. Essais	42
Comment déterminer la puissance d'un transformateur nécessaire pour alimenter un récepteur donné?	45
Comment déterminer la puissance d'un transformateur inconnu?	46
Construction ou rebobinage d'un transformateur. Calcul ...	48
Tableau permettant de déterminer rapidement les caracté- ristiques d'un transformateur d'alimentation	49
Réalisation	52
Quelques notions sur le calcul d'un transformateur en général	54
Transformateurs pour 25 périodes	55
Tableau des fils émaillés	56
Autotransformateurs	58
a) Calcul d'un autotransformateur	59
b) Réalisation d'autotransformateurs 220/110 V	60
c) Tableau pour l'établissement des autotransforma- teurs 220/110 V	60
d) Réalisation d'autotransformateurs 6,3/2,5 et 6,3/4 volts	61
e) Tableau pour l'établissement des autotransforma- teurs 6,3/2,5 et 6,3/4 V	63

Bobines d'inductance	66
Caractéristiques d'une bobine d'inductance	66
Coefficient de self-induction	66
Résistance ohmique	67
Courant continu traversant la bobine	68
Construction des bobines d'inductance	68
Tableau pour la construction des bobines d'inductance	69
Comportement d'une bobine en courant alternatif	71
Tableau donnant la réactance des bobines aux différentes fréquences	72
Utilisation des bobines d'inductance	74
Réalisation des bobines d'inductance sur des noyaux de section différente de celle du tableau	75
Transformateurs de haut-parleurs	77
Le rôle d'un transformateur de HP	77
Les caractéristiques d'un transformateur de HP	78
Le rapport de transformation	79
Remplacement des transformateurs de HP	80
Réalisation des transformateurs de HP	82
Tableaux pour la construction des transformateurs de HP :	
a) Pour lampes 25L6 - CBL6 - CL2 - CL6	85
b) — ABL1 - AL1 - AL2 - AL3 - EBL1 - EL3 - 2A5 - 6F6 - 6K6 - 6M6 - 41 - 42 - 47	86
c) Pour lampes 25A6 - 43	86
d) — 6V6	87
e) — AL5 - EL5 - EL6	87
f) — C443 - C443N	88
g) — 2A3 - 6A3 - 6L6	88
h) — AD1	88
i) Pour étage push-pull	89