

LES CAHIERS DE LA T. S. F.

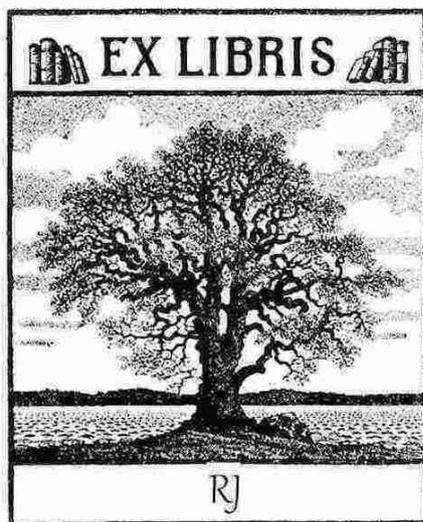
P. LUGNY

LES
RÉSISTANCES
EN T. S. F.



ÉTIENNE CHIRON, Editeur
40, Rue de Seine, 40 - PARIS

1928



LES RÉSTANCES
EN T. S. F.

LES CAHIERS DE LA T. S. F.

Déjà parus dans la même collection

- P. HÉMARDINQUER. — Les lampes à deux grilles et leur utilisation..... 6 fr. 00
- M. CHAUVIERRE. — Alimentation des postes de T. S. F. par le courant du secteur..... 7 fr. 50
- P. LUGNY. — Les condensateurs..... 4 fr. 50
- P. LUGNY. — Les bobines de T. S. F..... 4 fr. 50
- G. TEYSSIER. — Le Manuel de dépannage des postes de T. S. F..... 6 fr. 00
- P. LUGNY. — L'émission sur ondes courtes à la portée de tous..... 4 fr. 50
- P. HÉMARDINQUER. — Comment remplacer les bobines interchangeables..... 6 fr. 00
- G. TEYSSIER. — Le choix et l'utilisation rationnelle de lampes de T. S. F. 6 fr. 00
- P. LUGNY. — Les résistances en T. S. F. 4 fr. 50
- P. LUGNY. — Les ondemètres -- Construction, étalonnage, emploi..... 6 fr. 00

A paraître prochainement

- R. RAVEN-HART. — Pour avoir des émissions pures.
- G. TEYSSIER. — L'Émission en T. S. F.
- S. LWOFF. — L'amplification à haute fréquence.

INTRODUCTION

Dans de nombreux articles, des auteurs ont eu l'occasion d'envisager les constituants du circuit oscillant : self-induction et capacité. Ce sont les éléments essentiels de tout poste de T. S. F. et, pourtant, la résistance joue un rôle extrêmement important à tous égards ; le temps paraît donc venu de lui consacrer un peu de notre attention.

Après avoir passé en revue les manifestations de la présence d'une résistance dans un circuit ordinaire et oscillant, nous essaierons de généraliser cette notion le plus possible et d'en étudier les variations en fonction des différents facteurs dont nous aurons à tenir compte par la suite. Nous examinerons ensuite ce qu'on est convenu d'appeler les résistances en haute fréquence ; enfin, les résistances fixes et variables feront l'objet d'un dernier chapitre.



LES RÉSISTANCES EN T. S. F.

CHAPITRE I

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Quand on fait passer un courant d'intensité I dans un conducteur, en appliquant aux bornes de ce dernier une différence de potentiel E , la résistance R est définie par l'expression

$$R = \frac{E}{I}$$

traduction de la loi d'Ohm, bien connue de tous les amateurs. Je n'insisterai pas sur la nature de ce phénomène, mais rappellerai seulement qu'on peut l'assimiler à un frottement dans un mouvement mécanique; étant donnée une

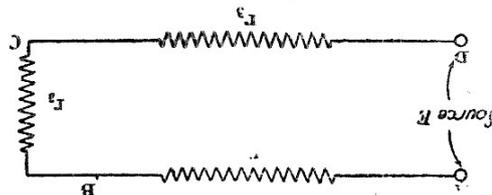


Fig. 1. — Chute de tension dans un conducteur

force, toutes choses égales par ailleurs, l'amplitude du mouvement qu'elle communique à un solide donné dépend des frottements; tel est, en gros, ce que l'on retrouve en électricité. Tout se passe comme si l'application du champ électrique (consécutif à la connexion à la source) provoquait, dans un milieu visqueux, un déplacement réel de particules matérielles; c'est d'ailleurs à ceci que conduisent les idées modernes sur la constitution de la matière.

La présence d'une résistance dans un circuit quelconque

signifie qu'à ses bornes il existe une chute de tension: la valeur de celle-ci est donnée par l'expression

$$e = R \times i;$$

c'est-à-dire que dans un circuit parcouru par un courant d'intensité i , dans chaque portion, si r_1, r_2, r_3, \dots représentent les résistances des sections envisagées, il existe des chutes de tension e_1, e_2, \dots , telles que

$$e_1 = r_1 i \quad e_2 = r_2 i \quad e_3 = r_3 i$$

L'examen de la figure 1 conduit à diverses réflexions qui ne sont pas dépourvues d'intérêt. Les règles de combinaison des résistances, que nous verrons plus loin, montrent que tout se passe dans le circuit ci-dessus comme si on se trouvait en présence d'une résistance R telle que

$$R = r_1 + r_2 + r_3;$$

l'intensité est donc définie par

$$i = \frac{E}{r_1 + r_2 + r_3};$$

si, entre A et D, il existe une différence de potentiel E , entre B et D on aura une tension disponible égale à

$$V_1 = E - e_1;$$

de même en CD :

$$V_2 = E - e_1 - e_2, \text{ etc.},$$

comme les règles élémentaires de l'électrotechnique permettent très facilement de s'en rendre compte. Supposons donc qu'entre B et D nous ayons connecté un conducteur dans lequel nous avons besoin de faire passer un courant d'intensité donné, la tension de la source devra être d'autant plus grande que r_1 (résistance des connexions, etc.) sera plus grand; toute augmentation de résistance des parties inutiles d'un circuit amène donc une consommation supplémentaire qu'il faut réduire le plus possible, d'où l'import-

tance des connexions même pour un circuit de chauffage de lampes à faible consommation.

En second lieu dans un conducteur R parcouru par un courant d'intensité i , une certaine énergie W sera dissipée uniquement en chaleur (effet Joule); on a l'expression bien connue

$$W = Ri^2;$$

en conclusion, la présence d'une résistance dans un circuit quelconque amène donc une déperdition de la tension disponible, consécutivement à une dépense d'énergie; là où ces phénomènes sont inutiles parce que non utilisés, il faut donc diminuer R .

Avant de continuer ceci, je voudrais rappeler en quelques mots l'influence du groupement des résistances sur la valeur apparente totale; dans le cas de la figure 1 où elles sont montées en série, on a, comme indiqué plus haut :

$$R = r_1 + r_2 + r_2 \dots$$

En effet on a :

$$E = Ri$$

le courant a la même intensité dans tout le circuit; d'autre

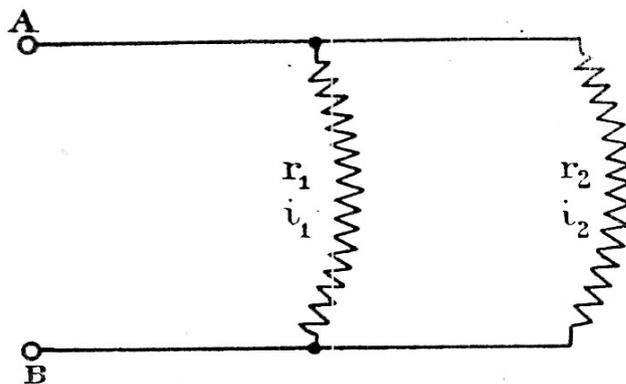


Fig. 2. — Résistances connectées en parallèle

part, la tension aux bornes A est égale à la somme de celles entre A et B, B et C, etc., on a donc :

$$\begin{aligned} E &= e_1 + e_2 + e_3 \dots = r_1 i + r_2 i + r_3 i + \dots \\ &= i (r_1 + r_2 + r_3 + \dots). \end{aligned}$$

Mais on peut encore réunir des résistances autrement (fig. 2). Dans ce cas, on a toujours :

$$E = RI$$

Mais la différence de potentiel qui agit aux bornes de r_1 , r_2 , etc., est la même; donc on a :

$$E = r_1 i_1 = r_2 i_2 = \dots$$

d'où on tire

$$RI = r_1 i_1 = r_2 i_2 \dots,$$

d'autre part on a dans le cas de deux résistances

$$I = i_1 + i_2.$$

Des deux dernières égalités précédentes on tire

$$\frac{i_1}{r_2} = \frac{i_2}{r_1}$$

ou

$$\frac{i_1 + i_2}{r_2 + r_1} = \frac{i_2}{r_1} = \frac{I}{r_2 + r_1}$$

et

$$RI = Ri_2 \frac{r_2 + r_1}{r_1} = r_2 i_2$$

et enfin

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

Ces deux manières schématiques peuvent se combiner en ce sens que, dans le dernier cas, r_1 , r_2 , etc., peuvent être composés de résistances en série et en parallèle avec d'autres; on réduit successivement, comme indiqué ci-dessus et on arrive facilement à une solution très simple.

Ces petits problèmes de combinaisons de résistances entrent

souvent en ligne de compte dans la pratique. Dans la combinaison en parallèle, diverses remarques intéressantes peuvent être faites : au point de vue de l'ensemble du circuit, la résistance résultante R est toujours plus petite que la plus petite des composantes comme un raisonnement très simple le montrera aisément, et sa valeur sera d'autant plus proche de celle-ci que l'autre sera plus grande; ceci est évident puisqu'elle lui devient égale quand l'autre est infinie; cette considération est importante quand il est question d'isolement. La figure 3 représente la variation de R quand r_1 varie de 0 à ∞ ; comme valeur remarquable, quand $r_1 = r_2$ on a

$$R = \frac{r_1}{2}$$

Telles sont les combinaisons de résistances que l'on peut envisager. Il faut, pourtant, préciser de suite une question : il faut distinguer entre les résistances qui sont utiles au fonctionnement (filament d'une lampe, résistance de liaison, etc.)

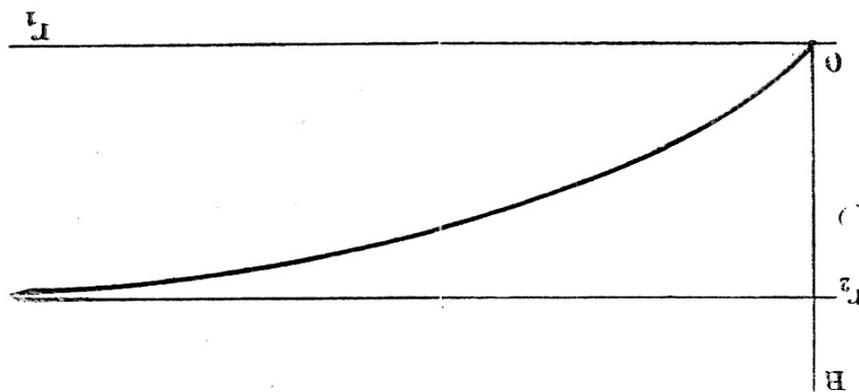


Fig. 3. — Courbe de variation de R .

et dans lesquelles l'énergie dissipée l'est volontairement dans le but d'assurer ultérieurement ce que l'on désire et celles qui consomment inutilement (mauvais isolement, connexions trop petites, etc.). Autant il est utile de soigner et d'ajuster les premières, autant il faut diminuer les secondes; il importe, pourtant, de conserver une nette proportion et de se

rendre un compte exact du pourcentage de pertes admissible. En effet, le mieux, en tout, est l'ennemi du bien : comme pour la diminution de la capacité répartie d'un enroulement, il y a lieu de situer une limite exacte au delà de laquelle une nouvelle diminution serait proportionnellement inutile. Mathématiquement, par exemple, il existe toujours une chute de tension dans les fils d'amenée du courant de chauffage : rien ne sert d'augmenter le diamètre au delà d'une certaine valeur ; quand la chute atteint, par exemple, le dixième de la différence de potentiel de la source, on peut se considérer comme placé dans les meilleures conditions ; par ailleurs, la résistance totale du circuit de chauffage d'un triode, en dehors du filament lui-même, comprend entre les broches et les supports de celui-ci une partie sur laquelle nous ne pouvons agir ; quand la résistance extérieure (fig. 4) de la partie ab atteint le cinquième de celle des fils d'amenée bc , on n'a plus d'intérêt à diminuer les pertes dans ab , car elles ne forment plus qu'un bien faible pourcentage.

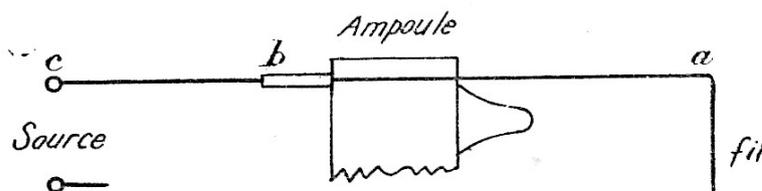


Fig. 4. — Répartition des résistances dans un circuit de chauffage

L'influence de la résistance dans un circuit quelconque se traduit donc, d'une part, par une chute de potentiel et, d'autre part, par une consommation d'énergie qui diminue celle disponible ; ceci a lieu, bien entendu, dans un circuit fermé parcouru par un courant. Plus loin, nous verrons une généralisation de cette seconde notion qui est pleine d'intérêt dans certains cas.

Résistance et circuit oscillant

On emploie souvent, plus souvent qu'on ne le voudrait, des résistances ; mathématiquement, toute manifestation dynamique de l'électricité est toujours concomitante d'une

dépense d'énergie dans une résistance; on peut en réaliser de pures, tandis qu'on ne saurait obtenir une capacité sans résistance, ni une self-induction sans capacité ni résistance. Ceci est déjà un avantage, car on peut raisonner sur des constantes bien connues. Il est intéressant d'essayer de se rendre compte de l'influence de la résistance d'un circuit oscillant sur ses propriétés.

Il est, *a priori*, sauf en utilisant les propriétés d'un triode, impossible de réaliser un circuit oscillant où la résistance est nulle; d'ailleurs, même dans ce cas, on n'annule pas précisément les pertes, mais on les compense. A ce propos, je tiens à signaler que l'expression de résistance négative constitue une extension facile, mais ne doit pas constituer une antithèse de la résistance ordinaire; celle-ci a, pour effet, une existence réelle, tandis que la première n'est qu'une conception commode pour expliquer des phénomènes assez complexes. L'impossibilité d'arriver à un circuit oscillant de résistance nulle saute aux yeux. L'enroulement comporte nécessairement du fil qui est résistant; de plus, le condensateur n'a pas un isolement infini. Dans le chapitre suivant, nous passerons en revue toutes ces questions fort importantes. Seule l'influence nous intéressera aujourd'hui. Deux conclusions de la présence de celle-ci dans un circuit oscillant sont importantes; elles sont de même ordre et même, découlent l'une de l'autre. Quand elle est très grande, le circuit n'est plus du tout oscillant; quand on l'écarte de sa position d'équilibre, il y revient lentement sans osciller en restant toujours du même sens. Il faut donc veiller à ce qu'elle n'ait pas une valeur excessive; celle-ci est d'ailleurs fonction de la longueur d'onde et de la proportion de self et de capacité dans le circuit envisagé; la résistance limite qui permet aux oscillations de prendre naissance (résistance critique) est d'autant plus grande que le coefficient de self-induction (à fréquence propre donné) est plus important et la capacité plus faible. Un circuit peut donc être apériodique pour une certaine composition et, avec une même résistance, oscillant

pour une autre. Une autre considération conduit, d'ailleurs, à la diminuer le plus possible aussi tant dans un circuit oscillant destiné à un poste d'émission que pour la réception : c'est l'observation de la famille de courbes de résonance de la figure 5. C'est un phénomène bien connu des amateurs que la courbe de résonance s'aplatit quand les pertes augmentent dans un circuit oscillant. Trois conséquences, très importantes, en découlent; deux autres, d'un autre ordre, viennent confirmer la conclusion qui veut qu'on les réduise

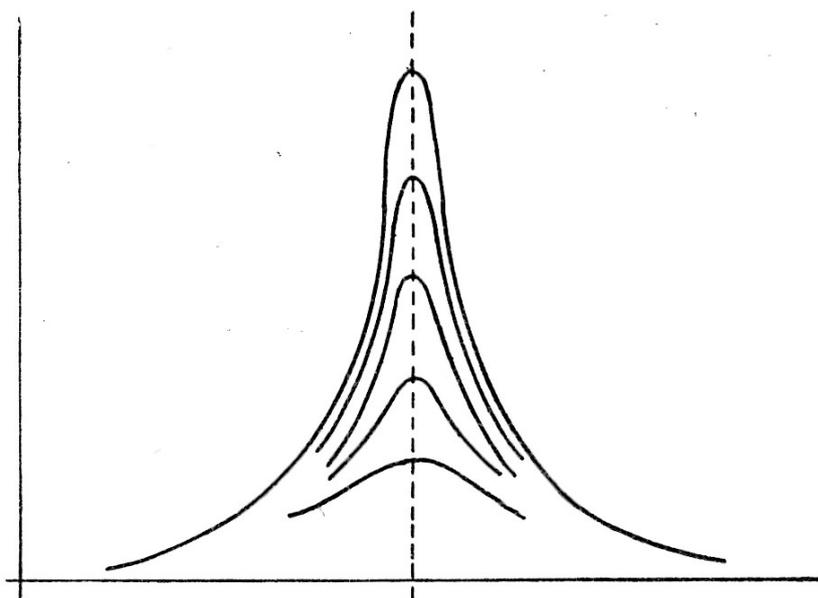


Fig. 5. — Aplatissement des courbes de résonance provoqué par l'augmentation de la résistance du circuit oscillant

le plus possible; là, comme précédemment, une limite existe au delà de laquelle le gain n'est plus justifié. Suivant l'importance de l'énergie qui circule, on aura ainsi, successivement, le fil de diamètre optima, le fil divisé, la lame ou le tube. Ceci fera l'objet du chapitre suivant. Les trois premières conclusions sont les suivantes. Tout d'abord, l'aplatissement de la courbe de résonance diminue l'amplitude des oscillations, donc le volume du son à la réception. La résistance, quand le circuit est accordé, est, en effet, le seul obstacle pour remonter le courant sur son passage; par conséquent,

toute diminution amènera une augmentation de l'énergie disponible et des effets obtenus. Cette considération, déjà importante, est confirmée par une autre; il y a lieu de noter que la résistance du circuit n'entre pas seule en ligne de compte; par exemple (fig. 6), quand on connecte en parallèle sur lui un circuit d'utilisation comprenant, par exemple, un détecteur et un téléphone, la résistance de ces organes n'étant pas infinie, celle du circuit se trouve augmentée; en effet, tout se passe, comme on le démontre facilement, comme si cette résistance externe était remplacée dans le circuit par une autre d'autant plus petite qu'elle est elle-même plus grande. C'est une dérivation qui soustrait d'au-

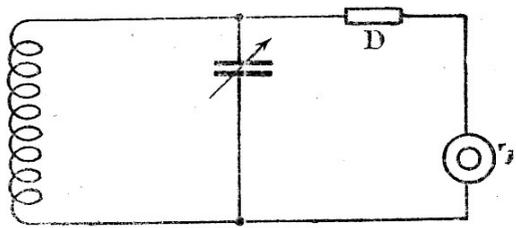


Fig. 6. — Influence d'une résistance mise en dérivation avec le circuit oscillant

tant plus d'énergie que sa résistance est plus petite. L'aplatissement de la courbe de résonance se traduit par une diminution de la syntonie; à l'émission, ceci a pour conséquence un brouillage ou une gêne pour les postes voisins; en effet (fig. 7), pour obtenir une certaine intensité avec des circuits à grand ou à faible amortissement, on émet dans l'espace une famille d'onde très différente suivant le cas; au lieu d'une bande très étroite I avec une petite résistance, on envoie, au contraire, avec une courbe de résonance telle que II, des signaux sur toute une gamme; qui ne connaît ces postes « que l'on entend sur tous les réglages »? De plus, si un autre émetteur travaille sur une onde λ_2 voisine de celle de travail λ_1 dans le premier cas il est possible de les séparer tandis que, dans le second, l'effet est à peu près le même

dans les deux cas. Ce même phénomène se traduit, troisième conséquence, en sens inverse à la réception en affectant la sélectivité du poste, ou aptitude d'un récepteur donné à séparer deux émissions dont les longueurs d'onde diffèrent d'une valeur fixe.

Ces deux considérations militent beaucoup en faveur d'une diminution des pertes dans un circuit oscillant; cette influence néfaste est encore manifestée dans d'autres phénomènes. La fréquence propre d'un circuit est fonction de la résistance du circuit oscillant et elle tend d'autant plus vers celle indiquée par la formule de Thomson qu'elle est plus petite; on a là un élément de détermination intéressant.

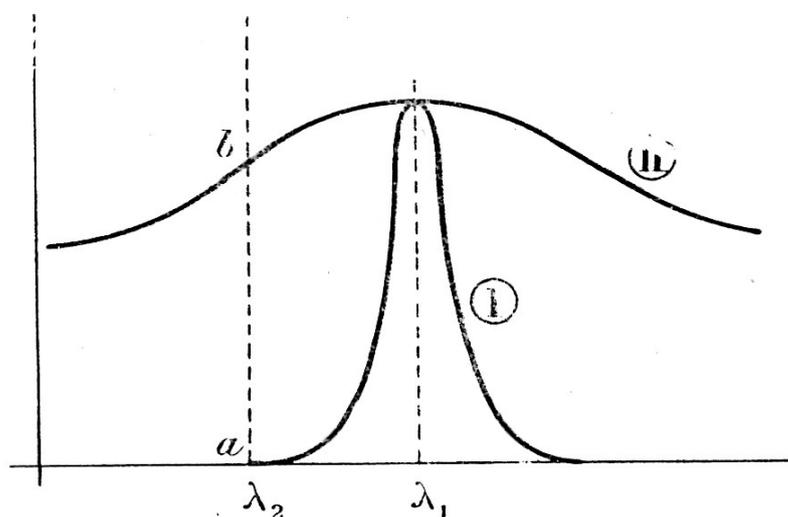


Fig. 7. — Courbe de résonance d'un poste bien syntonisé en I et celle d'un poste mal syntonisé en II

On entend souvent dire : a quoi bon diminuer tant que cela les pertes, puisque, grâce à la réaction, je puis les compenser comme je veux ? Il est inutile de prendre des précautions extraordinaires puisqu'on remédie aisément au mal en couplant un peu plus les circuits intéressés. Ce raisonnement ne résiste pas une minute à un examen un peu attentif de la question; même en supposant que l'on puisse par un couplage en retour compenser toutes les pertes, ce qui n'est juste que dans

une certaine proportion, il n'en est pas moins vrai que l'amplitude des oscillations dans le circuit (et par conséquent l'effet) diminue sans qu'on puisse y remédier.

Il y a lieu de remarquer en terminant ceci que le fait de coupler deux circuits produit une augmentation apparente de résistance d'autant plus grande que le couplage est plus serré, par conséquent (fig. 8), si on considère un circuit oscillant I, tout se passe, quand on approche un second circuit II, comme

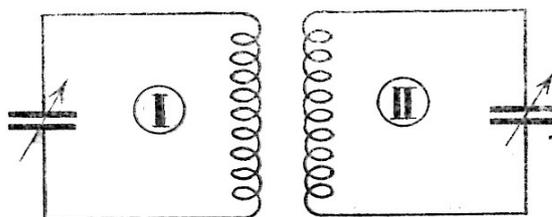


Fig. 8. — Couplage de deux circuits oscillants

si la résistance ohmique de I augmentait. Il y a lieu de diminuer les pertes dans tous les circuits car elles interviennent, dans ce cas, multipliées par un certain coefficient que peut être grand, car il est fonction de la fréquence.

Éléments de variations

La résistance R (en ohms) d'un conducteur de longueur l (en cm.), de section s (en cm^2) et de résistivité ρ (en ohms $\text{cm.}-\text{cm}^2$) est donnée par l'expression.

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

Je n'insisterai que sur les variations de R avec ρ et la température; les considérations sur l et s sont tellement évidentes que je les passerai sous silence.

La résistivité à 0° des principaux corps est donnée en microhms-cm-cm² par le tableau suivant :

Argent	1,47	ou par rap. au cuiv. pris comme unité	0,94
Cuivre	1,60	—	1
Aluminium	2,6	—	1,66
Zinc	5,75	—	3,69
Fer pur	9,06	—	5,80
Fil télégrap.	14,9	—	9,55
Platine	10,9	—	7
Nickel	12,3	—	7,9
Etain	13	—	8,3
Plomb	20,4	—	13
Mercure	94 (métal)	—	60
Maillechort .	25	—	15
Constantan .	42	—	27

Voici quelques chiffres utiles sur les fils de cuivre (courant continu) :

Diamètre	Section mm ² .	R. par m. ohm	Longueur au kilo en m.	Int. max. à admettre
0,1	0,0079	2	14000	0,02
0,2	0,031	0,5	3600	0,06
0,4	0,12	0,13	900	0,25
0,5	0,20	0,08	370	0,4
0,8	0,50	0,03	220	1 amp.
1	0,79	0,02	140	1,3
1,2	1,13	0,014	100	2,25

Ces quelques renseignements sont intéressants quand on veut avoir une idée à peu près exacte de ce qu'il faut pour construire un poste; nous verrons dans la suite des applications de tout ceci.

Quand le courant traverse le fil, l'énergie dépensée à l'intérieur sous forme d'effet Joule augmente la température du métal et peut même amener sa fusion ou son explosion par dilatation brusque et projection de particules dans le

milieu environnant. Etant donné qu'on utilise une telle élévation de température pour expulser les électrons d'un filament dans la lampe à trois électrodes, il me paraît intéressant d'étudier ceci d'un peu plus près. L'augmentation de la température amène un accroissement de la résistance; ceci est dû à différentes actions; tout d'abord, la résistivité ρ augmente avec la température; dans de faibles limites comme celles entre lesquelles la température extérieure varie, on peut admettre une expression linéaire :

$$\rho = \rho_0 (1 + \beta t);$$

c'est β un coefficient qui varie suivant la nature du métal et la température envisagée; je n'indiquerai pas de valeurs, car l'emploi de cette équation est inutile pour un amateur. Quand on arrive à de plus hautes températures, ρ augmente beaucoup plus rapidement et la variation est assez bien représentée par l'équation

$$\rho = \rho_0 (1 + \beta t + \gamma t^2).$$

D'autre part, la longueur du fil augmente aussi avec la température: à t degrés, on a une longueur

$$l = l_0 (1 + \alpha t);$$

concurrentement, la surface a augmenté, le rayon r est multiplié par $(1 + \alpha t)$; la résistance R à t degrés est donc

$$R_t = \rho_t \frac{l}{S_t} = \rho_0 (1 + \beta t + \gamma t^2) \frac{l_0 (1 + \alpha t)}{S_0 (1 + \alpha t)^2}$$

soit donc $l_0 (1 + \beta t + \gamma t^2)$

$$R_t = l_0 \frac{1 + \beta t + \gamma t^2}{S_0 (1 + \alpha t)} = R_0 \times A.$$

Pour le filament d'une lampe à trois électrodes A atteint environ 10.

Généralisation

Cette notion de résistance ohmique est la seule qui soit tout à fait familière et pourtant elle ne saurait, seule, permettre de se rendre un compte exact de tout. Dans un circuit, sa présence se traduit par une consommation : inversement on peut admettre que toute consommation d'énergie est équivalente à la présence d'une résistance. Quand on constate une dépense d'énergie W dans un circuit parcouru par une intensité I on admet qu'elle est équivalente à une résistance R définie par

$$R = \frac{W}{I^2}$$

C'est une extension de la notion de résistance à laquelle on a été conduit par des considérations sur une antenne. L'énergie rayonnée W est alors ramenée à une résistance R dite de rayonnement. Dans n'importe quel circuit oscillant, il en sera de même ; si on applique une différence de potentiel donnée, l'intensité du courant peut être mesurée et permettra de déduire la résistance.

CHAPITRE II

CE QUE DEVIENT LA RESISTANCE DANS LA HAUTE FRÉQUENCE

Dans le précédent chapitre, j'ai étudié ce qu'on nomme en électrotechnique une résistance, l'association de divers organes, et enfin, les facteurs qui influent sur la valeur obtenue. En radiotechnique, diverses autres influences deviennent prépondérantes et modifient profondément le résultat obtenu en courant continu. Comme le cadre du circuit oscillant, constituant principal, sinon unique, comporte toutes les indications utiles, c'est dans celui-ci que je vais inscrire cet exposé ; il comprend donc, d'une part, une étude du rôle de la résistance dans celui-ci, complétée par une définition de ce qu'on est convenu d'appeler une résistance négative et, d'autre part, une revue des différents constituants en terminant, d'après la remarquable étude de M. Mesny, par l'emploi de diverses formules dont l'utilisation donne sinon une valeur exacte (au point de vue industriel) mais au moins un ordre de grandeur, ce qui suffit dans la majorité des cas.

Dans un circuit oscillant, le fait d'écarter une quantité d'électricité de sa position d'équilibre se traduit par un retour à celui-ci suivant des modalités qui diffèrent en fonction des divers facteurs constitutifs ; ceux-ci sont la self-induction, la capacité et la résistance ; je supposerai que les trois éléments sont toujours représentés car, sans cela, la périodicité du circuit, c'est-à-dire la constance de sa réaction en fonction de la fréquence de l'excitation est absolue. Nous nous donnerons donc le coefficient de self-induction et la capacité, c'est-à-dire la fréquence

propre du circuit; il importe de se rendre compte de la façon dont varie l'effet quand on modifie la résistance; le lecteur connaît assez la forme de cette variation quand

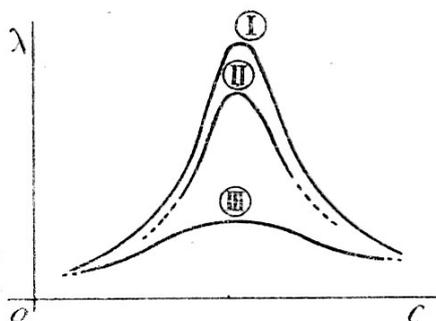


Fig. 9. — Influence de la résistance sur la forme des courbes de résonance.

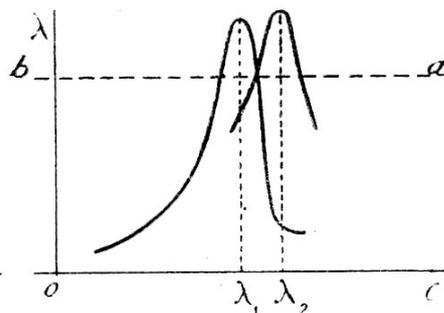


Fig. 10. — Détermination de la sélectivité d'un récepteur en fonction de ses courbes de résonance.

on agit sur les autres constituants pour que je n'ai pas besoin d'y revenir. On se trouve donc en présence d'une courbe de résonance, c'est-à-dire (fig. 9), d'une courbe dont les deux parties extrêmes sont presque horizontales et encadrent un sommet, correspondant à la résonance ou à l'accord; la résistance agit sur cette forme de deux façons, ou mieux, son effet se traduit ainsi, malgré que la déformation soit unique; une augmentation progressive de résistance diminue l'amplitude à la résonance, aplatit la courbe en II ou III, l'amenant horizontale quand elle atteint à une valeur telle qu'il devient apériodique; deux conséquences importantes sont à déduire de cet état de choses; d'une part, l'amplitude de la force électromotrice disponible entre deux points quelconques du circuit diminue, tout comme le courant qui lui donne naissance et le rendement de l'opération est ainsi diminué; il y a donc là une première raison de rendre aussi petite que possible la résistance du circuit; mais là n'est pas le seul effet néfaste obtenu; important, celui-ci peut à la rigueur être discuté; le second ne saurait l'être car il régit une

des qualités les plus intéressantes d'un poste, la sélectivité; on nomme ainsi l'aptitude d'un ensemble radio-technique à séparer des émissions faites sur deux longueurs d'onde de plus en plus rapprochées; comme nous allons, par un raisonnement très simple, nous en rendre compte, ceci exige des courbes de résonance d'autant plus aiguës que la sélectivité doit être plus poussée, c'est-à-dire les fréquences à séparer plus rapprochées. En

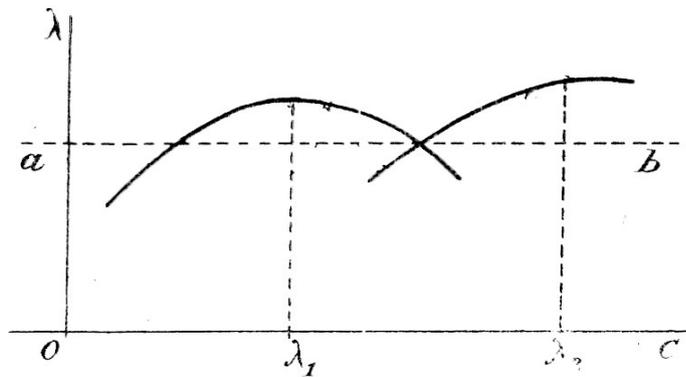


Fig. 11. — Manque de sélectivité causé par un grand amortissement d'un circuit oscillant

effet, on voit sur la figure 10, sur laquelle la ligne *ab* représente l'amplitude de courant nécessaire à la mise en œuvre du haut-parleur ou du téléphone employé, que les deux longueurs d'onde les plus rapprochées qu'un poste dont les circuits sont tels que la courbe de résonance totale ait le profil représenté sont λ_1 et λ_2 ; la figure 11 montre d'une façon suffisante combien l'écart entre ces deux valeurs est grand lorsque l'aplatissement des courbes augmente; la sélectivité diminue donc quand la résistance du circuit oscillant augmente; il y a donc lieu de réduire le plus possible la valeur de celle-ci. On peut agir sur les divers éléments qui procure celle-ci, éléments qui seront déterminés en détail dans un des prochains paragraphes; mais là n'est pas la seule façon de

procéder. J'ai dit, dans le présent chapitre, qu'une généralisation excellente de la notion de résistance consistait à la définir comme le quotient de la quantité d'énergie W perdue dans un circuit par le carré de l'intensité qui le parcourt I , soit :

$$R = \frac{W}{I^2}$$

On assimile alors, et cette notion va nous servir sous peu, toutes les pertes du circuit à des résistances intercalées dans celui-ci. Inversement, on peut considérer toutes les résistances comme des pertes et, au moyen d'une source d'énergie convenable (c'est la réaction) compenser, par un apport extérieur, la déperdition ainsi constatée; suivant la valeur de l'énergie dépensée ainsi en supplément, la façon dont le circuit se comportera sera différente et il est intéressant de la suivre dans les diverses modifications; si l'apport d'énergie extérieure est petit, il ne compense pas du tout les pertes et tout se passe comme s'il n'y avait aucun apport extérieur; c'est le cas qu'on rencontre quand la réaction est trop réduite; quand on augmente celle-ci, le résultat est le même que si les résistances en jeu étaient diminuées; on conçoit qu'il arrive un moment où la valeur apparente est nulle puisque les résistances en circuit dégradent une quantité d'énergie exactement égale à celle procurée par la source; on dit que la résistance est nulle; en conséquence, une impulsion conserve infiniment la même amplitude puisqu'il n'y a pas de pertes et celle-ci est infinie pour la même raison; ce régime est évidemment impossible; mais plus la compensation est parfaite grâce à une réaction convenable, plus l'amplitude croît et tout se passe comme si on avait réalisé une diminution de la résistance. Si l'énergie extérieure introduite dans le circuit pour la compensation est plus grande que la quantité dégradée intérieurement, on dit que la résistance apparente est négative,

c'est-à-dire qu'au lieu de correspondre à une diminution de l'énergie disponible, grâce à l'appoint fourni, elle se traduit par une augmentation de l'amplitude des oscillations, celle-ci étant d'ailleurs limitée par les conditions mêmes de fonctionnement se traduisant, dans le cas présent, par les parties courbes des caractéristiques des triodes utilisées.

Pour être tout à fait complet dans l'exposé du rôle de la résistance dans un circuit oscillant, il semble utile de préciser que la fréquence propre de celui-ci, qui en est indépendante quand son rapport au coefficient de self induction est très petit, devient fonction de sa valeur si, ce dernier étant maintenu fixe, elle augmente; en règle générale, cette action peut être considérée comme négligeable, mais, dans certains cas, sur ondes courtes en particulier, quand la capacité d'accord est relativement importante, il n'en est pas de même et ceci complique le fonctionnement de l'ensemble.

L'importance de la diminution de la résistance dans un circuit oscillant ressort de tout ce qui vient d'être dit; la généralisation adoptée plus haut montre que le problème ci-dessus se ramène à rendre les pertes dans les diverses parties du circuit aussi déduites que possible. C'est donc, d'une part, à l'exposé de ce qui constitue ces pertes, et, d'autre part, à la façon de les rendre aussi minimales que faire se peut, que va être consacrée la seconde partie de cet exposé; auparavant, pourtant, je voudrais encore une fois, insister sur un fait; il ne faut pas exagérer dans cette voie de chercher à obtenir des valeurs très petites; il faut conduire cette détermination d'une façon relative et soigner toutes les diverses parties d'une façon égale; en effet, rien ne sert de ramener les pertes dans le circuit à des valeurs faibles si, à côté de cela, on néglige d'autres parties; il vaut mieux une bonne moyenne en tout. Par conséquent, rien ne sert de bobiner des enroulements de réception avec du fil divisé, d'utiliser des con-

densateurs variables isolés au quartz, si, d'autre part, l'ébonite, les systèmes de liaison sont faits de matières à peu près adéquates.

Cette parenthèse terminée, que trouvons-nous comme pertes dans un circuit oscillant ? Elles sont localisées à peu près en trois endroits : métal, carcasse de la bobine et diélectrique du condensateur.

Dans le métal, cuivre des enroulements, des connexions et armatures du condensateur, elles sont dues à l'effet Joule et sont analogues aux pertes ohmiques ; elles comprennent en plus, toutes les résistances de contact des connexions, d'où nécessité de souder sans acide tous les raccords ; l'acide, en effet, se traduit par une action

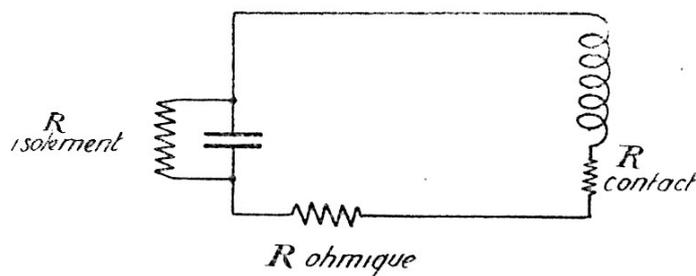


Fig. 12. — Schéma représentant toutes les résistances

chimique créant une force contre-électromotrice équivalente à une résistance supplémentaire qui augmente avec le temps ; dans cette catégorie, de plus, rentrent la résistance d'isolement du condensateur (fig. 12) ; la figure 12 résume ceci :

Plus l'isolement est facile, plus il intervient dans la valeur totale ; il faut donc le soigner au même titre que l'on fera en sorte que le diamètre du fil procure le minimum de pertes. A ce sujet, il me semble important, malgré que l'ordre logique imposerait peut-être, une autre suite, de dire de suite un mot de ce résultat escompté : comme nous allons le voir au prochain paragraphe, deux

phénomènes se trouvent en présence qui, agissant en sens inverse, nécessitent la venue d'un moyen term pour réaliser la condition que nous nous sommes fixée. En premier lieu, le courant (fig. 13), par suite de l'action magnétique des couches superficielles qui n'est pas contre-balancée, est concentrée à la surface du conducteur; la pénétration est fonction de la fréquence (augmente quand celle-ci diminue) et du métal employé (en raison directe de la

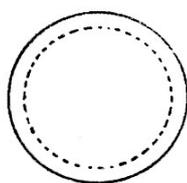


Fig. 13. — Répartition du courant dans un conducteur.

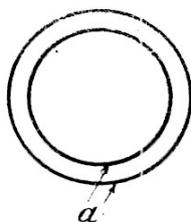


Fig. 14. — Conducteur en forme de tube.

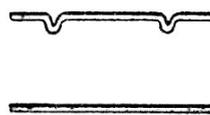


Fig. 15. — Conducteur en forme d'un ruban mince

résistivité); dans le cuivre on obtient pour des longueurs d'onde ci-dessous, les valeurs indiquées :

16.000 m.	4.000 m.	1.000 m.	250 m.	4 m.
0,52 mm.	0,26 mm.	0,13 mm.	0,065mm.	0,008mm.

c'est-à-dire que des fils de diamètre supérieur à 0.1 mm. ont des résistances qui, dans de larges limites sont fonction de la fréquence du courant qui les parcourt ; tout se passe rigoureusement comme si le courant était réparti uniformément dans une couche de métal dont la surface est définie par la pénétration et le périmètre moyen du conducteur entre la surface externe et celle correspondant à la pénétration. Dans la réalité, il n'en est pas ainsi et, normalement à l'axe du conducteur, la répartition du courant varie exponentiellement de telle sorte qu'à la profondeur appelée pénétration, l'amplitude est réduite au tiers du maximum, ou sept fois cette valeur si elle est plus que

le millième de celui-ci. Dans le cas de l'eau, on obtient le tableau suivant :

16.000 m.	4.000 m.	1.000 m.	250 m.
2 m.	1 m.	1 m. 5	0 m. 25

soit donc une pénétration 4.000 fois plus grande que dans le cuivre; la résistance varie comme indiqué plus haut.

Dans le cas d'un terrain moyen :

16.000 m.	4.000 m.	1.000 m.	250 m.
80 m.	40 m.	20 m.	10 m.

soit une pénétration un million de fois plus grande que dans le cuivre et quarante fois celle de l'eau de mer.

On conclut donc, comme je viens de le dire, que la résistance d'un conducteur en haute fréquence, pour le calcul de laquelle nous verrons des formules plus loin, peut être considérée comme celle d'un conducteur de la longueur de celui envisagé, de surface définie par la pénétration (action de la fréquence d'excitation) et le périmètre (diamètre du fil); pour amener sa valeur, étant donné une longueur d'enroulement fixée, il faut donc agir sur la surface en l'augmentant; la pénétration est hors de notre atteinte; nous n'avons donc à notre disposition comme facteur variable que le diamètre du fil ou mieux son périmètre; on en conclurait à l'emploi de fil de fort diamètre que l'on rencontre jamais en radiotechnique. Pourquoi?

C'est que la couche externe du métal parcourue par la totalité du courant a une action magnétique sur la masse; le passage du courant est, en effet, accompagné d'un champ magnétique qui donne naissance à des courants de Foucault, d'où pertes supplémentaires et augmentation de la résistance apparente. Pour se prémunir contre une telle éventualité, nous allons nous trouver en présence de deux façons d'opérer qui conduisent au

même résultat, mais ne sont pas du tout équivalentes au point de vue qui nous occupe.

La première consiste à conserver un périmètre aussi grand que possible tout en diminuant la surface du métal; les figures 14 et 15 montrent les deux réalisations pratiques appartenant à cette famille. On peut ainsi se servir soit (fig. 14) d'un tube dont la paroi métallique est d'une dimension aussi voisine que possible de la pénétration; il est difficile d'arriver à un tel résultat et le travail en est assez délicat; on peut, et c'est le procédé employé dans les enroulements de grandes dimensions des stations importantes, se servir d'un ruban très mince, large (fig. 15) et sur lequel deux nervures assurent une rigidité suffisante;



Fig. 16. — Fil divisé
 (« litzendraht »)
 (Vue en coupe)

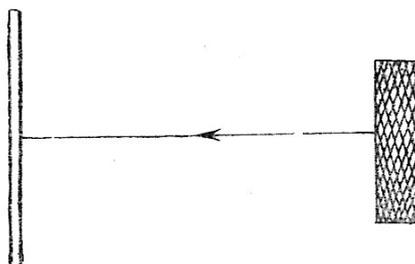


Fig. 17. — Mauvaise disposition
 d'une bobine par rapport
 à un condensateur

mais ces procédés sont ceux destinés aux postes d'émission. Dans les récepteurs, il ne saurait être question de telle façon de faire; on emploiera alors le fil divisé (fig. 16) composé d'un très grand nombre de fils très fins torsadés; l'inconvénient d'un tel système vient de la très grande difficulté de réaliser des épissures à tous les fils. En pratique, on agit très souvent autrement; dans les enroulements destinés à fonctionner dans des circuits désaccordés, on emploiera des fils fins, ce qui assure une certaine constance de la résistance; dans les circuits oscillants ordinairement accordés, on cherche un compromis; on se rend compte, en effet, aisément qu'on doit, expérimenten-

talement, pour une gamme usuelle de fréquences assez importante, trouver un conducteur dans lequel la résistance est due en parties égales aux fuites chimiques et aux courants à Foucault; une augmentation de diamètre amènerait une augmentation plus rapide des secondes que la diminution des premières et il en résulterait une augmentation de la résistance totale. Dans la gamme usuelle du broadcasting, des études ont montré que c'est aux environs de 1,2 m/m que se place ce diamètre optimum. C'est donc celui qui est à adopter généralement; il présente de plus l'avantage de se travailler facilement et d'assurer à un montage une rigidité suffisante.

Je ne veux pas indiquer en détail les formules que M. Mesny a établies dans le cas général et qui sont exactes; le lecteur qu'une telle précision intéresserait les trouvera dans divers ouvrages ou publications. Je m'en tiendrai à une valeur approchée suffisante dans la pratique quand le rapport du pas d'enroulement au diamètre est supérieur à 5 (cas des cadres):

$$l = R \times 2,35 \frac{d}{\sqrt{\lambda}}$$

où r est la résistance pour la longueur d'onde λ (en kilomètres) d'un fil de diamètre d (en mm.) et ayant une résistance R en courant continu. Si on trouvait que r est inférieur à R on les prendrait égaux l'une et l'autre.

Dans le cas où le rapport du pas au diamètre du fil est inférieur à cinq (cas des bobines), on aura:

$$r = R \times p \times q \times m;$$

p , q et m sont trois coefficients qui tiennent compte des diverses actions suivantes: p est celui qui tient compte

de la pénétration a ; on peut la calculer ainsi par la formule :

$$a = \frac{l}{\sqrt{2 \pi c \omega}}$$

où ω est la pulsation correspondant à la fréquence envisagée, c la conductivité du métal. On a alors ensemble le produit $R \times p$ en calculant la résistance, comme en courant continu, d'une bande de métal de longueur égale à celle du conducteur, de largeur égale au périmètre et d'épaisseur égale à la pénétration; dans le cas de métaux magnétiques, la pénétration est moindre ; la valeur ci-dessus doit être divisée par le coefficient μ correspondant aux conditions d'emploi et la résistance est donc μ fois plus grande. Le facteur p (lui-même fonction de p) tient compte de l'influence du pas d'enroulement sur la répartition du courant dans le métal du fil ; il est donné, comme p et m , par des courbes établies en fonction de la longueur d'onde de travail et que l'on trouvera en particulier dans l'*Onde Electrique* ; le facteur m est fonction de la répartition du courant le long du fil. Telles sont les diverses influences dont il faut tenir compte dans la détermination exacte des pertes chimiques.

Ensuite, il importe de passer en revue l'influence de la carcasse de la bobine ; elle agit par suite du rayonnement, champ électro-magnétique dans lequel elle est plongée; il faut étendre cette notion de dégradation d'énergie dans le support de l'enroulement à tous les objets environnants et cette remarque montre l'illogisme que l'on rencontre parfois ; les courants de Foucault sont développés dans toutes les masses métalliques perpendiculaires aux lignes de force; or le fait de monter une bobine (fig. 9) extrêmement soignée en bout d'un condensateur crée dans les armatures de celui-ci des pertes telles que le résultat cherché est absolument nul. La résistance due à la

carcasse est fonction du rapport de l'onde sur laquelle on travaille à la fondamentale de l'enroulement. En appelant R_B et r_B , les résistances sur chacune de celle-ci, λ l'onde de travail et λ_0 la fondamentale, M. Mesny montre que l'on a sensiblement :

$$R_B = r_B \left(\frac{\lambda_0}{\lambda} \right)^{2,5}$$

On se rend compte de suite qu'elle est d'autant plus grande qu'on travaille plus près de la fondamentale, étant rappelé qu'il est impossible de travailler au-dessous. Par conséquent, au point de vue de l'utilisation, là encore nous nous trouvons en présence d'un compromis; on sait qu'un circuit oscillant est d'autant plus efficace, c'est-à-dire qu'à excitation constante, la différence de tension dont on peut disposer aux bornes du condensateur d'accord est d'autant plus grande que ce dernier est plus faible; il faut donc travailler le plus près possible de la fondamentale, mais l'étude ci-contre nous amène à une conclusion inverse; en pratique, il faut adopter une onde de travail égale à environ trois fois la fondamentale. La longueur d'onde propre d'un enroulement est donnée en mètres, avec une approximation suffisante par la formule suivante :

$$\lambda_0 = 190 \sqrt[3]{\sigma} \sqrt{L}$$

où σ est la longueur d'une spire en mètres et L le coefficient de self-induction en millihenrys. Entre parenthèses, on remarque qu'on peut améliorer le compromis ci-dessus, en maintenant L constant, mais en diminuant λ_0 ce qui permet d'abaisser aussi λ et de travailler avec une capacité plus petite en augmentant L mais en diminuant σ , d'autant plus que cette valeur agit par la racine cubique.

Enfin, il nous faut une valeur de r_B ; là, la question est infiniment plus délicate; comme dans la majorité des cas, les formules ne nous fourniront qu'un résultat approché et seules des mesures nous donneront, à condition qu'elles soient exécutées avec toutes les précautions nécessaires, des indications précises; il convient pourtant de signaler la délicatesse extrême de telles expérimentations, si on veut pouvoir donner un sens rationnel aux chiffres obtenus; la critique en est difficile et, seule, une très longue technique de laboratoire donnera le doigté nécessaire pour de telles opérations qui sortent absolument du champ d'investigation normal de l'amateur; on indique, dans le cas de la carcasse, la formule suivante comme donnant un ordre de grandeur convenable, mais c'est tout :

$$r_B = 3300 \frac{L^{1,25}}{l(1,1 + \log^{10} \sigma)}$$

formule dans laquelle :

L représente le coefficient de self induction de l'enroulement en millihenrys,

l la longueur totale du fil en mètres,

σ la longueur d'une spire en mètres.

Je ne voulais pas traiter cette partie relative à la carcasse sans, tout au moins, effleurer une question d'une importance technique primordiale; quand on envisage une antenne d'émission, on constate que l'intensité du courant, en égard à l'énergie fournie, fait apparaître un certain nombre de pertes, comme dans le cas étudié ci-dessus; quelque stupéfiant que puisse paraître au lecteur l'expression que je vais employer, il en est une partie que je qualifierai de perte utile et qui est relative à la portion d'énergie rayonnée qui sera utilisée dans les

récepteurs. C'est, en effet, une perte, puisque dégradation; contrairement à toutes celles que nous avons envisagées jusqu'ici, il faut l'augmenter le plus possible, car c'est elle qui conditionne le rendement à l'émission et justifie les avantages que l'on retire de l'emploi des ondes courtes; le calcul et l'expérience sont d'accord pour mettre en évidence que ce que l'on considère comme une anomalie sur ces fréquences est, au contraire, une nécessité des opérations; une station soignée sur ondes longues, de l'ordre de vingt mille mètres de longueur d'onde et cent kilowatts, rayonne utilement environ cinq kilowatts; toutes considérations sur la propagation étant voisine de 100 %, on conçoit qu'il suffise de cinq kilowatts pour produire le même résultat.

Je n'insisterai pas plus longuement sur cette question qui sort un peu du cadre de cet article et vais passer maintenant en revue les pertes dans un condensateur, je suivrai en ceci la remarquable étude de M. Mesny. Le point de départ suppose, et l'expérience confirme que la mise en parallèle n'altère pas les pertes et qu'elles sont indépendantes de la capacité d'un condensateur variable, c'est-à-dire de son point d'emploi. De cette seconde proposition, on conclut de suite que les isolants fixes créent la majeure partie des pertes et que c'est dans cette direction qu'il faut chercher une amélioration.

Deux considérations pratiques nous guideront dans cette partie; en premier lieu, les seuls condensateurs variables sont à air, et, en second lieu, je n'envisagerai que des capacités fixes au mica; ceci réduit un peu le problème, mais reste largement dans le cadre que je me suis fixé.

Dans le cas des condensateurs variables à air, il est donc bien entendu que le siège des pertes est dans la matière isolante qui sépare les deux armatures beaucoup

plus que dans l'air. M. Mesny, à la suite d'une série d'expériences, est arrivé à la formule suivante :

$$r = A \frac{L^2}{\lambda^2}$$

où r représente la résistance (en ohms) d'un condensateur connecté aux bornes d'un enroulement dont le coefficient de self-induction est L en millihenrys et travaillant sur une longueur d'onde λ en kilomètres; plus la longueur d'onde est courte et le coefficient de self-induction élevé, plus la résistance, toutes choses égales par ailleurs, est réduite. Ceci nous conduit, dans le même sens que la première constatation, sur la composition des circuits oscillants de réception; la constante A varie beaucoup; dans la série d'expériences citée ci-dessus, M. Mesny dit avoir trouvé des valeurs variant de 0,3 pour des appareils excellents dans lesquels les armatures sont largement espacées; quant aux pivots et supports, jusqu'à 60 pour des modèles que l'on peut qualifier au moins de défectueux.

Dans le cas où on se sert, comme dans le circuit de grille, d'une lampe détectrice, d'un condensateur fixe à diélectrique solide, la formule ci-dessus ne donne plus de résultats corrects et il faut employer :

$$r = B \frac{L^2}{\lambda}$$

on a alors des résultats sensiblement plus grands qui sont dûs uniquement à la présence d'un diélectrique. Comme il a été bien souvent répété, il faut donc se servir le plus possible de l'air pour remplacer cette fonction, car c'est dans ce cas qu'on a le minimum de pertes.

Il est intéressant de signaler, pour terminer avec les

condensateurs, que la mise en parallèle procure des pertes totales égales à la somme de celles partielles ; chaque condensateur a la même consommation d'énergie que s'il était seul. Dans le cas où on met deux capacités en série, la résistance dépend de la valeur de chacun, mais est toujours plus petite que dans le cas d'un seul appareil. Ceci est intéressant pour les cas d'utilisation pratique.

En résumé, les résistances en haute fréquence comprennent, dans un circuit oscillant, trois sièges principaux : le conducteur, où elles sont fonction de la fréquence d'excitation et où leur étude conduit à une forme spéciale à donner à celui-ci ; la carcasse et les objets environnants dans lesquels les pertes par rayonnement peuvent, par des dispositions adéquates, être sensiblement diminuées ; le condensateur qui, à air, peut n'apporter qu'un appoint minime.

Dans le prochain chapitre, nous envisagerons les résistances fixes et variables employées en T.S.F.

CHAPITRE III

RÉSISTANCES

FIXES ET VARIABLES

La résistance est la constante électrique... quelquefois utile, souvent néfaste, dont on ne saurait se priver ; évidemment, l'idée, répandue maintenant, de résistance négative, que je traiterai dans le dernier chapitre, a habitué les sans-filistes à la possibilité de rendre nulle la résistance apparente d'un circuit. Mais il faut, ici, faire totalement table rase de cette possibilité ; elle serait parfois bien gênante. Il ne faut d'ailleurs pas trop généraliser le rôle néfaste de la résistance ; on est souvent bien content d'en utiliser la présence pour faire

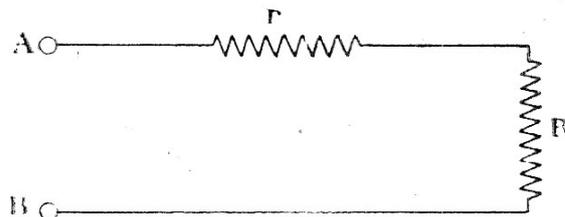


Fig. 18.— Emploi de résistance r comme rhéostat pour abaisser la tension aux bornes de la résistance d'utilisation R .

tourner à l'avantage de l'usager ses propriétés. Mais, au fait, quelles sont-elles ? Ses manifestations sont bien simples ; elles se résument en une seule : l'énergie, qui y est dégradée sous forme de chaleur ; c'est la loi de Joule : l'énergie perdue est égale au produit de la résistance par le carré de l'intensité du courant qui la parcourt : $W = Ri^2$

ou, sous une autre forme, en tenant compte de la loi d'Ohm,

$$W = ei,$$

e étant la tension appliquée aux bornes ; cette notion nous

servira plus loin. Quelles sont les fonctions « utiles » qu'une résistance pourra, à notre point de vue, remplir dans notre poste ? On peut en envisager trois, dont les deux dernières sont du même ordre : les figures 18, 19 et 20 les schématisent ; dans le premier cas, rhéostat — réduction de tension — on a besoin aux bornes de la résistance d'utilisation R, d'une tension inférieure à celle disponible aux bornes AB ; on arrive vite à

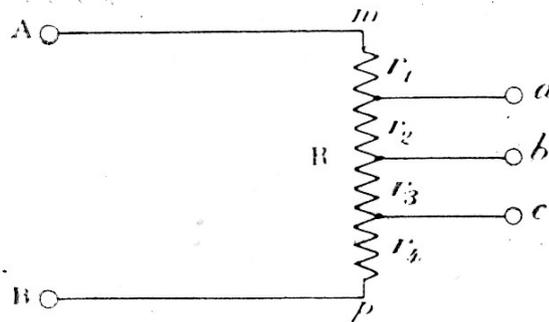


Fig. 19. — Emploi de résistance à prises pour répartition de tensions.

la conclusion que la résistance de réglage r doit être réglable. Il semble bon de préciser un peu ce fonctionnement : soit V la tension d'alimentation reliée aux bornes AB et I qui est définie par

$$I = \frac{V}{R + r} ;$$

on doit, aux bornes de R, avoir une tension (il ne faut jamais

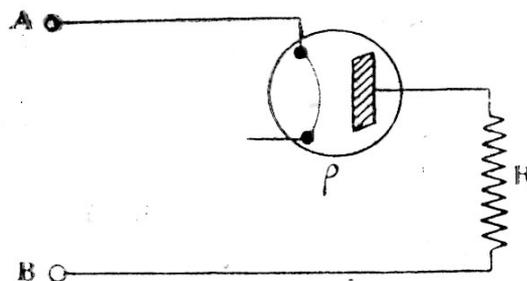


Fig. 20. — Résistance d'utilisation R permettant d'utiliser les variations de tension sur la résistance interne ρ .

surtout dans le cas des lampes, raisonner sur les tensions aux bornes, d'autant plus que les voltmètres donnent bien souvent

des indications fausses) u qui est telle que

$$u = RI ;$$

il faut donc créer une chute de tension

$$V - u = rI,$$

I étant défini comme ci-dessus. Tout ceci sera précisé plus loin.

Dans le second cas (fig. 19), — répartition de tension, — il est utilisé, en particulier, pour permettre, à partir d'un redresseur, d'obtenir toutes les tensions désirées ; la tension totale V débite un courant i dans la résistance R ; en subdivisant celle-ci en différentes parties r_1 , r_2 , r_3 et r_4 , on obtient entre les bornes abc , des tensions qui sont réparties suivant les valeurs de ces diverses résistances. Le courant i , défini ci-dessus, répond à la condition

$$V = Ri \quad (1)$$

et la tension disponible entre m et a est

$$u_1 = r_1 i,$$

entre $a b$

$$u_2 = r_2$$

entre $b c$

$$u_3 = r_3 i,$$

et, enfin, entre c et p

$$u_4 = r_4 i.$$

On conçoit ainsi qu'on peut, en agissant non sur i que l'on réalise suivant d'autres conditions, sur les différentes valeurs de $r_1 r_2$ etc., on arrive à obtenir toutes les tensions que l'on peut désirer ; i est choisi en fonction de (1) pour que la dégradation dans R soit assez petite.

Dans le troisième cas (fig. 20), on rend utilisables, grâce à une résistance extérieure R , des variations de courant produites par une résistance interne ρ ; c'est le schéma de l'amplificateur à résistances. La théorie en montre, comme cela est bien connu, que plus R est grand par rapport à ρ , plus le coefficient d'amplification se rapproche de la valeur statique.

Quelles sont les valeurs qui correspondent à ces trois cas ? Dans le premier, les valeurs sont, comme nous l'étudierons aux rhéostats, assez faibles : elles varient du demi-ohm à une trentaine d'ohms dans la plupart des cas pratiques. Dans le second cas, elles sont fonction de la façon dont on constitue R et, enfin, dans le troisième, elles doivent représenter cinq à six fois ρ : donc, avec les modèles de lampes actuellement sur le marché, elles varient entre 80.000 et 400.000 ohms. La gamme est donc énorme ; il faut songer, en effet, que dans le premier cas rentrent les résistances de fuite, utilisées dans les circuits de grille, et qui atteignent plusieurs millions d'ohms, sans pourtant être efficaces dans tous les cas, comme un exposé détaillé de la polarisation le montre ; elles ne sont actives que tant qu'il existe un courant de grille, cause de la chute de tension, et restent inutiles quand celui-ci est nul ; il faut y ajouter une batterie de piles... mais ceci est une autre histoire. Nous allons successivement étudier ces trois cas ; comme je l'ai déjà fait remarquer, il y a souvent intérêt sinon impératif, du moins accessoire, à employer des résistances réglables ; nous verrons, dans chaque cas, la réalisation, la conception et le dimensionnement (en ordre inverse) des types fixes et réglables.

Généralités sur la réalisation des résistances

Pour réaliser une chute de tension, on n'est guère embarrassé puisque le passage d'un courant dans un conducteur quelconque crée ce résultat ; et pourtant, la question n'est pas aussi simple que cela puisse paraître. Elle vaut la peine d'être étudiée en détails car, si l'on veut prédéterminer un rhéostat quelconque, il faut absolument tenir compte de tous les facteurs. La loi d'Ohm,

$$V = Ri,$$

montre que la chute de tension V dépend de R et i , résistance et intensité du courant dans le circuit. Suivant la valeur fixée

et celles dont on dispose, le problème ne se pose pas du tout de la même façon. Dans le premier cas, V nous est donné, i aussi ; il faut donc réaliser R de telle sorte que

$$R = V i ;$$

mais il y a une infinité de façons d'arriver à une telle valeur de R ; longueur, section, nature du fil sont à notre disposition, comme le montre l'équation de définition

$$R = \frac{\rho l}{s}$$

où ρ — résistivité spécifique — est caractéristique du métal, l est la longueur et s la section du conducteur. Si, d'ailleurs, nous faisons choix de deux de ces trois constantes, la troisième sera entièrement déterminée. Comment pouvons-nous arriver à un tel résultat ? La longueur ne s'impose dans aucun cas ; ρ et s sont donc les seules constantes sur lesquels nous pourrions en utilité, agir. Il faut pourtant que la longueur ne soit pas exagérée, ce qui fait, dans la majorité des cas, repousser le cuivre ; voici d'ailleurs un tableau donnant les valeurs de ρ pour la plus grande partie des métaux et alliages employés :

Cuivre	1,6.	10^{-6}	ohms-cm-cm ² .
Fer	9,5		—
Plomb.....	20		—
Constantan	49		—
Fusibles	16		—
Nickel.....	10		—
Platine	11		—
Argentan	42		—
Ferro-nickel...	80		—
Rhéostène .. (1)	77		—

Pour les faibles résistances, on peut donc se servir du cuivre ; après, on emploiera le ferro-nickel ou le constantan ; mais

(1) La Composition du Rhéostène : 74 0/0 Fe, 0,25 Ni ; 0,008 C.

on ne pourra toujours agir ainsi, comme nous le verrons pour les fortes résistances ; les résistances de grille qui rentrent dans cette catégorie seront étudiées plus loin. Point n'est pourtant là la principale question et cette partie va me permettre de traiter aussi des fusibles, point fort important quoique paraissant un peu en dehors de notre étude, mais qui, pourtant-comme nous le verrons, y entre aisément ; la section du fil est extrêmement importante, car c'est elle qui assure au fil le refroidissement qui évitera sa fusion. En effet, le passage du courant dans le circuit donne lieu à une perte d'énergie qui a été définie plus haut par la loi de Joule et qui équivaut à

$$W = Ri^2 ;$$

elle est intégralement transformée en chaleur ; il faut approfondir ceci.

La quantité d'énergie W , donnée par l'équation ci-dessus, est celle dépensée en une seconde ; pendant t secondes, elle devient

$$W_1 = Ri^2t,$$

c'est-à-dire qu'elle est proportionnelle au temps ou que, pour traduire cette conclusion en langage courant, on pourrait arriver, si le rayonnement était nul, à la fusion de n'importe quel conducteur en maintenant le passage du courant suffisamment longtemps. La quantité de chaleur produite Q est définie par

$$Q = 0,24 Ri^2t.$$

Mais, parallèlement au dégagement de chaleur, le fil rayonne une certaine quantité de chaleur, fonction de sa surface extérieure. L'excès T de la température du fil (supposée uniforme) sur celle extérieure est régi par l'équation

$$T = 0,122 \frac{\rho i^2}{h d^3},$$

expression dans laquelle h présente le coefficient de conductibilité thermique externe, d le diamètre du fil, ρ la résistivité

Il s'ensuit que, pour ne pas provoquer la fusion d'un fil (T donné) d'un métal donné (ρ donné) qui est parcouru par une intensité fixée, il faut adopter un diamètre minimum. L'intensité du courant qui provoque la fusion est reliée au diamètre du fil par l'équation

$$I = a d^{3/2} = a \sqrt{d^3} = ad \sqrt{d}$$

où le coefficient a est donné par le tableau ci-dessous :

Cuivre	80
Aluminium	60
Fer.....	25
Fusibles (66 0/0 Pb + 33 0/0 Sn)....	10,3
Argent	60
Maillechort.....	41
Etain	13
Plomb.....	10,8

Dans le cas des fusibles, qui ne nous occupe ici qu'à titre accessoire, la longueur du fil intervient ainsi. Il faut donc choisir le diamètre de telle sorte que la fusion n'ait pas lieu ; il ne faut même pas un accroissement exagéré de température, car celui-ci se traduit par une augmentation inutile de la résistance. L'équation précédente, quand I est donné, permet de se donner d , et, par suite, la longueur l du fil à employer.

Dans le second cas, il n'en est plus tout à fait de même ; en effet, dans l'équation de la loi d'Ohm, i et r sont indéfinis ; il suffit seulement que les points $a b c$ soient placés sur R de telle sorte que le fractionnement réponde aux tensions intermédiaires envisagées. Comment allons-nous faire un choix ? D'une part, plus nous nous éloignons de l'extrémité négative, devenue point commun, plus l'intensité qui traverse la partie considérée du circuit sera importante ; il faut donc prévoir R comme devant laisser passer l'intensité totale ; comme on le

voit sur la figure 21, la tension aux bornes de AB débite sur ρ_1 , etc et, d'autre part,

$$R_1 = r_2 + r_3 + r_4.$$

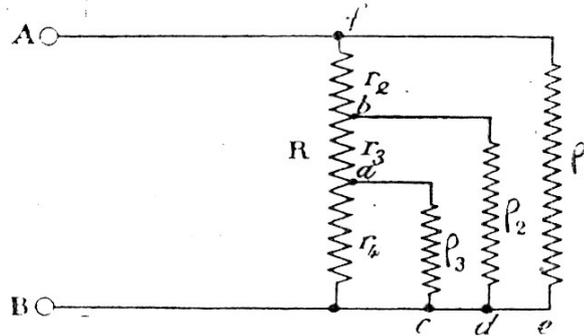


Fig. 21. — Les résistances ρ_1, ρ_2, ρ_3 , utilisent les tensions respectives de $r_2 + r_3 + r_4$, de $r_3 + r_4$ et de r_4

La combinaison de résistances que représente la figure 4 se réduit successivement à : entre *a* et *c*

$$R' = \frac{\rho_3 r_4}{\rho_3 + r_4}$$

entre *b* et *e* ;

$$R'_1 = r_3 + \frac{\rho_3 r_4}{\rho_3 + r_4} = \frac{r_3 (\rho_3 + r_4) + \rho_3 r_4}{\rho_3 + r_4}$$

entre *b* et *d* :

$$R'' = \frac{R'_1 \rho_2}{R'_1 + \rho_2}$$

entre *f* et *d* :

$$R''_1 = R'' + r_2$$

et, enfin, entre *f* et *e* .

$$R''' = \frac{R''_1 \rho_1}{R''_1 + \rho_1}$$

expression qui permet, en se donnant la répartition des tensions, de calculer les résistances en cherchant à ce que le redresseur débite le courant correspondant à la meilleure consommation. il faut noter que, par la suppression de r_2 , on retombe dans le cas précédent un aussi bon fonctionnement.

La résistance R''' de la combinaison de résistance envisagée ici en supposant ce qui est le cas général,

$$\rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = 0$$

et

$$r_2 = r_3 = r_4 = r,$$

est donnée par la formule ci-dessous, facile à obtenir à nouveau en appliquant les lois de Kirchoff :

$$R''' = \frac{\rho r [(\rho + r) (3\rho + r)]}{[(\rho + r) (3\rho + r) r] + \rho [(\rho + r)^2 + \rho r]}$$

en se donnant I et V , intensité et courant redressés, on conclut à

$$R''' = V I,$$

d'où les valeurs de r qui permettent de choisir r pour le mieux.

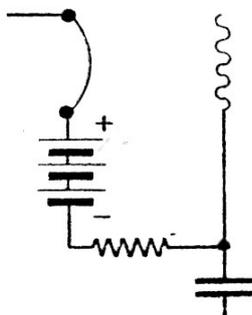


Fig. 22. — Polarisation de grille nécessaire même en présence d'une résistance de fuite.

Comme je viens de le signaler, on peut supprimer I_4 et on retombe dans le cas précédent.

Dans le troisième cas, qui, par suite de l'importance de la résistance, comporte aussi les résistances de fuite des circuits de grille, on se trouve en présence de valeurs de 80.000 à 5 mégohms ; on renonce aux métaux et nous verrons, en son temps, comment on les réalise. J'ajoute seulement que la polarisation réclame, même dans le cas des systèmes à résistances, le schéma de la figure 22 où on trouve une batterie supplémentaire.

On peut se demander, maintenant, quels sont les matériaux que l'on va employer dans la réalisation de ces divers organes. La question n'est pas oiseuse ; elle a souvent reçu des réponses

illogiques ; elle vaut donc bien la peine qu'on y consacre quelques lignes. Nous verrons après comment on utilise ces matériaux dans les différents cas qui nous occupent. Comme je l'ai dit plus haut, pour les résistances de faibles et moyennes valeurs, et à la rigueur jusqu'à 100.000 ohms, on emploie des fils métalliques ; au-dessus, la longueur du bobinage, compte tenu de la section minimum, serait telle qu'on ne peut y songer. Donc, les résistances faibles seront réalisées avec des fils résistants dont nous préciserons les constantes plus loin. C'est dans

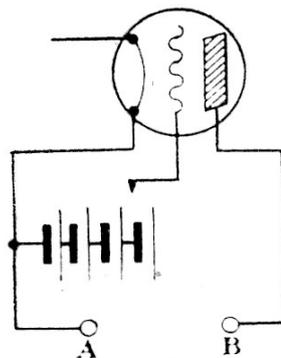


Fig. 23. — Utilisation de lampe à 3 électrodes comme résistance variable.

le cas des résistances élevées que la question devient plus intéressante et permet d'envisager, en dehors des systèmes normalement employés, — dépôt cathodique — traits de graphite, etc., que nous étudierons tout à l'heure, — d'autres combinaisons qui, quoique peu répandues, peuvent être appelées à jouer des rôles extrêmement intéressants. La première permet, outre la réalisation de grandes résistances, la mise au point de montages comportant des résistances variables dans de larges limites ; c'est la lampe à deux ou trois électrodes qui, une fois de plus, nous rendra service. C'est, en général, — et les émetteurs connaissent bien les services qu'un tel système peut rendre quant à la modulation, — dans le circuit de plaque (entre les bornes A et B, fig. 23) qu'on intercale le circuit en question. on peut agir sur la résistance de trois façons : en modifiant le chauffage, en se souvenant que, toutes choses égales par ailleurs,

leur augmentation de la tension de chauffage diminue la résistance du circuit de plaque (déplacement du point de fonctionnement suivant la ligne AB de la figure 24); en second lieu, on modifiera le potentiel de grille à l'aide d'une batterie de polarisation ou d'un potentiomètre; on se souviendra que la diminution de la tension de grille laisse la résistance constante,

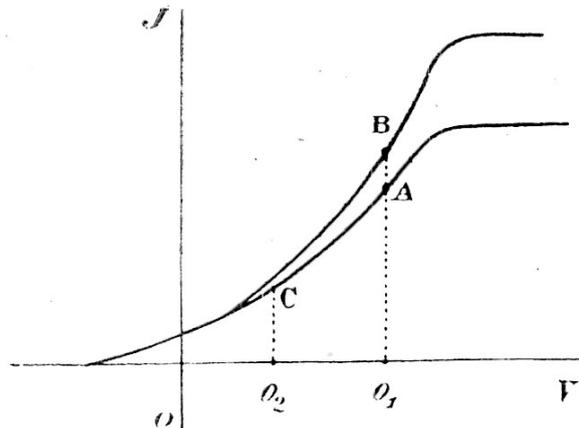


Fig. 24. — Déplacement de courbes caractéristiques en fonction de chauffage.

tant que le point de fonctionnement restera dans la partie rectiligne de la caractéristique, et procurera, ensuite, une augmentation. Il se peut que le réglage du premier cas laisse la résistance à une valeur encore trop élevée, il faudra choisir

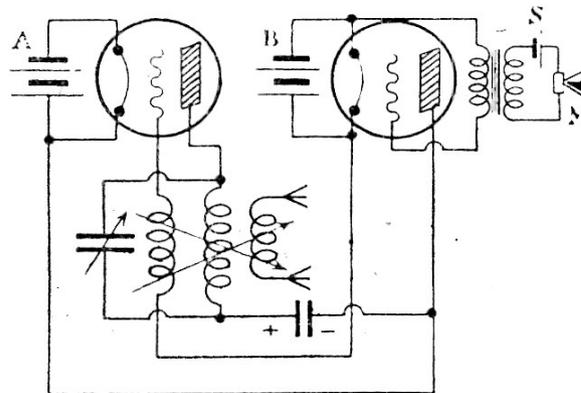


Fig. 25. — Modulation sur la grille d'un émetteur obtenue au moyen de résistance variable d'une lampe.

alors, et c'est le troisième mode de réglage annoncé, un type de lampe à résistance interne plus faible, ou encore en monter

plusieurs en parallèle. La seule question importante, la seule objection que l'on puisse faire à ce système étonnamment souple est d'employer une lampe (et contre ceci je ne peux rien) et de nécessiter une batterie séparée ; je m'explique et voudrais réfuter cette opinion qui concerne surtout les émetteurs. Quand on emploie la modulation sur la grille (fig. 25), on place dans le circuit de grille de l'émetteur une lampe dont le filament est relié à la grille de l'émetteur, la plaque étant connectée au filament ; les variations de la résistance interne du circuit de plaque, dues aux oscillations à basse fréquence transmises à la grille par le microphone, modulent les ondes entretenues dans la lampe. Ce dispositif nécessite deux sources de filament : l'une, A, alimente l'émetteur et, l'autre, B, la modulatrice. En

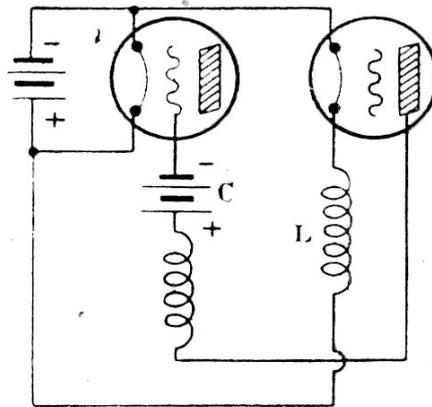


Fig. 26. — Emploi d'une seule batterie de chauffage pour lampe oscillatrice et lampe modulatrice.

effet, dans le cas où on n'utiliserait qu'une source, il est de toute évidence que la modulatrice est mise en court-circuit. En modifiant le montage, comme l'indique la figure 26, on peut arriver à un tel résultat. Il est évident aussi qu'on ne saurait inverser purement et simplement la modulation, le courant de grille de l'émettrice circulant dans le sens grille-filament, il faut, pour que le circuit soit fermé, que le filament A soit réuni à la plaque de B. Dans la figure 26, nous exécuterons la connexion de la grille à la plaque de la modulatrice à travers une batterie de polarisation C qui amènera le point de fonctionnement dans

une zone où, pour aucune valeur de la tension oscillante de grille, il n'y ait de courant dans ce circuit ; on peut donc le laisser ainsi ouvert par B et employer une seule source de chauffage. C'est, d'ailleurs, une combinaison de ce genre qu'emploie le capitaine Caillat et qu'il a décrit dans l'*Onde électrique*, au sujet de la modulation du poste de téléphonie de Tunis. Je livre ce système à la méditation de tous les « 8 ». Dans le cas où on veut réaliser un système du genre de la détectrice Flewelling, on a avantage à emprunter aux circuits intérieurs d'une lampe les résistances dont on a besoin.

Mais l'objection arrivera, ou est déjà survenue au lecteur, sous les yeux duquel ces quelques lignes pourront tomber. On est conduit ainsi à employer des lampes supplémentaires et le paradoxe apparaît au moment où on en réduit le nombre le plus possible. On peut, pour réaliser les résistances de grande valeur dont on peut avoir besoin, se servir de tubes remplis de liquide ; le tableau suivant indique les résistivités des corps les plus employés (sauf l'alcool) en mégohms $\text{cm}^2\text{-cm}$:

Benzine liquide.....	$14 \cdot 10^6$
Huile d'olive.....	10^6
Huile de colza.....	10^6
Huile de résine.....	$32 \cdot 10^7$

Comme dans le cas d'une résistance métallique, la valeur dépend de la longueur et de la surface, pour un corps donné. Nous verrons plus loin qu'ils sont les éléments sur lesquels on agit pour obtenir une variation continue ou discontinue.

Réalisation des résistances fixes

Il existe un assez grand nombre de cas où il suffit de mettre à l'endroit voulu une résistance dont la valeur influe peu sur le fonctionnement ; par exemple, le nombre de mégohms d'une résistance de fuite de grille est peu important. S'il est compris entre 3 et 5, la résistance de plaque d'un amplificateur à résis-

tances peut varier, dans le cas de lampes ordinaires, entre 70.000 et 90.000 ohms sans changer beaucoup le volume de son recueilli. Dans de telles occasions, on emploiera des résistances fixes que l'on étalonnera à l'aide d'une source d'assez haut voltage (environ 80 à 100 volts) et d'un milliampèremètre en appliquant simplement au circuit la loi d'Ohm. Dans d'autres cas, pour les rhéostats, potentiomètres, super-réaction à une seule lampe, répartition des tensions variables, on est conduit, au contraire, le fonctionnement nécessitant un réglage exact, à employer des résistances variables ; pour des raisons que nous énumérerons en leur temps, on fera appel à des propriétés différentes suivant le cas. Passons donc d'abord en revue le premier : il s'agit de réaliser des résistances de valeurs données

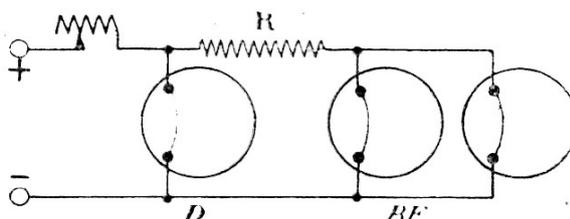


Fig. 27. — Emploi d'une résistance fixe R permettant de maintenir la tension de chauffage des basses fréquences inférieure à celle de la lampe détectrice.

pour satisfaire aux différents besoins d'un ensemble radio-électrique. Le premier cas qui vient à l'esprit, en partant du domaine des petites résistances, est le suivant : quand (fig. 27) on se sert d'un seul rhéostat pour des groupes de lampes employés à des usages différents, on sait que en particulier, les étages à basse fréquence doivent être moins chauffés que les autres ; on intercale donc entre les filaments de ces lampes et les autres du poste une résistance R qui ramène la tension à la valeur voulue. Ceci présente l'inconvénient évident de ne pas maintenir le chauffage des étages BF constant quand on agit sur le rhéostat, mais peu nous importe pour l'instant. On réalisera ceci en enroulant autour d'un système isolant la longueur de fil voulue pour réaliser la résistance désirée ; nous étudierons ce problème aux rhéostats. Il est bien entendu que je suppose

toujours le désir de faire ces éléments des postes d'un seul tenant, avec prises intermédiaires si nécessaires, mais sans jamais envisager la possibilité d'en monter plusieurs en série. Pour réaliser des résistances assez grandes (10.000 ohms à quelques mégohms), on peut faire appel à divers procédés ; en pratique, pour que les dimensions restent réduites, on est obligé d'employer des sections de conducteur extrêmement faibles. Deux combinaisons ressortissent à ce procédé ; la première, une des ancêtres de la radiophonie, consiste (fig. 28) à crayonner, à l'aide d'un crayon au graphite, ou à recouvrir d'encre de Chine une surface isolante (bristol ou ébonite) ; en recouvrant ensuite d'une couche de paraffine, on arrive à un assez bon rendement ; mais l'invariance de ces résistances est très grande en fonction

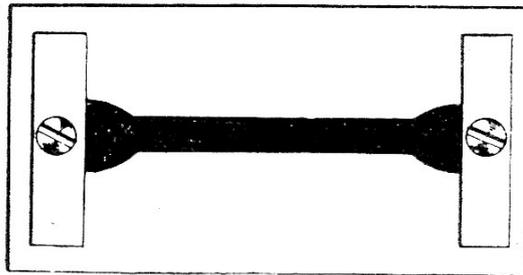


Fig. 28. — Résistance à graphite ou à l'encre de Chine.

de l'état hygrométrique du milieu et, si la paraffine n'est pas neutre, ce qui arrive souvent, les connections (qu'on a beaucoup de mal à faire) sont vite mangées ; ça commence par des crachements et ça se termine... par le silence.

Pour arriver à un fonctionnement plus stable, on a recours à divers artifices ; on peut avantageusement, en dehors de la question du prix de revient, employer les résistances faites avec des dépôts cathodiques sur des tubes dans lesquels on a fait le vide ; l'invariance est alors excellente et on peut compter sur des valeurs précises. L'étalonnage des résistances fixes constitue, en effet, un point noir ; pour celles de l'ordre de 100.000 ohms, une source de 100 volts et un appareil de mesure permettant d'apprécier le dixième de milliampère (qui correspond alors aux mégohms) sont suffisants pour

assurer une précision bonne ; par contre, quand il s'agit de mégohms, il faut alors avoir recours au pont de Wheatstone, ce qui ne rentre pas généralement dans la dotation du matériel normal d'amateur. Nous verrons plus loin, d'ailleurs, comment on procède à l'étalonnage.

Les résistances mises dans le vide, comme celles qui forment la liaison entre les différents étages d'une lampe de Loewe, constituent le maximum de perfection ; il y a lieu de veiller à ne pas y faire passer un trop fort courant, sans quoi on risque fort de les voir se détériorer. Dans les postes d'émission, il est souvent recommandé (à tort, à mon avis, car une batterie de polarisation est infiniment supérieure à ce système) de placer sur les grilles résistances de fuite et condensateur de bloquage ; leur valeur est de l'ordre de 10.000 ohms ; le courant qui y circule, surtout sur ondes courtes, est assez important ; il faut songer, en effet, que l'intensité du courant oscillant, qui peut atteindre de grandes valeurs, s'ajoute à celle du courant continu normalement débité. On les constitue (fig. 29) par des cylindres en charbon comprimé et aggloméré, munis à leurs extrémités de bagues en cuivre, pour assurer de bonnes connexions au circuit extérieur. Il y a lieu de faire de nombreuses restrictions à ce sujet ; les modèles que j'ai pu examiner sont, en effet, sujets à d'énormes variations. Non seulement leurs valeurs

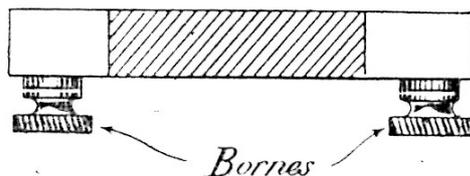


Fig. 29 — Résistance en charbon

changent dans le temps suivant l'état hygrométrique du milieu environnant, mais aussi selon l'intensité du courant ; leur caractéristique est très loin d'être rectiligne et suit une courbe des plus fantaisiste. Ceci tient à ce que l'agglomérat procure des contacts variables. L'étalonnage des résistances intéressant principalement les résistances fixes, quand on a en vue une certaine précision, j'intercalerai ici cette importante question.

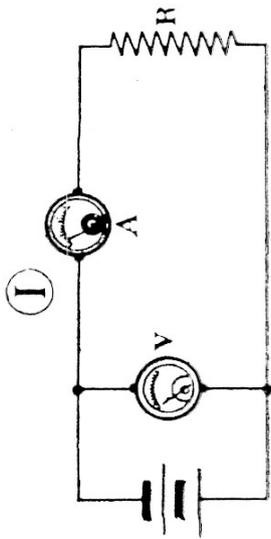


Fig. 30 (à gauche). — Mesure des résistances au moyen d'un ampèremètre et d'un voltmètre.

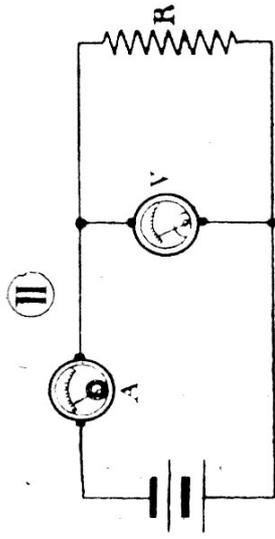


Fig. 31 (à droite). — Schémas équivalant à ceux de la figure 13.

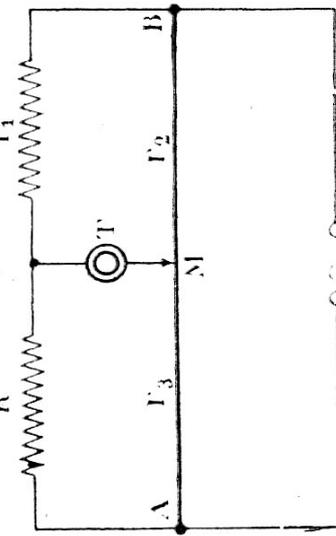
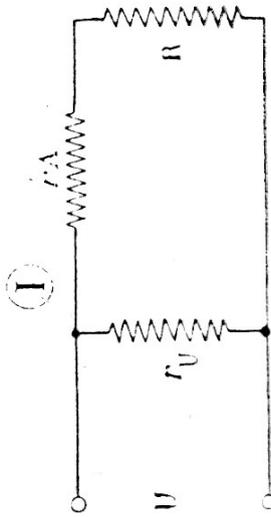


Fig. 33 (à gauche). — Schéma du pont de Wheatstone à courant continu.

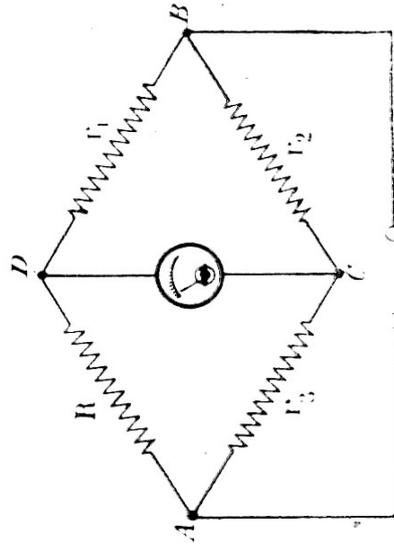


Fig. 34 (à droite). — Schéma du pont de Wheatstone à courant alternatif réalisé avec une corde tendue AB en fil homogène et résistant. L'écouteur T indique, par son silence, l'obtention d'équilibre du pont.

Étalonnage des résistances

Pour mesurer une résistance, deux méthodes sont à notre disposition : la première emploie seulement un voltmètre et un milliampèremètre (ou ampèremètre) ; la seconde est basée sur l'équilibre d'un pont de Wheatstone. Nous allons les examiner, surtout la première, car il faut des précautions si l'on veut arriver à une précision suffisante.

On peut, en appliquant la loi d'Ohm à un circuit, grâce à des indicateurs de courant et de tension, trouver la valeur de la résistance R intercalée. Suivant que l'ampèremètre est placé avant ou après le voltmètre, on obtiendra le schéma 30. I ou 30. II ; selon les constantes des appareils de mesures, le résultat sera différent. Le système I (fig. 31. I) donne comme valeur de la résistance ρ équivalente à tout le circuit :

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{r_A + R} + \frac{1}{r_V},$$

oit :

$$\rho = \frac{r_V (r_A + R)}{r_A + r_V + R};$$

l'intensité i lue est égale à

$$i = \frac{u}{\rho}.$$

La valeur trouvée est d'autant plus proche de R que r_A est plus petit et que r_V est plus grand ; elle est toujours approchée par excès, comme l'examen de la formule ci-dessus le fait aisément ressortir ; dans le second cas, on a :

$$\rho = r_A + \frac{r_V R}{R + r_V}$$

comme dans le premier, il faut que r_A soit petit et r_V grand, mais la mesure est approchée par défaut.

On a ainsi, entre ces deux limites, une moyenne dont la précision est, en général, très suffisante. On conçoit ce sens des erreurs en raisonnant comme suit : dans le premier cas, on a toujours r_A en série directement avec R et la valeur mesurée est toujours plus grande, par suite, que la valeur vraie ; dans le second cas, au contraire, c'est l'inverse qui se produit. Il est recommandé d'employer le montage I pour les résistances élevées et II pour les faibles. La question la plus importante, dans une détermination d'un ordre de précision courant, est d'employer un voltmètre de grande résistance interne et un ampèremètre aussi peu résistant que possible. On peut aussi,

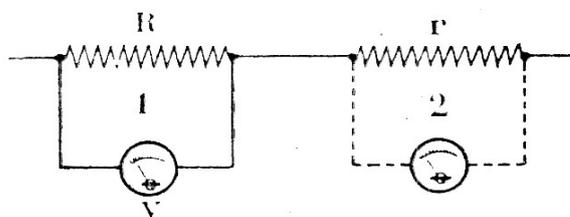


Fig. 32. — Mesure des résistances par la méthode de comparaison.

dans le même ordre d'idées, employer une méthode de comparaison ; la figure 32 montre le schéma à réaliser ; on branche un voltmètre successivement aux bornes d'une résistance de valeur exactement connue et ensuite à celles de celle à mesurer ; on a alors, si i est l'intensité du courant qui parcourt le circuit u_1 et u_2 , les lectures faites au voltmètre :

$$u_1 = Ri \quad u_2 = ri$$

soit

$$R = \frac{u_1}{i} = \frac{u_1}{u_2} r.$$

On a ainsi un moyen rapide de vérifier, sans ampèremètre, une résistance dans son circuit.

La précision atteinte par cette méthode est souvent suffisante, mais elle ne l'est pas toujours. On emploie alors le pont de Wheatstone dont je vais rapidement rappeler le principe bien connu (fig. 33). Si on dispose quatre résistances R , r_1 ,

r_2 , r_3 et en losange, comme le montre la figure 33, et si on branche entre les extrémités AB d'une diagonale une source, on peut arriver, par un choix convenable des valeurs composantes, à ce qu'aucun courant ne traverse CD, l'autre diagonale ; elles sont évidemment interchangeables et rien n'empêche d'intercaler la source entre C et D. La théorie montre que l'équilibre est établi, c'est-à-dire qu'il n'y a circulation d'aucun courant dans CD quand on a

$$Rr_2 = r_1r_3 ;$$

Supposons que nous ne connaissons pas R et que nous voulions le mesurer ; nous allons avoir

$$R = \frac{r_1}{r_2} \times r_3$$

il suffit de connaître r_3 et le rapport pour avoir la valeur de R ; le choix de la valeur de ce rapport permet de se servir de la même résistance étalonnée r_3 dans un excessivement large

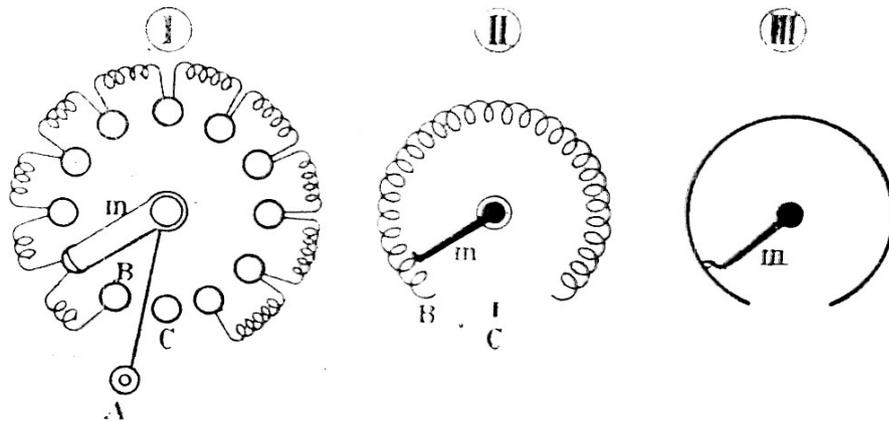


Fig. 35. — Divers types de résistances variables : I, résistance à prises ; II, résistance à curseur ; III, résistance vernier.

domaine de mesure ; la précision dépend de l'appareil indicateur de courant ; on peut se servir d'une variante de pont qui rend service surtout par sa simplicité, tous ses éléments étant entre les mains des amateurs : c'est le pont à corde avec alimentation en courant alternatif ; on emploie le montage de la figure 34 ; un petit buzzer (par exemple, celui de l'ondemètre) alimente le pont entre les bornes AB ; dans l'autre diagonale,

on intercale un écouteur T. Quand l'équilibre est atteint, on constate dans cet appareil une extinction du son ; pour obtenir l'équilibre on fait varier le rapport $\frac{r_3}{r_2}$ en maintenant r_1 fixe, contrairement à ce qui a lieu dans le mode opératoire habituel où c'est r_3 qui est variable (boîte de résistances à fiches ou à décade) ; on n'a pas besoin de connaître la résistance du fil entre A et B (ou m) ; il suffit qu'il soit bien homogène ; on déplace le curseur M et la lecture sur une règle graduée donne le rapport en question. Pour les très grandes résistances, ce système est excellent ; pour les faibles valeurs, il demande à être réalisé avec beaucoup de précautions, en particulier à cause du contact glissant en m ; la résistance de contact peut être de l'ordre de celle à mesurer et introduite ainsi une erreur d'autant plus grave qu'il est impossible de la prévoir à cause de ses variations.

Tels sont les moyens que l'amateur a à sa disposition pour connaître la valeur des résistances qu'il veut réaliser ; il faut toujours employer, surtout dans le cas du pont, des sources de faible tension, et des indicateurs de courant sensibles ; sans cela, on risque de faire des mesures fausses à cause de l'échauffement des conducteurs, et même on peut détériorer un appareil. Il est tout à fait contre-indiqué de vérifier une résistance à sa place dans un poste ; souvent un enroulement la shunte, une capacité etc., et on peut obtenir une rapide mise hors service. Nous allons, maintenant, étudier un peu les résistances variables.

Résistances variables

L'importance de cette catégorie est souvent inconnue ; on allègue qu'elles donnent une réception avec crachements, etc. ; il vaudrait bien mieux convenir que, le plus souvent, on emploie des systèmes de mauvaise qualité ; c'est là l'origine de tous les déboires. A quels facteurs peut-on faire appel pour réaliser une résistance variable ? Nous avons vu que la résistance d'un conducteur était donnée par la formule

$$R = \frac{\rho l}{s}$$

on ne peut songer à faire appel à ρ pour rendre R variable ; ceci impliquerait un changement de métal, condition incompatible avec les données de la pratique ; restent donc l et s ; tous deux ont donné lieu à des réalisations intéressantes ; nous allons donc les étudier un peu ; la longueur est la variable des rhéostats métalliques, tandis que la surface intervient dans les systèmes liquides. Tous les amateurs connaissent les rhéostats de chauffage, les potentiomètres dont la variation de résistance découle de ce principe. Les modèles les plus courants sont ceux que montre la figure 34 ; les trois réalisations courantes sont les suivantes : à plots, la résistance totale étant divisée en un certain nombre de fractions égales ou inégales ; la variation a lieu, comme le montre la figure 35, par bonds successifs ; il y a donc une certaine discontinuité ; dans le second cas, un

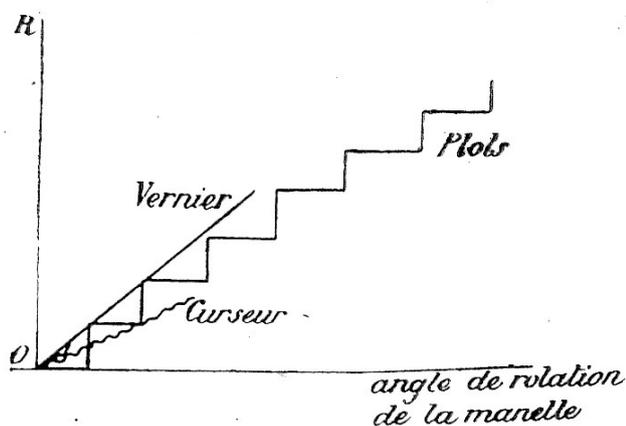


Fig. 35.— Courbes montrant l'allure de variation de résistance dans les types de résistances variables de la figure 34.

curseur frotte sur un boudin et la discontinuité est plus petite, la résistance n'augmentant que de la valeur d'une spire ; les marches de l'escalier sont petites et le réglage précis plus approché. Il est pourtant des cas, en particulier sur ondes courtes, où on amène le poste à la limite d'accrochage en agissant sur le chauffage, où ceci n'est pas suffisant. On emploie alors un vernier qui assure une variation absolument continue par frottement sur toute la longueur du conducteur. Il faut prévoir

la résistance largement de façon à ce qu'elle ne chauffe pas ; l'échauffement en lui-même détériore les montures mais surtout, il arrive, à sa suite, des modifications des contacts, d'où crachements, etc. On prévoit aussi, dans la plupart des cas, une partie dénuée de conducteur avec une butée C, de façon que le rhéostat serve en même temps d'interrupteur. La grosse difficulté réside dans la bonne réalisation de contacts glissants ;

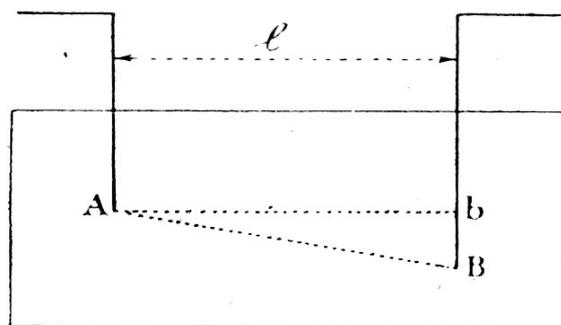


Fig. 36. — Le principe des résistances liquides.

on trouve dans le commerce d'excellents modèles actuellement Ceci n'a de valeur qu'avec des résistances de faible valeur (un millier d'ohms au maximum) et destinées à véhiculer un courant de faible intensité. Quand on veut se servir de résistances de fuite ou de plaque variables, on emploie avec avantage un curseur en graphite décrivant un arc de cercle sur une surface munie au préalable d'un dépôt de cette matière ; le mouvement entretient ce dépôt et les variations sont moins importantes ; il ne faut pas espérer pourtant, avec un tel système faire un repérage quelconque. Avec les résistances liquides, il n'en est plus de même ; comme elles me semblent peu répandues, malgré tout l'intérêt de leur emploi, je vais insister un peu plus sur ce chapitre.

Dans le cas des résistances liquides, on peut faire appel aux variations soit de la longueur, soit de la section, ce qui permet un beaucoup plus grand nombre de combinaisons pour leurs réalisations. Quelques précisions me semblent tout d'abord nécessaires. La surface qu'il faut considérer dans le cas où les deux électrodes qui amènent le courant sont inégales est celle

de la plus petite ; les particules d'électricité se meuvent en ligne droite ; en second lieu, quel que soit le volume de liquide, la longueur est constituée par la distance entre les électrodes ; on peut donc trouver facilement le moyen de faire varier la surface, en enfonçant plus ou moins l'une des électrodes, ou la longueur en les éloignant l'une de l'autre ; mais ce n'est pas tout. On peut dans ce cas, contrairement à ce qui a lieu avec des résistances métalliques, modifier ρ en changeant les proportions du mélange que l'on emploie ; la souplesse, la constance d'un tel appareil sont telles que, quand on s'en est servi on est médusé que leur emploi ne soit pas plus répandu.

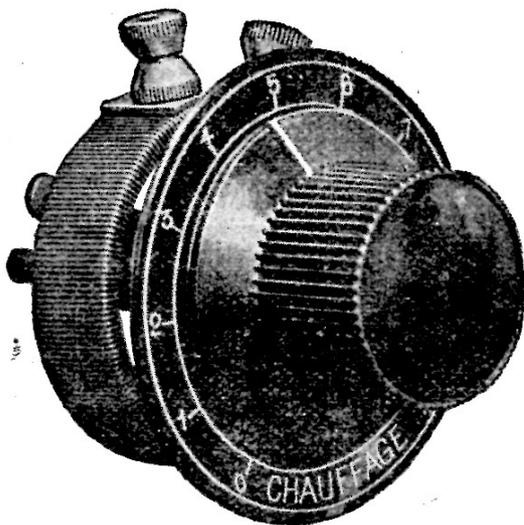
Toutes ces résistances correspondent à une consommation d'énergie ; elles la dissipent sous forme de chaleur ; ceci se traduit, dans le cas du circuit oscillant, par un amortissement des oscillations, par un temps d'installation du courant plus long ; dans un circuit ordinaire, on aura une chute de tension ; souvent nuisible, quelquefois utile, la résistance seule limite bien des phénomènes dans le temps comme dans l'espace.

APPAREILLAGE "WIRELESS" (Thomas)

Les Etablissements Thomas « Wireless » se sont spécialisés depuis leur origine dans la fabrication de la pièce détachée de T. S. F. et en particulier des résistances fixes ou variables de toutes sortes.

Les premiers ils ont présenté le rhéostat de chauffage sous la forme d'un ensemble prêt à l'emploi; complet avec sa fixation, son bouton et son cadran. Cela semble tout à fait normal aujourd'hui, mais les amateurs de la première heure se souviennent encore de l'époque où, pour constituer un rhéostat, il fallait percer 10 trous pour les plots, 2 pour les butées, 1 pour la manette, soit 13 trous de diamètres différents il fallait ensuite fixer les plots et monter sur ceux-ci une boudinette de fil résistant, autrement dit tout un travail long et compliqué. La fixation centrale, création « Wireless », est venue remédier à ces inconvénients et elle a été trouvée si pratique qu'elle a été adoptée universellement depuis.

Actuellement le rhéostat classique tel qu'il a été créé en 1923 par les Etablissements « Wireless », se présente sous la forme d'une carcasse métallique ou en porcelaine sur laquelle est fixée une barette isolante plate enroulée de fil résistant à spires très rapprochées sur lequel frotte un balai plat commandé par le bouton et l'axe. La forme a réduit beaucoup l'encombrement, la suppression des plots a permis d'obtenir une variation continue de la résistance, variation silencieuse même dans le cas des amplificateurs les plus puissants.



La figure ci-contre représente un rhéostat « Wireless » pour lampes radio-micro. Le diamètre du cadran est de 60 mm. Un tel rhéostat peut absorber 7 watts, et comme tout ne doit pas se perdre dans la résistance, cela suppose la possibilité de régler les postes les plus puissants. Bien entendu les sections et les résistances des fils varient selon le nombre de lampes à commander, les divers modèles peuvent régler de une à huit lampes radio micro, les résistances de ces rhéostats varient de 3 ohms à 50 ohms, les sections de fil ayant été prévues en tenant compte des intensités de service.

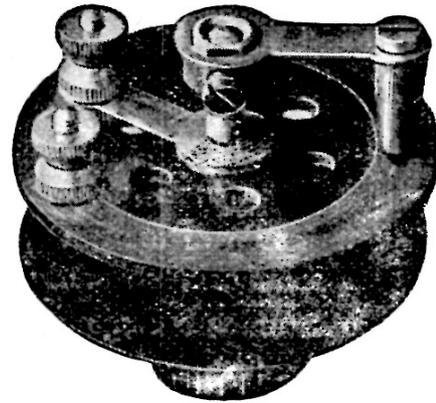
Il existe aussi des rhéostats mixtes permettant l'emploi des lampes micro ou des lampes anciennes à forte consommation.

Sur le même principe, les Etablissements « Wireless » présentent une

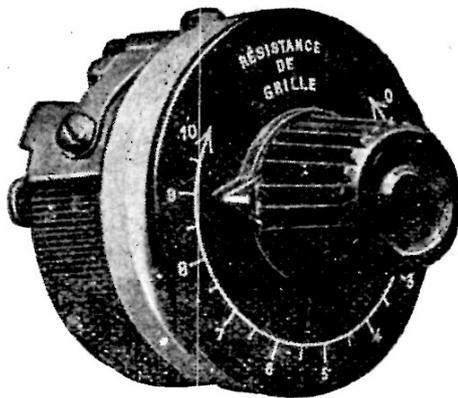
série de potentiomètres pour tous les usages habituels, et dont les résistances varient de 100 ohms à 2.000 ohms.

D'autres modèles plus perfectionnés encore seront présentés sous peu.

Toujours dans la série des résistances, nous abordons les grandes valeurs utilisées pour la détection ou les amplificateurs à résistances. Les valeurs extrêmes à atteindre sont comprises entre 15 à 20.000 ohms et 6 à 10 mégohms. Le modèle le plus simple représenté ici se compose en principe d'une pièce en graphite spécial qui se déplace sur un trait circulaire du même graphite. Ces résistances qui sont de variations très régulières quelque prolongé qu'en soit l'usage, trouvent leur application en particulier dans le réglage de la détection. Tous ceux qui les ont utilisées en ont été surpris de l'amélioration obtenue par l'emploi d'une valeur judicieuse dans le circuit grille de la lampe.



Une autre forme d'apparence plus industrielle a été réalisée sous l'aspect d'un rhéostat, mais ici la barette isolante sert de résistance et les spires successives du fil ne sont en réalité qu'une succession de plots très rapprochés, donc très nombreux et donnant une variation continue de la résistance.



Ces résistances variables peuvent être fournies, au choix soit montées en rhéostats, avec 2 bornes, soit montées en potentiomètres, avec 3 bornes.

Mais il n'est pas que des résistances variables dans les postes et bien des coins dans les schémas voient figurer des résistances fixes. Après avoir construit les résistances en formes de petites cartouches ou de boîtiers dont le modèle est si connu, les Etablissements « Wireless » ont les premiers en France créé la forme cartouche en verre ou en bakélite, avec embouts argentés et fixation des connexions par des vis. Toutes ces résistances sont remarquables après leur fixité et l'absence de souffle ou de crachements, toutes qualités qui ne sont obtenues que par un vieillissement prolongé effectué dans des conditions spéciales.



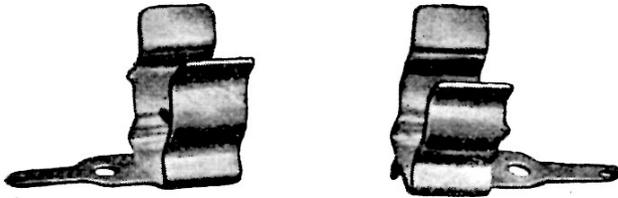
Les constructeurs de postes ont cependant remarqué que dans une série si soignée soit-elle, il n'y a pas deux postes semblables et qu'après une construction de série, il faut une mise au point individuelle. Pour faciliter et rendre rapide cette mise au point, les Etablissements « Wireless » ont créé récemment les condensateurs et résistances fixes en cartouches amovibles simplement maintenus entre deux mâchoires à large contacts pouvant être ainsi posées ou retirées instantanément.



Cette forme extrêmement pratique a été adoptée par tous les constructeurs importants, soucieux de leurs intérêts, mais il ne fait aucun doute que

Notons en passant que sous toutes les formes décrites ici, il est réalisé des condensateurs shuntés de toutes valeurs.

les amateurs dont les postes sont perpétuellement en cours de perfectionnement, trouveront un grand avantage dans l'emploi de cette forme.



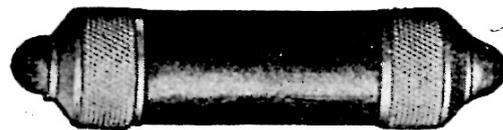
Nous croyons devoir ouvrir ici une petite parenthèse, quant à la qualité des résistances. Les Etablissements « Wireless » ne font pas de publicité, leur matériel comme leur marque étant suffisamment connus; s'ils faisaient de la publicité, ils seraient obligés de vous dire, pour être dans le ton, que leur matériel est le meilleur, le mieux fait, le mieux compris. Ils devraient vous raconter en

particulier que leurs résistances sont archi-fixes, alors que les milieux techniques et les laboratoires savent parfaitement à quoi s'en tenir sur ce chapitre. Nous estimons qu'à l'heure actuelle le problème de la construction des résistances de l'ordre de 100.000 chms à 5 mégohms ou plus reste entièrement posé et qu'on n'a pas encore trouvé mieux que le très vieux procédé au carbone, procédé que nous n'avons jamais abandonné depuis l'origine.

Ce procédé pour imparfait qu'il soit, présente du moins l'intérêt d'être ancien, donc d'avoir révélé à peu près tous ses défauts, qui ont pu, par une longue pratique, être corrigés ou atténués. Des essais méthodiques faits dans un des grands laboratoires de l'Etat, nous ont confirmé du reste que nos résistances répondaient exactement aux exigences de la construction moderne.

Nous estimons également que pour construire une grande résistance il faut employer des corps peu conducteurs et nous restons perplexes quant à l'emploi de métaux excellents conducteurs utilisés sous forme de pellicule extra mince. Nous laissons au lecteur éclairé le soin de calculer l'épaisseur d'une couche de métal de 25 μ m de long et 15 μ m de large susceptible de faire 5 mégohms.

Nous signalerons pour terminer les résistances fixes bobinées supportant plusieurs milliampères et dont le rôle est de provoquer une chute de tension dans les circuits de plaques des lampes. La nécessité de ces résistances s'est révélée dès l'apparition des redresseurs de courant alternatif et en particulier les postes à changeurs de fréquence dont les lampes nécessitent 40 volts pour la brigrille, 80 volts pour les M. F. et 120 volts pour les B. F. Sans l'emploi de ces résistances il eût fallu employer 3 redresseurs différents, compliqués et onéreux. Selon les besoins, ces résistances sont établies de 2.000 à 10.000 ohms ou plus.



Il est bien entendu que de nouvelles applications des résistances se présenteront en raison même de l'évolution de la T.S.F. Les usagers sont certains de trouver dans le matériel « Wireless » les appareils répondant à leurs besoins au fur et à mesure de ceux-ci et toujours aux conditions les plus avantageuses eu égard à la qualité du matériel.

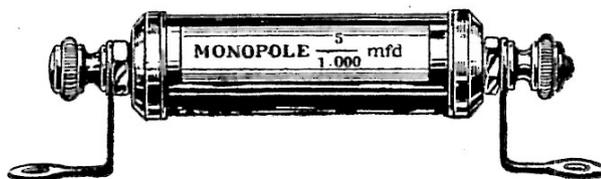
Les Résistances "MONOPOLE"

Les résistances sont une des pièces essentielles d'un poste de T.S.F. De leur qualité dépend en effet le bon ou le mauvais fonctionnement du poste.

Cet article est chez « Monopole » l'objet de soins tout particuliers.

La matière conductrice déposée sur un corps isolant est traitée au moyen d'un procédé qui la rend parfaitement homogène. On élimine ainsi les crachements produits par des effets de capacités entre particules non réunies et par des variations instantanées provenant de contacts défectueux entre ces particules.

L'ensemble conducteur présente au passage du courant une section d'un grand développement bien supérieur à ce qu'on trouve dans la majorité des articles similaires. On dispose ainsi d'une



grande surface de refroidissement et il en résulte un échauffement extrêmement réduit. Dans la majorité des cas correspondant aux usages courants, l'échauffement est imperceptible. C'est là une des premières conditions à remplir pour assurer une stabilité parfaite et rendre la résistance pratiquement indépendante de la tension aux bornes.

Les contacts ont une surface efficace de plusieurs cm^2 et donnent toute garantie.

Les connexions extrêmes sont très robustes et s'effectuent par boutons moletés ou écrous et tiges filetées. Chaque pièce est livrée avec deux pattes laiton nickelé aux extrémités desquelles on peut souder. Ces pattes qu'on peut couder à volonté permettent la fixation de la résistance sur des supports écartés d'une distance quelconque comprise entre 2 et 7 cm , d'où grande facilité de montage.

Les Résistances "V.-ALTER"



Parmi les maisons sérieuses spécialisées dans la fabrication de résistances fixes, il faut mentionner tout particulièrement les Etablissements MCB fabriquant les résistances « V.-ALTER », universellement connues. Nous nous proposons de passer en revue quelques-uns des modèles de ces résistances, en indiquant leurs emplois particuliers.

Les résistances fixes en aggloméré. — Présentées sous forme d'une cartouche recouverte par un tube de celluloid d'une étanchéité parfaite, ces résistances sont munies à chaque extrémité d'un embout très solide dont la fixation au noyau résistant fut objet d'une étude spéciale. La masse résistante proprement dite est le résultat de nombreuses recherches qui ont abouti à l'obtention d'un aggloméré absolument homogène d'une résistivité rigoureusement inaltérable et d'une résistance mécanique élevée.

Les résistances de ce type sont faites en plusieurs valeurs dont l'étalonnage est fait avec une précision de 6,25 % (ainsi une résistance marquée 80.000 ohms à une résistance réelle comprise entre 75 et 85.000 ohms, écart largement admissible). En raison de leur constance même, l'emploi de ces résistances est particulièrement indiqué dans les circuits grille, comme résistances de fuite dans les étages à résonance, à résistances, à impédances, à selfs semi-apériodiques; ainsi seront radicalement supprimés tous les ronflements, crachements et autres bruits analogues dus à l'emploi de résistances de mauvaise qualité.

Les résistances fixes bobinées. — Présentées sous la même forme que les résistances en aggloméré, les résistances bobinées ont, comme noyau résistant, un bobinage en fil résistant de grande longueur; grâce au mode spécial adopté pour ce bobinage (enroulement *bifilaire*), son inductance est nulle. L'avantage principal de ces résistances consiste dans : leur aptitude à supporter des intensités relativement fortes, rendant ainsi indispensable leur emploi dans les circuits plaque des amplificateurs à résistances et, surtout, dans les redresseurs comme diviseurs ou abaisseurs de tension.

Il faut remarquer que les constructeurs ainsi que les amateurs ont enfin compris cette vérité première que toute lampe d'un récepteur doit travailler avec une tension plaque appropriée à ces fonctions et à ses paramètres électriques. Aussi, un tableau d'alimentation plaque, moderne ne saurait pas être muni de moins de 2 ou 3 prises de tension intermédiaires. Seules, les résistances bobinées « V.-ALTER » sont capables de causer la chute de tension nécessaire sans être « grillées » par le courant relativement fort qui les traverse. Remarquons enfin que les services techniques des Etablissements M. C. B. se tiennent à la disposition des amateurs pour tous les renseignements concernant l'emploi de résistances dans les récepteurs et les tableaux d'alimentation.

Etablissements M.C.B., 27, rue d'Orléans, Neuilly-sur-Seine (Seine)

Les Résistances "OMÉGA" et le Modèle N° 6



Quel est l'amateur qui ne connaît pas les résistances fixes « Oméga » d'un emploi si commode et d'un encombrement si réduit.

Cette résistance établie, elle-même en grande série, et dans la fabrication de laquelle ont été proscrits les procédés désuets et défectueux au trait de graphique, est la réplique parfaite au condensateur « Mikado », cette autre petite merveille fabriquée par les Etablissements Langlade et Picard.

Possédant le même écartement et les mêmes côtes d'encombrement, la résistance « Omega » s'adapte parfaitement au condensateur « Mikado ». Il est donc possible de constituer ainsi un condensateur shunté de détection dont la simplicité n'a d'égale que la qualité de ses éléments.

Protégée par un boîtier en matière isolante, la résistance « Oméga » a été soigneusement étudiée pour réaliser, dans le temps, les meilleures conditions de constance de valeur par rapport au passage du courant et aux variations hygrométriques. Nous donnons ci-dessous quelques caractéristiques de la résistance « Oméga ».

Caractéristiques :

Diamètre	30 $\frac{m}{m}$
Épaisseur	5 $\frac{m}{m}$
Écartement d'axe en axe des trous des pattes de fixation..	40 $\frac{m}{m}$
Poids	6 gr.
Tolérance d'étalonnage	10 %

L'encombrement réduit rend ces résistances indispensables dans les récepteurs de petites dimensions et plus particulièrement dans les postes portatifs.

Un autre type de résistances fixes, le Modèle N° 6, également fabriqué par les Etablissements Langlade et Picard, présente un dispositif mécanique nouveau.



Alors que toutes les résistances en cartouches ont été établies jusqu'à présent, dans des tubes cylindriques isolants, la plupart du temps en verre ou en quelqu'autre matière fragile, dans les résistances Modèle N° 6 on utilise pour éviter une trop grande fragilité un tube métalliques en forme octogonale comme boîtier de protection.

Ce procédé mécanique a permis de réaliser des perfectionnements importants, notamment un verrouillage qui empêche le noyau de tourner dans sa gaine au montage ou de s'arracher à la moindre traction. Les risques de rupture et les mauvais contacts provoqués lors du serrage des écrous, par le glissement ou l'arrachement des embouts sont donc supprimés. Ainsi est évitée une des causes les plus fréquentes de pannes ou de mauvais fonctionnement des postes de T. S. F.

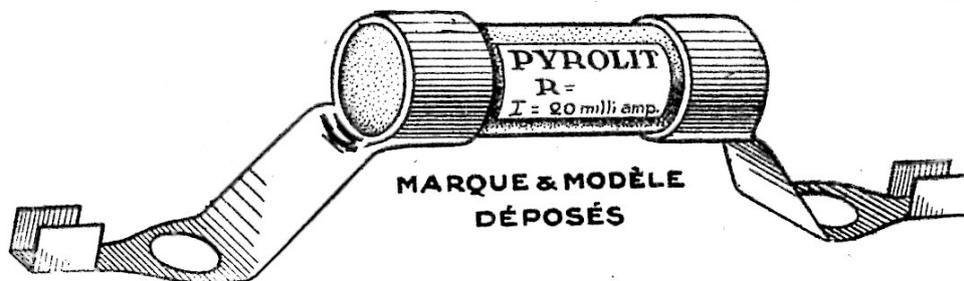
Les résistances Modèle N° 6 sont établies sur les mêmes principes que les résistances « Oméga » et leur construction fait l'objet d'une surveillance particulière. Leur encombrement est également très réduit ($70 \times 15 \frac{m}{m}$; la distance entre les extrémités n'étant que de $65 \frac{m}{m}$) et leur poids minime (22 gr.).

Les résistances « Oméga » ainsi que les résistances Modèle N° 6 sont construites en série dans les valeurs suivantes :

70.000 — 80.000 — 100.000 — 200.000 — 300.000 et 500.000 ohms.
1, 2, 3, 4 et 5 mégohms.

Ainsi on n'a que l'embarras de choix...

“ LA PYROLIT ”



La fabrication des résistances est assez complexe et délicate en raison de la difficulté que l'on éprouve à trouver un corps semi-conducteur homogène.

Quand on consulte des tables de conductibilité ou que l'on mesure différents matériaux au point de vue de leur résistance électrique, on constate que les uns sont trop conducteurs, et que certains autres au contraire atteignent des valeurs de résistivités beaucoup trop élevées. On a donc été conduit à constituer des résistances élevées par un procédé détourné qui consiste à utiliser une matière conductrice comme l'encre de Chine ou le graphite étendu en couche très mince sur un support isolant. La valeur élevée de la résistance ainsi obtenue n'est pas due à la grande résistivité de la matière employée mais au manque de cohésion et d'homogénéité de particules microscopiques qui présentent entre elles une résistance de contact élevée. Le défaut des éléments résistants ainsi obtenus est d'être assez instable sous l'action des diverses actions électriques ou physiques. Enfin le courant à admettre est très faible, sous peine de détérioration complète de ces éléments résistants. D'autres parts, il est possible que si, pour une raison quelconque (surintensité par exemple), la résistance se trouve détériorée en partie, il se produise dans l'appareil récepteur employé un bruit de friture plus ou moins intense dû aux arcs microscopiques se produisant alors entre les particules de la matière conductrice étendue sur le support isolant.

Malgré cela, des perfectionnements constants apportés dans la fabrication de ces résistances élevées, à base de graphite ou d'encre de chine, permettent un emploi assez satisfaisant de ces résistances dans un récepteur à triodes à la condition expresse de ne pas dépasser une certaine intensité. Or, avec les appareils récepteurs actuels de plus en plus puissants, avec l'emploi de fortes amplifications dans les Pick-up, avec les intensités particulièrement élevées parcourant les redresseurs d'alimentation des triodes, on est dans l'obligation d'admettre dans les éléments résistants des intensités de l'ordre de plusieurs milliampères. Le procédé de fabrication indiqué plus haut ne peut plus convenir pour cet usage. On est donc conduit à fabriquer des résistances en fil métallique résistant qui sont malheureusement d'un prix élevé et d'un encombrement souvent gênant. Or, il ne faut pas oublier que l'alimentation des circuits plaque d'une triode se fait par une source de courant continu, ou d'alternatif redressé. On a donc été amené à rechercher des matières semi-conductrices absolument homogènes et inaltérables et pouvant également supporter des fortes intensités de courant.

La résistance « Pyrolit », d'une conception nouvelle, constituée par une matière parfaitement homogène, est obtenue par traitement au four électrique, où elle est chauffée et vitrifiée à haute température. Sa stabilité absolue est garantie, quel que soit le régime auquel on la soumette : différence de température, pressions sous les contacts, chaleur, humidité, etc.

C'est actuellement — sur le marché mondial — la seule résistance non bobinée garantie pour une intensité de service normal et continu de 20 milliampères sous 110 V.

En réalité, l'intensité de courant peut aller jusqu'à atteindre une valeur telle que le bâton de « Pyrolit » soit porté au rouge sombre, sans que la valeur de la résistance subisse une variation de valeur importante : la résistance « Pyrolit » est donc indestructible.

Les bruits parasites, souffles, crachements, bruits de fonds, qui nuisent tellement à la pureté des auditions radiophoniques, sont totalement éliminés par l'emploi des résistances en « Pyrolit » quelles que soient les surintensités qu'on leur fasse momentanément supporter. L'emploi de ces résistances est non seulement indiqué dans tous les récepteurs, mais également avec un rendement unique dans les amplificateurs de puissance à résistances, pour l'émission, pour les redresseurs de courant, etc..., et, en particulier, dans tous les cas, où la nécessité de supporter de fortes intensités de courant, rend nécessaire l'emploi des résistances bobinées que les « Pyrolit » remplacent très avantageusement aux points de vue sécurité et prix de revient.

André SERF, Constructeur, 127, Faubourg du Temple - Paris

La Nouvelle Résistance B.. C..

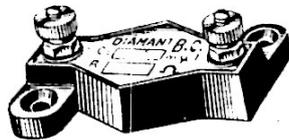
Une résistance de mauvaise fabrication change de valeur sous l'influence de plusieurs facteurs dont les principaux sont : passage de courant, variation de température ou de l'état hygrométrique de l'air, efforts mécaniques, etc. Une telle résistance pseudo-fixe est en réalité, spontanément variable.

Etant employée comme résistance de fuite dans un circuit grille, elle constitue une source inépuisable de bruits parasites, de crachements, de « tocs » et d'autres bruits similaires qui viennent troubler l'audition. L'amateur se hâte de conclure à la présence d'une foule de parasites atmosphériques ce qui n'a, d'ailleurs, aucun rapport avec la véritable cause de ce phénomène désagréable : emploi de mauvaises résistances.

Une mauvaise résistance dans la grille d'une lampe aura, en surplus, pour effet de compromettre gravement la stabilité de fonctionnement ; des accrochages se produiront proutanément et, pour les supprimer on sera obligé d'amortir les circuits oscillants ce qui aura pour résultat une diminution de la sélectivité. L'amateur désireux d'éviter tous ces ennuis n'a pas à hésiter ; la marque B. C. est une garantie suffisante de la haute qualité de ses résistances. Les nouveaux procédés de fabrication ont permis aux constructeurs de la marque B. C. de constituer des résistances parfaites à tous les points de vue ; les amateurs qui, après avoir en vain essayé des dispositifs antiparasites plus ou moins chimériques... mais toujours inefficaces, ont remplacé les résistances de leurs récepteurs par « la nouvelle résistance B. C. » furent stupéfaits de constater la *disparition complète* de ces bruits qu'ils attribuaient au mauvais état de l'atmosphère.

Les résistances B. C. se font en deux modèles :

1° En forme de cartouche nikelé, avec vis de connexions.



2° En boîtier isolant muni de deux bornes ce qui permet de fixer et de les connecter aisément.

Ce dernier modèle, établi pour une puissance d'un demi-watt et portant le nom de *Résistance Diamant B. C. 423*, est particulièrement recommandé pour les boîtes d'alimentation directe sur secteur.

Les qualités exceptionnelles de la résistance B. C. sont dues aux procédés spéciaux de sa fabrication. Ces résistances sont constituées par une âme rigide sur laquelle une composition chimique est déposée, après une série d'opérations et de traitements thermiques appropriés, se mue en un corps solide, très homogène, présentant une résistance électrique rigoureusement constante. C'est ce corps nouveau qui donne toute sa valeur à la « nouvelle résistance B. C. ».

Les deux modèles des résistances B. C. sont établis aux valeurs standard suivantes :

10.000 — 20.000 — 30.000 — 35.000 — 40.000 — 50.000 — 100.000
— 100.000 — 250.000 — 500.000 ohms

1 — 1,5 — 2 — 2,5 — 3 — 4 — 5 mégohms.

TABLE DES MATIÈRES

I. — Considérations Générales	7
Résistance et circuit oscillant.....	12
Éléments de variation.....	17
Généralisation	20
II. — Ce que devient la résistance dans la haute fréquence	21
III. — Résistances fixes et variables	37
Généralités sur la réalisation des résistances..	40
Réalisation des résistances fixes.....	49
Étalonnage des résistances.....	54
Résistances variables.....	57

Notices Industrielles

Appareillage Wireless (Thomas).....	61
Les Résistances Monopole.....	64
Les Résistances V. Alter	65
Les Résistances Oméga et le modèle N° 6.....	66
La " Pyrolit "	67
La nouvelle résistance B.. C.....	68

COLLECTION DE
VULGARISATION

— ET DE PRATIQUE —

A. B. C.
DE LA
T. S. F.

- I. — Théorie élémentaire de la T.S.F. avec une introduction de M. R. de Valbreuze : Comment fonctionne la T. S. F.
- II. — Les montages fondamentaux de la T.S.F.
- III. — Les postes à galène
- IV. — Les antennes et les cadres.
- V. — Les piles et accumulateurs en T.S.F.
- VI. — Les postes à une lampe.
- VII. — Les amplificateurs HF et BF.
- VIII. — Les postes du débutant.
- IX. — Les postes à grand rendement.

Chaque fascicule : **4 fr. 50**

— *Envoi franco contre 5 francs* —

Étienne CHIRON, éditeur, 40, Rue de Seine - PARIS-VI^e

LA T.S.F. POUR TOUS

LA PREMIÈRE
DES
REVUES DE T.S.F.

**Écrite pour être
comprise par tous
— donne —
des explications
claires et simples
toujours inspirées de
réalisations pratiques**

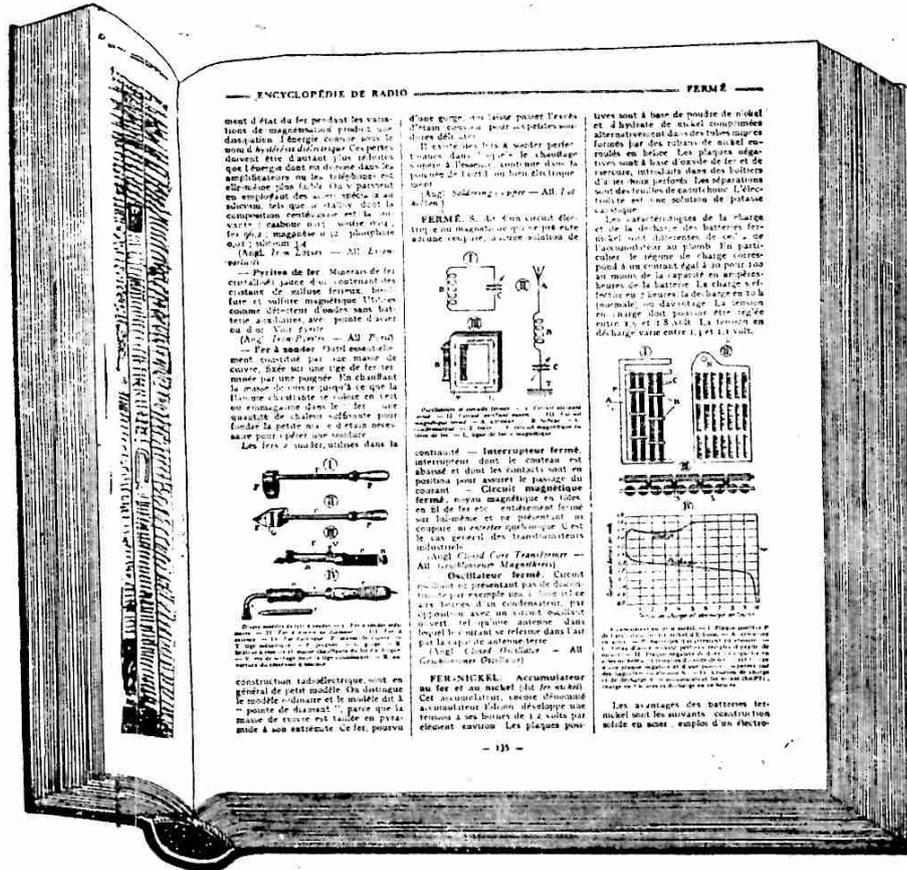
UN AN : 36 francs

*remboursé par 30 fr. en bons d'achats
et de nombreuses primes*

Étienne CHIRON, éditeur, 40, Rue de Seine - PARIS-VI^e

VIENT DE PARAITRE

ENCYCLOPÉDIE DE LA RADIO



DICTIONNAIRE ILLUSTRÉ de tous les termes de T. S. F

avec leur traduction en anglais et en allemand

Un volume relié : **50 francs** (Port en sus)

Étienne CHIRON, éditeur, 40, Rue de Seine - PARIS-VI

LA T. S. F. POUR TOUS



Les 2 premiers volumes de cette publication qui se présentent sous une élégante reliure constituent la meilleure initiation à la T.S.F. et le guide le plus sûr pour construire soi-même les appareils les plus modernes.

TOME I

100 montages nouveaux
650 gravures
28 postes nouveaux
à construire soi-même

Prix : 25 francs

TOME II

825 gravures
130 montages
36 montages nouveaux
à construire soi-même

Prix : 30 francs

TOME III

924 dessins et gravures - 27 postes à construire soi-même.
Nombreux tours de main - Laboratoire de l'amateur de T. S. F.

Prix : 30 francs

LES TROIS VOLUMES ENSEMBLE : 75 fr.

Étienne CHIRON, Éditeur, 40, rue de Seine - PARIS-VI^e

LES MEILLEURS OUVRAGES DE T. S. F.

La T. S. F., expliquée par Vallier	4.50
Premiers principes de T. S. F., par J. Lagarde.	7.50
Le Poste de l'Amateur de T. S. F., par Hémardinquer.	20. »
Les montages modernes en Radiophonie, par Hémardinquer. 2 beaux volumes illustrés de 756 figures.	24. »
Les 2 volumes reliés ensemble	50. »
Les lampes à plusieurs électrodes et leurs applications, par J. Groszkowski, traduit par G. Teyssier, Préface de R. Mésny	40. »
Les lampes à deux grilles, par Hémardinquer.	6. »
Le Superhétérodyne et la Superréaction, par Hémardinquer.	21.60
Le Superhétérodyne. Principe, invention, évolution, par De Bellescize.	15. »
L'alimentation des postes de T. S. F. par le secteur, par M. Chauvierre.	9. »
Nouveau Manuel pratique de Téléphonie sans fil, par Branger.	9. »
Tous les montages de T. S. F., par A. Boursin.	9. »
La réception sur galène des radio-concerts. Instruction pra- tique pour construire soi-même un poste à galène.	2.40
La T. S. F. en 30 leçons. Cours professé au Conservatoire National des Arts et Métiers :	
I. Electrotechnique générale préparatoire à la T. S. F., par Chaumat et Lefrand.	9. »
II. Principes généraux de la Radiotélégraphie et applica- tions générales, par le C ^t Metz.	9. »
III. Mesures, Radiogoniométrie, Propagation des ondes, par R. Mesny	7.20
IV. Les lampes à plusieurs électrodes. Théories et applica- tions, par R. Jouaust.	7.20
V. Radiotéléphonie et applications diverses des lampes à trois électrodes, par M. Clavier:	9. »
La meilleure initiation à la T. S. F. :	
La T. S. F. pour tous, Tome I, relié.	25. »
La T. S. F. pour tous, Tome II, relié.	30. »
La T. S. F. pour tous, Tome III, relié.	30. »
Théorie et pratique de la T. S. F., par Bérard.	30. »
La construction des appareils de Télégraphie sans fil, par L. Michel.	3.60
Les ondes courtes, par Clavier.	7.20
La zincite et les montages crystadines, par Pierre Lafond.	1.80
Annuaire de la T. S. F. 2 ^e année.	42. »
Un montage simple et puissant : le T. P. T. 8, par A. Boursin.	3. »
Les montages puissants en T. S. F., par A. Boursin.	6. »

Pour être au courant de toutes les nouveautés, il faut lire chaque mois :

La T. S. F. pour tous. Le Numéro, 3 fr. ; Abonnement.	36. »
La Radio. Le Numéro, 3 fr. ; Abonnement d'un an.	30. »
L'Onde électrique. Le Numéro, 3 fr. ; Abonnement d'un an.	30. »

Étienne CHIRON, Éditeur, 40, Rue de Seine — PARIS (6^e)

CATALOGUES ET SPÉCIMENS FRANCO SUR DEMANDE