

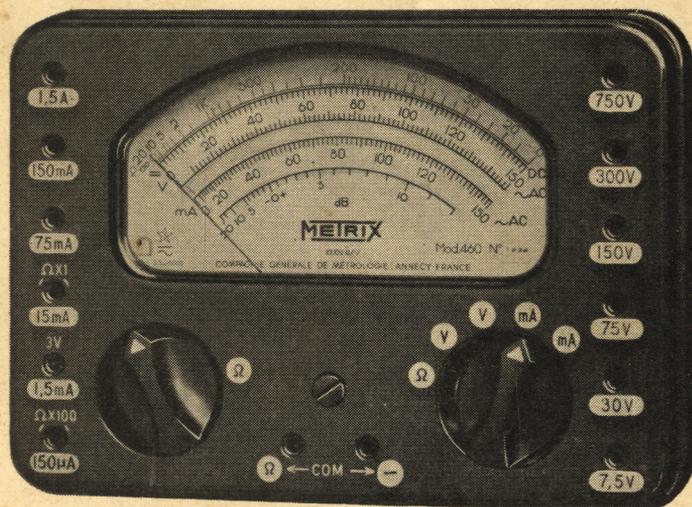
École Professionnelle Supérieure

21, RUE DE CONSTANTINE

PARIS (7°)

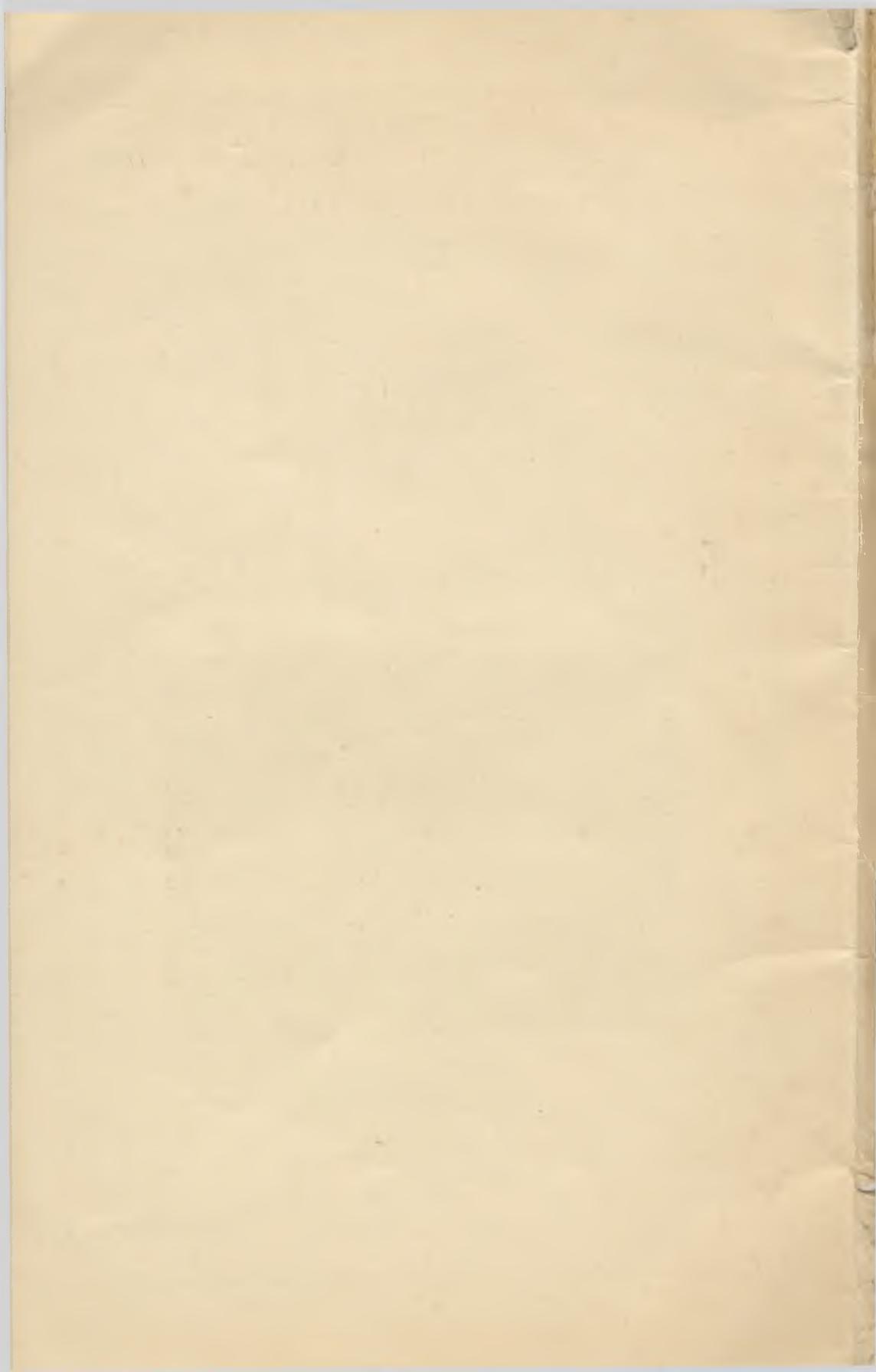


COURS DE RADIO-ÉLECTRICITÉ



Leçons Pratiques I à 5

par E. KUCHARSKI
Ingénieur I.P. GL. Lg.



Ecole Professionnelle Supérieure

21, RUE DE CONSTANTINE

PARIS (7°)



COURS
DE
RADIO-ÉLECTRICITÉ

Leçons Pratiques

I à 5

par E. KUCHARSKI

Ingénieur I.P. GL. Lg.



PREMIÈRE LEÇON PRATIQUE

I. - MESURES ET APPAREILS DE MESURES

Les mesures constituent l'essentiel du travail d'un radio-électricien et représentent très souvent une grande partie de son activité. En effet, son travail commence par les mesures destinées à la localisation, la découverte d'une anomalie quelconque, et se termine également par les mesures du contrôle final.

Les phénomènes électriques ou électroniques auxquels le technicien ou le dépanneur doit continuellement faire face, échappent à nos sens de perception. Aussi devons-nous avoir recours aux « traducteurs » que sont les appareils de mesure. Certes, par simple toucher, est-il possible de nous rendre compte, par exemple, de la présence, entre quelques points donnés, d'une différence de potentiel. Cependant, nous avons pu tous nous rendre compte, d'une manière plus que persuasive, combien cette manière de contrôle, quant à la présence de la tension, est peu recommandable, parce que produisant une réaction physiologique particulièrement désagréable aussitôt que la tension à contrôler dépasse quelques 30-40 V.

Par ailleurs, les tensions élevées présentent un réel danger, et lorsqu'il s'agit de celles couramment rencontrées dans notre pratique quotidienne - qui sont de l'ordre de centaines de volts - il n'est plus question d'envisager une « mesure par le toucher ».

Donc, une fois établie la nécessité des traducteurs, il nous faut remarquer, également, que toutes les mesures, en général, peuvent être divisées en deux groupes distincts :

- Groupe I - Mesures qualificatives ;
- Groupe II - Mesures quantitatives.

Les mesures qualificatives consistent en une

constation pure et simple d'un phénomène électrique ou électronique, ou en une détermination de l'état d'un circuit ou d'une pièce. Tels sont, par exemple, les tests de présence d'une tension, d'un courant, d'un champ magnétique ou électrique, et aussi la mise en évidence d'un court-circuit, d'une coupure, d'un claquage de condensateur, d'une fuite, etc...

Cependant, ces mesures ne sont que préliminaires, tandis que celles qu'il est possible d'appeler mesures quantitatives, sont destinées à l'évaluation exacte des manifestations électriques ou des caractéristiques des circuits et des pièces.

Ainsi, nous sommes continuellement appelés non seulement à savoir si oui ou non une tension existe entre deux points donnés, mais également à connaître la valeur en volts de cette tension. Il en est de même pour le courant électrique, etc...

Pour le moment, il nous suffira de nous familiariser avec les mesures de :

- 1° Tension en volts (V);
- 2° Courant en ampères (A), en milliampères (mA) ou en microampères (μ A);
- 3° Puissance en watts (W) ou en milliwatts (mW);
- 4° Résistance en ohms (Ω) ou en mégohms ($M\Omega$);
- 5° Capacité en microfarads (μ F) ou en picofarads (pF);
- 6° Self-induction en henrys (H), en millihenrys (mH) ou en microhenrys (μ H).

On appelle mesures dynamiques celles relatives aux phénomènes se produisant, indépendamment de nous. Dans ce cas, nos appareils de mesure sont « passifs » et ne comportent aucune source de courant ou tension. Leurs indications sont consécutives au processus ayant lieu dans l'endroit ou circuit que nous mesurons. Ce sont les mesures de :

- 1° Tension (V ou U);
- 2° Courant (I);
- 3° Puissance (P).

Par contre, pour mesurer les valeurs caractérisant :

- 1° Résistance (R);
- 2° Capacité (C);
- 3° Self-induction (L).

d'un circuit, autrement dit les caractéristiques « statiques » des circuits, qui restent les mêmes indépendamment des phénomènes qui s'y produisent, il faut disposer d'appareils de mesure « actifs » pourvus d'une source adéquate de tension ou de courant.

Comme nous le verrons plus loin, les valeurs de R, C et L sont primaires, c'est-à-dire celles qui déterminent la valeur des manifestations électriques telles que tension V et courant I, qui seront donc secondaires parce que issues de R, C et L.

Par ailleurs, il est bien compréhensible qu'une même bobine, par exemple, peut être parcourue par tel ou tel courant, mais ne peut avoir qu'un seul coefficient de self-induction. Il en est de même quant à la capacité des condensateurs ou à la résistance des divers matériaux.

1. - MESURES QUALIFICATIVES

a) Sonnette au néon :

Lorsque nous sommes en présence d'un circuit électrique, il nous faut, avant tout, savoir s'il y existe un courant électrique ou si, en cas de coupure du circuit, ses divers points sont sous un potentiel électrique différent. L'opération qu'il faudra alors effectuer est le contrôle dynamique, autrement dit contrôle d'une action ou manifestation indépendante de nos propres moyens.

Soit une ligne, un conducteur coupé (fig. 1). Nous voudrions savoir si entre les points x et y il existe une différence de potentiel.

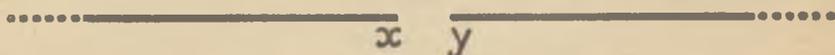


Fig. 1

On peut utiliser à cette fin un appareil de mesure très simple : une ampoule au néon (1). Ses caractéristiques sont les suivantes :

1° Elle permet de nous rendre compte de la présence d'une tension supérieure à un certain niveau, car l'ampoule s'allume alors.

2° Elle permet, en outre, de déterminer la nature de la tension contrôlée : notamment de découvrir si la tension est continue ou alternative.

3° Enfin, elle indique, en cas de tension continue, la polarité de celle-ci, c'est-à-dire qu'elle nous montre le pôle négatif et le pôle positif de la coupure que nous contrôlons.

Une sonnette au néon est un indicateur passif puisqu'elle ne comporte aucune source de courant.

Lors du contrôle, il peut arriver que, par suite de l'inversion de l'ampoule au néon, celle-ci ne s'allume pas, bien que les points *x* et *y* soient sous tension. Par conséquent, il faut toujours procéder au contrôle dans les deux sens, avant de conclure à l'absence de toute tension.

Une sonnette au néon nous permet, d'un seul coup, de nous rendre compte de la présence d'une tension, de sa nature et de sa polarité. En effet, si, par exemple, l'ampoule s'allume symétriquement (autour de ses deux électrodes), la tension est alternative, sinon, l'électrode allumée indique le « moins » de la tension, tandis que le point opposé est forcément celui du « plus ».



Fig. 2

(1) L'ampoule au néon est constituée par un tube (ou sphère) en verre, rempli de gaz néon raréfié. Dans cette atmosphère gazeuse se trouvent deux électrodes métalliques, assez rapprochées (voir fig. 2). Soumise à une différence de potentiel (qui dépend du degré de raréfaction du gaz, de la distance entre les électrodes et de leur surface) l'ampoule s'allume, autrement dit, le gaz qui y est enfoncé devient lumineux. Pour une combinaison donnée des facteurs mentionnés (distance, surface des électrodes et raréfaction du gaz), seul le gaz autour de l'électrode sous potentiel négatif devient lumineux, tandis que l'électrode opposée reste sombre. Il est alors possible de déterminer grâce à cet effet, la polarité de la tension à contrôler.

Pratiquement, nous pouvons être appelés à constater la présence d'une tension entre certains circuits ou points d'un montage, radio ou autre, et à identifier la polarité de cette tension dans tel ou tel endroit par rapport à un autre. Dans ce cas, il nous suffira d'avoir recours à notre sonnette au néon.

b) Sonnette « active » :

Contrairement à la mesure précédente que nous avons appelée « dynamique », une mesure « statique » concerne non pas quelque phénomène électrique qui se produit dans le circuit à contrôler, mais l'état du circuit même, dont on sait qu'il n'est le siège d'aucun phénomène électrique.

Dans ce cas, notre indicateur, l'ampoule au néon, doit être muni d'une source de tension, et le contrôle sera destiné essentiellement à constater la continuité (ou non) d'une ligne. En l'occurrence, il s'agira, le plus souvent, de déceler un court-circuit là où il ne doit pas avoir lieu, ou encore, de vérifier la continuité du filament d'une lampe. La figure 3 représente une sonnette « active », pour le contrôle des circuits, telle qu'elle est utilisée, par exemple, dans les lampemètres que nous avons tous eu l'occasion de voir.

Ce genre de sonnette est employé pour le contrôle des lampes : courts-circuits entre leurs électrodes et continuité de leur filament; deux opérations « éliminatoires » statiques, dont doit être précédé le contrôle « dynamique » d'une lampe radio.

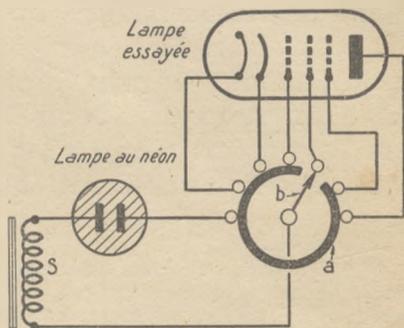


Fig. 3

REMARQUES PRATIQUES

Les ampoules au néon existantes sont prévues pour s'illuminer sous 50-60 V minimum. Par conséquent, dans les lampemètres, on utilise comme source de tension une fraction seulement de la tension alternative du secteur. Pratiquement, cette tension est fournie par un enroulement spécial (S, fig. 3) du transformateur, dont est muni chaque lampemètre.

La sonnette ainsi constituée est connectée alternativement entre toutes les électrodes de la lampe réunies ensemble, sauf une, et cette dernière électrode, à l'aide d'un sélecteur spécial comportant un contact mobile de court-circuit (a) et un contact isolé solidaire (b).

Certains lampemètres perfectionnés comportent une source de tension continue; dans ce cas, les bornes extérieures de la sonnette sont marquées suivant leur polarité. Il est alors possible d'effectuer le contrôle des « semi-conducteurs », c'est-à-dire des redresseurs secs (sélénium ou cupoxyde). Connaissant la polarité de la tension aux bornes de la sonnette, nous pouvons non seulement voir la continuité d'un circuit, mais également déterminer facilement le sens de la meilleure conductibilité et la polarité d'un élément redresseur donné.

c) Sonnette à lampe à incandescence (fig. 4)

La sonnette au néon (active ou passive) est caractérisée par une consommation extrêmement faible. Autrement dit, elle ne laisse passer qu'un courant insignifiant (quelques μA). Si pour le contrôle des tensions cela est plutôt un avantage, il est par contre impossible, à cause de cette faible consommation, de procéder au contrôle du cou-

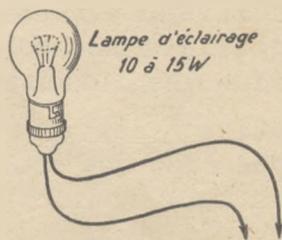


Fig. 4

rant. Lorsqu'on dit « une faible consommation », cela équivaut à une très forte résistance interne. Aussi pour les mesures destinées à constater la présence d'un courant et à déterminer sa nature (continu, alternatif et polarité), il est plus indiqué d'utiliser, en guise d'indicateur, une ampoule à incandescence, une lampe d'éclairage de faible puissance, par exemple de 10 à 15 W. Certains lampemètres comportent un tel indicateur pour le contrôle du courant de chauffage des lampes (donc sonnette « passive » pour les mesures « dynamiques »).

En effet, étant donné la forte résistance interne des sonnettes au néon, une augmentation même considérable de la résistance d'un circuit ne peut pas être mise en évidence. Souvent une lampe radio ainsi contrôlée semble posséder un filament intact, mais ne s'allume pas sous tension normale de chauffage. Par contre, si comme indicateur on utilise une ampoule à incandescence (une lampe de cadran, par exemple, de 6,3 V, 0,3 A), de sorte que le courant de chauffage de la lampe essayée la traverse, une augmentation notable de la résistance du filament sera constatée immédiatement, car l'ampoule de contrôle ne s'allumera alors que faiblement, ou même pas du tout.

Nous pouvons donc conclure qu'une sonnette peut être :

- 1° Passive et à forte résistance interne (simple ampoule au néon), pour contrôle dynamique des tensions;
- 2° Passive et à faible résistance interne (simple ampoule à incandescence) pour contrôle dynamique des intensités;
- 3° Active à forte résistance interne (ampoule au néon avec une source de tension) pour contrôle statique de la continuité des circuits (court-circuit ou résistances élevées);
- 4° Active à faible résistance interne (ampoule à incandescence avec une source du courant) pour contrôler les résistances faibles et les courts-circuits.

2. - UTILISATION PRATIQUE DES SONNETTES

a) Sonnette au néon :

La lampe au néon nous servira pour déceler la présence d'une tension entre divers points d'un montage.

Exemples :

Tension dans la prise de courant, à l'arrivée du cordon secteur, aux bornes des divers enroulements du transformateur d'alimentation (sauf celle de chauffage, généralement trop basse : 2,5 à 6 V).

Présence de la haute tension dans la ligne de H.T., sur les électrodes des lampes et aux divers points du montage.

Tout cela sans source auxiliaire de tension. Cette source peut être ajoutée si nous voulons contrôler les points normalement isolés les uns des autres, en vue de découvrir un court-circuit. Nous obtenons ainsi une « sonnette ».

Dans ce cas, bien entendu, l'alimentation du montage doit être coupée.

Munie d'une source de tension continue (par exemple, une pile de 67 volts), la sonnette au néon peut être employée pour contrôler le court-circuit des condensateurs, aussi bien fixes que variables, et avec les diélectriques les plus divers, y compris les condensateurs électrochimiques (ou électrolytiques). Dans ce dernier cas, il faudra tenir compte du courant de charge, étant donné la grande capacité dont sont dotés ces condensateurs, et de la polarité.

Pratiquement, un condensateur électrochimique (de 8 μ F, par exemple), en bon état, allumera l'ampoule au moment du branchement, mais l'ampoule s'éteint aussitôt, si toutefois la polarité a été observée.

Comme nous l'avons déjà signalé pour le contrôle des courts-circuits, on peut, partout, sauf pour les condensateurs, utiliser indifféremment une source de tension continue ou alternative.

A ce propos, nous pouvons également remarquer que cette source auxiliaire de la sonnette au néon peut être prévue pour de très faibles débits.

Avec une sonnette au néon nous pouvons égale-

ment contrôler les courts-circuits entre les enroulements d'un transformateur d'alimentation ou B.F. (transformateur de sortie, par exemple), entre les armatures (rotor et stator) d'un C.V., etc... (fig. 5 à 7).

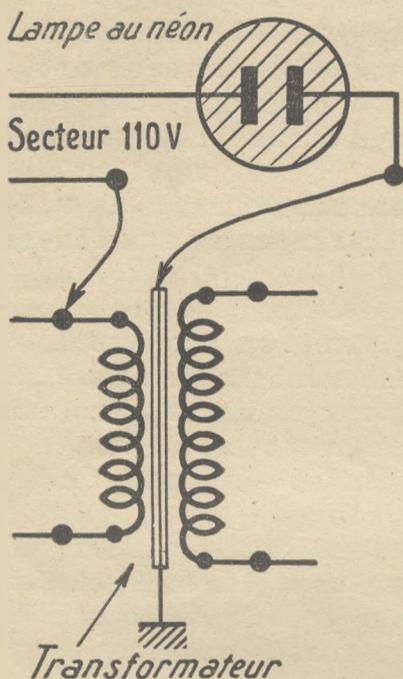


Fig. 5

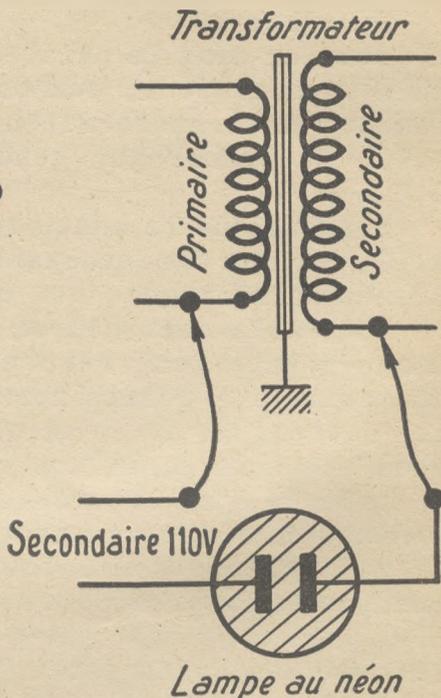


Fig. 6

La figure 5 représente l'essai d'un transformateur pour voir s'il n'y a pas un court-circuit ou défaut d'isolement entre l'un des enroulements et la masse. La figure 6 montre l'essai destiné à détecter un court-circuit ou un défaut d'isolement entre le primaire et le secondaire.

b) Sonnette à lampe à incandescence :

Sans source de courant, notre ampoule de contrôle servira pour détecter l'existence d'un courant dans divers circuits (par exemple, ligne du circuit de chauffage). Avec une source de courant elle nous permettra le contrôle des mêmes circuits en ce qui concerne leur continuité.

Si l'on dispose de plusieurs ampoules de différentes intensités on peut, par essais succes-

sifs, apprécier l'ordre de grandeur du courant traversant un circuit.

Signalons ici que pour tout contrôle des circuits comportant des bobines à forte self-induction (transformateurs d'alimentation, bobines de filtrage, etc...), il est préférable et même indispensable d'employer une source de courant continu et non alternatif, car ces bobines présentent aux courants alternatifs une résistance « réactive » d'autant plus élevée que leur coefficient de self-induction est plus grand.

Ainsi, par exemple, il serait vain d'essayer de contrôler le secondaire d'un transformateur d'alimentation, en se servant d'une ampoule de 10 à 15 W et du courant du secteur comme source auxiliaire : la résistance réactive (ou réactance) de cet enroulement au courant de 50 p/s est telle que l'ampoule ne s'allumerait pas, bien que nulle coupure n'y ait lieu.

Il est à noter que la continuité des circuits à réactance élevée peut être contrôlée en alternatif, mais en utilisant une lampe au néon, suivant les indications des figures 5 à 7.

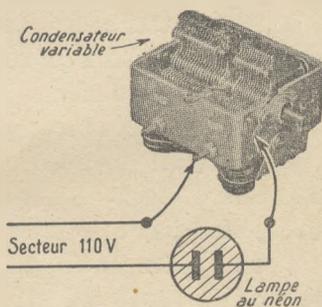


Fig. 7

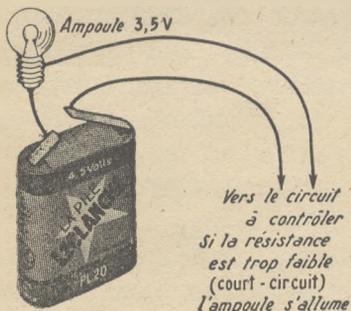


Fig. 8

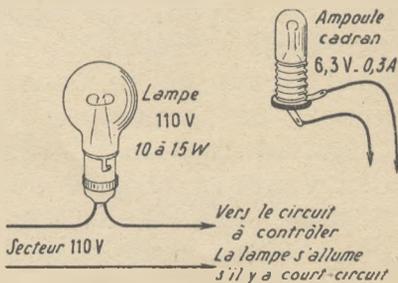


Fig. 9



Fig. 10

Sur les figures 8 à 10 sont donnés quelques exemples des sonnettes en question.

CONCLUSION

Jusqu'ici nous nous sommes occupés simplement du contrôle dit qualitatif. En effet, sans nous poser la question quant à la quantité, la valeur, l'intensité, le degré d'une manifestation électrique ou celui de la résistance d'un circuit, nous nous sommes attachés uniquement au problème de savoir s'il y a ou non du courant, de la tension, un court-circuit.

Il ne faut pas croire, cependant, que ce genre de contrôle n'est d'aucune utilité. Qu'il soit dit une fois pour toutes que toute mesure ou contrôle ne peut avoir lieu qu'après un contrôle qualitatif préliminaire, car c'est seulement quand nous savons à quoi nous en tenir quant à la nature et la polarité de la tension, la direction et la force du courant, la résistance d'un circuit, que nous pouvons envisager de faire des mesures quantitatives plus ou moins précises.

Il est bien entendu que les quatre types de « sonnettes » dont il a été question conviennent, chacun, plus particulièrement à un certains genre de contrôle. En nous guidant sur les indications données plus haut et en expérimentant chaque type sur les différents circuits d'un récepteur, nous nous rendrons compte, expérimentalement, du domaine d'application de chaque sonnette.

3. - MESURES QUANTITATIVES

Comme nous l'avons déjà noté au début de la première leçon, on appelle ainsi les mesures proprement dites, c'est-à-dire l'évaluation quantitative de la tension, de l'intensité d'un courant, de la puissance développée ou dissipée et, également, de la résistance, de la capacité et du coefficient de self-induction.

Comme dans le cas des mesures qualificatives, l'évaluation plus ou moins exacte des phénomènes électriques ou celle des caractéristiques propres aux circuits, nous oblige d'employer un traducteur, capable, cette fois-ci, non seulement d'indiquer, par exemple, la présence d'une tension entre deux points donnés, mais, en plus, capable

de nous fournir la valeur de cette tension. Nous nous apercevons, en fin de compte que toutes les mesures (ou presque) peuvent être effectuées à l'aide d'un appareil appelé galvanomètre, dont la fonction est de traduire les divers niveaux du courant électrique en déviations d'une aiguille mobile.

Nous allons voir, sans tarder, le principe et la conception de cet appareil, mais auparavant signalons encore que, depuis le développement de la technique électronique, d'autres traducteurs purement électriques ont été mis au point. Par exemple, l'oscillographe à tube cathodique, qui traduit non seulement les manifestations électriques suivant leur aspect général et leur valeur, mais permet également d'observer l'évolution des phénomènes variables dans le temps, en l'occurrence la forme des diverses oscillations, dont il trace la courbe sur l'écran d'observation. De là vient son nom « oscilloscope » ou « oscillographe », car d'une part il permet l'observation directe des phénomènes périodiques ou simplement variables (oscillogoscopie) et, d'autre part, procède au traçage des graphiques sur son écran (oscillographie).

Mais l'emploi et la description de l'oscillographe sortent du cadre de ces leçons pratiques, car pour aborder ce problème, il faut disposer d'une solide base théorique et pratique dans le domaine de la radio-électricité.

Il nous paraît donc plus utile de nous occuper maintenant du galvanomètre, de son principe, de sa structure, de ses diverses variantes et de la manière dont il est utilisé pour les différentes mesures.

GALVANOMÈTRES

Généralité :

Dans la pratique courante, les radio-techniciens utilisent le plus souvent des appareils dont le fonctionnement est basé sur l'influence mutuelle des champs magnétiques et électromagnétiques. Selon la nature des champs actifs (magnétiques ou électromagnétiques), leur posi-

tion ou leur déplacement relatif, ces appareils peuvent être de trois types différents :

1. - Galvanomètre à fer doux : champ électromagnétique fixe; équipage mobile en fer doux, solidaire de l'aiguille.

2. - Galvanomètre électrodynamique : champ électromagnétique fixe; stator et rotor; équipage mobile constitué par une bobine de self-induction. L'action mutuelle des deux champs électromagnétiques est créée par le courant provenant du circuit sur lequel est effectuée la mesure. Ces appareils ne sont pratiquement pas utilisés dans la radio et nous n'en parlerons pas.

3. - Galvanomètre électromagnétique : champ magnétique fixe (aimant permanent); équipage mobile constitué par une bobine de self-induction (cadre). L'action mutuelle des champs de l'aimant et du cadre provoque le déplacement de l'aiguille. Les appareils sont couramment appelés « galvanomètres à cadre mobile ».

Chacun de ces trois types d'appareils est approprié pour les mesures du genre correspondant (comme nous le verrons plus loin). Les classer par ordre de préférence serait une erreur, sauf s'il s'agit de mesures auxquelles tel ou tel galvanomètre est destiné.

I. - GALVANOMÈTRE A FER DOUX MOBILE

Cet appareil est constitué par un "stator", comportant une bobine, tandis que dans le champ de cette dernière se trouve une pièce en fer doux qui peut pivoter autour d'un axe. La position zéro est celle qui correspond à l'absence du courant dans la bobine. La déviation du "rotor" (R, fig. 11) est telle que nul mouvement, que ce soit dans un sens ou dans un autre, ne peut se produire sans l'application d'une force supplémentaire extérieure.

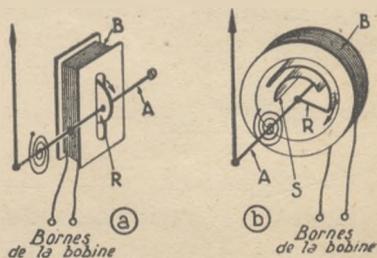


Fig. 11

Quand on désire mesurer, par exemple, l'intensité du courant dans un circuit, on laisse le courant en question traverser la bobine B qui crée alors un champ électromagnétique correspondant, qui agit sur la masse magnétique du "rotor". Dans le système 11_a, un disque en fer doux R, monté d'une façon excentrique sur l'axe A, solidaire de l'aiguille, est attiré plus ou moins vers l'intérieur de la bobine B lorsque cette dernière est traversée par un courant. Dans le système 11_b, nous avons l'effet de répulsion de la pièce mobile R par la pièce fixe S. Cela se produit indépendamment de la direction du courant, ou de la polarité, et le galvanomètre en question peut être utilisé aussi bien pour les mesures en continu qu'en alternatif.

Résistance propre

Un appareil de mesure utilisant un galvanomètre à fer doux est caractérisé par une consommation relativement importante et se prête surtout aux mesures des intensités élevées ou encore des tensions fournies par des sources à faible résistance interne. On dit que sa résistance propre est faible.

Cependant, il ne faut pas confondre la valeur appelée "résistance propre" avec la valeur absolue de la résistance ohmique d'un appareil. La résistance propre d'un appareil de mesures représente tout simplement l'inverse de l'intensité qui traverse l'appareil lorsque ce dernier mesure une tension de 1 volt. Autrement dit, si un appareil branché aux bornes d'une source de 1 volt consomme un courant de 20 mA (0,02 A), nous dirons que sa résistance propre est $1/0,02 = 50$ ohms pour un volt ou, plus simplement, 50 ohms par volt.

D'une façon générale, pour caractériser un appareil de mesures en tant que consommation, on dit qu'il présente une résistance propre de tant d'ohms par volt. Nous insistons donc sur le fait que cette "résistance propre" n'est qu'un coefficient et non pas une valeur absolue. En effet, nous pourrions nous rendre compte que la résistance réelle, appelée aussi résistance interne que nous

pouvons facilement mesurer, d'un galvanomètre, est une chose absolument différente de la '' résistance propre ''. L'égalité entre la résistance propre et la résistance réelle d'un appareil de mesure n'a lieu qu'au cas où la déviation maximum de son aiguille correspond à une tension de 1 volt. Par ailleurs, la résistance réelle que présente, par exemple, un voltmètre à multiples sensibilités (3 - 10 - 30 - 100 - 500 - 1.000 volts) s'obtient en multipliant la résistance propre par le nombre de volts correspondant à la déviation maximum de l'aiguille.

Par exemple, si la résistance propre d'un galvanomètre est de 100Ω par volt, sa résistance interne sur la sensibilité de 100 volts sera : $100 \times 100 = 10.000$ ohms.

Pour la sensibilité de 300 volts :
résistance interne = $300 \times 100 = 30.000$ ohms, etc.

Nous répétons donc qu'un galvanomètre à fer doux possède une résistance propre (ou R par volt) relativement peu élevée, qui se situe généralement entre quelques dizaines et 100-150 Ω par volt.

Un tel appareil est un outil de travail précieux et robuste. Il craint peu les surcharges, même très élevées, et sa déviation est indifféremment obtenue par le courant continu ou alternatif sans qu'il soit nécessaire de recourir aux redresseurs de courant. Or, les redresseurs sont généralement des pièces fragiles et coûteuses. Ils supportent mal (ou pas du tout) les surcharges, et, par surcroît, s'altèrent assez sensiblement avec le temps.

GALVANOMÈTRE A CADRE

Ce genre d'appareil est très souvent utilisé à cause de sa précision et de sa faible consommation (forte résistance propre).

Son principe est basé sur la tendance d'un conducteur parcouru par un courant et placé dans un champ magnétique, à se déplacer suivant la règle dite des trois doigts. Comme nous pouvons

le voir figure 12, le conducteur en forme de cadre C se trouve entre les pôles d'un puissant aimant A. Il est fixé sur un axe (B) dont la position initiale est déterminée par les ressorts D. Lors du passage du courant dans le cadre, ce dernier pivote autour de son axe et entraîne l'aiguille. Le déplacement de l'extrémité de l'aiguille par rapport aux graduations est proportionnel à l'intensité du courant.

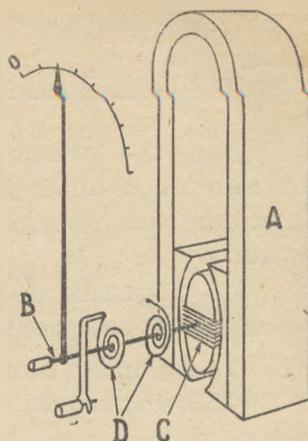


Fig. 12

La sensibilité d'un galvanomètre à cadre dépend de la puissance de l'aimant permanent et également du nombre d'ampères-tours du cadre.

Aussi, les modèles perfectionnés sont équipés de cadres à fil de très faible diamètre (2/100 à 3/100) permettant de loger un grand nombre de spires, tout en diminuant le courant nécessaire pour obtenir la déviation maximum.

Les galvanomètres à cadre sont employés surtout lorsqu'il s'agit d'obtenir une haute précision dans la mesure de faibles courants et tensions. Ils sont, par ailleurs, assez fragiles et doivent être maniés avec beaucoup de précautions.

On rencontre parmi ces appareils de grande précision, les galvanomètres dont la résistance propre atteint 10.000 et 20.000 Ω par volt.

Remarquons encore que les galvanomètres à cadre ne peuvent être employés que pour les mesures en continu, et que pour celles en alternatif, ils doivent être munis de redresseurs de courant.

Les figures 13 a et 13 b montrent l'aspect

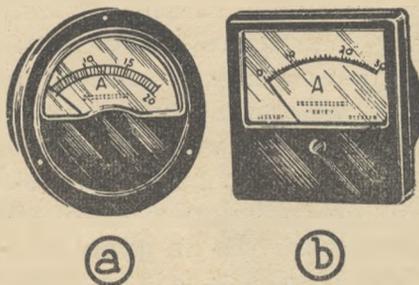


Fig. 13

extérieur des galvanomètres modernes, dont le diamètre du cadran peut varier entre 50 et 150 mm.

APPAREILS DE MESURES COMBINÉS

Dans la pratique courante, il est commode de disposer d'un appareil pouvant assurer les différentes mesures que l'on peut être appelé à effectuer.

Le minimum nécessaire dont nous avons besoin comporte les mesures de :

- 1) Tensions (continues et alternatives) de 3 à 750 volts);
- 2) Courants (continus et alternatifs) de 1 mA à 3 ampères;
- 3) Résistances de 1 ohm à 10 mégohms;
- 4) Capacités de 1.000 pF à 1 μ F.

Un appareil de ce genre, que l'on peut appeler "multimètre" ou "contrôleur universel", ne mesure en réalité que l'intensité du courant qui le parcourt, mais son cadran comporte diverses échelles de graduation sur lesquelles il est possible de lire, selon le cas, la tension à ses bornes, la résistance ou la capacité que nous devons mesurer. Bien entendu, pour ces deux dernières mesures, une source extérieure de tension est nécessaire. Les graduations correspondantes sont établies pour une tension déterminée de cette source et indiquent directement les valeurs des résistances en ohms (Ω) et des condensateurs en microfarads (μ F). Cependant, si pour la mesure des résistances il suffit d'avoir une source de tension continue, les capacités ne peuvent être mesurées qu'à l'aide d'une tension alternative. Dans ce dernier cas, on mesure en réalité la résistance réactive des condensateurs, c'est-à-dire leur capacitance. Cette dernière dépend également de la fréquence, et par conséquent, pour qu'il soit possible de graduer le cadran directement en unités de capacités, la fréquence de la source extérieure de tension alternative doit être déterminée une fois pour toute et utilisée tou-

jours pour la mesure des capacités. On utilise, presque toujours, la tension du secteur alternatif à 50 périodes.

Par ailleurs, il est parfaitement possible d'utiliser l'alternatif également pour la mesure des résistances. De ce fait, le secteur se révèle comme une source extérieure très appropriée, car il n'impose pas de limites de débit et sa fréquence reste constante (50 p/s).

Un exemple de combinaison pratique des appareils de mesure différents en un seul est donné par le contrôleur "V.O.C." et par le contrôleur "Métrix 460".

CONTROLEUR MINIATURE V.O.C.

Cet appareil particulièrement approprié à l'usage pratique permet la mesure des tensions et des intensités en alternatif et continu, des résistances et des capacités, en utilisant comme source extérieure le secteur alternatif de 50 p/s. En outre, il comporte une lampe au néon pouvant servir de sonnette et permettant la recherche de la polarité et la détermination des connexions « chaudes » du secteur (phase ou neutre).

Le galvanomètre utilisé est du type à fer doux, aussi les mesures en continu et en alternatif peuvent être assurées sans l'emploi de redresseur et, par conséquent, sans aucune commutation.

Le cadran de l'appareil comporte les graduations pour la lecture directe des tensions jusqu'à 600 V en 5 sensibilités, et des intensités jusqu'à 300 mA, en deux sensibilités.

Les graduations pour la mesure directe des résistances et des capacités, avec le secteur utilisé comme source extérieure, sont portées aussi sur le cadran.

L'ampoule au néon incorporée indique également les tensions supérieures à 65 V (allumage).

Le dessin de la figure 14 nous montre l'aspect extérieur du contrôleur V.O.C.



Fig 14

CONTROLEUR MINIATURE MÉTRIX 460

Cet appareil (fig. 15) est équipé d'un galvanomètre à cadre de grande résistance propre (10.000 ohms par volt) et permet la mesure précise des grandeurs suivantes :

Tensions continues et alternatives en 7 sensibilités (3 - 7,5 - 30 - 75 - 150 - 300 - 750 V);

Intensités continues et alternatives en 6 sensibilités (1,5 A);

Résistances en 2 sensibilités (2 à 20.000 ohms et 200 ohms à 2 M Ω).

Les mesures en alternatif se font par l'adjonction d'un redresseur (incorporé à l'appareil) au galvanomètre.

La mesure des résistances utilise, comme source de tension, une pile également incorporée.

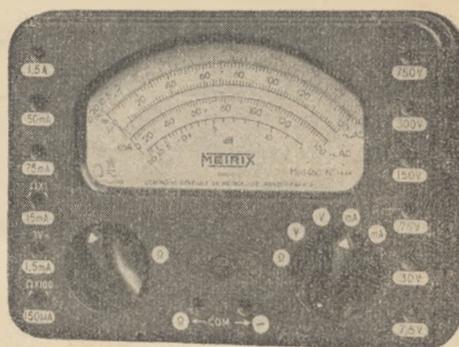


Fig. 15

DEUXIÈME LEÇON PRATIQUE

I. - RÉSISTANCES FIXES

a) Généralités et utilisation :

Les résistances utilisées actuellement dans la construction radio-électrique peuvent être classées en quatre catégories suivantes :

- 1) résistances agglomérées;
- 2) résistances à couche;
- 3) résistances miniatures à conducteur axial;
- 4) résistances miniatures à couche.

On utilise des résistances lorsqu'il s'agit d'obtenir une tension inférieure à celle de la source, pour l'alimentation des électrodes des tubes, pour obtenir un certain amortissement des circuits résonnants et, enfin, pour assurer l'écoulement des charges d'un point du montage, grille de commande par exemple. Les résistances dont il est question sont "actives" ou "ohmiques"; autrement dit, elles s'opposent au passage des courants continus ou alternatifs suivant une règle linéaire : la loi d'Ohm.

Leur fonction consiste tout simplement à transformer une quantité déterminée de l'énergie électrique en une quantité équivalente d'énergie calorifique.

Etant donné que la conductibilité des divers conducteurs est proportionnelle à la quantité des électrons libres qu'ils possèdent, toute diminution du nombre de ceux-ci est suivie d'une augmentation de la résistance. Cela provient du fait que le chemin que doit parcourir un électron libre d'un point à l'autre d'un matériau résistant est considérablement plus long que s'il s'agit d'un bon conducteur. Par suite de cette traversée plus laborieuse, il se dégage une certaine quantité de chaleur provenant en quelque sorte de la "friction" des électrons.

b) Caractéristiques des résistances :

En dehors de leur résistance, exprimée en ohms, ces pièces sont encore caractérisées par la quantité de chaleur maximum qui peut être dissipée sans dommage ni danger de détérioration. On définit ainsi la "puissance maximum admissible", ou "dissipation maximum admissible".

Admettons qu'une résistance de 10.000Ω est soumise à une différence de potentiel de 250 V. La force électromotrice qui apparaît alors à ses bornes étant également de 250 V, il en résultera un courant de :

$$I = \frac{V}{R} = \frac{250}{10.000} = \frac{25}{1.000} = 0,025 \text{ A} = 25 \text{ mA.}$$

Mais le passage d'un courant de 25 mA sous 250 V correspond à la dissipation d'une puissance de :

$$250 \times 0,025 = 6,25 \text{ watts,}$$

suivant la relation $P = V \times I$.

La puissance dissipée peut être également trouvée par les relations suivantes, découlant directement de la loi d'Ohm :

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (\text{puisque } I = \frac{V}{R})$$

$$\text{et } P = RI^2 \quad (\text{puisque } V = I \times R).$$

Dans tous ces calculs, ne jamais oublier d'exprimer V en volts, I en ampères et R en ohms.

En général, les résistances fabriquées industriellement sont prévues pour les puissances dissipées suivantes : 1/4, 1/2, 1, 2, 4 et 5 W lorsqu'elles utilisent des conducteurs à base de carbone ou de graphite.

Mais déjà à partir de 4 W, et presque obligatoirement au-dessus de 5 W, on utilise les conducteurs résistants métalliques tels que constantan, réotan, nickel-chrome, etc. On parle alors de résistances bobinées.

A ce propos, nous devons remarquer que ce type de résistances présente, pour certains usages, l'inconvénient de manifester, en plus de la résistance ohmique, une certaine impédance ou résistance réactive due à l'effet de la self-induction

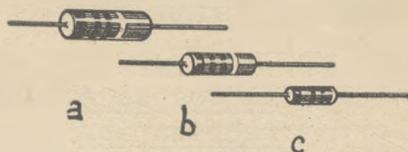
qui leur est propre. Bien entendu, cette résistance réactive ne se manifeste que lors du passage du courant alternatif et augmente avec la fréquence de celui-ci. Pour y remédier, en cas de nécessité, on effectue des enroulements bifilaires opposés. Du fait de l'opposition des self-inductions des sections bobinées dans le sens opposé, la réactance résultante est nulle.

Les résistances sont également caractérisées par la tension maximum admissible. En effet, lorsque la tension aux bornes d'une résistance est trop élevée, il peut se produire un amorçage, un arc, court-circuitant pratiquement les bornes.

La tension maximum admissible augmente, en règle générale, en même temps que la puissance et les dimensions.

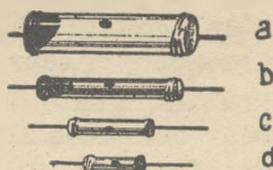
Toutefois, étant donné que la construction radio-électrique utilise des tensions dont la marge est assez bien déterminée (de 0 à quelques centaines de volts), les résistances courantes sont prévues en conséquence et peuvent être utilisées sans qu'il soit nécessaire de se préoccuper de leur tension maximum admissible.

La figure 16 nous montre l'aspect extérieur et les dimensions des résistances miniatures, tandis que la figure 17 donne les



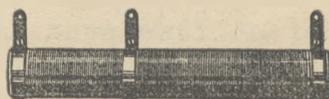
Type	Longueur	Diamètre	Puissance
a	16 mm	8 mm	2 W
b	10 mm	6 mm	1 W
c	24 mm	4 mm	0.5 W

Fig. 16



Type	Longueur	Diamètre	Puissance
a	45 mm	10 mm	2 W
b	35 mm	8 mm	0,5 W
c	25 mm	5 mm	0,25 W
d	4,5 mm	17 mm	1 W

Fig. 17



Longueur 100 mm
 Diamètre 20 mm
 Puissance 40 watts

Fig. 18

mêmes renseignements pour les résistances agglomérées normales.

La figure 18 représente une résistance bobinée de grande puissance, mais il existe également des résistances bobinées beaucoup plus petites, ayant les dimensions des résistances agglomérées de 1 ou 2 watts.

c) Marges de tolérance et détails de fabrication :

La plus grande partie des résistances couramment utilisées sont fabriquées avec une marge de tolérance entre $\pm 10 \%$ et $\pm 20 \%$, auquel cas cette marge n'est pas marquée. Pour les usages spéciaux, des résistances d'une précision supérieure sont souvent exigées. Celles de $\pm 5 \%$ sont assez courantes, tandis que pour une précision supérieure ($\pm 2 \%$, $\pm 1 \%$ ou $\pm 0,5 \%$) il y a lieu d'effectuer des commandes spéciales. Par ailleurs, ce degré de précision n'est exigé qu'en cas de construction d'appareils de mesures (ponts, contrôleurs).

Pratiquement, les résistances de 10% à 20% peuvent être indifféremment du type aggloméré ou autre, tandis que celles de précision sont presque exclusivement des types à couche ou bobinées (plus stables dans le temps).

Pour les usages spéciaux, entre également en ligne de compte la variation possible de la résistance initiale en fonction de la température. Pratiquement, une augmentation de la température est suivie d'un accroissement de la résistance. Il existe cependant des résistances dont le coefficient de température (% par degré) est insignifiant, voire négatif (résistances C.T.N.).

Ce dernier type de résistances, est, par exemple, utilisé pour la protection des chaînes de chauffage des lampes Rimlock et Noval, des séries "à courant constant", qui présentent "à froid" une résistance très inférieure à la résistance normale de fonctionnement "à chaud".

Or, une résistance C.T.N. possède, à froid, une valeur très élevée qui, après 2 minutes

de fonctionnement, diminue, par suite de l'échauffement, dans le rapport de 1/10 à 1/50. Il existe actuellement trois types de résistances C.T.N. (fig. 19) ayant, chacun, leur domaine d'utilisation.

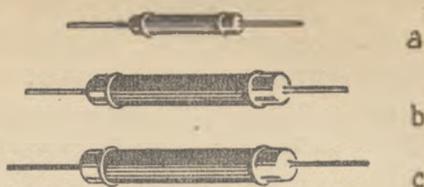


Fig. 19

Type	Longueur	Diamètre	R à froid	R à chaud	Courant max. admissible
a	36 mm	7,1 mm	2.000 à 7.000 ohms	44 ohms	300 mA
b	34,5 mm	6,6 mm	2.000 à 3.000 ohms	220 ohms	100 mA
c	19 mm	4,5 mm	8.000 à 15.000 ohms	220 ohms	100 mA

Contrairement à ce que l'on peut supposer, les résistances ne sont pas fabriquées pour une valeur donnée d'avance. Ainsi, par exemple, à la confection des résistances agglomérées, les bâtonnets obtenus sont triés suivant leur résistance, d'abord avec une marge de $\pm 5\%$, ce qui donne une certaine quantité (généralement pas très élevée) des différentes valeurs, et ensuite avec une marge de $\pm 20\%$ (ou $\pm 10\%$). Les résistances sont marquées après le triage suivant leur valeur moyenne. Ainsi dans un lot de résistances de $20\text{ k}\Omega$ à $\pm 10\%$ nous rencontrerons les valeurs allant de $20\text{ k}\Omega - 10\% = 18\text{ k}\Omega$ à $20\text{ k}\Omega + 10\% = 22\text{ k}\Omega$; de même parmi les résistances de $100\text{ k}\Omega$ à $\pm 20\%$ se trouveront les pièces de $80\text{ k}\Omega$ à $120\text{ k}\Omega$.

Cependant, la majorité des résistances d'un groupe provenant du même lot (fabrication à partir de la même pâte résistante) sont en réalité très proches de la valeur moyenne indiquée. Les écarts de quelques % (3 à 5 %) sont assez fréquents, tandis que ceux de 15 à 20 % sont assez rares. En outre, le triage est effectué de manière que les résistances puissent avoir une valeur

inférieure à la moyenne plus souvent qu'une valeur supérieure, cela en vue de :

- compenser l'augmentation de la résistance avec la température;
- permettre l'ajustage précis par l'adjonction de résistances en série.

Pratiquement, il serait plus juste de dire que la marge de tolérance s'étend de $\pm 5\%$ à -15% que de $+10\%$ à -10% .

Signalons encore, au sujet de résistances agglomérées, que leur emploi n'est possible que là où les exigences concernant la précision et la stabilité sont minimales.

Si les résistances agglomérées fabriquées à partir d'une même cuisson peuvent présenter des variations de leur valeur de plus de 10% , tel n'est pas le cas lors de la préparation des résistances "à couche", car le matériau utilisé est, dans ce cas, d'une qualité supérieure, en l'occurrence plus homogène, plus stable et pur. Généralement, la marge de précision des résistances à couche n'est jamais inférieure à $\pm 5\%$. Mais à partir d'une même "cuisson" on peut obtenir un grand nombre de valeurs différentes.

En effet, la résistance obtenue définitivement est déterminée par :

- 1) l'épaisseur de la couche;
- 2) sa longueur;
- 3) sa section.

Or, cette dernière peut être diminuée dans la proportion de $1/100$, tandis que la longueur de la couche conductrice peut varier dans la proportion de 1 à 20 ou 30.

Il en résulte qu'il est possible de fabriquer, à partir d'un même mélange résistant, des pièces dont la résistance peut varier de 1 à 3.000 et plus. La variété peut être encore augmentée en utilisant des supports de diverses dimensions.

Bien que les résistances à couche soient, apparemment, d'une qualité supérieure à celles du type aggloméré, elles présentent l'inconvénient

d'une faible marge de sécurité et sont assez fragiles, tant du point de vue électrique que mécanique.

La section de la couche résistante est généralement juste suffisante pour dissiper une puissance donnée avec une marge rarement supérieure à 10-20 %. La moindre surcharge peut occasionner la détérioration, coupure, etc. Cette même couche peut être endommagée par des chocs ou l'humidité.

La pratique du dépannage radio démontre que l'utilisation des résistances à couche occasionne, très souvent, des pannes intermittentes. Cela n'est valable, bien entendu, que pour les cas d'emploi de matériel de qualité ordinaire, tandis que certaines maisons assurent un très long service à leurs résistances à couche, en les protégeant d'une manière très efficace et en appliquant une marge suffisante de sécurité au point de vue puissance maximum.

Actuellement l'utilisation des résistances miniatures (caractérisées, comme leur nom l'indique, par leurs faibles dimensions) se généralise.

- Ces résistances peuvent être de deux types :
- à conducteur central enrobé;
 - à couche (enrobées ou protégées par une pellicule en matière polyvinylique).

Signalons tout de suite que les résistances miniatures du premier groupe sont non seulement de dimensions plus réduites par rapport aux classiques " agglomérées ", mais possèdent également une marge de sécurité plus grande, une précision supérieure et, en général, assurent plus de sécurité.

Ces résistances sont constituées par un conducteur en forme de bâtonnet, se trouvant à l'intérieur d'un minuscule tube de verre, le tout étant recouvert d'une épaisse enveloppe de matière moulée. Ainsi, la substance conductrice est parfaitement protégée, aussi bien contre la détérioration mécanique éventuelle que contre l'action des agents chimiques (acides, humidité, etc.).

II. - MARQUAGE DES RÉSISTANCES, CODE DES COULEURS

Nous pouvons facilement concevoir les inconvénients que représenterait le marquage des résistances directement par leur valeur numérique. Aussi, dès le début du développement de la technique radio-électrique a-t-on songé à l'élaboration d'un système de marquage plus rationnel. Le "code des couleurs" qui en résulte est employé aujourd'hui presque exclusivement, sauf pour les résistances bobinées.

En nous reportant au tableau, nous pouvons constater que dans ce système, les chiffres de 0 à 9 sont symbolisés par des couleurs. En outre, la signification des couleurs change suivant l'emplacement de la marque sur le corps de la résistance.

<u>Couleur</u>	A	B	C	D
Noir		0	Sans signification	
Marron	1	1	0	
Rouge	2	2	00	
Orange	3	3	000	
Jaune	4	4	0000	
Vert	5	5	00000	
Bleu	6	6	000000	
Violet	7	7	0000000	
Gris	8	8		
Blanc	9	9		
Or				± 5 %
Argent				± 10 %
Sans couleur ou de la même cou- leur que A				± 20 %

Le déchiffrage est, par ailleurs, très simple, et la lecture devient bien vite automatique. Voyons tout d'abord le marquage des résistances agglomérées. Après avoir appris par coeur la

correspondance entre les chiffres et les couleurs, il faut retenir également que :

- 1) la couleur du corps (A) de la résistance représente le premier chiffre de sa valeur;
- 2) la couleur de l'extrémité (B) symbolise le deuxième chiffre de la valeur;
- 3) le point (C), situé sensiblement au milieu du corps, donne le nombre de zéros que l'on doit placer après les deux premiers chiffres. Un point noir n'a pas de signification;
- 4) la couleur de la deuxième extrémité (D) indique la tolérance.

Le tableau suivant nous donne quelques exemples de déchiffrage des résistances marquées suivant la figure 20 a.

A	B	C	D	Valeur et tolérance en %
Rouge	Noir	Noir	Rouge	20 ohms; $\pm 20\%$
Rouge	Rouge	Rouge	Argent	2.200 ohms; $\pm 10\%$
Marron	Vert	Orange	Marron	15.000 ohms; $\pm 20\%$
Orange	Orange	Orange	Orange	33.000 ohms; $\pm 20\%$
Jaune	Violet	Orange	Jaune	47.000 ohms; $\pm 20\%$
Jaune	Violet	Jaune	Argent	470.000 ohms; $\pm 10\%$
Marron	Noir	Vert	Marron	1 M Ω ; $\pm 20\%$

Les résistances miniatures sont marquées suivant un système semblable, avec cette différence que le premier chiffre est représenté par la couleur du premier anneau (A, fig. 20 b), le deuxième par celle du deuxième anneau (B), tandis que le troisième anneau (C) représente le nombre de zéros. Pour éviter, dans ce système, les erreurs du sens de lecture, à la fin du chiffre "codé" se trouve un anneau argenté ou doré (dans certains

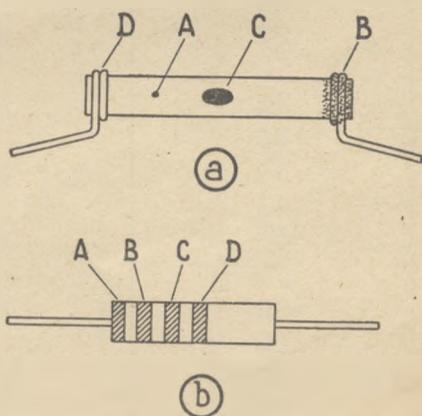


Fig. 20

cas seulement) qui indique la tolérance suivant les indications données plus haut.

Valeurs standardisées :

Afin de faciliter les approvisionnements et standardiser la fabrication, il a été créé trois échelles de valeur, suivant qu'il s'agit d'une tolérance, par rapport à la valeur nominale, de $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ ou $\pm 20\%$. A signaler que dans la plupart des récepteurs courants, la tolérance de $\pm 20\%$ est largement suffisante.

Le tableau suivant nous donne ces trois échelles :

Tolérance $\pm 5\%$	Tolérance $\pm 10\%$	Tolérance $\pm 20\%$
10	10	10
11		
12	12	
13		
15	15	15
16		
18	18	
20		
22	22	22
24		
27	27	
30		
33	33	33
36		
39	39	
43		
47	47	47
51		
56	56	
62		
68	68	68
75		
82	82	
91		
100	100	100

Autrement dit, nous ne pouvons pas avoir une résistance de 50.000 ohms, par exemple, dans aucune des trois échelles, et devons prendre, suivant la tolérance admise, une 47.000 ohms, une 56.000 ohms ou une 51.000 ohms.

Enfin, pour terminer cette leçon pratique sur les résistances, nous donnons ci-après un tableau permettant de déterminer instantanément la puis-

<u>Valeur de R</u> (ohms)	<u>Courant admissible en mA</u> <u>pour une résistance de :</u>						
	1/4 W	1/2 W	1 W	2 W	5 W	10 W	20 W
25	100	140	200	280	450	640	900
50	71	100	142	200	316	450	630
100	50	70	100	140	224	316	448
150	40	58	80	116	182	260	364
200	35	50	70	100	158	225	316
300	29	41	58	82	128	183	256
400	25	35,5	50	70	112	158	224
600	20	29	40	58	90	130	180
1.000	15,8	22,4	32	45	71	100	142
1.500	12,9	18,2	26	36,4	58	82	116
2.000	11	15,8	22	31,6	50	71	100
3.000	9,1	13	18,2	26	41	58	82
4.000	7,9	11,2	14,8	22,4	35	50	70
6.000	6,3	9,2	12,6	18,4	25	40	50
10.000	5	7,1	10	14,2	22	32	44
15.000	4,1	5,8	8,2	11,6	18	26	36
20.000	3,5	5	7	10	16	22	32
30.000	2,9	4,1	5,8	8,2	13	18,2	26
40.000	2,5	3,5	5	7	11	14,8	22
60.000	2	2,9	4	5,8			
100.000	1,58	2,2	3,2	4,4			
150.000	1,29	1,8	2,6	3,6			
200.000	1,1	1,6	2,2	3,2			
300.000	0,9	1,3	1,8	2,6			
400.000	0,78	1,12	1,5	2,24			
600.000	0,63	0,92	1,26	1,84			
1 MΩ	0,49	0,71	1	1,42			
1,5 MΩ	0,41	0,58	0,82	1,16			
2 MΩ	0,35	0,5	0,7	1			
3 MΩ	0,29	0,41	0,58	0,82			
4 MΩ	0,29	0,35	0,5	0,7			
10 MΩ	0,16	0,22	0,32	0,44			

sance dissipée d'après l'intensité qui doit traverser la résistance.

Nous voyons, d'après ce tableau, que :

- 1) En doublant la puissance dissipée on multiplie par 1,4 environ l'intensité maximum admissible.
- 2) En multipliant la puissance dissipée par 4 on double l'intensité maximum admissible.
- 3) Lorsque la valeur d'une résistance augmente de 10 fois, l'intensité maximum admissible est à diviser par 3,16 environ.

TROISIÈME LEÇON PRATIQUE

UTILISATION DES RÉSISTANCES DANS LES MONTAGES ET LEUR MESURE SUR PLACE

DIFFÉRENTS CAS D'UTILISATION

Les résistances fixes sont employées dans les montages radio et autres (télévision, appareils de mesures) dans les cas suivants :

- 1) Pour obtenir des tensions plus faibles que celles de la source commune (abaisseurs ou diviseurs de tension) (fig. 21).
- 2) Pour limiter l'intensité du courant qui traverse un élément quelconque (un filament de lampe, par exemple) (fig. 22).
- 3) Pour amortir des circuits résonnants (fig. 23).
- 4) Pour assurer l'écoulement des charges électriques (par exemple de la grille de commande des lampes vers la masse) (fig. 24).
- 5) Pour constituer, en combinaison avec les condensateurs, des éléments de charge et de liaison répondant à certaines conditions (fig. 25).
- 6) Pour former des filtres-sélecteurs de fréquence (passe-bas, passe-haut ou "résonnant" à une fréquence donnée) (fig. 26, 27 et 28).

Tout radio-technicien peut être appelé à mesurer les éléments des différents systèmes ci-dessus, pour localiser une pièce défectueuse ou ayant une valeur trop différente de la normale, indispensable pour le fonctionnement correct du montage.

Malgré la diversité des cas d'utilisation des résistances, toutes les variantes de branchement des systèmes complets peuvent être ramenées à deux circuits fondamentaux, car n'importe quelle

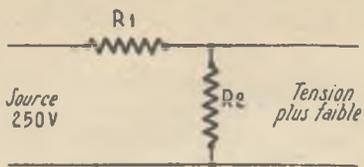


Fig. 21

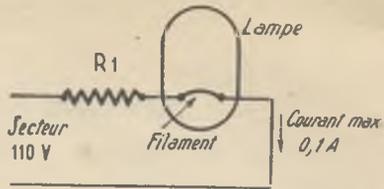


Fig. 22

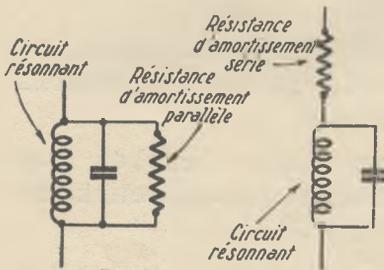


Fig. 23

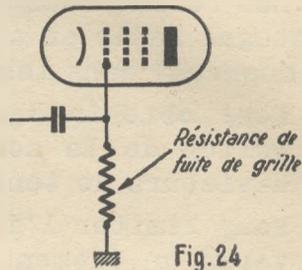


Fig. 24

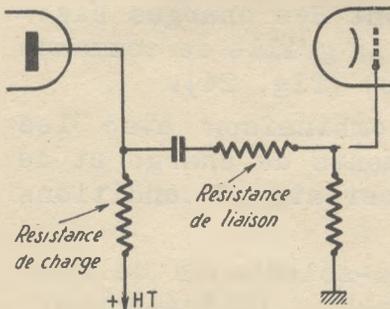


Fig. 25

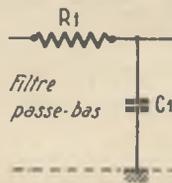


Fig. 26

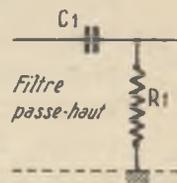


Fig. 27

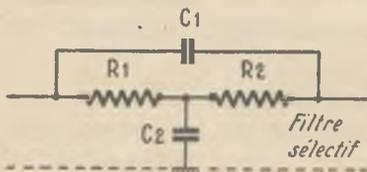


Fig. 28

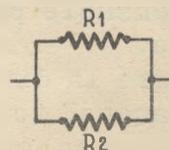


Fig. 29

combinaison, aussi compliquée soit-elle, peut se réduire au montage "parallèle" (fig. 29), au montage "série" (fig. 30) ou à une combinaison



Fig. 30

plus ou moins compliquées des deux. Pour plus de clarté, nous examinerons les opérations de mesure en prenant quelques cas pratiques.

MESURES PRATIQUES

La figure 31 représente un diviseur de tension constitué par trois résistances branchées en série. Aux points B et C on dispose de tensions de 100 V et de 10 V, respectivement (*), à condition que le rapport entre les différentes valeurs R_1 , R_2 et R_3 soit celui indiqué en marge de la figure. A partir d'une tension donnée V , on peut obtenir toutes les tensions intermédiaires entre V et zéro en modifiant en conséquence le rapport des résistances. On utilise les diviseurs pour alimenter les grilles-écrans ou pour obtenir une polarisation, un potentiel plus ou moins élevé sur la grille de commande d'un tube (fig. 32).

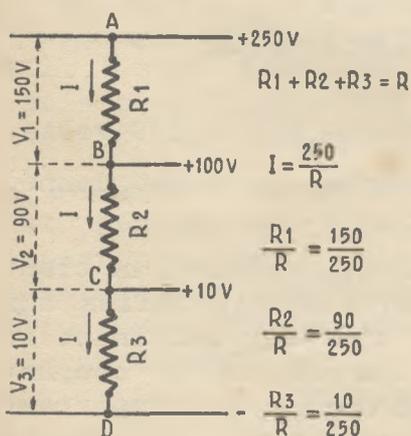


Fig. 31

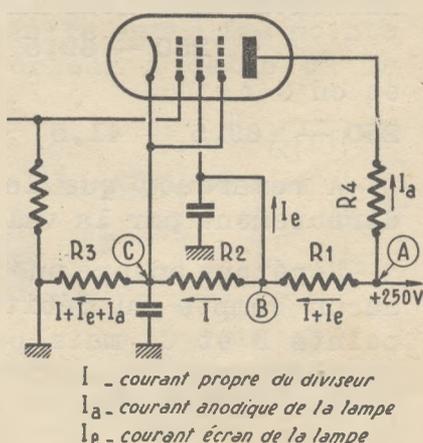


Fig. 32

(*) Nous omettons, momentanément, l'influence du débit des éléments reliés à ces points.

Connaissant le rapport qui existe entre les résistances d'un diviseur et les tensions obtenues, nous pouvons soit ajuster ce rapport par la mesure des tensions, soit prévoir les tensions obtenues d'après la valeur des résistances.

Si, par exemple, en mesurant les résistances d'un système tel que celui de la figure 31, nous trouvons :

$$R_1 = 25.000 \text{ ohms;}$$

$$R_2 = 15.000 \text{ ohms;}$$

$$R_3 = 15.000 \text{ ohms;}$$

nous aurons :

$$R_1 + R_2 + R_3 = R = 90.000 \text{ ohms.}$$

Par conséquent, les différentes tensions V_1 , V_2 et V_3 seront données par les relations

$$V_1 = \frac{R_1 \times 250}{R} = \frac{6.250.000}{90.000} = 69,5 \text{ volts;}$$

$$V_2 = \frac{R_2 \times 250}{R} = \frac{3.750.000}{90.000} = 41,5 \text{ volts;}$$

$$V_3 = \frac{R_3 \times 250}{R} = \frac{12.500.000}{90.000} = 139 \text{ volts.}$$

Autrement dit, nous aurons en B :

$$250 - 69,5 = 180,5 \text{ volts;}$$

et en C :

$$250 - (69,5 + 41,5) = 250 - 111 = 139 \text{ volts.}$$

A remarquer que la tension en C est donnée directement par la valeur de V_3 .

Répetons encore une fois que ce calcul ne tient aucun compte du débit des éléments reliés aux points B et C, mais peut s'avérer suffisant en première approximation, surtout si le courant propre du diviseur de tension (I) est important par rapport aux débits secondaires. En réalité les tensions en B et C sont inférieures aux valeurs trouvées ci-dessus.

D'ailleurs, le schéma de la figure 32 repré-

sente un cas réel d'application d'un diviseur de tension. Si nous avons :

$$I = 25 \text{ mA};$$

$$I_a = 5 \text{ mA};$$

$$I_e = 1 \text{ mA};$$

et que nous devons avoir 2,5 volts en C et 90 volts en B, la valeur des résistances sera :

$$R_3 = \frac{2,5}{0,031} = 80 \text{ ohms environ};$$

$$R_2 = \frac{90 - 2,5}{0,025} = \frac{87,5}{0,025} = 3.500 \text{ ohms};$$

$$R_1 = \frac{160}{0,026} = 6.150 \text{ ohms}.$$

La mesure de résistances doit s'effectuer obligatoirement sur des résistances dont au moins un côté est déconnecté du montage, sinon la valeur mesurée pourrait être celle d'un système complexe résultant de la présence d'éléments étrangers en parallèle sur la résistance mesurée (fig. 33). De plus, la mesure d'une résistance doit toujours se faire à froid, c'est-à-dire le courant étant coupé dans le récepteur.

En effet, en examinant la figure 33 nous voyons que la résistance réelle entre les points A et B sera toujours inférieur à celle de la résistance R_2 qui fait l'objet du contrôle.

Evidemment, l'erreur est généralement peu importante, mais une habitude de négliger l'influence de l'ensemble du montage sur les indications de l'appareil peut occasionner, dans certaines conditions, de gros ennuis et des pertes de temps.

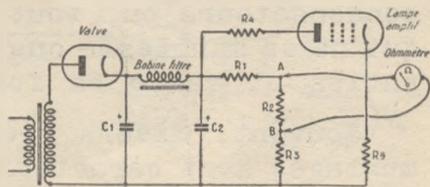


Fig. 33

On peut être appelé à contrôler les résistances lorsque les tensions (ou les intensités)

qu'elles déterminent sont incorrectes. Mais une résistance peut être également la cause d'un fonctionnement défectueux, dont nous nous rendons compte par d'autres manifestations. Il en est ainsi lorsqu'il s'agit de la défectuosité des résistances de fuite de grille, de détection, de charge. Leur coupure, ou leur valeur nettement incorrecte, se traduisent par des distorsions, des blocages, des accrochages. Bien que les mesures ne puissent être effectuées sur un montage en fonctionnement, il est préférable d'y procéder pendant que celui-ci est encore "chaud", immédiatement après l'arrêt.

En dehors de la mesure des résistances à proprement dit, on mesure également la résistance ohmique des diverses autres pièces : bobines, enroulements des transformateurs, condensateurs au papier ou électrochimiques (en vue de contrôler l'isolement). La diversité des objets à contrôler implique certaines précautions. Ainsi, par exemple, tandis que les résistances pures et les petites bobines (de faible self-induction) ne posent pratiquement pas de problèmes difficiles, la mesure de la résistance des bobines à grande self-induction (transformateurs et bobines d'arrêt B.F.) ou des condensateurs (au-dessus de quelques centaines de pF), exige l'emploi d'appareils (appelés ohmmètres) dotés d'une source de courant continu. Cela est nécessaire à cause de la résistance réactive (appelée, suivant les cas : inductance pour les bobines, réactance pour les condensateurs ou, tout simplement, impédance), qui ne se manifeste que pour les courants alternatifs et varie en fonction de la fréquence.

Souvent, divers éléments employés dans les montages sont caractérisés par leur "résistance équivalente", "apparente", "interne", etc. Tel est, par exemple, le cas de la "résistance équivalente de souffle" ou encore "résistance interne d'une lampe". Or, l'emploi de la définition "résistance" dans tous ces cas est dû à la similitude de l'effet observé avec celui qui peut être produit par une résistance "matérielle", si elle se trouve dans le circuit. On

dit, par exemple, qu'une bobine ou une lampe produit un souffle égal à celui qui proviendrait du branchement dans le circuit idéal d'une certaine résistance R , ce qui est parfaitement juste. Il n'en demeure pas moins impossible de mesurer cette résistance à l'aide des appareils de mesure.

La résistance interne des lampes ne peut être mesurée non plus, du moins à l'aide d'un ohmètre. Car en réalité R_i (symbole de la résistance interne d'une lampe) exprime le rapport entre les variations du courant anodique d'une lampe et celles de la tension sur sa grille de commande. Ce rapport peut s'écrire :

$$\frac{V_r}{I_a}$$

et possède donc la même structure (volts divisés par ampères) que celui qui définit une résistance

$$\frac{V}{I} = R.$$

PREMIER EXEMPLE PRATIQUE

Dans un montage (fig. 34), nous avons affaire à un diviseur de tension combiné, constitué par V_1 , V_2 , V_3 , V_4 et R_5 , V étant les filaments des lampes d'intensité inégale de chauffage. Etant donné qu'à l'origine le montage a été conçu correctement et a fonctionné, il faut découvrir la cause du claquage périodique (non simultané) des filaments de V_2 et V_4 (V_4 est "claqué" plus souvent que V_2).

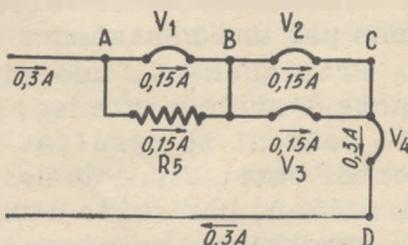


Fig. 34

La chaîne est constituée par trois groupes : AB, BC, CD, mis en série et parcourus par un courant de même intensité. Puisque le courant est le même, la résistance de chaque groupe est proportionnelle à la tension que l'on trouve à ses

bornes. Or, en consultant les caractéristiques des lampes, nous trouvons :

V_4 (25 L 6) — $I_f = 0,3$ A; $V_f = 25$ V;

V_2 (12 AT 6) — $I_f = 0,15$ A; $V_f = 12,6$ V;

V_3 (12 BA 6) — $I_f = 0,15$ A; $V_f = 12,6$ V;

V_1 (12 BE 6) — $I_f = 0,15$ A; $V_f = 12,6$ V.

Nous en déduisons que pour faire passer par V_1 un courant de 0,15 A, il faut dévier le surplus, soit 0,15 A, par la résistance R_5 . Branchée aux bornes de V_1 , elle doit créer la même chute de tension que le filament V_1 : 12,6 V. Nous trouvons donc :

$$R = \frac{12,6}{0,15} = 84 \text{ ohms,}$$

tandis qu'en mesurant nous trouvons 38 Ω , d'où la résistance globale A-B plus faible que la normale et la chute de tension entre A et B plus faible également. Cela provoque, évidemment, l'augmentation de la chute de tension aux bornes des groupes BC et CD. Cependant c'est le filament V_4 (CD) qui supporte pratiquement toute l'augmentation de V et de I, tandis que V_2 et V_3 ne subissent qu'une action partielle. Mais nous devons tenir compte d'une part de la fréquente dissymétrie entre V_2 et V_3 , qui occasionne de temps en temps le claquage de V_2 (12AT6, caractérisée par un filament plus fragile que celui de la 12BA6).

Ainsi, le claquage du filament de V_4 est dû à la diminution de la valeur de R_5 , que nous remplaçons par une résistance de 84 Ω .

Pratiquement, une diminution aussi considérable d'une résistance, en l'occurrence bobinée, est souvent le résultat d'un court-circuit accidentel entre l'une de ses extrémités et ses spires du milieu, par suite d'un contact avec des pièces ou connexions voisines non isolées. Il est également possible que l'origine de la panne soit un court-circuit entre le filament et la cathode de V_1 , ce qui donne un résultat identique (diminution de résistance entre A et B et augmentation de la tension appliquée sur les deux autres groupes). Il faudra, dans tous les cas, procéder au contrôle de tous les éléments.

Ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer précédemment, toute pièce à mesurer doit être déconnectée du montage.

DEUXIEME EXEMPLE PRATIQUE

Prenons maintenant un exemple plus complexe, celui de la figure 35.

Les résistances employées ici ont les fonctions suivantes :

R_1 : polarisation, autrement dit établissement d'une différence de potentiel (suivant les caractéristiques du tube) entre la cathode et la grille de commande, la grille étant négative par rapport à la cathode, ce qui correspond à une cathode positive par rapport à la masse.

Pont R_2 - R_3 : diviseur de tension assurant à la grille-écran la tension nécessaire (généralement 50 à 150 V).

R_4 est la charge du tube.

Lorsqu'on constate une anomalie de fonctionnement (le plus souvent, manque de sensibilité), il est possible de commencer par la vérification des tensions, mais on peut également mesurer directement les résistances, si toutefois leur valeur nous est connue. Tout décalage de plus de 25 % des valeurs relevées par rapport à celles mentionnées sur le schéma ou indiquées directement sur les résistances (code ou chiffres) devra faire l'objet de rectification. La mesure des résistances et non pas celle des tensions devient inévitable s'il est impossible de mettre le poste sous tension. Tel est le cas si la panne est un court-circuit sur la ligne H.T., occasionnant un débit exagéré lors de la mise en marche. A défaut d'autres sources d'information, la valeur correcte des résistances sera déterminée par des calculs à partir des tensions et intensités propres à la lampe et fournies par les notices ou lexiques.

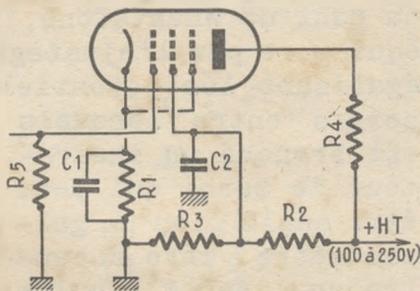


Fig. 35

PRINCIPE DES DIFFÉRENTS TYPES D'OHMMÈTRES

Les ohmmètres utilisés pour les mesures en radio-électricité peuvent être à lecture directe, équipés d'un galvanomètre au cadran gradué directement en ohms, ou basés sur le principe du pont de Wheatstone, permettant d'établir un équilibre par l'ajustage d'un élément variable, égalisant les potentiels en B et D (fig. 36), points entre lesquels est branché un indicateur de zéro, qui peut être aussi bien un galvanomètre à zéro au centre de l'échelle qu'un œil magique du genre EM34 ou 6AF7, pourvu qu'il soit suffisamment sensible. Les deux types d'ohmmètres ne peuvent fonctionner qu'à l'aide d'une source de tension indifféremment continue (piles) ou alternative (secteur, oscillateur B.F.).

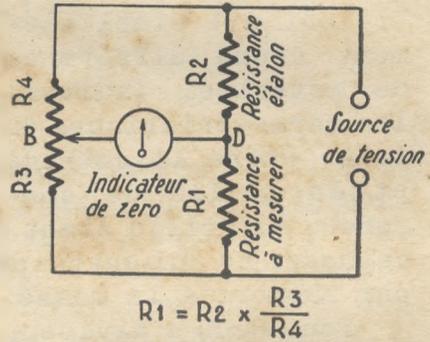


Fig. 36

Les deux schémas de la figure 37 indiquent le principe d'ohmmètres classiques, faisant souvent partie d'un contrôleur universel. Le premier (fig. 37 a) peut être utilisé pour toutes les valeurs de R, tandis que le second (fig. 37 b) ne

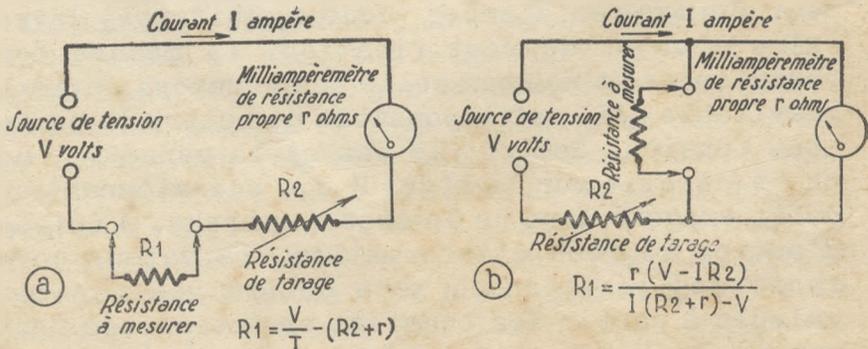


Fig. 37

convient que pour des résistances faibles, telles que $R_1 \leq 5r$ environ.

Les ohmmètres de la figure 37 sont caractérisés par une graduation très irrégulière de l'échelle (fig. 38). Pratiquement, une lecture tant soit peu précise n'est possible qu'entre 5.000 et 500.000 ohms pour l'exemple de cette figure, ce qui nécessite la subdivision de la plage de mesures en plusieurs gammes.

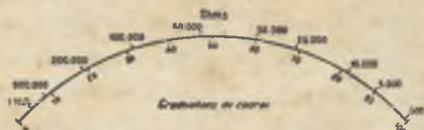


Fig. 38

Si l'on veut de la précision, seuls les ponts de mesures peuvent être employés. Cependant, leur maniement est plus compliqué et, en général, ils sont plus encombrants et plus coûteux, peu commodes en tant qu'appareils portatifs pour le service courant.

Le pont conçu suivant le schéma de la figure 36 demande, pour couvrir une gamme étendue de résistances, la commutation de la résistance-étalon R_2 , chaque résistance-étalon étant utilisée pour couvrir une gamme dans le rapport de 1 à 10.000, sa valeur étant celle qui correspond à la graduation milieu de la gamme. Autrement dit, avec une résistance-étalon de 100 ohms, on peut couvrir, théoriquement, une gamme de $100/100 = 1$ ohm à $100 \times 100 = 10.000$ ohms, mais, dans la pratique, on se limite au rapport 1 à 100 car aucune lecture précise n'est possible en dehors de ces limites, le cadran d'un tel pont ayant une graduation représentée dans la figure 39.

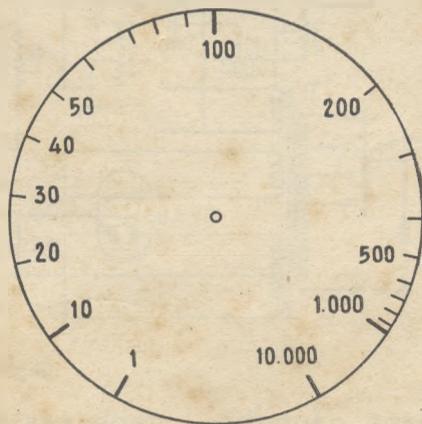


Fig. 39

On peut concevoir un pont un peu différemment, suivant le schéma de la figure 40, par exemple. La résistance R_1 y est de la même valeur que le potentiomètre R_2 et, de ce fait, la gamme couverte se trouve for-

tement réduite et, en même temps, l'étalonnage du cadran change complètement. La gamme pratique-

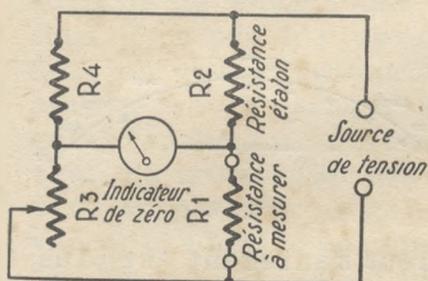


Fig. 40

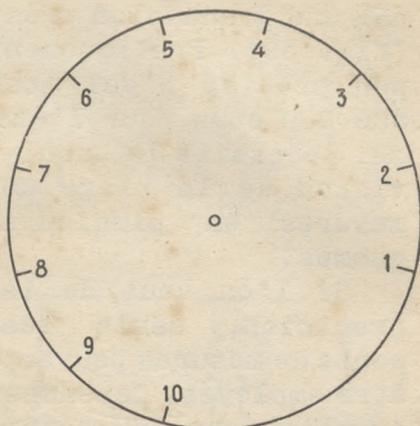


Fig. 41

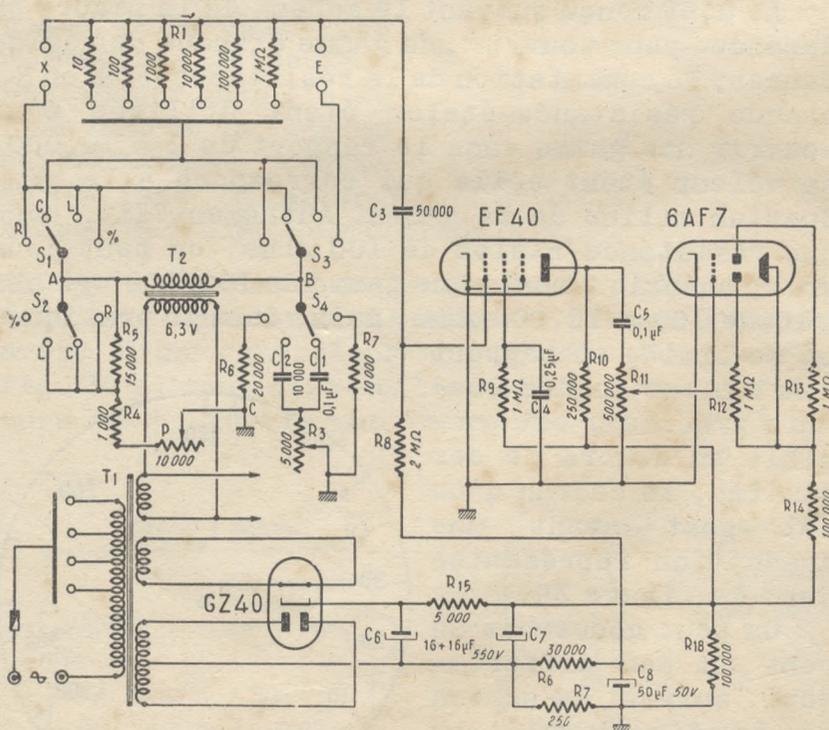


Fig. 42

ment couverte, dans ces conditions, est dans le rapport de 1 à 10 et la graduation devient pratiquement linéaire, comme le montre le croquis de la figure 41. Les résistances-étalon R₂, égale-

ment commutables, se suivent donc comme les puissances de 10 : 1, 10, 100, 1.000 ohms, etc., tandis que dans le schéma de la figure 36 elles se suivent comme les puissances paires (ou impaires) de 10, c'est-à-dire soit :

1, 100, 10.000 ohms, etc.,
soit 10, 1.000, 100.000 ohms, etc.

Les ponts utilisés pour la mesure des résistances sont généralement prévus, en même temps, pour la mesure des capacités et, plus rarement, pour celle des bobinages (coefficient de self-induction). Il est évident que pour la mesure des condensateurs la source de tension doit être alternative.

Le schéma de la figure 42 nous montre un exemple de réalisation d'un pont universel, alimenté sur alternatif, et permettant la mesure des résistances de 1Ω à $1 M\Omega$ (position R des commutateurs A et B), des capacités de 100 pF à 100 μF (position C), des bobines de 100 μH à 100 H (position L). Il permet également la comparaison d'un élément quelconque à un étalon que l'on branche en E.

QUATRIÈME LEÇON PRATIQUE

CONDENSATEURS FIXES

I. - GÉNÉRALITÉS

Dans la pratique radio-électrique on emploie couramment des condensateurs dont la capacité varie de quelques picofarads à 1.000 et même 2.000 microfarads (pF = picofarad remplace la dénomination un peu longue de : micro-microfarad = $1 \mu\mu\text{F} = 1/10^{12} \text{ F}$ ou 10^{-12} F , c'est-à-dire un millionième de millionième de farad).

Il est logique de classer les divers condensateurs suivant leur diélectrique, car en même temps, cette classification englobe également la valeur des condensateurs.

En effet, étant donné que la capacité d'un condensateur est fonction quadratique de la constante diélectrique du matériau qui sépare ses armatures, et fonction directe de leur surface, pour obtenir une plus forte capacité, il est plus rationnel d'agir sur le diélectrique que sur la surface.

Nous pouvons donc établir le tableau suivant :

<u>Diélectrique</u>	<u>Valeurs courantes</u>	<u>Tensions de service</u>
Mica	1 à 10.000 pF	250 V à 5.000 V
Céramique	1 pF à 0,1 μF	150 V à 1.000 V
Papier	250 pF à 1 μF	500 V à 1.000 V
Papier huilé	1.000 pF à 1 μF	Jusqu'à 30 kV
Electrolytique ou électrochimique	1 μF à 2.000 μF	6 V à 1.000 V

Tout condensateur peut être caractérisé par :

- 1) Valeur de la capacité.
- 2) Tension de service maximum.
- 3) Tolérance en % par rapport à la valeur nominale.
- 4) Coefficient des pertes.
- 5) Courant de fuite.
- 6) Coefficient de température.

Dans la pratique courante la tolérance de $\pm 10\%$ suffit et les condensateurs ordinaires sont fabriqués en conséquence, tandis que des condensateurs de précision sont le plus souvent exécutés sur commande et peuvent atteindre une précision de l'ordre de 1 à 0,5 %. Mais une telle tolérance n'est exigée que dans le cas d'appareils de mesures ou autres montages plus ou moins spéciaux.

Le coefficient de température indique, pour un type donné de condensateur, la variation de la capacité en fonction de la température à laquelle le condensateur est porté. Il est exprimé en pourcentage par degré ou, plus simplement, par une fraction décimale. Ainsi, l'expression $\ominus 20^\circ = 2 \cdot 10^{-4}$ signifie que la variation de température d'un degré (par rapport à la température ambiante de 20°) est accompagnée d'une variation de la capacité de 2/10.000 ou 0,02 %. En absence d'une mention spéciale, cette variation est directement proportionnelle. La marque CNT (coefficient négatif de température) indique que la variation de C se fait en sens inverse de T.

En radio-électricité, la précision et la stabilité ne sont exigées que rarement, seulement lorsque les condensateurs sont employés dans des circuits résonnants, dont le point d'accord doit être situé le plus exactement possible sur une fréquence donnée et y demeurer avec le minimum d'écart. Tel est le cas, par exemple, de l'oscillateur local des récepteurs superhétérodynes et des oscillateurs-pilotes des émetteurs.

Cependant, même dans les circuits oscillants en question, la précision des condensateurs ordinaires suffit généralement. Cela s'explique par

ce que la réception s'effectue généralement, non pas sur une seule et unique fréquence-porteuse, mais sur une bande assez large, de sorte que de légères variations d'accord ne se font pas sentir.

Remarquons que cela n'est juste qu'en ce qui concerne les porteuses des gammes P.O. et G.O. de la radiodiffusion, tandis que la réception en ondes courtes est notablement affectée par l'instabilité de l'oscillateur local, dont l'une des causes est la variation des diverses capacités en fonction de la température.

Indiquons encore que lors de la réception de la télévision, le problème de la stabilité et, par conséquent, de la réduction du coefficient de température des condensateurs, devient extrêmement important et impose de sévères conditions et des précautions, que l'on néglige généralement dans la radio.

II. - CONDENSATEURS ELECTROCHIMIQUES

Parmi les différents types de condensateurs fixes, les électrochimiques méritent une attention particulière.

Lorsqu'il s'agit d'obtenir une très forte capacité sous un volume réduit, on utilise, comme diélectrique, une mince couche d'oxyde d'aluminium, dont l'épaisseur peut être réduite jusqu'à quelques dixièmes de micron et dépend de la tension de service à laquelle est destiné le condensateur. L'espace entre cette couche isolante et l'armature opposée est alors remplie d'un électrolyte. Les condensateurs fabriqués actuellement sont munis d'un support d'électrolyte sous forme d'une feuille de papier buvard qui en est imbibée. Cela permet l'utilisation des condensateurs dans n'importe quelle position, sans risque d'écoulement de l'électrolyte. Tel n'était pas le cas avec les condensateurs dit "liquides", prévus uniquement pour la position verticale de fonctionnement.

Grâce à la constante diélectrique très élevée et une faible épaisseur de la couche isolante, il est possible de réaliser des condensateurs dont

la capacité atteint plusieurs centaines de μF sous un très faible volume.

Parmi les valeurs couramment utilisées, nous trouvons :

- 1) Condensateurs de filtrage pour récepteurs " tous-courants " - 40 à 100 μF , 150-200 V.
- 2) Condensateurs de filtrage pour récepteurs alternatifs - 8 à 50 μF , 200 à 350 V.
- 3) Condensateurs de filtrage pour récepteurs alternatifs - 8 à 32 μF , 400 à 550 V.
- 4) Condensateurs spéciaux - 4 à 10 μF , 800 à 1.000 V.
- 5) Condensateurs de découplage cathode - 10 à 100 μF , 12 à 50 V.
- 6) Filtrage de basse tension (postes mixtes) - 250 à 2.000 μF , 6 à 12 V.

III. - UTILISATION DES CONDENSATEURS FIXES

Comme nous l'avons déjà indiqué plus haut, les condensateurs de différentes valeurs sont caractérisés par les diélectriques également différents. En plus de cela, nous pouvons classer les condensateurs fixes suivant leur emploi.

Ainsi il existe trois sortes de condensateurs :

a) Au mica : employés presque exclusivement dans les circuits oscillants et pour des liaisons dans les étages H.F., changement de fréquence et M.F.

b) Céramique : sont utilisés sensiblement dans les mêmes circuits que les condensateurs au mica, surtout lorsqu'il s'agit de montages aux dimensions réduites, mais comportant un grand nombre d'éléments : téléviseurs, récepteurs F.M., etc.

Quant aux condensateurs chimiques, leur utilisation a été mentionnée plus haut.

Voici maintenant quelques notes sur la structure et la fabrication des condensateurs ci-dessus.

Comme il est facile de le constater en examinant les condensateurs au mica, ceux-ci sont constitués par des armatures multiples, de forme rectangulaire, séparées entre elles par des

lamelles de mica. Les armatures sont généralement découpées dans une feuille de cuivre, mais actuellement la plupart des condensateurs au mica sont constitués d'armatures obtenues par métallisation du mica, technique qui consiste à pulvériser le métal (or, argent ou cuivre), le plus souvent sous l'effet thermo-électrique dans des chambres à vide. Le métal pulvérisé en grains très fins se dépose sur le mica et forme une mince couche uniforme, qu'il est facile de gratter afin d'ajuster la capacité à la valeur désirée.

L'ensemble des lamelles de mica, plus ou moins nombreuses suivant la capacité à obtenir, peut être scellé aux extrémités à l'aide de rivets, ou encore, comme cela se fait très souvent, enrobé entièrement dans une enveloppe de matière moulée. Pour certains emplois, où une tolérance inférieure à 10 % est exigée, on prévoit des condensateurs dont l'une des armatures (métallisation) reste accessible, de sorte qu'il est possible d'ajuster le condensateur sur place en grattant la couche conductrice.

Les condensateurs grattables sont utilisés dans les oscillateurs locaux comme paddings et

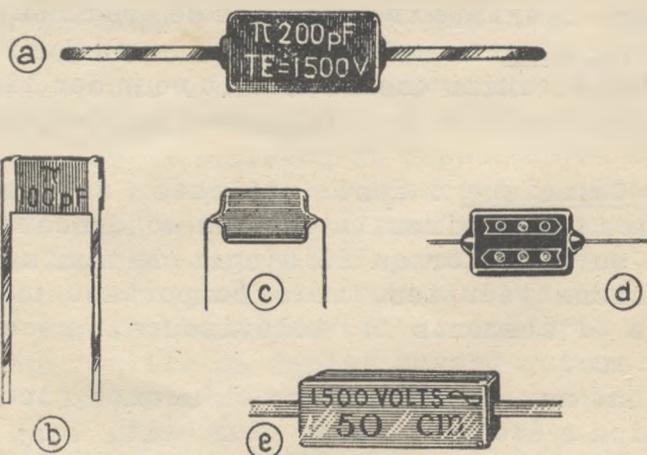


Fig. 43

trimmers additionnels pour assurer l'accord parfait sur les différentes gammes d'ondes.

Les différents croquis de la figure 43 montrent quelques aspects de condensateurs au mica

que l'on peut rencontrer dans la pratique. Les modèles a et b peuvent être grattables ou non. Les modèles c, d et e sont du type enrobé. Les dimensions varient avec la capacité, mais sont, en moyenne, de 15×10 mm pour les valeurs courantes : 50 à 500 pF.

Les condensateurs à diélectrique céramique sont caractérisés par une constante diélectrique exceptionnellement élevée. Cette constante, qui atteint le chiffre fantastique de 5.000 et plus, permet de réaliser, sous un volume minime, des condensateurs d'une capacité de l'ordre de 5.000 et 10.000 pF.

Les croquis de la figure 44 montrent quelques aspects de condensateurs à diélectrique céramique. Les dimensions restent toujours faibles; diamètre 3 à 5 mm; longueur 15 à 40 mm suivant la valeur.

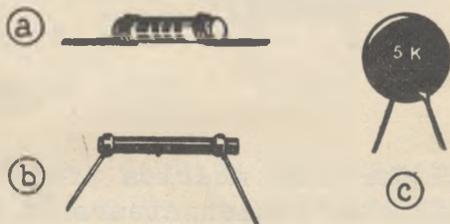


Fig. 44

Les condensateurs au papier sont constitués par deux bandes-armatures (presque toujours en feuille très mince d'aluminium), séparées par des bandes de papier et enroulées pour former un bâtonnet, qui est alors glissé dans un tube de protection en carton ou en verre. Les extrémités du tube sont scellées par des bouchons en résine ou en cire spéciale, à travers lesquels passent les connexions servant de liaison avec les armatures du condensateur. Certains constructeurs pratiquent l'enrobage des bâtonnets dans de la matière moulée ou de la cire. Le papier servant de diélectrique doit être au préalable déshydraté et imprégné de paraffine ou autre substance assurant la suppression radicale du pouvoir hygroscopique naturel du papier.

Les deux croquis de la figure 45 représentent l'aspect classique des condensateurs au papier. Le diamètre et la longueur du modèle a varient suivant la valeur, le fabricant et la tension d'isolement. Nous avons, en moyenne, les chiffres suivants :

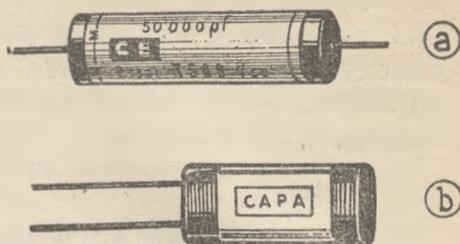


Fig. 45

<u>Capacité</u>	<u>Longueur</u>	<u>Diamètre</u>
5.000 pF	30 à 35 mm	7 à 8,5 mm
20.000 pF	30 à 35 mm	8 à 11,5 mm
0,1 μ F	35 à 45 mm	10 à 15 mm
0,5 μ F	50 à 65 mm	22 à 24 mm

Certains modèles professionnels ou tropicalisés de condensateurs au papier sont présentés en boîtiers métalliques, rigoureusement étanches, avec sorties par perles de verre (fig. 46).

Lorsqu'il s'agit de faire travailler un condensateur au papier à une tension de service très élevée (2.000 à 5.000 volts), ce qui est le cas d'oscilloscopes cathodiques, on fait appel très souvent au condensateur en bain

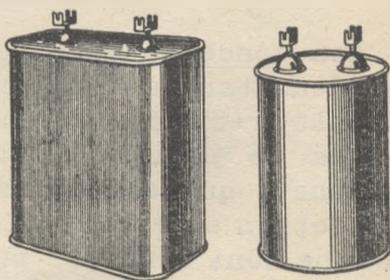


Fig. 46

d'huile, dont l'aspect extérieur est sensiblement le même que celui des condensateurs de la figure 46.

Enfin, les croquis de la figure 47 montrent quelques aspects de condensateurs électrochimiques dont nous avons indiqué plus haut le

principe. Les dimensions et la présentation de ces condensateurs sont très variées, les chiffres suivants nous donnant quelques renseignements à ce sujet.

a) Modèles simples ou doubles à visser sur le châssis (fig. 47 a et b). Diamètre 15 à 25 mm; hauteur 45 à 100 mm. Capacités 50 (ou 2×50) μ F. Tension de service de 150 à 500 volts. Sorties soit par cosses (fig. 47 b), soit par fils (fig. 47 a).

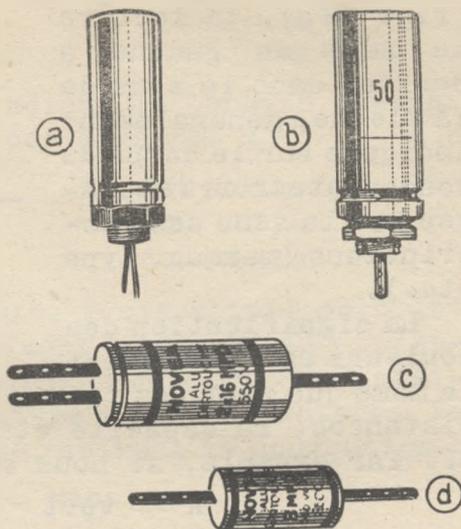


Fig. 47

b) Modèles simples ou doubles à fixer par cosses à souder (fig. 47 c et d). Diamètre et hauteur du même ordre de grandeur que pour le modèle précédent, sauf pour les condensateurs à faible tension de service (6 à 30 volts), qui sont beaucoup plus petits en général.

MARQUAGE DES CONDENSATEURS

Les condensateurs au papier et électrochimiques sont toujours marqués en microfarads (μ F), mais on emploie aussi, pour les petites valeurs des condensateurs au papier, le micro-microfarad ($\mu\mu$ F) ou le picofarad (pF).

Les condensateurs au mica et "céramiques" sont souvent marqués en pF ou en $\mu\mu$ F, et parfois aussi en centimètres (cm). Rappelons que $1 \text{ pF} = 0,9 \text{ cm}$.

Mais très souvent aussi, les condensateurs au mica et "céramiques" sont marqués en code de couleurs, surtout s'il s'agit de pièces de provenance américaine, auquel cas nous pouvons avoir affaire à trois variantes, suivant les figures 48 a et 48 b.

Dans la première, à trois points coloriés (fig. 48 a), la lecture se fait de gauche à droite, dans le sens de la flèche, généralement indiquée sur le corps du condensateur ou remplacée par le sens des inscriptions (marque, type etc.).

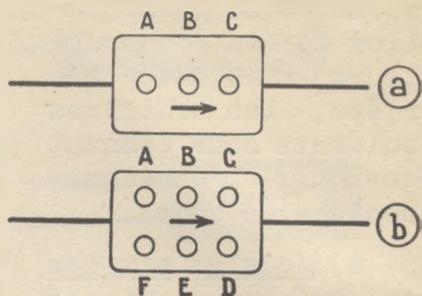


Fig. 48

La signification des couleurs est exactement la même que pour les résistances, la capacité étant exprimée en μF ou pF. Par exemple, si nous avons :

A = vert = 5
 B = noir = 0
 C = marron = 0

nous lisons : 500 pF. On se reportera donc au tableau de la page 27.

La deuxième variante, celle de la figure 48 b, a pratiquement remplacé la première. Il s'agit ici de six points coloriés, disposés en deux rangées. La lecture se fait dans l'ordre des lettres du croquis.

Les points A, B et C se lisent exactement comme pour la variante 48 a, avec cette restriction que le point C noir signifie "zéro". Puis, au nombre ainsi obtenu on ajoute un certain nombre de zéros, suivant la couleur du point D, et toujours d'après le code de couleurs normal :

noir	rien
marron	0
rouge	00
etc...	

La couleur du point E nous donne la tolérance, en pourcent, de la valeur du condensateur, toujours suivant le même code :

marron	$\pm 1 \%$
rouge	$\pm 2 \%$
orange	$\pm 3 \%$
etc...	

De plus, le point E peut être également :

or	tolérance	± 5 %
argent	»	± 10 %
sans couleur	»	± 20 %

Enfin, le point F indique la tension d'essai en volts, suivant le code ci-après :

or	1.000 volts
argent	2.000 volts
sans couleur	500 volts

La troisième variante, à six points coloriés également, disposés suivant la figure 48 b, s'applique plus spécialement à tout le matériel militaire U.S.A. Dans ce type de condensateurs le point A désigne le genre, suivant la convention :

noir = mica;
argent = papier.

Les points B et C nous donnent, par leur couleur, les deux premiers chiffres de la valeur (en μF), suivant le code de couleurs normal : noir = 0; marron = 1; rouge = 2, etc.

Le point D a la même signification que pour la variante précédente : nombre de zéros à ajouter.

Le point E désigne la tolérance en pourcent, suivant le même code que pour la variante précédente, le point noir signifiant, cependant, la tolérance ± 20 %.

Enfin, le point F définit les conditions de température d'après le code suivant :

Rouge : Température de fonctionnement pouvant varier de -200° à $+200^{\circ}$. Variation maximum de capacité, 0,5 %.

Orange : Température de fonctionnement de -100° à $+100^{\circ}$. Variation maximum de capacité, 0,2 %.

Jaune : Température de fonctionnement de 0 à $+100^{\circ}$. Variation maximum de capacité, 0,05 %.

Vert : Température de fonctionnement de 0 à $+50^{\circ}$.
Variation maximum de capacité, 0,025 %.

Bleu : Température de fonctionnement de 0 à -50° . Variation de capacité, 0,025 %.

En ce qui concerne plus particulièrement les condensateurs "céramiques" tubulaires (fig. 44 a et b), leur marquage se fait le plus souvent par bandes de couleur (fig. 49 a) ou par un seul point de couleur (fig. 49 b).

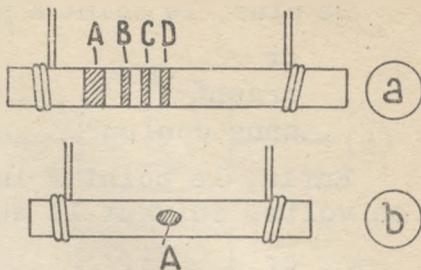


Fig. 49

Dans le premier cas (fig. 49 a), la lecture se fait en commençant par la bande la plus large (A). La couleur des trois premières bandes (A, B et C) indique la valeur de la capacité en pF, suivant le code de couleur normal. La couleur de la quatrième bande indique la tolérance, en pourcent, en code suivant :

vert	tolérance $\pm 5 \%$
blanc	» $\pm 10 \%$

Pour la tolérance " commerciale " de $\pm 20 \%$, la bande D est supprimée. Dans le second cas (fig. 49 b), la couleur du point A indique la valeur (en pF) en code suivant :

rouge	— 470 pF
noir	— 1.000 pF
jaune	— 1.500 pF
bleu	— 2.200 pF

Ce type de condensateurs ne comporte que quatre valeurs ci-dessus.

REMARQUES PRATIQUES SUR L'EMPLOI DES CONDENSATEURS FIXES

Le choix d'un condensateur pour une fonction déterminée est guidé par un certain nombre de considérations que nous allons examiner :

1. - Capacité :

S'il s'agit d'un filtre pour une tension alternative redressée, la capacité nécessaire, dans le cas d'un redresseur H.T., varie entre 8 et 50 μ F le plus souvent. D'une façon générale,

la capacité d'entrée et de sortie (C_1 et C_2 , fig. 50) doit être d'autant plus élevée que :

- la fréquence de la tension alternative redressée est plus basse;
- la résistance R_1 ou l'inductance S sont plus faibles;
- l'intensité consommée par l'appareil alimenté est plus élevée.

Par exemple, sur un secteur à 25 p/s, la valeur des condensateurs C_1 et C_2 doit être pratiquement doublée par rapport à celle utilisée sur 50 p/s, à valeur de R_1 ou S égale.

Pour la même raison les capacités de filtrage doivent être plus élevées dans le cas d'un redressement "monoplaque" (une seule alternance), puisque la fréquence de la composante alternative de la tension redressée est égale alors à celle du secteur et non pas au double de cette dernière, comme c'est le cas du redressement "biplaque".

De même, si l'on double la valeur de R_1 ou la self de S , on peut diminuer de moitié C_2 ou C_1 , mais pas les deux à la fois.

Enfin, dans les redresseurs de basse tension, pour l'alimentation des filaments des lampes à chauffage direct, les capacités C_1 et C_2 doivent être très élevées (500 à 1.000 μF), car, d'une part, l'intensité redressée est souvent élevée si les filaments sont branchés en parallèle (200 à 300 mA) et, d'autre part, il est difficile de donner une valeur suffisante aux éléments R_1 et S à cause de la chute excessive qui s'y produit.

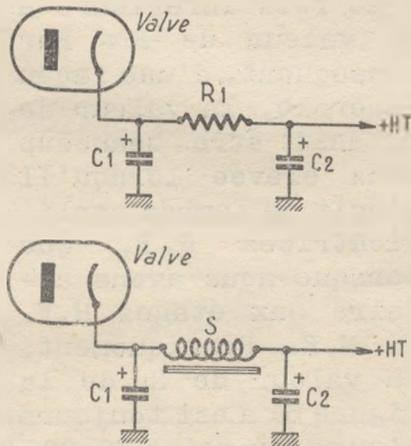


Fig. 50

S'il s'agit de condensateurs de découplage, pour l'alimentation d'un écran, par exemple (fig. 51 a), ou pour une résistance de cathode (fig. 51 b), il est nécessaire que la capacitance de C_1 à la plus basse fréquence de fonctionnement soit 15 à 20 fois inférieure à la valeur de R_1 . Par conséquent, d'une façon générale, la valeur de C_1 doit être beaucoup plus élevée lorsqu'il s'agit de lampes amplificatrices B.F. que lorsque nous avons affaire aux étages H.F. ou M.F. Pratiquement, la valeur de R_1 de la figure 51 a est toujours élevée (au moins 50.000 ohms et souvent plus d'un mégohm). Pour cette raison, la valeur de 0,02 à 0,1 μ F convient toujours pour les étages H.F. et M.F., tandis que dans le cas d'une amplificatrice B.F. on va parfois jusqu'à 0,5 μ F lorsque R_1 ne dépasse pas 500.000 ohms.

Il n'en est pas de même dans le cas de la figure 51 b où R_1 a toujours une valeur faible (100 à 2.000 ohms, le plus souvent). Dans ce cas, si la valeur de 0,1 μ F est généralement suffisante en H.F. et M.F., il faut prévoir une capacité beaucoup plus élevée en B.F., allant jusqu'à 100 μ F lorsque R_1 est de l'ordre de 100 ohms.

Rappelons que la capacitance d'un condensateur est donnée, en ohms, par la relation

$$\frac{1}{6,28 f C}$$

où f est la fréquence en périodes par seconde et C la capacité en farad.

Afin d'éviter les calculs, voici un tableau donnant la capacitance de quelques condensateurs

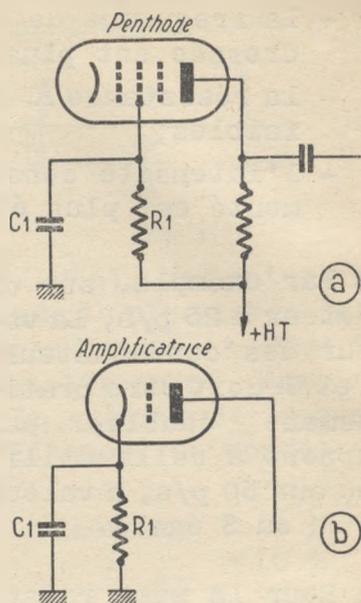


Fig. 51

de valeur courante, en haute et basse fréquence.
De ce tableau on déduit facilement la capa-

Capacité	Capacitance (en ohms) à la fréquence de :									
	50 p/s	400 p/s	1.000 p/s	10.000 p/s	100 kc/s	200 kc/s	500 kc/s	1.000 kc/s		
pF										
100	32.000.000	4.000.000	160.000	160.000	16.000	8.000	3.200	1.600		
1.000	3.200.000	400.000	16.000	16.000	1.600	800	320	160		
10.000	320.000	40.000	8.000	1.600	160	80	32	16		
20.000	160.000	20.000	3.200	800	80	40	16	8		
50.000	64.000	8.000	1.600	320	32	16	6,4	3,2		
μF										
0,1	32.000	4.000	320	160	16	8	3,2			
0,5	6.400	800	160	32	3,2	1,6				
1	3.200	400	32	16						
5	640	80	16	3,2						
10	320	40	8							
20	160	20	3,2							
50	64	8								

capacitance de n'importe quel condensateur, pour n'importe quelle fréquence.

Lorsqu'il s'agit d'un condensateur placé en

liaison entre deux lampes amplificatrices (fig. 52), la valeur à prévoir pour C_1 dépend de la fréquence la plus basse à transmettre et de la valeur de R_1 . Il faut, encore une fois, que la capacitance de C_1 , à la plus basse fréquence de fonctionnement, soit 15 à 20 fois inférieure à la valeur de R_1 .

Pratiquement la valeur de C_1 sera de 10.000 pF à 0,1 μ F en B.F. et de 100 à 200 pF en H.F.

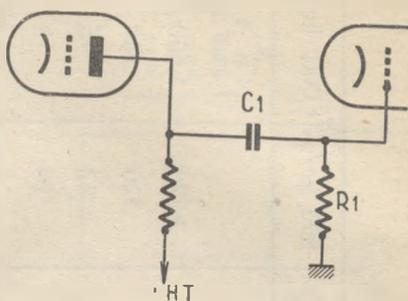


Fig. 52

2. - Tension de service :

La tension généralement indiquée sur les condensateurs au papier est celle d'essai (1.500 V le plus souvent). La tension de service, en régime continu, ne doit en aucun cas dépasser le quart de cette valeur, s'il s'agit d'une tension continue, et le cinquième s'il s'agit d'une tension alternative.

Autrement dit, un condensateur au papier marqué " 1.500 volts " ne doit pas supporter plus de 350 volts en continu et de 300 volts en alternatif.

Il en est de même pour les condensateurs au mica, sauf mention spéciale d'une tension de service déterminée.

S'il s'agit de condensateurs électrochimiques, la tension indiquée correspond à la limite extrême de la tension de service, et il est toujours prudent de se tenir à 10 % au moins au-dessous de cette limite.

A noter que les condensateurs électrochimiques ne doivent jamais être utilisés sur alternatif.

3. - Courant de fuite :

On désigne par ce terme le courant continu qui traverse un condensateur lorsqu'une tension continue est appliquée à ses bornes.

Il est évident que ce courant est contraire au principe même d'un condensateur parfait et, en réalité, il n'existe pratiquement pas dans les condensateurs au papier, au mica ou "céramiques", en bon état.

Ce courant ne peut être déterminé que par un défaut d'isolement provoqué, le plus souvent, par l'humidité qui s'introduit à l'intérieur, par suite d'un bouchage plus ou moins parfait. Le condensateur présente alors une résistance non infinie en courant continu, résistance parfaitement mesurable à l'aide d'un ohmmètre approprié.

Disons, pour fixer les idées, que la résistance "de fuite" d'un condensateur au papier, de valeur moyenne (50.000 pF) et en bon état, se situe vers 20.000 M Ω , mais qu'elle peut descendre à moins d'un mégohm dans un condensateur ayant longtemps séjourné dans l'humidité.

Pratiquement, tout condensateur au papier est à éliminer lorsque sa résistance de fuite devient inférieure à 25-30 M Ω .

Lorsqu'il s'agit de condensateurs électrochimiques, le courant de fuite est normal, du moins lorsqu'il ne dépasse pas une certaine valeur. Cette valeur dépend de plusieurs facteurs, mais peut se situer autour de 0,1 mA par microfarad sous la tension normale de fonctionnement.

Il faut noter que le courant de fuite des condensateurs électrochimiques augmente avec la température et c'est pour cette raison, en particulier, qu'il faut éviter le montage de ces condensateurs dans le voisinage immédiat des éléments qui chauffent beaucoup : lampes de puissance, valves, transformateur, certaines résistances.

Vérification de la qualité d'isolement :

Cela revient, on le comprend facilement, à mesurer éventuellement le courant de fuite d'un condensateur et à constater son absence, au cas où ce condensateur est bon.

Le moyen le plus simple de déceler le moindre courant de fuite d'un condensateur consiste à utiliser la haute tension 250 volts d'un récepteur quelconque et un contrôleur universel sur la sensibilité 750 V continu, en réalisant le montage de la figure 53.

L'essai consiste à brancher correctement le voltmètre et le condensateur à vérifier, à fermer l'interrupteur et à noter la déviation du voltmètre, d'autant plus prononcée que le courant de fuite est plus élevé.

Cette déviation sera également différente suivant le type du voltmètre utilisé, c'est-à-dire suivant sa résistance propre. Le tableau ci-dessous nous indique la résistance d'isolement approximative d'un condensateur pour une tension d'alimentation de 250 volts et les différents types de voltmètres. Le résultat est sensiblement le même pour une tension d'alimentation comprise entre 240 et 260 volts. Peu importe d'ailleurs la valeur exacte de la résistance d'isolement, puisque dans la pratique tout condensateur dont la résistance est inférieure à 25-30 M Ω doit être considéré comme mauvais, même pour un découplage. Quant aux condensateurs de liaison plaque-grille, leur résistance doit être de l'ordre de 400-500 M Ω pour qu'ils puissent être utilisés correctement. C'est pourquoi, lorsqu'on constate une déviation à peine perceptible dans

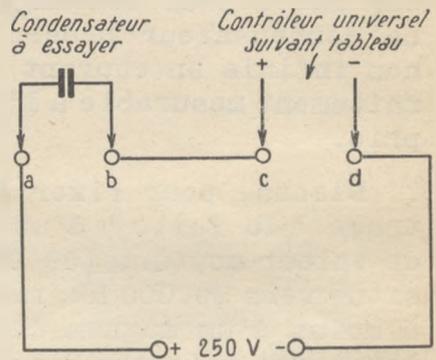


Fig. 53

l'essai ci-dessus, il vaut mieux répéter l'opération en branchant aux points c-d un contrôleur universel genre 13 k (Guerpillon) sur la sensibilité 75 volts (résistance propre, 13.000 volts par volt). La dernière colonne du tableau nous donne les résistances d'isolement appréciées à l'aide d'un tel contrôleur.

Résistance d'isolement en MΩ	Tension lue (en volts) suivant la résistance propre du contrôleur				Tension lue sur la sensibilité 75 V (13.000 Ω/V)
	1.000 Ω/V	1.333 Ω/V	2.000 Ω/V	5.000 Ω/V	
0,25	180	200	214	234	
0,50	150	166	190	220	
1	107	125	150	197	
2	70	83	107	163	
3	50	62	82	139	
5	30	40	58	107	
10	17	23	33	68	
20	—	12	17	40	
30	—	—	—	—	62
50	—	—	—	—	41
100	—	—	—	—	23

MESURE DE LA VALEUR D'UN CONDENSATEUR AU PAPIER OU AU MICA

Lorsqu'un condensateur est reconnu bon (pas de court-circuit et pas de courant de fuite excessif), il est possible de mesurer sa valeur, dans certaines limites, à l'aide d'une source de tension alternative (par exemple, secteur alternatif 110 V) et d'un milliampèremètre prévu également pour ce genre de courant. On mesure, en somme, la résistance en alternatif de ce condensateur, c'est-à-dire sa capacitance à la fréquence du secteur, et on en déduit la capacité.

Le montage à réaliser est celui de la figure 54, la sensibilité du milliampèremètre à utiliser étant indiquée dans le tableau qui suit. Il est prudent de prévoir, dans le circuit, un fusible de protection sous forme d'une ampoule-cadran de 6,3 V-0,1 A.

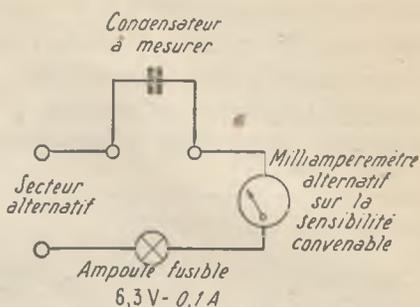


Fig. 54

La capacité peut être déduite de la relation définissant la capacitance, indiquée plus haut ou de la relation plus pratique :

$$C = 3,2 \frac{I}{E},$$

où C est la capacité inconnue en microfarad, I le courant alternatif mesuré en milliampères et E la tension du secteur en volts.

Le tableau suivant nous indique la capacité en microfarad pour quelques valeurs de I en milliampères, pour les tensions du secteur de 110 et 220 volts.

Capacité en μF	Courant en mA pour le secteur de	
	110 V	220 V
0,001	0,035	0,070
0,002	0,070	0,140
0,003	0,105	0,210
0,005	0,175	0,350
0,01	0,350	0,700
0,02	0,700	1,400
0,05	1,750	3,500
0,1	3,500	7
0,2	7	14
0,5	17,50	35
1	35	70

On voit qu'il n'est guère possible, et encore à condition de disposer d'un milliampèremètre très sensible, de mesurer des capacités inférieures à 1.000 pF. Par ailleurs, lorsqu'on se trouve en présence d'un condensateur inconnu, il est prudent de commencer par une sensibilité faible du milliampèremètre : 30 ou 50 mA.

Le tableau ci-dessus n'est valable que pour 50 périodes. Pour un secteur de 25 p/s il faut diviser le courant indiqué par 2.

MESURES AU PONT

Pour tous les condensateurs en général, y compris les électrochimiques, la mesure de la valeur peut s'effectuer, avec une excellente précision, à l'aide d'un pont de mesures, tel que celui de la figure 42. Les limites de mesure sont beaucoup plus larges et vont de 50 pF à 1.000 μ F couramment.

Avec certains ponts plus perfectionnés, alimentés par une fréquence de 1.000 p/s fournie par un oscillateur à lampe, on peut mesurer facilement des capacités de l'ordre de 1 pF.

CINQUIÈME LEÇON PRATIQUE

CONDENSATEURS VARIABLES

Dans certains cas, se limitant pratiquement aux montages de circuits accordés destinés à la réception de différentes porteuses, il est indispensable de pouvoir faire varier la capacité des condensateurs utilisés. Aussi, il existe divers types de condensateurs variables ou ajustables. Les premiers servent pour l'accord des circuits de réception dans les limites d'une gamme entière; les seconds, destinés à la compensation des irrégularités du montage et ne servant que pour l'accord sur une fréquence donnée, sont caractérisés par une faible variation de capacité et également par une faible capacité maximum.

Nous allons voir les caractéristiques et les particularités de ces deux types de condensateurs.

I. - CONDENSATEURS VARIABLES

Un condensateur variable est constitué par un ensemble isolé de lames métalliques, rigoureusement parallèles entre elles et fixes, entre lesquelles peuvent s'engager un certain nombre de lames mobiles, solidaires d'un axe et, bien entendu, isolées des lames fixes.

Lorsque l'ensemble des lames mobiles est complètement "rentré", la capacité du condensateur est maximum; lorsqu'il est complètement "sorti", cette capacité est minimum.

L'ensemble des lames fixes s'appelle stator, tandis que celui des lames mobiles porte le nom de rotor.

La variation complète de capacité, du minimum au maximum, ou inversement, correspond à une rotation de 180° (quelquefois un peu plus). Un condensateur variable doit satisfaire à un certain nombre de conditions sévères : rigidité mécanique, constance de l'écart entre les lames fixes et mobiles, absence du jeu latéral ou longitudinal, rotation souple, etc.

Un C.V. est caractérisé par :

- a) sa capacité résiduelle;
- b) sa capacité maximum;
- c) sa courbe, c'est-à-dire la loi de la dépendance de la capacité de l'angle de rotation.

Capacité résiduelle. - C'est la capacité d'un C.V. lorsque les lames mobiles sont complètement sorties. Cette capacité est souvent très faible, mais ne peut être négligée, puisqu'elle intervient dans tous les calculs relatifs aux gammes couvertes.

Un bon C.V. doit avoir une capacité résiduelle réduite, dont l'ordre de grandeur, pour un élément de 460 ou 490 pF, est de 11 à 15 pF.

La capacité résiduelle est, pour un C.V., d'autant plus réduite que la capacité maximum est plus faible. Des C.V. spéciaux pour ondes courtes, de 75 pF de capacité maximum, possèdent une résiduelle de l'ordre de 3-4 pF.

Capacité maximum. - C'est la capacité que présente un C.V. lorsque ses lames mobiles sont complètement rentrées.

On caractérise couramment un C.V. par sa capacité maximum et on parle d'un "490 pF" ou d'un "130 pF".

Il est évident qu'à surface de lames égale, un C.V. qui a le plus de lames possède une capacité maximum plus élevée.

Le nombre de lames moyen pour un C.V. de 460 à 490 pF de capacité maximum est de 13 lames fixes et 14 mobiles avec un écartement allant de 0,35 à 0,45 mm entre deux lames fixes (ou mobiles).

Le nombre de lames pour un C.V. de 130 pF de capacité maximum est de 8 lames fixes et 9 mobiles, avec un écartement de l'ordre de 1 mm entre deux lames fixes (ou mobiles). Si l'écartement entre lames est réduit à 0,45 mm, on arrive à 4 lames fixes et 4 mobiles.

On parle souvent de la capacité variable utile d'un C.V. qui n'est autre chose que la différence entre la capacité maximum et la résiduelle. En réalité, les chiffres par lesquels on a l'habitude de désigner certains C.V. (490, 130, etc.) indiquent presque toujours la capacité variable utile.

Courbe. - La courbe d'un C.V. dépend du profil de ses lames, aussi bien fixes que mobiles, et la figure 55 nous montre la courbe d'un C.V. "standard" de 490 pF. Par ailleurs, le tableau I résume l'allure des courbes de quelques C.V. que l'on trouve couramment

sur le marché français, en nous donnant la capacité résultante pour chaque position des lames mobiles, de 10 en 10 degrés. Il est à noter que les chiffres indiqués dans ce tableau ne portent que sur la capacité variable utile, et que, pour avoir la capacité réelle en chaque point, il est nécessaire d'ajouter à la valeur indiquée la valeur de la résiduelle.

Assez souvent, chaque élément d'un condensateur variable comporte un ajustable appelé trimmer. Sa capacité est à ajouter à la capacité totale du C.V. en un point donné.

On notera aussi que les condensateurs de différentes marques, mais du même type, les "490 pF" par exemple, peuvent présenter des différences

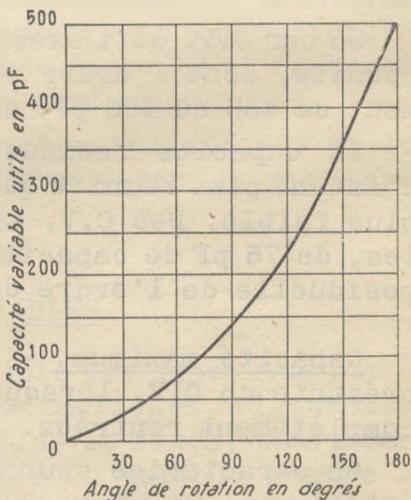


Fig. 55

assez marquées dans l'allure de leur courbe.

Par conséquent, au point de vue du remplacement d'une pièce par une autre, les C.V. des différentes marques, même s'ils sont du même type, peuvent n'être pas interchangeables, surtout lorsqu'il s'agit d'un appareil de mesure dont le cadran est étalonné en fonction d'une capacité variable : générateur H.F. ou B.F., selfmètre, ondemètre, etc.

Condensateurs variables fractionnés. - Dans les récepteurs qui comportent plusieurs gammes O.C., on utilise couramment des C.V. à stator divisé (C.V. à éléments fractionnés). Le stator d'un tel C.V. est partagé en deux parties inégales, isolées entre elles, de façon à obtenir, par exemple, un élément de 130 pF et un autre de 360 pF. Le rotor des deux sections est commun et, habituellement, mis à la masse. Schématiquement, un C.V. à stator divisé se représente comme le montre la figure 56. Nous voyons que, par une commutation appropriée, nous pouvons utiliser soit l'élément de 130 pF seul, soit celui de 360 pF seul, soit enfin les deux éléments en parallèle, ce qui nous donne alors un C.V. de

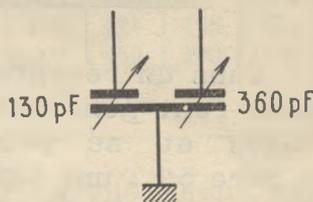


Fig. 56

$$130 + 360 = 490 \text{ pF.}$$

Généralement, les blocs de bobinages conçus pour fonctionner avec de tels C.V. utilisent l'élément 130 pF seul pour les gammes O.C. et G.O., tandis que les deux éléments en parallèle sont employés en P.O.

Actuellement, pour les récepteurs mixtes AM/FM (modulation de fréquence), on réalise des condensateurs variables fractionnés, comportant pour chaque élément une section 490 pF et une section 12 pF. Les stators correspondants sont évidemment isolés l'un de l'autre. Le croquis de la figure 57 représente un condensateur variable

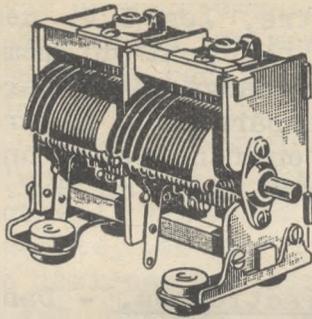


Fig. 57

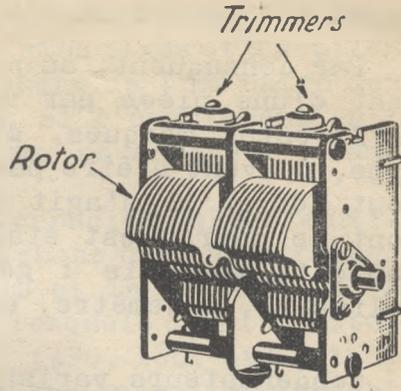


Fig. 58

de ce type à deux éléments, tandis que la figure 58 nous montre un C.V. normal à deux éléments.

II. - CONDENSATEURS AJUSTABLES

Dans un récepteur, les condensateurs ajustables font généralement partie du bloc des bobinages et se présentent comme le montre la figure 59 : une lamelle en laiton cambré (A) peut être rapprochée plus ou moins d'une lamelle fixe (B), à l'aide d'une vis, une mince plaquette de mica faisant office de diélectrique. La capacité maximum d'un tel condensateur, la vis de réglage étant complètement serrée, se situe

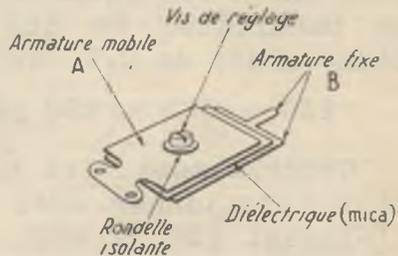


Fig. 59

vers 50-55 pF. La capacité minimum est de l'ordre de 6 à 8 pF. En général, ces ajustables donnent satisfaction en P.O. et G.O., mais pour les O.C. leur stabilité peut laisser à désirer (desserrement de la vis, modification de la cambrure de la lamelle A, etc.). De plus, l'isolant étant habituellement de la bakélite, les pertes H.F. peuvent entrer en ligne de compte.

Degrés du cadran	CAPACITÉ UTILE EN pF									
	Aréna	Aréna	Aréna	Aréna	Aréna	Aréna	Aréna	Stare	Stare	J. D.
	2146	2150	2152	2213	3246	3213	3249	7246	7249	459
2246	2250	2252	2313	3346	3313	3349	6246			
2346	2350	2352					3246			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	5	5	6	2	5	2	6	4	5	
20	15	15	16	4,2	15	4	15	12	13	
30	26	27	28	7,5	22	7,5	25	23	23	
40	38	40	41	11	34	10	38	36	36	
50	52	56	58	15,2	47	14,5	52	50	50	
60	69	74	77	20	63	19	70	68	70	
70	88	96	99	24,5	81	24	89	88	93	
80	110	120	123	30	102	30	110	112	116	
90	134	148	151	35,5	126	36	136	140	150	
100	163	179	183	42	152	44	164	172	180	
110	195	213	220	49	185	53	200	225	219	
120	230	251	259	56	220	63	238	240	255	
130	265	290	300	65	255	75	279	276	300	
140	304	332	342	75	291	88	320	313	340	
150	343	378	390	86	332	100	366	348	379	
160	382	422	439	98	378	112	414	385	417	
170	422	467	484	109,5	421	122	460	421	455	
180	456	505	517	117,8	456	130	497	452	490	
Pési- duelle	13,5	14,4	14,1	12,8	12,5	10	12,5	10,7	11	10,4

Bien supérieurs, à ce point de vue, sont les ajustables à diélectrique céramique (fig. 60), dans lesquels la variation de capacité s'obtient par rotation de la partie mobile. Cette rotation provoque la superposition plus ou moins complète de deux surfaces argentées semi-circulaires et se fait sans butée, indifféremment dans un sens ou dans l'autre. Il existe généralement un repère marquant la position "capacité minimum".

Les ajustables tels que ceux de la figure 60 existent en "simple" et en "double". Pour le modèle simple, les dimensions moyennes sont : longueur 22 à 31 mm; largeur 16 à 25 mm; hauteur 8 mm. La capacité maximum varie, suivant le type, de 30 à 100 pF, la capacité minimum étant de 5 à 20 pF.

Enfin, on utilise largement dans les circuits H.F., surtout lorsqu'il s'agit de gammes O.C..

les ajustables à air, dont les plus connus sont ceux de la figure 61. La partie cylindrique mobile A se visse plus ou moins sur la partie fixe B. Deux cosses (b) assurent la liaison avec l'armature fixe, tandis que la tige centrale (a), que l'on met généralement à la masse, est en liaison avec l'armature mobile.

Partie mobile (A)

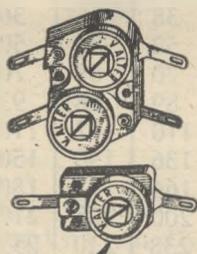


Fig. 60

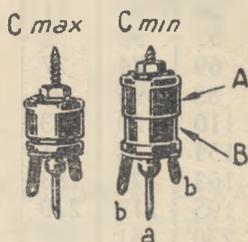


Fig. 61

La capacité maximum des modèles courants est de 30 pF, la capacité minimum étant de l'ordre de 3 pF. Un tel ajustable est peu encombrant (diamètre 13 mm) et très léger, ce qui permet sa fixation sur fils de connexions suffisamment rigides.

BOBINAGES H.F.

Un circuit oscillant, élément de base de tout étage amplificateur H.F., M.F. ou changeur de fréquence, peut prendre mille aspects différents suivant sa fonction et suivant la fréquence sur laquelle il doit être accordé. La représentation schématique bien connue (fig. 62) se traduit, par exemple, par l'un des aspects de la figure 63 : bobinage à une seule couche et condensateur fixe (fig. 63 a); bobinage à plusieurs couches et condensateur variable (fig. 63 b); bobinage sans support ("en l'air") et condensateur ajustable (fig. 63 c).

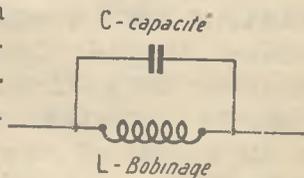


Fig. 62

Quelle que soit la forme que prend un circuit oscillant, il est caractérisé par un certain

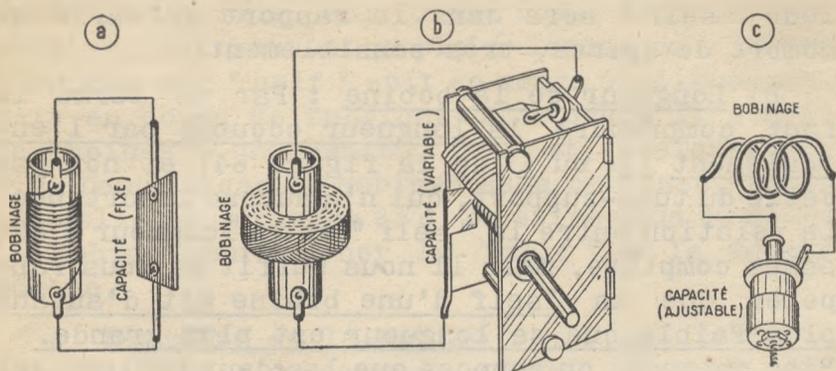


Fig. 63

nombre de grandeurs dont nous allons voir la portée pratique.

1. - Coefficient de self-induction :

Ce coefficient, désigné par L , caractérise la bobine à proprement parler et s'exprime en microhenrys (symbole : μH) ou millihenrys (symbole : mH). On a, bien entendu : $1 \text{ mH} = 1.000 \mu\text{H}$.

La self-induction L dépend des facteurs suivants :

a) Nombre de spires : On dit couramment que L est d'autant plus grand que le nombre de spires est plus élevé, mais cela n'est exact que si les deux bobines ont sensiblement le même diamètre et la même longueur. Lorsque cette condition se trouve réalisée, on peut même préciser en disant que L est alors proportionnel au carré du nombre de spires.

Cela veut dire que si nous avons une bobine telle que a de la figure 64, avec 100 spires, et une bobine b de dimensions identiques, mais avec 120 spires (donc fil plus fin), la "self" de b sera :

$$\left(\frac{120}{100}\right)^2 = (1,2)^2 = 1,44$$

fois plus élevée que celle de a.

De même, lorsqu'il s'agit de bobines à plusieurs couches, dites en " nids d'abeilles " (fig. 65), ayant les mêmes dimensions \underline{l} , \underline{d} et \underline{D} , leur " self " sera dans le rapport du carré du nombre de spires, très sensiblement.

b) Longueur de la bobine : Par ce terme il faut comprendre la longueur occupée par l'enroulement (\underline{l}_1 ou \underline{l}_2 de la figure 64) et non pas celle du tube-support, qui n'a aucune importance. La relation entre la " self " et la longueur \underline{l} est assez complexe, mais il nous suffit de nous rappeler que la "self d'une bobine est d'autant plus faible que sa longueur est plus grande. Bien entendu, on suppose que les deux bobines ont

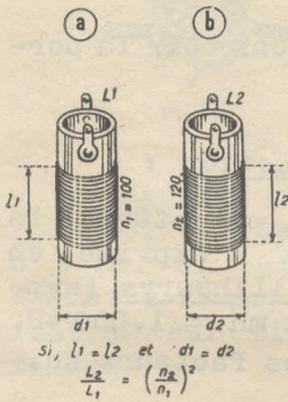


Fig. 64

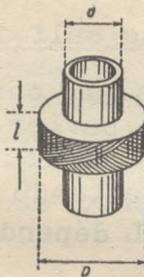


Fig. 65



Fig. 66

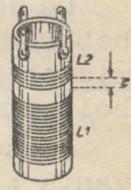


Fig. 67

le même nombre de spires et le même diamètre.

Pour les bobines en nids d'abeilles, c'est l'épaisseur (marquée \underline{l} sur la figure 65) qui peut être assimilée à la longueur. Donc, des deux bobines ayant les mêmes dimensions \underline{d} et \underline{D} et le même nombre de spires, celle qui sera plus " étroite " (\underline{l} plus faible) aura un coefficient de self-induction plus important.

Tout cela entraîne deux conséquences pratiques. Tout d'abord, si nous réalisons une bobine avec, par exemple, 10 spires espacées, nous obtenons une " self " plus faible qu'avec les mêmes 10 spires, mais bobinées jointives.

Ensuite, si nous avons une certaine bobine dont nous voulons diminuer un peu la " self ", il

nous suffit d'écarter le plus possible quelques spires (2 à 10, suivant le nombre total) de l'une des extrémités, de façon à augmenter la longueur de la bobine (fig. 66). C'est d'ailleurs un procédé qui est souvent employé lorsqu'on cherche à ajuster une "self" soit en cours d'alignement, soit en cours de fabrication, lorsqu'il s'agit de bobines à une couche, O.C. et, quelquefois, P.O. Dans le cas de bobines sans carcasse, telle que celle de la figure 63 c, on étire plus ou moins la bobine pour amener la "self" à la valeur voulue.

c) Diamètre de la bobine : Ce qui compte, dans une bobine à une seule couche, c'est le diamètre extérieur d du tube, sur lequel est réalisé le bobinage (d₁ ou d₂ de la figure 64). Pour être tout à fait exact, il faut préciser que c'est même le diamètre moyen de la bobine qu'il faut prendre en considération, c'est-à-dire d augmenté du diamètre du fil employé.

Pour les bobines en nids d'abeilles on tient parfois compte du diamètre moyen qui n'est autre chose que

$$\frac{d + D}{2}$$

L'influence du diamètre est inverse de celle de la longueur. Par conséquent, plus d est grand, plus la "self" est importante, en parlant, bien entendu, d'une bobine où le nombre de spires et la longueur l demeurent constantes.

d) Longueur des connexions : L'influence des différentes connexions qui réunissent la bobine, d'une part au commutateur éventuel et, d'autre part, au condensateur variable, à la grille de la lampe, etc., peut être parfaitement négligée lorsqu'il s'agit des bobines P.O. et G.O., mais il n'en est pas de même pour les bobines O.C., où il n'est pas rare de voir la "self" totale du circuit augmentée de 0,5 "H pour une bobine qui fait, en tout, 1 à 1,2 "H.

e) Présence des enroulements voisins : Prenons, par exemple, un enroulement L₁ tout seul,

réalisé sur un tube quelconque (fig. 67). Enroulons maintenant, sur le même tube et à une certaine distance e de la bobine L_1 , un autre bobinage L_2 . On dit que les deux bobines se trouvent couplées par induction mutuelle et la conséquence de ce couplage peut se traduire par une modification des caractéristiques de chacun des deux circuits, modification d'autant plus sensible, par exemple pour L_1 , que la distance e est plus faible et que L_2 a plus de spires.

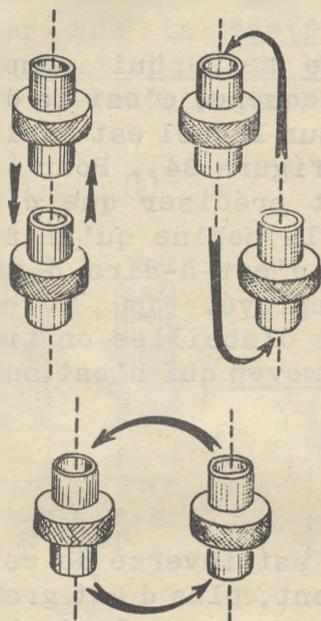


Fig. 68

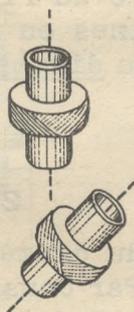


Fig. 69

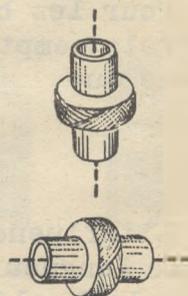


Fig. 70

Pour qu'il existe un couplage entre deux bobines, ces dernières n'ont pas besoin d'être sur le même tube, et les différents croquis de la figure 68 résument les différentes positions possibles. En somme, il suffit que les axes des deux bobines soient parallèles.

Si les deux axes ne sont pas parallèles, mais inclinés l'un par rapport à l'autre, le couplage est plus faible (fig. 69). Enfin, si les deux axes se trouvent perpendiculaires (fig. 70), le couplage est minimum.

Dans tous les étages, dans tous les circuits d'amplification H.F., M.F. ou de changement de

fréquence nous nous heurterons constamment aux bobinages couplés.

f) Blindage : La présence d'un blindage diminue la " self " d'une bobine et cette diminution est d'autant plus sensible que le blindage est plus rapproché, sans parler des pertes H.F. qui deviennent alors très importantes et peuvent même empêcher tout fonctionnement. On admet, généralement, que le diamètre du blindage doit être le double de celui de la bobine afin que les pertes ne soient pas excessives, mais, malgré tout, le

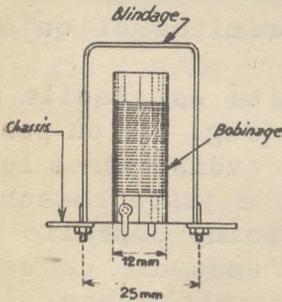


Fig. 71



Fig. 72

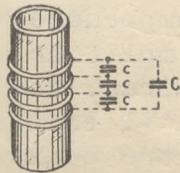


Fig. 73

coefficient de self-induction subit une diminution assez sensible.

En dehors des blindages, le voisinage étroit d'une simple plaque métallique (paroi d'un châssis, par exemple) peut modifier, assez sensiblement, le coefficient de self-induction d'une bobine.

Ainsi, dans le cas de la figure 71, la diminution de la " self " est de l'ordre de 12 %.

g) Présence d'un noyau magnétique : Presque toujours les bobines sont munies d'un noyau réglable, présenté sous forme d'une vis en poudre de fer agglomérée, et que l'on peut enfoncer plus ou moins profondément à l'intérieur de la bobine (fig. 72). Le fait d'introduire un tel noyau augmente le coefficient de self-induction du bobinage dans une proportion qui dépend de la nature du matériau constituant la vis, ainsi que des dimensions relatives de cette dernière.

En moyenne, si la " self " de la bobine est de

150 μ H, par exemple, sans noyau, elle devient 190 à 250 μ H lorsque la vis est complètement enfoncée. Autrement dit, la présence d'un tel noyau magnétique multiplie la "self" de la bobine par un coefficient variant de 1,3 à 1,7.

2. - Capacité :

Il serait ridicule de supposer qu'une bobine quelconque, prise isolément, est caractérisée uniquement par son coefficient de self-induction. En fait, et quel que soit le soin pris pour la réaliser, nous aurons toujours une certaine capacité qui existe entre ses extrémités et qu'on appelle capacité répartie.

L'existence de cette capacité est facile à comprendre. Prenons une bobine (fig. 73) où pour simplifier le raisonnement nous avons espacé les spires. Nous pouvons supposer, à juste raison, qu'il existe toujours une certaine capacité c entre deux spires voisines. L'ensemble de ces petites capacités peut être remplacé par une capacité équivalente C qui vient shunter la bobine et représente sa capacité résiduelle. Pour une bobine O.C., la capacité répartie reste très faible, comprise, en gros, entre 1 et 3 pF, suivant que les spires sont espacées (capacité répartie moindre) ou jointives.

En P.O., la capacité répartie d'une bobine se situe entre 5 et 10 pF, et en G.O., entre 20 et 30 pF.

Mais ce n'est pas tout, car, par la force des choses, nous sommes obligés de connecter notre bobine à un condensateur variable, à une lampe, à un contacteur. Et en regardant la figure 74 nous comprendrons immédiatement à quel point tout cela contribue à accumuler des capacités parasites qui viennent shunter notre bobine.

En dehors de la capacité répartie C_1 nous y voyons dans l'ordre :

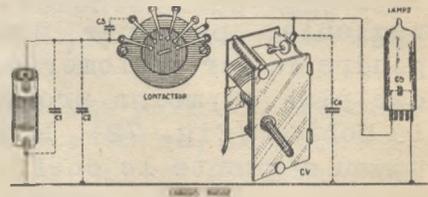


Fig. 54

C_2 qui représente la capacité des connexions par rapport au châssis, c'est-à-dire à la masse, et qui est, bien entendu, d'autant plus élevée que les connexions sont plus longues et plus rapprochées du châssis. Il est difficile de chiffrer cette capacité, mais, à notre avis, quel que soit le soin apporté au câblage nous devons compter sur, au moins, 4 à 6 pF.

C_3 , capacité introduite par le contacteur du fait, qu'en général, les positions inutilisées sont mises à la masse. Ordre de grandeur : 5 pF.

C_4 , résiduelle du C.V., c'est-à-dire la capacité qui subsiste lorsque les lames mobiles sont complètement sorties. Elle est d'autant plus élevée que la capacité maximum du C.V. est plus forte. Ordre de grandeur :

8 à 10 pF pour un C.V. de 130 pF;

13 à 15 pF pour un C.V. de 490 pF.

S'il existe un trimmer, sa capacité vient s'ajouter à C_4 , évidemment.

C_5 , capacité d'entrée de la lampe, variable suivant le type de cette dernière. Ordre de grandeur :

3,8 pF pour une ECH42;

7 pF pour une 6BE6;

5 pF pour une EF41;

5,5 pF pour une 6BA6.

Faisons le compte, pour un bobinage P.O., en prenant les chiffres moyens, en admettant que le C.V. soit un " 490 pF ", au minimum de sa capacité. Nous avons donc :

$$C_1 = 6 \text{ pF};$$

$$C_2 = 6 \text{ pF};$$

$$C_3 = 6 \text{ pF};$$

$$C_4 = 14 \text{ pF};$$

$$C_5 = 6 \text{ pF}.$$

Cela nous fait, au total, 38 pF, capacité en parallèle sur notre bobine, lorsque le C.V. est au minimum, et qui détermine la fréquence maximum (f_{\max}) que nous pouvons atteindre avec une bobine de " self " donnée. Lorsque le C.V. est au maximum nous devons ajouter sa capacité nominale, soit 490 pF à la somme ci-dessus et le nouveau total devient donc 528 pF. Cette capacité détermine la fréquence minimum (f_{\min}).

Il serait très intéressant de savoir quelle gamme, quel rapport de fréquences, nous pouvons couvrir dans ces conditions. Autrement dit, si par calcul ou expérience nous déterminons que la fréquence maximum d'un circuit est f_{\max} , quel sera son rapport à la fréquence minimum f_{\min} .

Rien n'est plus facile, car le rapport f_{\max}/f_{\min} est égal à la racine carrée du rapport C_{\max}/C_{\min} :

$$\frac{f_{\max}}{f_{\min}} = \sqrt{\frac{C_{\max}}{C_{\min}}}$$

Dans l'exemple ci-dessus, où $C_{\max} = 528$ pF et $C_{\min} = 38$ pF, le rapport des capacités est $528/38 = 13,9$ et sa racine carrée est 3,73. Par conséquent si nous avons $f_{\max} = 1.605$ kHz, par exemple, nous pourrions atteindre, pour C_{\max} , une fréquence f_{\min} telle que

$$f_{\min} = \frac{1.605}{3,73} = 430 \text{ kHz.}$$

Il n'est pas difficile de voir que la gamme couverte diminue de beaucoup lorsque la capacité parasite augmente relativement peu. Pour nous en convaincre, supposons simplement que nous avons ajouté, au circuit ci-dessus, un trimmer ajustable, dont la capacité, dans la position moyenne, est de 15 pF. Nous obtenons alors :

$$C_{\min} = 53 \text{ pF;}$$

$$C_{\max} = 543 \text{ pF.}$$

Le rapport des capacités devient $543/53 = 10,2$ dont la racine carrée est 3,2. Si, en diminuant en conséquence la "self" de la bobine nous obtenons encore une fréquence $f_{\max} = 1.605$ kHz avec la nouvelle valeur de C_{\min} , la gamme couverte s'étendra jusqu'à une fréquence f_{\min} telle que

$$f_{\min} = \frac{1.605}{3.2} = 500 \text{ kHz environ.}$$

E R R A T A

COURS DE RADIO-ELECTRICITE

Leçons Pratiques 1 à 5

Page 23 : Remplacer les chiffres des tableaux par ceux ci-dessous :

Figure 16 :

a	-	24 m/m	8 m/m	2 W
b	-	16 m/m	6 m/m	1 W
c	-	10 m/m	4 m/m	0,5 W

Figure 17 :

a	-	45 m/m	10 m/m	2 W
b	-	35 m/m	8 m/m	1 W
c	-	25 m/m	5 m/m	0,5 W
d	-	17 m/m	4,5 m/m	0,25 W

Page 25 : sur figure 19, remplacer A par C et C par A

Page 36 : 11ème ligne - R^3 a pour valeur 50.000 ohms
et non 15.000

Page 54 : 21ème ligne - Remplacer 27 (de la phrase :
tableau de la page 27) par 28

