

LES CAHIERS DE LA T. S. F.

---

P. LUGNY

---

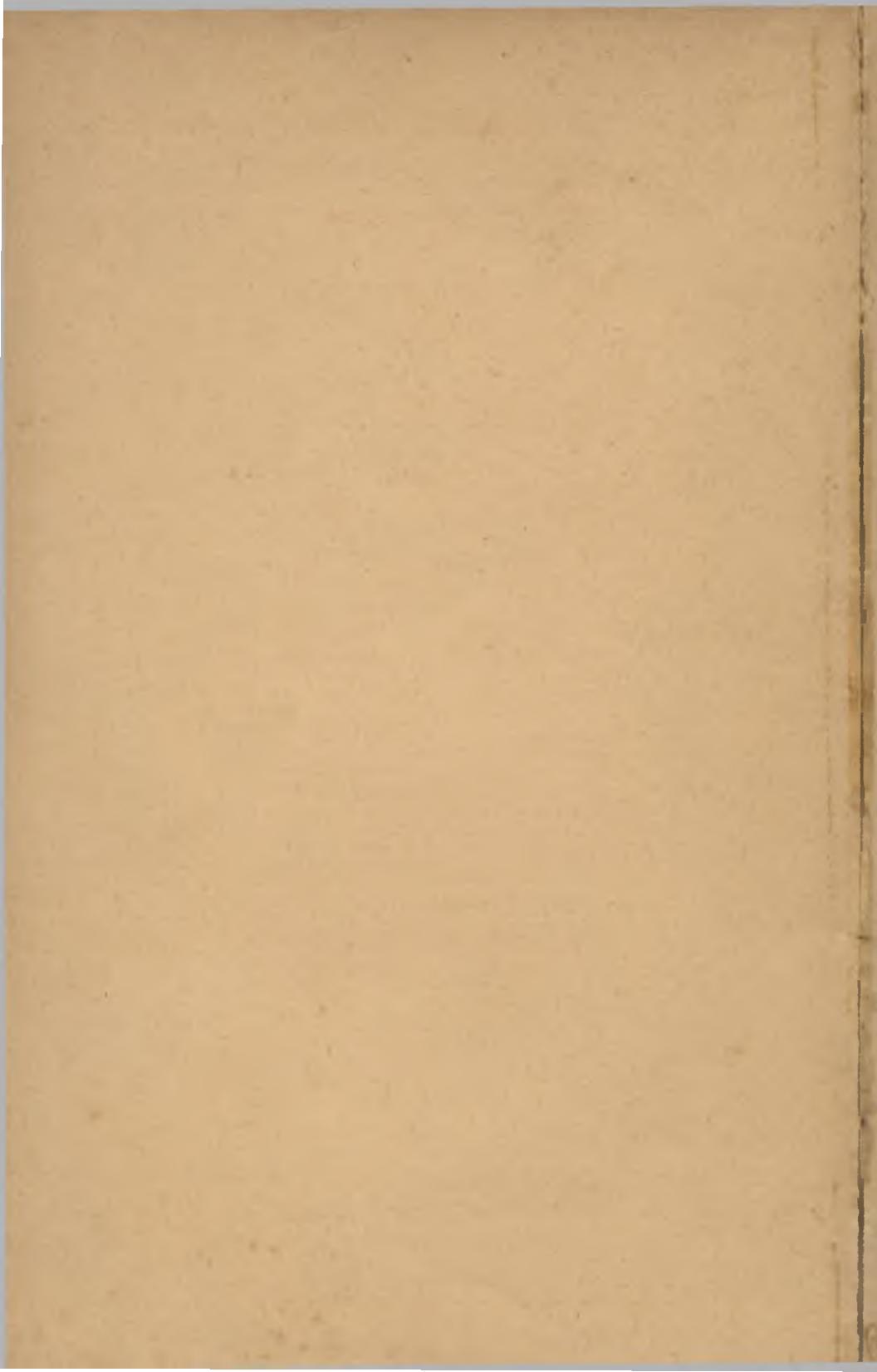
**LES  
CONDENSATEURS  
EN T. S. F.**

---

CONDENSATEURS FIXES  
ET VARIABLES  
MESURE DE LA CAPACITÉ  
PROFILS SPÉCIAUX  
A VARIATION LINÉAIRE  
DE LONGUEUR D'ONDE  
ET DE FRÉQUENCE

---

Etienne **CHIRON**, éditeur  
40, Rue de Seine — PARIS



LES  
CONDENSATEURS  
DE T. S. F.

# LES CAHIERS DE LA T. S. F.

## VOLUMES PARUS :

- P. HÉMARDINQUER : Les lampes à deux grilles et leur utilisation. . . . . 6. »
- P. LUGNY : L'émission sur ondes courtes à la portée de tous . . . . . 4.50
- M. CHAUVIERRE : L'alimentation des postes de T. S. F. par le secteur. . . . . 7.50
- P. LUGNY : Les condensateurs. . . . . 4.50
- G. TEYSSIER : Manuel de dépannage des postes récepteurs de T. S. F. . . . . 6. »
- H. HEMARDINQUER : Comment remplacer les bobines interchangeables . . . . . 6. »
- P. LUGNY : Les bobines de T. S. F. . . . . 3.50
- LAGARDE (Cap.) : Premiers principes de T. S. F. 7.50

### *A paraître prochainement :*

- G. TEYSSIER : Utilisation rationnelle de lampes de T. S. F. . . . . 4.50
- P. HÉMARDINQUER : Les solutions modernes du problème de l'alimentation par le secteur . . 7.50

**LES CAHIERS DE LA T. S. F.**

---

---

P. LUGNY

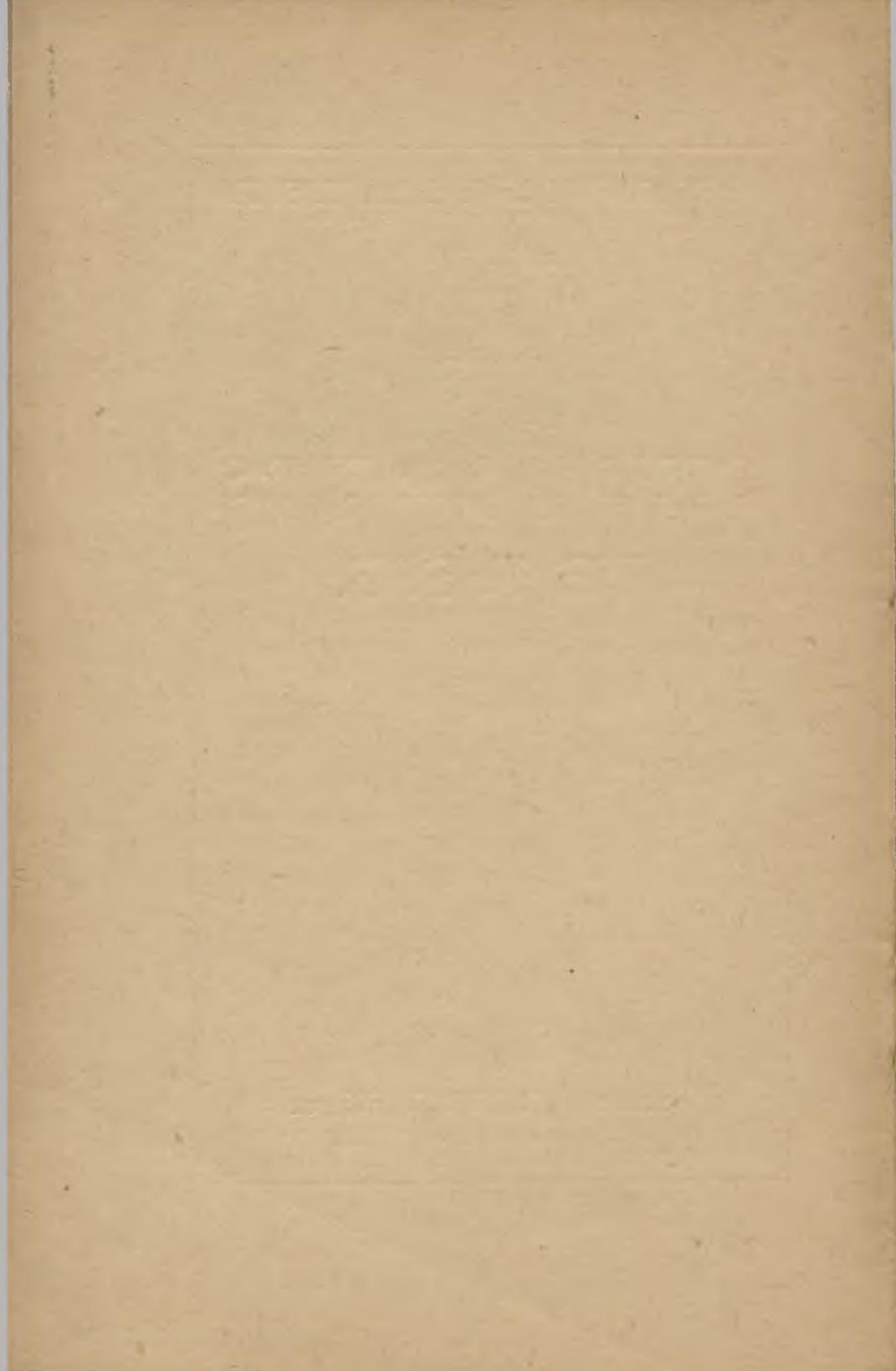
---

**LES  
CONDENSATEURS  
DE T. S. F.**

---

---

**ÉTIENNE CHIRON, Éditeur**  
**40, Rue de Seine, PARIS**



## AVANT-PROPOS

---

*Un bon montage ne vaut pas un kopek par lui-même et on peut dire, sans exagération aucune, que les résultats obtenus sont fonction, dans la même proportion au moins, du schéma employé et des pièces détachées qui servent à le réaliser. On peut d'ailleurs penser, a priori, qu'un bon schéma réalisé avec de mauvais constituants revient à une excellente recette de cuisine pour la réalisation de laquelle on aurait employé des viandes, graisse, beurre, etc., avariés ou dans des proportions inexactes ; ne serait-on pas un gourmet qu'on ne saurait s'en satisfaire ? L'auteur a réussi, dans ce volume, à résumer le rôle et les qualités d'une capacité en T. S. F., les mesures simples que tout amateur doit être à même d'exécuter, vues leurs facilités relatives, et éclairer ainsi un choix qui est aussi essentiel, dans la constitution d'un ensemble de réception, que les lampes ou les accumulateurs.*

P. L.



# LES CONDENSATEURS DE T. S. F.

---

## I. — EXPOSÉ DE LA QUESTION

**Généralités.** — Parmi les très nombreux constituants qui entrent dans un poste de réception, il n'y en a aucun dont la fonction soit secondaire ; qu'il s'agisse de self-inductance, de transformateurs ou de résistances, il faut apporter le même soin dans le choix pour arriver à un fonctionnement certain et dans les limites de ce que l'on espérait.

J'ai l'intention de traiter la question de la façon suivante : résumer, dans ses grandes lignes, le rôle que joue un condensateur dans un circuit quelconque et en conclure à la fois les emplois que l'on peut en faire et les qualités qui seront, peut être, différentes suivant ceux-ci. Ensuite, les conclusions de ces préliminaires nous conduiront logiquement aux réalisations de la capacité : condensateurs fixes et variables, dont j'exposerai les éléments de variation. Il me paraît intéressant, à la suite de ceci, de dire quelques mots de la localisation des pertes et de leur mesure, traitée comme question accessoire de la détermination de la valeur approchée de la capacité. Enfin, il existe des systèmes de variation de capacité, obtenus en donnant à certain élément variable une forme appropriée et je voudrais les passer en revue ; il existe aussi des montages permettant un réglage précis ; verniers et démultiplicateurs se disputent la solution de cette question ; c'est en l'étudiant que je voudrais terminer cette petite étude d'une partie si importante de la radiotechnique.

**Rôle de la capacité.** — Un condensateur comporte essentiellement deux masses métalliques séparées par un isolant ; sa caractéristique essentielle est, si on réunit les parties métal-

liques à une source, d'emmagasiner une certaine quantité d'électricité, de se charger ; inversement, si à ce moment, ayant séparé la source du condensateur, on relie celui-ci à un circuit extérieur, un courant parcourera ce circuit jusqu'à épuisement de la quantité d'énergie conservée par l'appareil. Il peut être comparé, comme fonctionnement, à une membrane élastique que, par une certaine tension, on rend capable de produire ultérieurement un travail en se détendant.

Au point de vue qui nous occupe ici, le rôle essentiel de la capacité dans un circuit est dû à la propriété suivante : plus une tension appliquée à un condensateur est de fréquence élevée, plus l'intensité du courant débitée dans le circuit est grande ; c'est donc que l'opposition de la capacité au passage du courant diminue quand la fréquence augmente ; de même, elle diminue, à fréquence constante, quand la capacité augmente. Il résulte de ceci, d'une part, qu'une capacité travaille, en quelque sorte, dans un sens inverse de celui de la self-induction ; dans ce cas, en effet, l'obstacle qu'oppose un enroulement donné est d'autant plus important que la fréquence est plus grande. On conçoit donc qu'il puisse y avoir une compensation partielle : le courant, quand l'impédance de self est juste équivalente à celle de capacité, est maximum ; il ne rencontre plus comme obstacle à son passage, que la résistance ohmique du circuit ; c'est l'accord ; le circuit est dit en résonance. Le rôle principal de la capacité en radioélectricité est de réaliser un accord convenable d'un certain ensemble.

Mais là n'est pas le seul emploi qu'on en puisse faire la : capacité pure oppose au passage du courant de fréquence nulle, ou continu, une barrière infranchissable. Elle est aussi employée pour laisser passer dans un circuit un certain courant de fréquence élevée en faisant dériver ceux de ente plus pulsation ou continu vers une autre portion de l'ensemble.

On peut donc résumer ces quelques lignes, avant d'entrer dans le détail de leur analyse, en disant qu'une capacité, joue deux rôles importants : réaliser l'accord d'un circuit sur une fréquence et faire le tri des courants de pulsation quel-

conque ; en généralisant beaucoup la notion d'accord, comme je vais le montrer, on peut considérer que, seule, la première fonction existe et son importance justifie le développement que je veux en faire tout de suite ; c'est lui qui nous guidera dans la suite, en nous imposant successivement les différentes conditions de réalisation que nous rencontrerons.

**Utilisation d'un condensateur.** — La fonction essentielle est donc de réaliser l'accord d'un circuit. Je vais d'abord

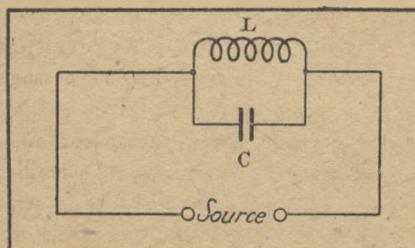
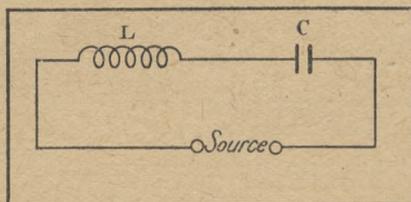


Fig. 1. — La capacité est en parallèle sur la self-induction.

Fig. 2. — La capacité est en série avec la self-induction.



insister sur cette fonction proprement dite, me réservant ensuite d'en généraliser la notion.

Au point général, accorder un circuit revient à égaler sa fréquence propre à celle d'un générateur quelconque (émetteur ou autre). Deux cas sont à considérer : ou bien (fig(1), la capacité est en parallèle avec l'enroulement ou (fig. 2) en série. Si une source de fréquence  $f$  agit sur l'un des circuits, on arrive à des résultats très différents : il importe d'en analyser le fonctionnement de près car on en tire d'intéressants enseignements. Dans le premier cas, lorsque la fréquence

propre du circuit LC est égale à celle de la source, l'intensité du courant dans le circuit LC est maxima, mais celle qui circule dans le reste de l'ensemble est minima, le bouchon LC ayant, si la résistance en est nulle, comme équivalent une résistance infinie placée dans le circuit de la source. Au contraire, dans le second cas, l'intensité est maxima quand la fréquence propre est égale à celle de la source, l'opposition au courant se réduisant alors à la résistance ohmique. Il résulte de ceci que, toujours, le régime qui correspond à l'accord est exceptionnel. C'est alors que l'on recueille aux bornes de l'enroulement le maximum de tension. Avant l'accord, le système se comporte comme une self-induction

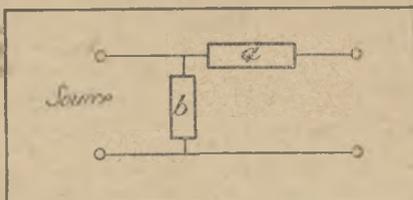


Fig. 3. — Principe de filtre électrique

(c'est-à-dire que son impédance augmente avec la fréquence) ; après, au contraire, le système a toutes les caractéristiques d'un condensateur. Je laisserai de côté le cas de la figure 2, qui est peu intéressant, pour disséquer le montage de la figure 1. Trois cas peuvent se rencontrer dans la pratique : accord sur une émission ; séparation d'une fréquence relativement basse et d'une autre élevée ou inversement. Ces trois problèmes se ramènent à des questions d'accord.

Pour le premier cas, cela est évident : c'est quand on se trouve à la résonance qu'on a le maximum de courant et de tension aux bornes communes de l'inductance et de la capacité. Dans le cas de la figure 2, il en est de même respectivement aux bornes de chacun.

Dans les deux autres cas, le problème n'est pas, à premier abord, le même et pourtant il se ramène aisément au cas déjà

considéré. Je n'envisagerai pas le filtrage, qui consiste, dans un seul circuit, à autoriser la libre propagation d'une certaine gamme de fréquence, tout en arrêtant le reste. Celui-ci se réduit aisément à la première question. Il se compose essentiellement (fig. 3), de deux parties *a* et *b*: *a* a pour rôle d'arrêter les fréquences que l'on veut éliminer (c'est donc une self-inductance si on veut transmettre les basses fréquences et une capacité dans le cas contraire); *b* sert, au contraire, d'échappatoire aux fréquences à éliminer et doit, par conséquent, avoir des caractéristiques inverses de celles de *a*.

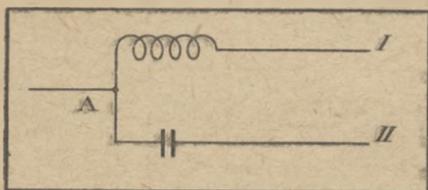
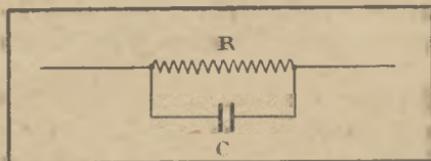


Fig. 4. — Bifurcation créée pour trier la haute fréquence de la basse fréquence et de la composante continue.

Fig. 5. — Le condensateur shunté permettant d'obtenir une chute de tension tout en transmettant la haute fréquence.



Considérons la fig. 4, au sujet de laquelle je veux généraliser la notion d'accord, et qui est d'autant plus importante qu'elle se rencontre souvent en T. S. F. A partir du point A, le circuit se subdivise en deux branches : l'une I comporte un enroulement, l'autre II est constitué par une capacité. D'après ce que j'ai déjà dit, le courant continu et la basse fréquence passe par I, tandis que les hautes fréquences sont dérivées par II, on peut, en étendant beaucoup la notion d'accord, dire que la branche I comportant une self-inductance pure est accordée sur une fréquence nulle, puisque c'est pour le courant continu que l'on constate un maximum d'intensité ; au contraire, la branche II peut être assimilée à un ensemble

accordé sur une fréquence infinie puisque, plus celle-ci augmente, plus l'intensité est, elle-même, plus grande. Pour réaliser un tri entre des fréquences de l'ordre de celles des émissions radiotélégraphiques et le courant continu, on peut employer un dispositif légèrement différent ; on remplace (fig. 5), la self-inductance par une résistance qui est indépendante de la fréquence du courant incident et agit également, et on shunte par un condensateur de capacité telle que son impédance soit très inférieure à la résistance et la mette en quelque sorte en court-circuit. On peut ainsi obtenir une chute de tension en courant continu tout en transmettant intégralement une impulsion de haute fréquence. C'est le dispositif classique du condensateur shunté des détectrices.

Je profite de cette occasion pour répéter qu'une capacité si elle est suffisante ou si la fréquence est assez grande crée un véritable court-circuit. Plus la longueur d'onde est courte, plus il faut veiller à diminuer les capacités parasites entre les fils de connexions en les croisant à angle droit et à distance suffisante. Il faut savoir tenir un juste milieu entre cette condition et celle qui impose qu'un montage soit « aéré ».

**Qualités nécessaires.** — Un examen attentif de la question montre qu'on peut ramener à deux les qualités (ou au moins les classes dans lesquelles on peut les ranger), à requérir d'un condensateur : l'une a trait à la valeur, l'autre à la construction.

Dans les filtres et les systèmes de tri, comme il suffit que la capacité soit suffisante pour que son impédance reste en deça d'une certaine limite pour la gamme d'oscillations à transmettre, la valeur peut n'être qu'approximative, surtout si l'erreur est par excès (cela n'est pas applicable aux filtres de bande). Par contre dans le cas d'un accord, il faut une capacité de valeur donnée, si l'on s'impose l'enroulement à employer pour une raison quelconque. On conclut, alors, à la nécessité de pouvoir prédéterminer et mesurer avec une approximation suffisante un condensateur donné. De plus, ceci implique dans la construction des postes, que cette valeur

est constante dans le temps et que, par conséquent, les éléments constitutifs ne sont pas sujet à variation ni par influence hygrométrique, ni par défaut de construction : mauvais serrage, altération des différentes matières.

Une analyse mathématique du fonctionnement d'un des dispositifs quelconque décrits ci-dessus montre que la perfection nécessiterait que la résistance ohmique du circuit soit nulle : or, la branche capacité ne comportant pas d'autres organes que le condensateur, il est donc nécessaire de réduire les pertes dans celui-ci au minimum ; c'est un fait bien connu des amateurs qui sont au courant de ce que, lorsqu'elles diminuent, l'acuité de l'accord augmente en même temps que l'intensité du courant. Vu l'importance de la question et les progrès récemment accomplis dans ce domaine j'y consacrerai un paragraphe spécial.

**Réalisation.** — Il est intéressant de se rendre compte de la façon dont on peut réaliser une capacité donnée, des éléments que l'on peut choisir et de l'action que l'on peut avoir sur eux. Pour ceci, je passerai en revue les modèles courants, laissant de côté les condensateurs colloïdaux et électrolytiques qui, très importants, méritent une place à part et un article spécial, la question étant très délicate et importante.

On rencontre en pratique deux sortes de condensateurs : ceux qui ont une capacité fixe et les autres pour lesquels celle-ci est variable. Ils ne présentent pas, en général, au point de vue de leur réalisation, les mêmes caractères et semblent intéressants à étudier séparément.

Pourquoi emploie-t-on ces deux catégories de condensateurs ? Qu'on me laisse de suite répondre qu'il vaudrait mieux n'employer que des capacités variables, ce qui laisse la latitude de les adapter au mieux aux conditions de fonctionnement du moment, mais la complication du montage et surtout son prix de revient s'en ressentiraient fortement. En réalité, on emploie les premiers, en choisissant soit une valeur moyenne, soit celle correspondant à une limite, pour que le fonctionnement reste satisfaisant sur toute la gamme,

envisagées ; ils correspondent au cas où la valeur de la capacité peut rester fixe dans une certaine gamme de longueurs d'onde, shunt d'un enroulement de transformateur-condensateur de détection, de protection de l'alimentation, des enroulements du haut-parleur (fig. 6). Il est important de remarquer que les valeurs varient beaucoup d'un cas à l'autre ; dans certaines places (détection-shunt d'enroulement), le condensateur a pour but de laisser un chemin facile à la haute fréquence ; on lui donne alors, dans le premier cas une valeur variant de 0,1 à 0,3 millièmes de microfarad, tandis que le

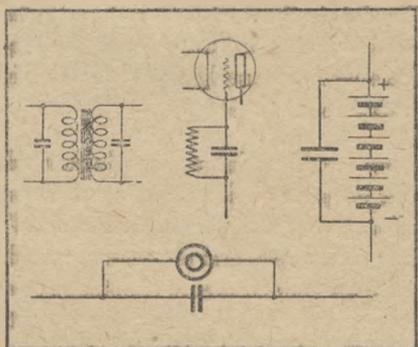


Fig. 6. — Emploi différents des condensateurs fixes.

second se satisfait bien de 2 à 5 millièmes de microfarad. Dans le cas où on emploie un condensateur sur l'alimentation ce dernier doit avoir une capacité de 1 ou 2 microfarads pour laisser un passage aux oscillations acoustiques. J'envisagerai donc les cas suivants qui correspondent à ces trois catégories : 0,2 — 2 — 2.000 millièmes de microfarad.

Au contraire, dans les circuits d'accord, où la self-inductance étant donnée, il faut réaliser une valeur fixée de la capacité et cela, par toute une gamme de fréquences, on emploie un condensateur variable. L'accord peut, il est vrai, être réalisé par une capacité fixée et un variomètre, mais cela sort du cadre de cet article. Quelles sont alors les valeurs à adopter ?

Dans des cas spéciaux, tels que circuits à basse fréquence d'un poste à super-réaction, on peut être amené à employer des capacités variables de quelques millièmes de microfarad ; ce cas étant peu fréquent, je le laisserai de côté après l'avoir signalé. On emploie, en général, des capacités supérieures à 0,25 millièmes de microfarad pour éviter un trop grand nombre d'enroulements interchangeables pour couvrir une gamme donnée ; on s'arrête à deux valeurs 0,5 et 1 millième ; ce sont celles sur lesquelles j'insisterai plus particulièrement. Des condensateurs de plus faible capacité, réservés à des emplois spéciaux sont aussi construits et j'en dirai un mot, car ils sont intéressants soin apporté à leur construction.

Un condensateur comporte deux armatures qui servent aussi à l'intercaler dans le circuit et un diélectrique qui les sépare. La formule (je m'excuse d'être obligé d'en arriver-là) qui donne la capacité  $C$  d'un condensateur en fonction de la surface  $S$  commune aux deux armatures (un fil et une plaque ont une capacité équivalente à celle de deux fils), de leur distance  $e$  et du pouvoir inducteur spécifique  $k$  du diélectrique supposé remplir tout le volume entre les lames est :

$$C = \frac{kS}{4\pi c} \frac{1}{900} = \frac{kS}{3600\pi e} = \frac{kS}{e} 10^{-4} \text{ sensiblement,}$$

où  $C$  est exprimé en millièmes de microfarad si  $s$  et  $e$  sont exprimés en centimètres. Si on emploie, au total,  $n$  armatures, on arrive à une capacité :

$$C_n = \frac{k(n-1)s}{e} 10^{-4} \text{ millième de microfarad.}$$

On voit que, pour obtenir une capacité donnée, on peut agir :

1° Sur la nature du diélectrique et faire varier  $k$  ; celui-ci, pour l'air et les gaz est pratiquement, à la température et à la pression ordinaire égal à 1. Pour les solides et les liquides, il n'en est plus de même ; les deux tableaux ci-après résument les valeurs de  $k$  pour les diélectriques les plus communément employés. Dans les diélectriques cristallins, l'orientation du cristal par rapport aux axes n'est pas indifférente.

## Pouvoir inducteur spécifique des liquides :

Acétone.....	22,40
Huile de lin.....	3,40
Huile paraffine .....	2,7
Pétrole.....	2,15
Sulfure de carbone.....	2,6

## Pouvoir inducteur des solides :

Caoutchouc.....	2,2	Marbre.....	6,1
Chatterton .....	2,5	Mica.....	4 à 7
Ebonite .....	2,7	Papier.....	2
Fibre .....	2	Résine .....	2,5
Gomme laque ...	3	Verre.....	3 à 10

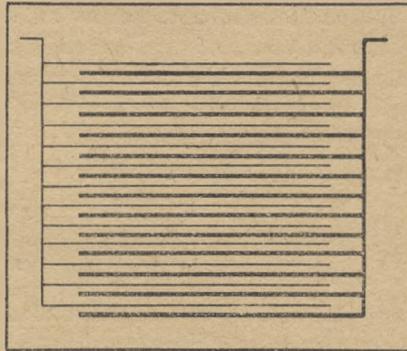


Fig. 7. — Armatures de condensateur

On voit combien  $k$  varie par les corps sous les états solides et liquides, si, il est constant pour tous les gaz. L'eau a un pouvoir inducteur égal à 80. Pratiquement on se limite aux corps suivants, résumés avec la valeur correspondante de  $k$  dans le tableau ci-dessous :

Gaz	— Air .....	$K = 1$
Liquides	— Pétrole.....	2,15
Solides	— Mica .....	5
	— Papier .....	2
	— Verre .....	5

On peut arrêter là la liste des diélectriques.

2° Sur la surface commune des électrodes, mais, surtout dans les condensateurs variables, ceci amène des difficultés d'équilibrage et on se limite pratiquement à des diamètres, si les plaques sont circulaires, d'environ 10 centimètres. C'est une des grosses difficultés de réalisation des capacités variables importantes.

3° Sur le nombre des armatures et on n'est limité dans cette voie que par l'encombrement et la rigidité de l'axe qui les supportent.

4° Enfin, sur la distance entre elles ; la capacité varie en sens inverse de cette dimension ; il faut donc, pour obtenir une augmentation, rapprocher les plaques ; on est limité dans cette voie par la nécessité d'éviter le jaillissement d'étincelles entre les deux armatures. Cette condition est particulièrement impérative dans le cas d'un condensateur placé sur un poste d'émission. Le tableau ci-dessous résume les distances auxquelles relatent une étincelle entre deux plaques

Air .....	1 mm.	4.000 volts
Mica.....	0,2	2.000 volts
Papier.....	0,1	4.000 volts

De plus on est limité, quand on emploie l'air comme diélectrique, par les variations de rigidité des lames qui pourraient, tout en restant dans les limites acceptables amener un court-circuit. Pratiquement, un minimum de 1 millimètre dans l'air et 0,1 millimètre avec du mica ou du papier, sont des limites infranchissables.

Nous voici en mesure de construire un condensateur ; je vais maintenant exposer la réalisation des condensateurs fixes puis variables.

## II. — CONDENSATEURS FIXES

**Condensateurs fixes.** — Les trois catégories de condensateurs fixes que j'ai envisagées sont les suivantes :

0,2 — 2 — 2.000 millièmes de microfarad.

Par application des formules ci-dessus et pour des raisons que je développerai plus loin, je choisirai, pour le premier modèle, l'air comme diélectrique, pour le second, le mica et le papier pour le troisième. Ce dernier choix est motivé par la nécessité, vu la très grande longueur des armatures, d'employer un diélectrique qui permette l'enroulement.

Le premier modèle est celui qui donne de meilleurs résultats sur la détectrice ; je voudrais ouvrir de suite une parenthèse au sujet des capacités en général ; au sujet des pertes, il ne faut pas se montrer trop sévère, si on n'y veille pas dans l'ensemble et les légères atténuations de résonance dues à l'emploi d'un diélectrique autre que l'air ne sont que très peu importantes en regard de certains supports de bobines et de la qualité de beaucoup d'appareils, surtout en matière moulée. Pour en revenir au premier modèle envisagé, on aura

$$k = 1,$$

d'où

$$C_n = \frac{(n-1)s}{e} 10^{-4}.$$

D'autre part, on veut réaliser :

$$C = 0,2 \text{ millièmes ;}$$

on doit donc avoir :

$$(n-1)s 10^{-4} = 0,2 e,$$

$$(n-1)s = 2.000 e.$$

Pour des raisons de rigidité comme exposé plus haut, je prendrai :

$$e = 1 \text{ mm.} = 0,1 \text{ cm.}$$

L'équation prudente devient donc :

$$(n-1)s = 2.000 \times 0,1 = 200.$$

Pour rester dans un encombrement pratique, je choisirai, pour les armatures une surface de  $4 \times 2$  cm., soit :

$$s = 8 \text{ cm}^2.$$

On aura donc

$$(n - 1) 8 = 200,$$

et

$$n - 1 = 25$$

d'où

$$n = 26.$$

Ceci représente une épaisseur, en supposant pour chaque lame 0,3 mm. d'épaisseur :

$$E = 25 \times 1 + 26 \times 0,3 = 25 + 7,8 = 33 \text{ mm. sensiblement.}$$

Si on ajoute une lame, la capacité additionnelle sera de :

$$C = \frac{8}{0,1} 10^{-4} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ millièrme.}$$

On peut ainsi ajouter la valeur de la capacité.

On aura donc 13 lames réunies ensemble et formant une armature ; elles chevaucheront avec les 13 autres (fig. 7), qui constituent la seconde armature.

Dans le second cas, je prendrai

$$k = 6,$$

ce qui correspond à une valeur moyenne pour le mica. Il faut donc que,

$$C_n = \frac{(n-1) 6 s}{e} 10^{-4} = 2$$

Soit

$$3 (n - 1) s = 10.000 e.$$

On peut, pour le mica, prendre

$$e = 0,1 \text{ mm.} = 0,01 \text{ cm,}$$

qui peut tenir déjà une tension suffisante. Il vient donc

$$3 (n - 1) s = 10.000 \times 0,1 = 100.$$

En adoptant la même valeur pour  $s$ , on aura

$$(n - 1) = \frac{100}{24} = 4.$$

Il faut donc prendre

$$n = 5.$$

L'encombrement sera donc d'environ  $4 \times 2 \times 0,6$  cm. On voit combien l'usage du mica permet de diminuer l'en-

combement, grâce à une augmentation de  $k$  et à une diminution possible de  $e$ .

Dans le troisième cas, on aura

$$k = 2,$$

Soit donc

$$C = \frac{2(n-1)s}{e} 10^{-1} = 2000$$

et

$$(n-1)s = 10^7 e.$$

On peut choisir, comme valeur possible de  $e$ ,

$$e = 0,01 \text{ mm.} = 0,001 \text{ cm}$$

Donc on aura,

$$(n-1)s = 10^7 \cdot 10^{-3} = 10^4.$$

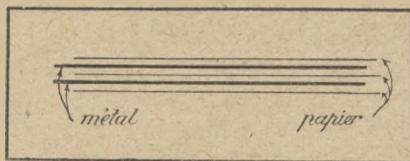


Fig. 8. — Isolation entre les armatures d'un condensateur

Pour permettre un enroulement aisé, je choisirai

$$n = 2.$$

Il faudra isoler l'armature interne par une feuille de papier supplémentaire de toutes façons, et il vaut mieux employer le système de la figure 8. Ceci donne

$$S = 10^4 \text{ cm}^2.$$

En choisissant une largeur de lame de 4 cm., il vient donc comme valeur de la longueur

$$l = \frac{10^4}{4} = \frac{10.000}{4} = 2.500 \text{ cm.} = 25 \text{ mètres.}$$

On voit donc toute l'importance de ces armatures.

Toutes ces données ont été établies en supposant que le diélectrique, comme je l'ai dit, remplit tout le volume entre les armatures ; si on employait une lame de mica, par exemple, d'épaisseur moitié de celle de la couche d'air, la capacité aurait une valeur différente et difficile à déterminer d'une façon précise.

### III. - CONDENSATEURS VARIABLES

**Condensateurs variables.** — J'ai montré que, dans bien des cas, il est utile d'employer des capacités variables qui permettent de réaliser un accord précis sur une gamme de longueurs d'onde, sans être astreint à changer d'enroulement. Je voudrais passer en revue rapidement cette nouvelle catégorie de condensateurs. Pour le calcul, je ne traiterai que le cas d'un condensateur variable à air de 0,5 millièmes de microfarad de capacité maxima.

Quels sont tout d'abord, les éléments que l'on peut rendre aisément variables? La formule :

$$C = \frac{k(n-1)s}{e}$$

nous montre que l'on pourrait agir sur  $k$ ,  $n$ ,  $s$  et  $e$ . mais nous allons de suite éluder deux de ces possibilités à cause de leur réalisation impossible. Le pouvoir inducteur spécifique peut varier d'un modèle à l'autre, mais sauf cas spéciaux, il est peu profitable, quoique cela puisse être intéressant de remplacer progressivement l'air par du mica, par exemple. Ceci n'est pas entré dans le domaine public pour deux raisons : d'une part, la variation totale de capacité n'est que de 1 à  $k$ ,  $k$  étant le pouvoir inducteur spécifique du diélectrique employé ; on remarque que, dans le tableau que j'en ai dressé, on trouve comme valeur maxima environ 5 ; on ne peut avoir qu'une capacité maxima égale à cinq fois au plus celle minima, tandis qu'on arrive à plus du double de cette valeur dans les condensateurs variables à air. Il est vrai qu'il y a des cas (verniers par exemple), où cette variation lente devient un avantage ; cette manière de faire présente, en outre, la supériorité de maintenir fixes les deux armatures et d'éviter les connexions volantes. Il y a des cas où cela peut être plein d'intérêt. D'autre part, il est difficile de faire passer plusieurs lames du diélectrique à frottement dur entre les armatures et

s'il reste un certain volume d'air entre les deux, la capacité diminue fortement. Je supposerai donc, dans la suite,  $k$  fixe,

On ne peut agir sur  $n$  pour des raisons de continuités nécessaires ; le fait d'ajouter lame par lame à chaque armature, crée des discontinuités ; on augmente, en effet, chaque fois, la capacité d'une valeur égale à celle formée par deux lames seulement. Cette hypothèse est donc écartée aussi.

Nous nous trouvons donc plus en présence que des variations possibles de  $s$  et de  $e$ . Cette dernière façon d'opérer étant plus rare, je m'y arrêterai tout d'abord pour pouvoir m'étendre un peu plus sur l'autre, beaucoup plus répandue.

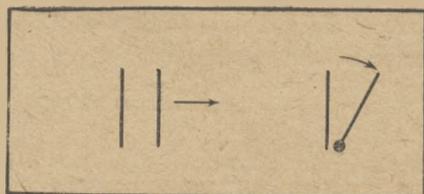


Fig. 9. — *A gauche* : la distance entre les armatures varie par déplacement où elles restent parallèles. *A droite* : par déplacement angulaire.

Pour faire varier la distance entre les plaques, comme l'eut dit M. de La Palisse, il faut les rapprocher ou les éloigner. Mis en application dans certains condensateurs, ce système présente divers inconvénients ; comme celui décrit auparavant, il permet, pourtant un emploi avantageux dans certains dispositifs spéciaux. On peut obtenir, en effet, avec lui de très faibles capacités minima ; dans les verniers et les capacités de neutralisation ou de neutrodynage, c'est une condition favorable. Au point de vue général, cet avantage est contrebalancé par deux inconvénients notoires ; comme on s'en rendra compte aisément, la distance entre les électrodes figurant au dénominateur de la fonction exprimant la capacité, la décroissance de celle-ci sera très rapide au début et diminuera au fur et à mesure que l'on rapprochera les deux armatures, ce qui, au point de vue pratique, signifie que plus la

capacité augmente, plus les réglages deviennent faciles. En second lieu, il est extrêmement difficile de donner à ces condensateurs des courbes spéciales de variation de capacité qui sont si intéressantes dans de très nombreux cas, car ceci conduit à des profils compliqués de la commande de l'armature mobile, qui ne sont pas en rapport avec une construction industrielle. Je n'insisterai pas plus sur ces systèmes ; je signalerai seulement que (fig. 9) l'on peut réaliser la variation de distance entre les armatures de deux façons différentes ; soit en écartant en les maintenant parallèles, soit en réalisant un déplacement angulaire entre les deux plans.

J'en arrive maintenant au système le plus employé, celui

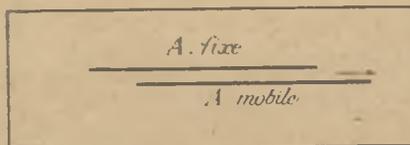


Fig. 10. — Translation parallèle de l'armature mobile.

qui agit sur la surface relative des armatures. J'insiste sur le fait que la surface  $S$  exprimée dans la formule de la capacité est celle qui est commune aux deux armatures et qui correspond donc à la projection perpendiculaire de l'une sur l'autre ; la surface totale n'intervient que pour la capacité maxima. Avant de passer en revue les différentes réalisations qui la font préférer de la quasi-totalité des constructeurs. En dehors des facilités de construction que ces modèles permettent, on les choisit, car ils sont aptes à l'obtention des courbes de variation de tout modèle, très aisément réalisable au point de vue pratique.

On peut les exécuter de trois façons différentes. Chacune présente des particularités que je vais analyser ci-joint, laissant pour un paragraphe spécial les formes de ces courbes.

La figure 10 représente le premier système. On obtient une variation de surface en donnant à la plaque mobile (ou à l'ensemble qui y correspond), un mouvement de translation

parallèle à l'armature fixe. Ce modèle est très peu usité à cause de la difficulté d'obtenir une rigidité suffisante de la partie mobile, ce qui nécessite des glissières qui compliquent inutilement la construction.

Sur la figure 11, on voit le deuxième modèle ; dans celui-ci la surface varie par enfoncement progressif du cylindre  $C_2$  à l'intérieur d'un second cylindre  $C_1$ . Ce modèle, pas employé dans la technique de construction des postes, trouve au laboratoire une place de choix, car son calcul est très exact après détermination précise des rayons des deux cylindres que l'on

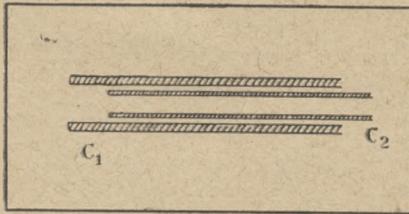


Fig. 11. — Le cylindre  $C_2$  est enfoncé à l'intérieur du cylindre  $C_1$ .

peut effectuer facilement avec un peu de soin. C'est ce modèle avec lequel on réalise des étalons de capacité très précis et des mesures sur le pouvoir inducteur spécifique de l'air et des gaz à diverses températures et pressions.

Si c'est surtout au point de vue des mesures qu'il est intéressant de signaler ce modèle, celui qui est représenté par la figure 12 est, au contraire, très connu de tous les amateurs et c'est à lui qu'ont recours la très grande majorité des constructeurs pour la réalisation des capacités variables. Il est constitué par deux ensembles d'armatures, l'un pénétrant dans l'autre par rotation autour d'un axe métallique. On peut aisément par une taille appropriée de l'un ou l'autre ensemble faire suivre à la capacité la courbe que l'on veut quelque compliquée qu'elle soit. Dans les deux modèles précédents, la capacité résiduelle, c'est-à-dire la plus faible que l'on puisse réaliser avec un condensateur donné, est nulle puisqu'on peut éloigner autant qu'on le veut les deux armatures en reti-

rant complètement celle mobile. Dans le cas présent, il n'en est plus de même et elle est constituée par les surfaces des deux blocs d'armatures qui ne sont pas à une distance très grande ; il s'ensuit que les constructeurs ont été amenés à donner à l'un des groupes de lames un profil adéquat à la courbe de capacité que l'on veut obtenir et à l'autre un profil

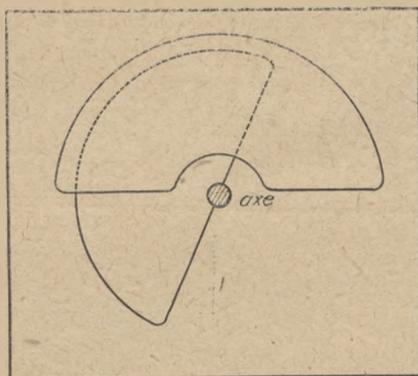


Fig. 12. — Condensateur variable du type courant à armatures circulaires.

tel que la résiduelle soit réduite au minimum, c'est-à-dire à les évider circulairement. Comme je le dirai plus loin, il est, d'ailleurs beaucoup plus difficile de réaliser un condensateur de courbe de variation donnée en dressant les armatures fixes que les armatures mobiles pour des raisons d'effets de bord, comme je le montrerai en décrivant la construction de ces appareils et en essayant de montrer les difficultés que l'on rencontre alors, et qui ne sont pas évidentes à des yeux non avertis.

#### IV. — MESURE DE LA CAPACITÉ

**Mesure de la capacité.** — Quelque précis que soient les calculs relatifs à la prédétermination d'un condensateur, ils restent toujours erronés en égard aux erreurs de mesure et de réalisation. Il est donc toujours nécessaire de faire des vérifications portant, pour les condensateurs fixes, sur la valeur exacte de la capacité réalisée et, pour ceux variables, sur les valeurs extrêmes et la loi de variation de l'appareil. Il est donc intéressant pour l'amateur de connaître deux méthodes simples, auxquelles je limiterai ce paragraphe, la me-

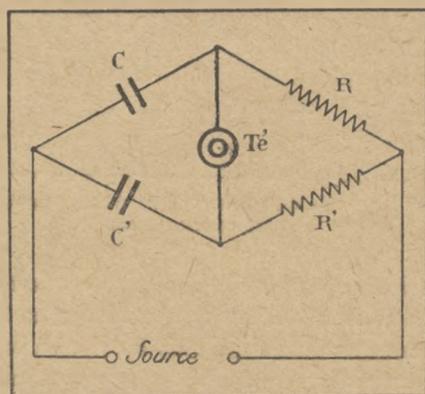


Fig. 13. — Pont de Sauty.

sure des capacités. La première est bien connue sous le nom de Pont de Sauty, la seconde est relative à l'emploi d'un ondemètre. Elles nécessitent toutes deux une capacité de valeur exactement connue; je décrirai les deux méthodes, malgré que la seconde soit beaucoup plus à la portée des moyens normaux d'un amateur, parce que la première permet de se rendre un compte assez exact de la valeur d'un condensateur, en mesurant les pertes par une variante facile du schéma de montage.

Celui-ci est représenté par la figure 13. Une source de courant alternatif est connectée aux points réunissant les capacités  $CC'$  d'une part, les deux résistances  $R$  et  $R'$  d'autre part ; la seconde diagonale du pont comporte un écouteur  $Te$  ; une théorie élémentaire du fonctionnement montre que lorsque celui-ci ne fait pas entendre aucun son, la relation suivante :

$$CR = C' R'$$

est vérifiée.

Si  $C'$ ,  $R$  et  $R'$  sont connus, il s'ensuit qu'on connaît  $C$  qui est équivalent à

$$C = C' \frac{R'}{R}$$

En donnant au rapport des résistances, la valeur voulue, on peut donc faire des mesures dans une très large gamme de condensateurs.

Cette méthode nécessite une installation spéciale ; l'amateur dispose toujours d'un ondemètre ; dès qu'on a goûté, en effet, à cet appareil aux multiples emplois, on ne saurait concevoir un poste sans lui. On peut très facilement, dans la gamme courante (il ne saurait être question ici de mesurer un microfarad), faire les mesures nécessaires à la pratique journalière. On peut pratiquer cette méthode de deux façons ; cela revient toujours au processus suivant : ayant réglé l'émetteur (l'ondemètre) sur une certaine longueur d'onde, ou l'écoute, en couplage très lâche sur un ensemble de réception quelconque que l'on règle à la résonance ; on introduit, alors, la capacité à mesurer dans le circuit oscillant de l'ondemètre et cherche le réglage du condensateur conservant à l'émission la même longueur d'onde, en l'écoutant sans toucher au réglage de la réception. On peut intercaler la capacité à mesurer dans le circuit oscillant de deux manières par rapport à celle initiale : en série ou en parallèle avec elle.

Dans ce dernier cas (fig 14), étant donné que la longueur d'onde émise n'a pas changé, on doit avoir (en désignant par  $L_1$  et  $C_1$ , les constantes du premier essai,  $L_2$  et  $C_2$  celle du second) :

$$L_1 C_1 = L_2 C_2 ;$$

d'où on tire :

$$C_2 = \frac{L_1 C_1}{L_2}$$

$C_1$  est un condensateur dont on possède la courbe d'étalonnage ; d'autre part, si  $C'$  est la valeur de la capacité à mesurer et  $C$  celle à la nouvelle position d'accord, on a :

$$C_1 = C' + C$$

les condensateurs étant en parallèle ; il vient donc

$$C' = \frac{L_1 C_1}{L_2} - C.$$

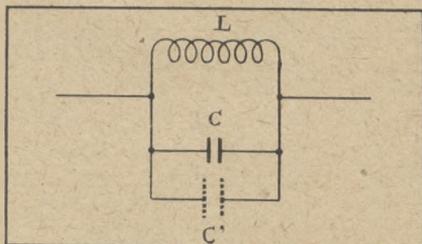


Fig. 14. — Mesure de capacités par ondement.

Si on peut réaliser le second accord sans changer l'enroulement, il vient :

$$C' = C_1 - C_2$$

la valeur de la capacité inconnue étant la différence entre les lectures correspondant aux deux positions d'accord. On utilise ce montage pour les capacités d'un ordre de grandeur égal ou inférieur à celui de la capacité de l'ondemètre  $C$ .

On emploie, au contraire, la mise en série (fig. 15) des deux capacités, quand celle à mesurer est de valeur supérieure à celle de l'ondemètre. Dans ce cas, on a toujours

$$L_1 C_1 = L_2 C_2 ;$$

mais la capacité  $C_2$  a pour valeur, en fonctions des capacités  $C$  et  $C'$  :

$$C_2 = \frac{C C'}{C' + C} ;$$

on a donc

$$L_1 C_1 = L_2 \frac{CC'}{C + C'}$$

d'où on tire facilement la valeur de  $C'$  en fonction de toutes les autres données connues.

Voici donc comment on peut mesurer avec une précision très acceptable une capacité d'un ordre de grandeur courant en T. S. F.

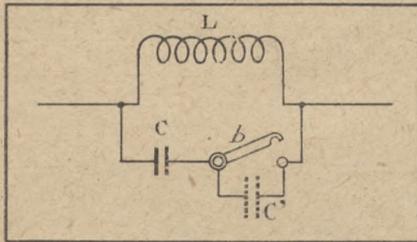


Fig. 15. — Autre méthode de mesure des capacités par ondémètre.

**Pertes dans un condensateur.** — Il y a trois causes de pertes dans une capacité : le diélectrique, l'isolement et les mauvais constacts.

Le diélectrique est une partie essentielle de la capacité, tout comme le ressort est la partie principale d'un système élastique ; les armatures ne servent qu'au transport de l'électricité. Des mesures montrent que les pertes sont minima quand on emploie l'air ; l'emploi d'un diélectrique autre que l'air procure une augmentation, mais celle-ci est à déterminer dans chaque cas expérimentalement, car aucun calcul ne permet de les déterminer.

L'isolement est à soigner particulièrement ; en effet, j'ai dit que, dans tous les cas, une capacité mal isolée, étant shuntée par une résistance  $R$  (fig. 16), qui n'est pas infinie, l'effet était atténué et l'acuité de la résonance diminuée aussi. Plus  $R$  est petit, plus cet effet est grand. Il faut donc veiller beaucoup à l'isolement ; l'air est employé le plus souvent,

car c'est lui qui présente les meilleures qualités à cet égard, mais par des nécessités de construction, en particulier pour le soutien des pièces de connexions, on est amené à employer des masses isolantes qu'il faudra choisir de qualité irréprochable ; le quartz qui présente des qualités extrêmement intéressantes au point de vue électrique, est utilisé maintenant à cet effet et donne des résultats remarquables.

Mais, si cette résistance, mise en parallèle aux bornes de la capacité, influe si sa valeur est faible, les résistances de

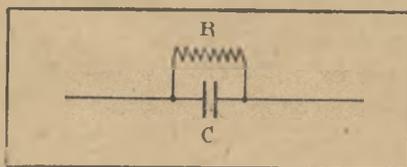


Fig. 16 — Conductance parasite shuntant un condensateur.

contact des pièces servant aux connexions aux parties extérieures du circuits doivent être réduites au minimum. La figure 17, les représente en  $x$  ; elles sont mises en série sur l'ensemble. Elles sont dues, d'une part aux contacts des armatures avec les bornes et, d'autre part, entre celles-ci et les fils de connexions. Les points de soudure remédient à cet inconvénient et assurent, à l'intérieur, de bons contacts.

On peut, mais cela sort du cadre de cet article, par une modification du pont de Sauty (méthodes de Nernst et de Wien) déterminer les pertes par mauvais isolement ou contacts imparfaits. Je n'insisterai donc pas, me bornant à signaler cette possibilité.

## V. — CONSTRUCTION

**Construction.** — Je ne voudrais pas m'étendre sur ce sujet qui demanderait un seul article à lui seul, mais insister seulement sur deux nécessités qui sont trop souvent méconnues dans certains appareils : la première a trait aux armatures, la seconde à l'axe et à l'espacement des plaques sur celui-ci. Les conclusions restent valables pour le cas des condensateurs fixes.

Les armatures doivent présenter une rigidité suffisante, pour éviter une déformation de l'ensemble ; on arrive à ce résultat, en leur imprimant, par martelage, une empreinte quadrillée en même temps qu'on les dresse initialement.

L'axe doit être supporté de telle sorte qu'il n'y ait aucun jeu ; on peut d'ailleurs, adjoindre un système de rattrapage de jeu, qui assure une plus grande constance.

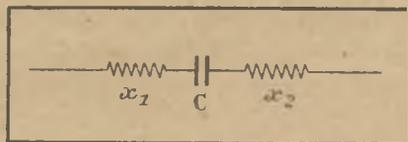


Fig. 17.

$x_1$  et  $x_2$  résistances de contact des connexions  
d'un condensateur.

L'espacement entre les plaques est assuré par des rondelles qui, doivent présenter une épaisseur constante à quelques centièmes de millimètres près ; je signale ceci pour que l'amateur se rende compte de l'importance de ces pièces et de la difficulté qu'on rencontre dans cette construction d'une partie si importante de l'appareillage radioélectrique.

**Les formes des condensateurs variables.** — Dans certains cas spéciaux, il y a avantage à donner à la capacité une loi de variation telle que, par sa fonction dans le circuit, on

réalise une simplicité de mesure ou une plus grande précision. Je n'insisterai que sur les modèles usuels, c'est-à-dire ceux dans lesquels la capacité varie par enfoncement (variation de surface) à une série d'armatures dans l'autre et par rotation. Trois cas paraissent intéressants.

On peut, tout d'abord, remarquer que, dans le modèle courant, la capacité varie proportionnellement à l'angle de rotation et la longueur d'onde sur laquelle l'accord d'un circuit est réalisé proportionnellement à la racine carrée de cet angle. Si la forme d'une armature (en général, l'armature mobile dont le tracé peut alors être réalisé mathématiquement) est telle que la surface commune varie comme le carré de l'angle de rotation, la longueur d'onde sera proportionnelle à celui-ci et on aura réalisé le célèbre « square-law » à caractéristique droite.

On peut aussi, dans le cas où l'on veut, dans un changeur de fréquence par exemple, que ce soit en fonction de la fréquence que la caractéristique soit rectiligne, arriver à ce résultat par un profil approprié des surfaces en regard.

Enfin, on peut calculer aisément un profil donnant sur toute la course du condensateur une précision constante. Ne voulant pas surcharger cet article de calculs, j'ai réuni dans une petite note les calculs très simples relatifs à ces trois modes d'armatures. J'y joindrai les considérations relatives à la résiduelle, car cela présente un intérêt majeure.

**Verniers et démultiplicateurs.** — Pour réaliser des réglages précis, il est impossible, à cause de l'amplitude des mouvements de la main, de ne se servir que d'un condensateur ordinaire. Deux systèmes sont mis à la disposition des amateurs pour obtenir un tel résultat.

Le vernier est un condensateur de très faible capacité, valant environ les 3 ou 4 centièmes de la capacité principale, et mis en parallèle sur celle-ci ; c'est, en somme, un appoint qui permet d'amener la capacité à la valeur exacte que l'on désire. On peut donner une surface de forme spéciale à celui-

ci et on détient ainsi des systèmes ayant des propriétés intéressantes.

Là n'est pas le seul moyen d'obtenir un accord précis ; le démultiplicateur consiste en un système permettant un déplacement limité de l'armature mobile pour une action notable de la main.

Je n'insiste pas sur ces systèmes bien connus des amateurs. Je ne voudrais pas arrêter ici ce petit exposé, mais conclure. Il ne faut pas croire que ces deux modèles s'excluent et qu'il faut nécessairement faire un choix ; au contraire, on me permettra de soutenir que c'est là une mauvaise méthode et qu'il vaut mieux employer un appareil à vernier et à démultiplicateur. Ce dernier sert à la recherche en permettant de parcourir toute la gamme à une allure suffisamment ralentie pour ne pas passer sur un poste trop rapidement pour ne pas l'entendre ; le vernier, au contraire, sert à parfaire l'accord quand le poste désiré est trouvé.

Je me bornerai dans cet exposé à étudier les formes que l'on donne aux lames des condensateurs variables par rotation, car ce sont à peu près les seuls appareils dont la réalisation ait reçu une consécration commerciale jusqu'à maintenant.

J'ai, dans un précédent chapitre, étudié les données générales de réalisation d'une capacité, en analysant les grandeurs constituantes et celles que l'on peut rendre réglables progressivement. Les conclusions furent les suivantes : le diélectrique employé dans la presque totalité des modèles courants est l'air ; les lames mobiles sont déplacées par un mouvement de rotation autour de l'axe commun à tout le système. Le nombre et la surface de celles-ci sont déterminées par la capacité à réaliser et l'encombrement consenti.

Dans cette seconde partie, que l'on m'excusera d'être un peu plus mathématique que la première, j'ai l'intention de développer et de préciser les points suivants : formes des lames répondant à des fonctions spéciales du condensateur, système de plusieurs condensateurs à variation solidaire

et montés sur un même axe, montage spécial permettant le couplage électrique. Ces différentes parties me paraissent intéressantes à étudier séparément, car elles répondent à des besoins que l'amateur ne sent pas toujours bien, obéissant plutôt, lorsqu'il les emploie, à une mode qu'à des conséquences techniques.

### Profils spéciaux.

L'utilité de tels profils n'est pas évidente à première vue ; en effet, on sait bien que, dans le modèle courant qui comporte

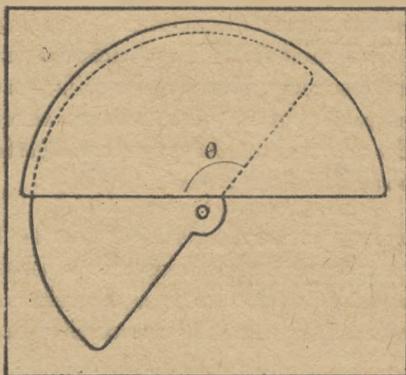


Fig. 18. — Condensateur variable à armatures circulaires.

deux armatures circulaires, la capacité varie proportionnellement à la surface commune aux deux armatures donc à l'angle des bords internes de la lame mobile et externe de la lame fixe, comme l'indique la fig. 18 ; cet angle est dénommé angle de rotation et que l'on représente par  $\theta$ .

Les inconvénients de ce mode de variation de la capacité ont été assez souvent énumérés pour qu'il me soit inutile de les développer en détails et qu'il me suffise de les résumer ici. Ils sont de deux sortes : d'une part, la résiduelle est très grande du fait de ce que, à la résiduelle, les deux blocs de lames sont parallèles et à assez faible distance (de 1 à 3 mm. dans les modèles courants) ; d'autre part, et c'est le principal

inconvenient d'une telle loi de variation, les longueurs d'onde sur lesquelles on réalise l'accord avec une self-induction donnée sont réparties d'une façon très irrégulière sur tout le pourtour du cadran ; de même, les fréquences sont très inégalement réparties ; la fig. 19 représente la répartition approximative des longueurs d'onde sur le cadran d'un condensateur variable d'un demi-millième de microfarad. On voit combien, pour un même angle de rotation, les longueurs d'onde sont plus nombreuses au début de la variation que vers le maximum ; il s'ensuit que les réglages sont plus délicats sur ondes courtes où les résonances beaucoup plus aiguës

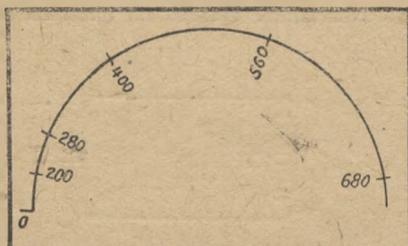


Fig. 19. — Répartition des longueurs d'onde dans le cas d'un condensateur à lames circulaires.

les compliquent déjà. De plus, l'erreur relative commise sur la lecture, c'est-à-dire le rapport de la variation élémentaire de capacité au total de celle-ci varie, avec la position des lames mobiles, puisque la première est constante et la seconde augmente avec l'angle de rotation ; ceci est un grave inconvenient dans le cas où on emploie le condensateur dans un système de mesure. On donne, pour remédier à ces trois inconvenients, des profils spéciaux aux armatures, ce qui impose une loi de variation de la surface en fonction de l'angle de rotation satisfaisant au but poursuivi. Les trois systèmes auxquels conduisent ces données sont connus en français sous les dénominations suivantes : condensateur à variation linéaire de longueur d'onde, à variation linéaire de fréquence, à précision constante.

### Variation linéaire de longueur d'onde.

Je n'entrerai pas dans le détail de tout ce qui a trait à chaque modèle, d'autant plus que, comme dans la très grande majorité des cas en technique, quand on veut traiter un problème en tenant compte du plus grand nombre de données possibles, on arrive à des équations insolubles et on sort du domaine pratique ; je n'ai, comme but, que de donner des directives de réalisation et non d'indiquer un idéal inaccessible.

Le problème étudié ici ne se rapporte qu'au cas où le circuit que l'on désire accorder est fermé, comme un circuit oscillant de résonance. Quand, en effet, on veut accorder

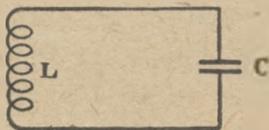


Fig. 20. — Circuit oscillant.

un circuit ouvert, tel qu'une antenne, la loi de variation de la longueur d'onde en fonction de la capacité n'est plus celle de la formule de Thomson et varie selon les valeurs des constituants statiques de l'antenne. Ayant signalé ce cas de limitation d'emploi des "square-law", où on n'a aucun avantage à s'en servir puisque le profil doit varier selon l'antenne, je veux étudier les modèles servant à l'accord des circuits fermés. Dans tous les cas suivants il en sera de même. De plus, pour des raisons de facilité de travail, quand un amateur veut modifier un condensateur ordinaire qu'il possède, c'est au profil des lames mobiles qu'il s'attaque ; si on voulait laisser celles-ci circulaires et modifier la forme de l'armature fixe, le calcul conduirait à une expression fautive, contrairement à ce qui se passe dans le cas contraire, par suite de l'axe et des parties évidées laissant un passage à ce dernier. Je m'en

tiendrai au premier cas, qui est le plus courant et le seul à la portée de l'outillage et des moyens de n'importe quel bricoleur ; donc, dans tout ce qui va suivre, je ne m'occuperai que du profil à donner aux lames mobiles pour que la longueur d'onde d'accord varie linéairement avec l'angle de rotation, ou, ce qui revient au même, que les longueurs d'onde soient également réparties sur tout le cadran de l'appareil.

Si la résistance du circuit est assez petite, comme c'est presque toujours le cas en T. S. F., la longueur d'onde sur laquelle l'accord est réalisé est donnée en fonction du coefficient de self-induction  $L$  de la bobine et de la capacité  $C$  du condensateur (fig. 20) par la formule suivante :

$$\lambda = 2 \pi v \sqrt{LC}$$

où  $v$  est la vitesse de propagation de la lumière ; on a donc :

$$\lambda^2 = 4 \pi^2 v^2 LC = a C$$

puisque  $a$  est une constante pour un circuit donné. Nous voulons réaliser une variation linéaire de longueur d'onde en fonction de l'angle de rotation  $\alpha$ , soit donc la loi.

$$\lambda = A \alpha ;$$

il s'ensuit qu'on doit avoir :

$$A^2 \alpha^2 = a C$$

d'où

$$C = \frac{A^2}{a} \alpha^2 = B \alpha^2$$

d'après la définition que j'ai donné de la capacité en fonction de la surface des armatures et  $C$ , il vient :

$$C = \frac{S}{L \pi e} = B \alpha^2$$

où  $S$  est la surface dont la forme est à déterminer et  $e$  l'épaisseur d'air entre les lames ; il vient :

$$S = C \alpha^2$$

En écrivant  $S$  en coordonnées polaires ( $\rho$  rayon vecteur,  $\alpha$  angle balayé), un théorème élémentaire de géométrie donne (après intégration) :

$$\rho^2 = N \alpha$$

Cette courbe est représentée par la fig. 21 et le tableau de construction est donné ci-dessous en prenant pour valeur  $\rho$ , le rayon de l'armature non modifiée.

Il y a lieu de noter que la surface ainsi obtenue pour la lame mobile est, ainsi qu'on s'en rend compte aisément au moyen des équations ci-dessus, la moitié de celle que l'on aurait eu, en employant une lame circulaire de rayon égal à celui maxi-



Fig. 21. — Forme de l'armature d'un condensateur à variation linéaire de longueur d'onde.

imum de cette lame. Pour obtenir une capacité donnée, les espacements, etc., restant les mêmes, il faut donc employer deux fois plus de lames.

		205° .....	1,85
0° .....	1,91	120° .....	1,83
15° .....	1,94	135° .....	1,78
30° .....	1,95	142°,5 .....	1,73
45° .....	1,95	150° .....	1,62
60° .....	1,93	157°,5 .....	1,45
75° .....	1,90	165° .....	1,20
90° .....	1,87	180° .....	0 »

#### Variation linéaire de fréquence.

Si, dans la majorité des cas, il est intéressant d'employer les condensateurs square, il n'en est pas toujours ainsi ; dans les montages où on se sert d'une hétérodynation, d'un phénomène de battements, il peut, au contraire, être plus commode de se servir d'un condensateur donnant, dans le circuit, une variation linéaire de fréquence ; en effet, l'en-

semble fonctionner sur une différence de fréquence et c'est plus important d'obtenir des variations constantes de fréquences que de longueurs d'onde ; on sait que l'on a

$$f = \frac{1}{T}$$

la fréquence est l'inverse de la période qui est égale, d'après la formule de Thomson, en employant les mêmes symboles que plus haut, à

$$T = 2\pi \sqrt{LC}$$

Soit donc :

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} = \frac{a}{\sqrt{C}}$$

si on considère seulement les variations de C ; donc :

$$f^2 = \frac{a^2}{C}$$

soit en suivant le même raisonnement que ci-dessus et en posant :

$$f = A x \quad ; \quad A^2 x^2 = \frac{a^2}{C} = \frac{a^2 L \pi e}{S} = \frac{b}{S}$$

et, enfin :

$$S = \frac{C}{x^2}$$

Cette formule conduit à l'équation suivante donnant, en coordonnées polaires, la courbe de la lame :

$$r^2 = \frac{2m}{x^2}$$

La figure 22 représente le profil ainsi obtenu et le tableau ci-dessous donne les valeurs de :

$$r^2 = \frac{2m}{x^2}$$

il faut donc multiplier les valeurs ainsi obtenues par  $m$  qui

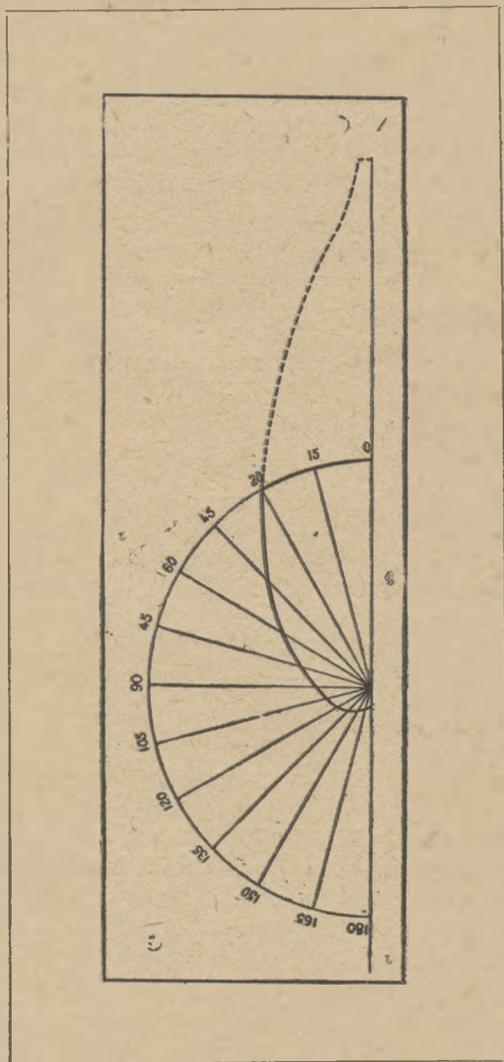


Fig. 22. — Courbe du profil d'un condensateur à variation linéaire de fréquence.

varie dans chaque cas pour obtenir les dimensions pour une cellule.

15° .....	7,6	105° .....	0,41
30° .....	2,65	120° .....	0,335
45° .....	1,41	135° .....	0,285
60° .....	0,93	150° .....	0,235
75° .....	0,66	165° .....	0,205
90° .....	0,5	180° .....	0,18

La surface obtenue est environ 10 fois moindre que dans le cas d'un condensateur circulaire.

### Précision constante.

Il existe des montages de mesure dans lesquels, il est nécessaire que le rapport d'une variation de capacité  $dC$  à la capacité totale réalisée à ce moment  $C$ , soit constant pour une variation infiniment petite  $d\alpha$  de l'angle de rotation. Il faut donc que

$$\frac{dC}{C} = a d\alpha$$

ou par une intégration très simple, que

$$C = A e^{a\alpha}$$

où  $e$  représente la base des logarithmes nepériens = 2,318  
D'autre part, on a

$$C = A \int \rho^2 d\alpha$$

si  $\rho$  désigne le rayon vecteur et  $\alpha$  l'angle de rotation ; d'où

$$dC = A \rho^2 d\alpha$$

sans tenir compte de l'évidement pour le logement de l'axe.

On tire donc :

$$dC = K \rho^2 d\alpha = a e^{a\alpha} d\alpha$$

et, enfin

$$\rho^2 = \sqrt{\frac{A a e^{a\alpha}}{K}}$$

équation, qui définit  $\alpha$  ; vu l'emploi restreint d'un tel profil d'une part, et la construction assez complexe de cette courbe, d'autre part, je m'en tiendrai là. Si un lecteur est intéressé

par cette question, je me tiens à sa disposition pour développements complémentaires.

### Condensateurs multiples uni-axes.

La mode actuelle est aux montages à réglage unique ; or, on ne peut, dans un poste puissant, n'avoir qu'un seul réglage, mais on peut réaliser par des dispositifs mécaniques convenables, la commande simultanée de différents organes et atteindre, par cet artifice, le but poursuivi. A titre historique, on rencontre un tel système dans les radiogoniomètres du système Bellini-Tosi où le réglage des deux condensa-



Fig. 23. — Condensateur a double effet.

teurs d'accord des deux cadres est réalisée par une commande unique mécanique, où, à ce moment où la construction n'était pas encore au stade actuel, un appoint peut être fourni par une capacité additionnelle.

On rencontre, dans les super-hétérodynes, des condensateurs doubles (accord et hétérodyne) manœuvrés par un seul bouton et décalés entre eux, à condition d'être à variation linéaire de fréquence, d'une valeur constante correspondante à la longueur d'onde de l'amplificateur à moyenne fréquence. Les deux parties mobiles sont montées sur un seul axe avec un dispositif permettant de les rendre solidaires ou indépendantes.

Dans des montages à résonances multiples, on rencontre des condensateurs à trois, quatre ou cinq parties mobiles permettant l'accord simultané de plusieurs circuits. Ils entrent dans la pratique commerciale française après avoir subi les

feux de la vente en Amérique ; quand on se risque à comparer ce qui se fait dans ce pays, le paradis de T. S. F., il faut ramener les choses sur le même plan. Le problème n'y est, en effet, pas le même qu'ici, car la gamme de longueur d'onde du broadcasting local est réduite (de 200 à 500 mètres environ), au lieu d'être largement étalée comme en Europe ; quel est le système qui doit remporter le succès ; l'avenir, seul, en décidera. Qui oserait prévoir dans ce domaine de l'inconnu complet ?

### **Condensateurs à double effet.**

La figure 23 représente ce système. Le condensateur en question comporte trois armatures et sert, en particulier dans le neutrodynage ; les deux plaques fixes I sont alors reliées à la plaque et à la pile, tandis que II est connecté à la prise faite sur la bobine. On peut aussi réaliser ainsi en employant des plaques alternées appartenant à deux circuits, un couplage électrique.

---

## TABLE DES MATIÈRES

---

	Page
<b>Exposé de la question :</b>	
Généralités. — Rôle de la capacité. — Utilisation d'un condensateur. — Qualités nécessaires. — Réalisation.....	7
<b>Condensateurs fixes</b> .....	18
<b>Condensateurs variables</b> .....	21
<b>Mesure de la capacité :</b>	
Mesure de la capacité. — Pertes dans un conden- sateur .....	26
<b>Construction :</b>	
Construction. — Les formes des condensateurs variables. — Verniers et démultiplicateurs. — Profils spéciaux. — Variation linéaire de longueur d'onde. — Variation linéaire de fréquence. — Condensateurs multiples uni-axes. — Condensa- teurs à double effet. ....	31

---

# LA T. S. F. en 30 Leçons

## COURS COMPLET

professé au Conservatoire National  
des Arts et Métiers

GRACE AUX SOINS DE LA SOCIÉTÉ  
DES AMIS DE LA T. S. F.

par MM.

CHAUMAT, LEFRAND, METZ, MESNY,  
JOUAUST & CLAVIER

*Ce cours complet comprend 5 volumes :*

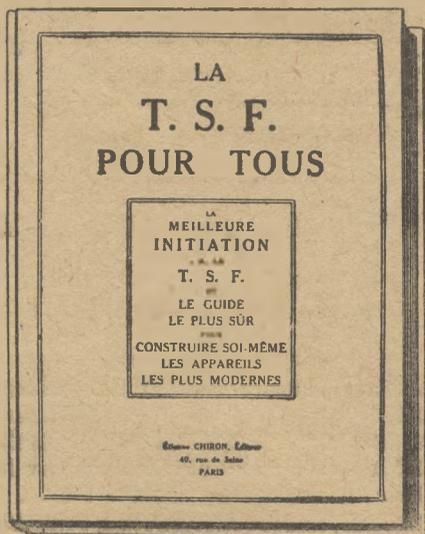
- |   |      |
|---|------|
| I — ÉLECTROTECHNIQUE GÉNÉRALE PRÉPARATOIRE A<br>LA T. S. F., par MM. CHAUMAT et LEFRAND                                     | 7 50 |
| II. — PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA RADIODÉLÉGRAPHIE<br>ET APPLICATIONS GÉNÉRALES, par le C <sup>t</sup> METZ.<br>Prix . . . . . | 7 50 |
| III. — MESURES, RADIOGONIOMÉTRIE, PROPAGATION DES<br>ONDES, par M. MESNY. . . . .   | 6 »  |
| IV — LES LAMPES A PLUSIEURS ÉLECTRODES, Théorie<br>et applications, par M. JOUAUST. . . . .                                 | 6 »  |
| V — RADIODÉLÉPHONE ET APPLICATIONS "DIVERSES<br>DES LAMPES A TROIS ÉLECTRODES, par M. CLA-<br>VIER, . . . . .               | 7 50 |

*Pour l'envoi franco, ajouter 0.50 par volume.*

Étienne CHIRON Éditeur  
40, rue de Seine  
PARIS

# La T. S. F. pour tous

qui vient de paraître sous une élégante reliure,  
à sa place à côté du poste de l'Amateur et en  
:: :: sera le guide le plus apprécié :: ::



*La meilleure initiation à la T. S. F.  
et le guide le plus sûr pour construire  
soi-même les appareils les plus  
modernes*

650 Gravures -:- 100 Montages nouveaux  
28 Postes comp'ets à construire soi-même

Prix : 25 fr.; Franco : 27 fr.

Étienne CHIRON, éditeur, 40, r. de Seine, Paris

**POUR INSTALLER SOI-MÊME**

**L'ÉLECTRICITÉ CHEZ SOI**

OUVRAGES DE M. MICHEL

**POUR POSER SOI-MÊME  
LA  
LUMIÈRE ÉLECTRIQUE**

Un volume avec schéma  
et de nombreuses figures explicatives

Prix: 6 francs (Franco: 6 fr.50)

**POUR POSER SOI-MÊME  
LES SONNERIES  
ET LES  
TABLEAUX INDICATEURS**

Un volume avec schéma  
et de nombreuses figures explicatives

Prix: 6 francs (Franco: 6 fr.50)

**POUR POSER SOI-MÊME  
LES TÉLÉPHONES**

Un volume avec schéma  
et de nombreuses figures explicatives

Prix: 6 francs (Franco: 6 fr.50)

Étienne CHIRON, éditeur, 40, rue de Seine, PARIS (6<sup>e</sup>)

Le schéma réalisé par l'image, tel est  
le plan qui a présidé à cet ouvrage.

---

P. HÉMARDINQUER

---

LES  
**MONTAGES  
MODERNES  
EN RADIOPHONIE**

---

Préface du D<sup>r</sup> Pierre CORRET

---

TOME I

LES COLLECTEURS

:: :: D'ONDES :: ::

LES ÉLÉMENTS DE  
MONTAGE ET LEUR

:: :: CHARGE :: ::

LE POSTE A GALÈNE

LES MONTAGES  
SIMPLES A LAMPES

TOME II

LES AMPLIFICATEURS

LES DISPOSITIFS  
SPÉCIAUX, ÉMISSION  
:: ET RÉCEPTION ::

LES ACCESSOIRES  
ET L'AGENCEMENT  
:: :: DU POSTE :: ::

Chaque tome forme un beau volume grand in-8° de près  
de 280 pages, illustré de 380 figures environ chaque.

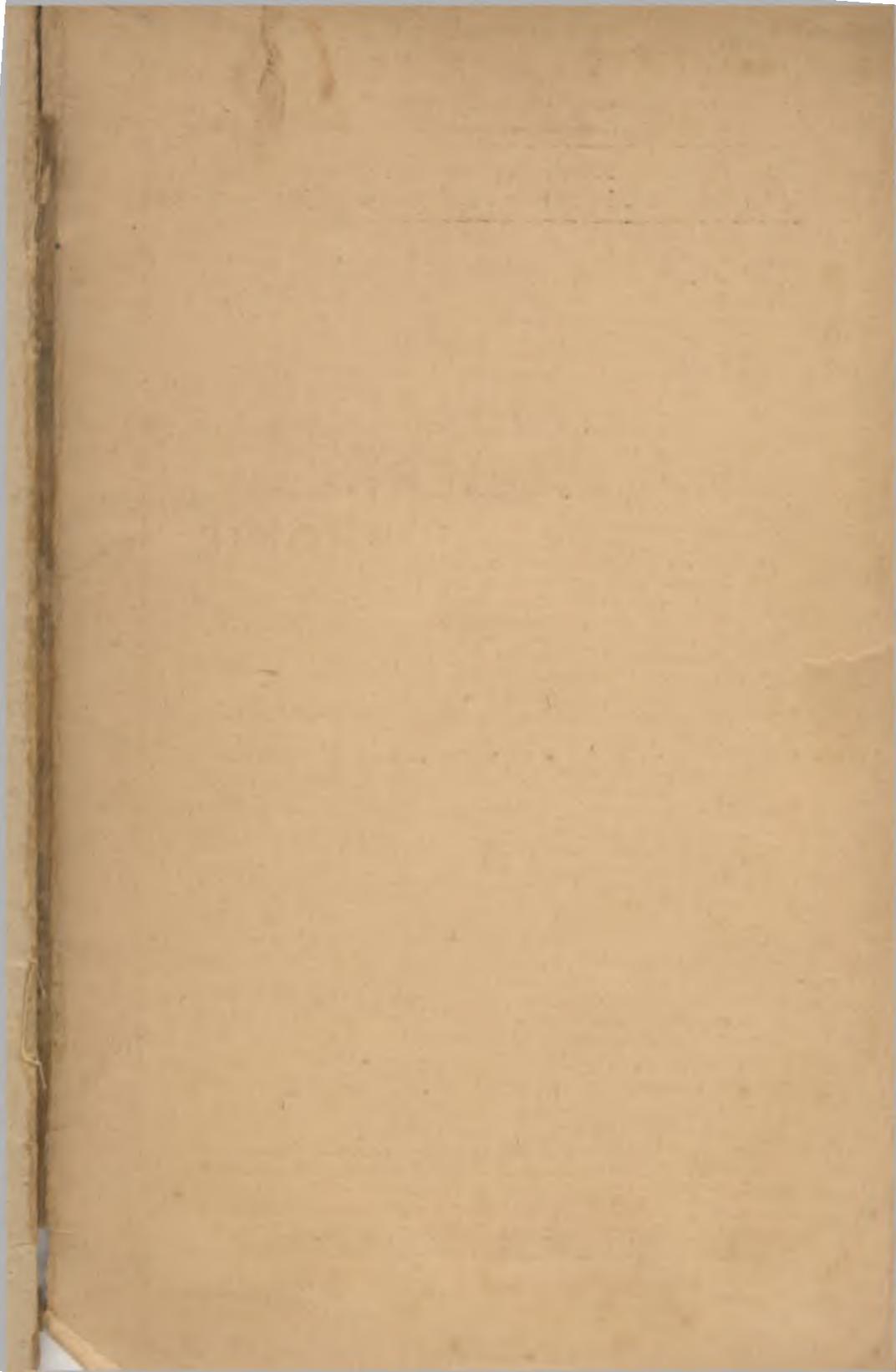
*Prix : 24 fr. ; franco : 25 fr.*

*L'ouvrage complet réuni sous une élégante reliure : 50 fr.*

---

Étienne CHIRON, éditeur, 40, Rue de Seine - Paris-6<sup>e</sup>

---



## LES MEILLEURS OUVRAGES DE T. S. F.

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

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

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

**Étienne CHIRON, Éditeur, 40, Rue de Seine — PARIS (6<sup>e</sup>)**

**CATALOGUES ET SPÉCIMENS FRANCO SUR DEMANDE**