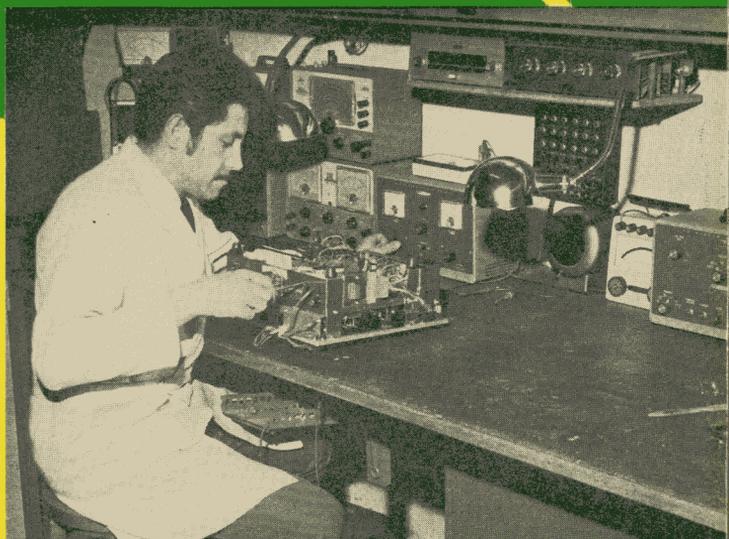


DÉPANNAGE
MISE au POINT
des

RADIORECEPTEURS
à TRANSISTORS

Fernand HURE



LIBRAIRIE
PARISIENNE
de la RADIO



**DÉPANNAGE ET MISE AU POINT
DES
RADIORÉCEPTEURS
A TRANSISTORS**

Autres ouvrages de Fernand Huré
édités par la Librairie de la Radio

200 MONTAGES ONDES COURTES

La Réception et l'Emission d'Amateurs à la portée de tous
(en collaboration avec Robert Piat, F3XY)

PETITS MONTAGES SIMPLES A TRANSISTORS
pour débutants

LES APPLICATIONS PRATIQUES DES TRANSISTORS

INITIATION AUX MATHEMATIQUES MODERNES
(en collaboration avec Raymond Bianchi)

F. HURÉ

F3RH

**DÉPANNAGE
ET
MISE AU POINT
DES
RADIORECEPTEURS
A
TRANSISTORS**



4^e édition

LIBRAIRIE PARISIENNE DE LA RADIO

43, rue de Dunkerque, 43

PARIS (10^e)



SOMMAIRE

Avant propos	11
--------------------	----

CHAPITRE PREMIER

LES ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN RECEPTEUR SUPERHETERODYNE A TRANSISTORS

Introduction	13
Les éléments constitutifs d'un récepteur à transistors	14
Récepteur AM/FM	15
Récepteur à modulation de fréquence (FM)	15

CHAPITRE II

LES INSTRUMENTS DE MESURES NECESSAIRES

Vérificateur de transistors	17
Appareil de vérification des transistors	19
Appareil pour la mesure des paramètres	26
Appareil simple de vérification des transistors	33
Un transistormètre simple	38
Appareil permettant la vérification du fonctionnement dynamique des transistors	41
Testeur de transistors	44
Pont de mesure pour la vérification des transistors	46
Adaptateur permettant la vérification des transistors à l'aide d'un voltmètre électronique	49
Autres instruments de mesure	52
Appareil simple pour la vérification rapide des transistors	53
Transistormètre peu encombrant	55
Le signal-tracer	59
Générateur d'impulsions	60
Millivoltmètre à courant continu	62
Voltmètre à impédance d'entrée élevée	64
Capacimètres	66
Boîte de transistors	69
Boîte de résistances et de capacités	70
Boîte de substitution de condensateurs	72
Transformateur d'adaptation d'impédance	75
Voltmètre électronique transistorisé : le dinotester	77
Le voltmètre Heathkit IM 17	80
Le voltohmmètre électronique Heathkit IM 16	83

CHAPITRE III

PRECAUTIONS A OBSERVER AU COURS DU DEPANNAGE DES POSTES A TRANSISTORS

Tensions et polarités des batteries	89
Remplacement d'un élément	90
Opérations de contrôle	92
Utilisation des appareils de contrôle	93
Les instruments	95
Opération de soudure	95
Circuits imprimés	96

CHAPITRE IV

METHODES GENERALES DE RECHERCHE DES PANNES ET DE LA MISE AU POINT D'UN RECEPTEUR

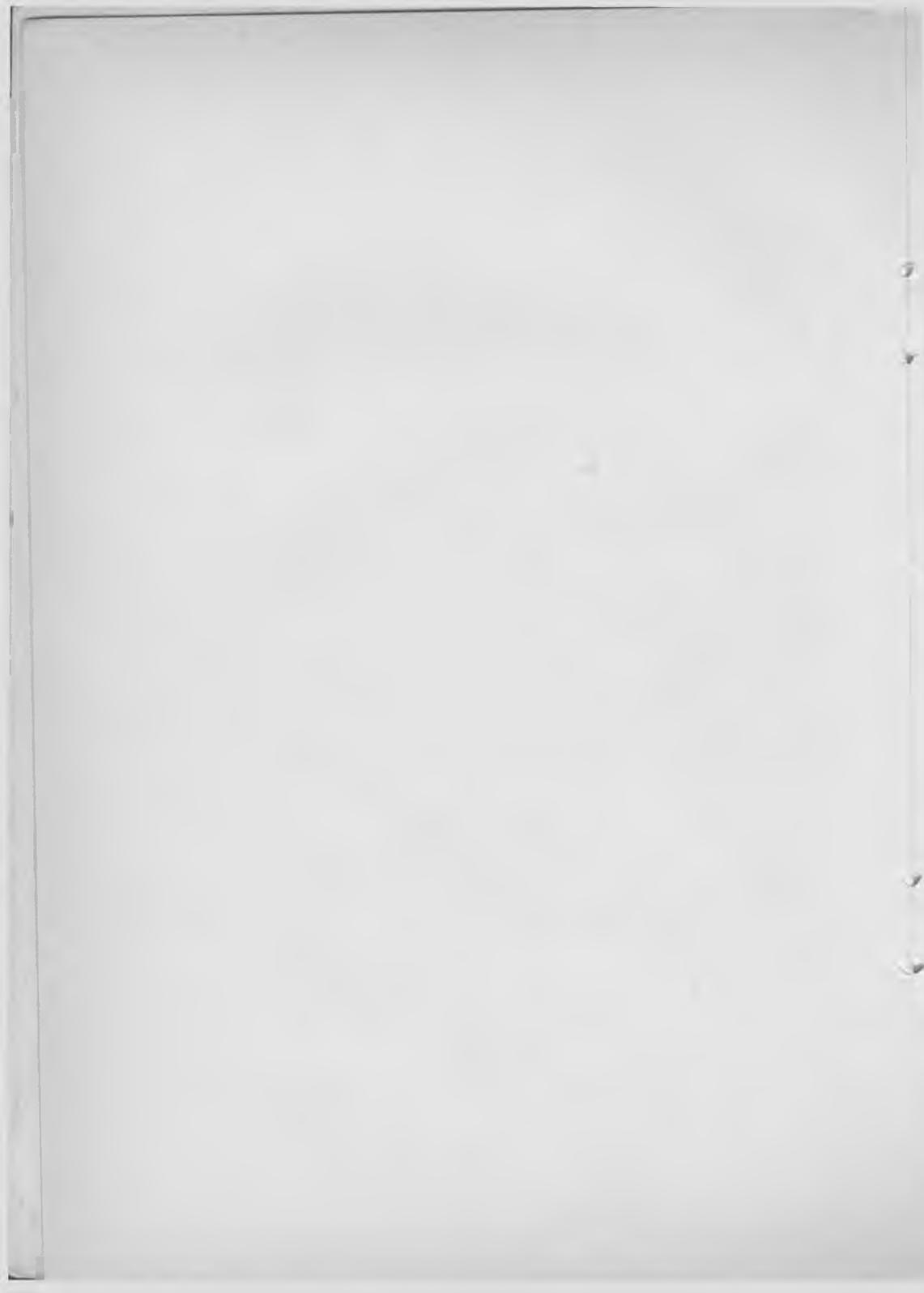
Les causes des pannes les plus usuelles	99
Méthodes générales de recherche des pannes	100
La batterie d'alimentation	100
Mesure des tensions	102
Coupage dans le circuit de base d'un transistor	103
Coupage dans le circuit émetteur	105
Coupage dans le circuit collecteur	106
Comment effectuer la mesure et des courants	107
Vérification du réseau de polarisation	109
Mesure des résistances	110
Vérification rapide de capacités	114
Méthode du signal tracing ou du générateur	114
Contrôle pratique sur un récepteur	115
L'injecteur de signal	117
Utilisation de l'injecteur de signal	118
Circuit de contrôle C.A.G.	121
Étage convertisseur ou changeur de fréquence AM	121
Examen de l'étage convertisseur	124
Contrôle de l'oscillation	126
Causes possibles d'un mauvais fonctionnement de l'oscillateur	128
Étage amplificateur de moyenne fréquence	130
Amplificateurs MF équipés de transistors « drift »	134
Les pannes de l'amplificateur moyenne fréquence	135
Détection des oscillations parasites	136
Localisation de l'étage défectueux	137
Alignement	140
Autre méthode d'alignement du convertisseur	142
L'étage détecteur	142
Pannes dans le circuit de la diode détectrice	146
Utilisation du générateur HF	147
Mesure du niveau de sortie	148

Réglages et mesures sur un récepteur superhétérodyne A.M.	150
Réglage de la fréquence intermédiaire	150
Réglage de l'oscillateur local et de l'étage HF	152
Calcul du gain d'un étage amplificateur FI	154
Vérification à l'oscilloscope des étages FI	155
Vérification à l'oscilloscope de l'étage convertisseur.	157
Particularités du récepteur FM	158
Variante du bloc HF	158
Amplificateur FI	159
La détection en modulation de fréquence	160
Dépannage d'un récepteur FM	161
Alignement de l'amplificateur FI	162
Réglage de l'étage détecteur	164
Cas du tuner équipé d'un discriminateur de fréquence.....	165
Réglage de la section HF	166
Réglage à l'aide d'un voltmètre et d'un oscilloscope	166
Réglage de l'amplificateur FI	170
Réglage du discriminateur	170
Réglage du détecteur de rapport	171
Amplificateurs à symétrie complémentaire	171
Fonctionnement du push-pull classique	171
Principe d'un étage de sortie complémentaire	172
Fonctionnement avec une seule batterie.....	173
Pannes dans l'étage préamplificateur et driver	174
Pannes de l'étage final	176
Contrôle dynamique de la section amplificatrice BF à l'oscilloscope	179
Essais des transistors	180
Vérification des transistors à l'aide d'un ohmmètre	181
Essais des transistors sur un montage	184
Vérification des transistors en circuit à l'aide d'un générateur	188
Réglage et contrôle d'un récepteur à l'aide d'un voltmètre à lampe	190

CHAPITRE V

TABLEAUX ANNEXES

Tableau synoptique des principales causes de pannes classées par étage.....	199
Tableau synoptique des pannes les plus courantes	203



AVANT-PROPOS

L'apparition des appareils à transistors a rendu nécessaire un élargissement des connaissances que possède tout technicien chargé de la vente ou de la réparation des appareils de radio. Après bien des années de pratique le récepteur à transistors pose toujours de nouveaux problèmes au dépanneur.

Le transistor est, en effet, ce qui peut paraître paradoxal, à la fois solide et fragile... Ainsi, il est beaucoup plus solide dans sa structure mécanique que la plus robuste des lampes électroniques, capable de résister à l'application de forces centrifuges importantes et résister avec succès à des pressions considérables. Leurs valeurs sont de beaucoup supérieures à celles qui suffisent à détruire n'importe quel type de lampe. D'un autre côté, le transistor est un dispositif fragile en face de l'élévation de température et d'éventuelles applications de tensions continues de polarité erronée. Il est donc important de se familiariser avec les conditions d'utilisation des transistors de manière à pouvoir réparer les appareils qui sont équipés de tels semi-conducteurs avec le minimum de risques pour les transistors eux-mêmes ou pour les autres éléments miniatures avec lesquels ils sont utilisés.

D'autre part, le transistor est aujourd'hui très largement employé en dehors des radiorécepteurs et des amplificateurs basse fréquence, dans les instruments de mesure, dans les appareils de contrôle et de commande automatique, et même dans les jouets électroniques.

La recherche et la localisation des pannes dans les appareils à transistors s'apparentent beaucoup avec les méthodes utilisées dans les appareils à lampes. Toutefois, des précautions spéciales sont à observer au cours de ces opérations qui nécessitent une technique particulière.

Aussi avons-nous pensé qu'une étude générale des pannes les plus courantes et des moyens d'y remédier s'imposait. Ce manuel répond à cette nécessité.

F. HURE



CHAPITRE PREMIER

Les éléments constitutifs d'un récepteur superhétérodyne à transistors

Introduction

Les opérations de mise au point et de dépannage des radiorécepteurs à transistors présentent plus de difficultés que dans les appareils à lampes du fait que l'utilisation d'éléments miniaturisés permet des réalisations compactes qui, si elles réduisent au minimum les dimensions des récepteurs, rendent, en revanche, l'accès aux points de contrôle plus difficiles.

Pour la même raison, à la différence de ce qui se produit dans les appareils à lampes plus aérés, les contrôles avec les pointes de touche des appareils de mesure sont plus délicats, celles-ci pouvant être cause de courts-circuits.

D'autre part, par suite de la généralisation de l'utilisation des circuits imprimés, le remplacement des différents composants présente un certain danger pour le circuit en raison de l'élévation de température qui résulte des opérations de dessoudage ou de soudure.

Par ailleurs, certains types de transistors sont d'un extrême fragilité et il suffit d'une courte inversion de polarité ou du branchement d'un ohmmètre ayant une polarisation inversée par rapport à celle de l'alimentation pour que ceux-ci soient définitivement mis hors d'usage.

Il est donc nécessaire de prendre certaines précautions au cours des opérations de contrôle et de mise au point des appareils à transistors.

A ce propos, il convient de remarquer que si les radiorécepteurs à transistors présentent moins de pannes que les appareils à lampes en raison de l'absence de haute tension et de l'élévation de température provoquée par le chauffage des filaments, il n'en reste pas moins que l'utilisation des appareils à transistors, essentiellement portatifs provoque un certain nombre d'avaries causées par les chocs, les

chutes, l'action des éléments extérieurs et qu'en conséquence le dépanneur est amené à intervenir dans des conditions plus ou moins semblables à celles qu'il rencontrait dans les appareils à lampes.

Les éléments constitutifs d'un récepteur à transistors

Les superhétérodynes ou récepteurs à changement de fréquence sont presque exclusivement utilisés pour la réception de stations de radiodiffusion.

On retrouve dans les montages à transistors les mêmes étages que dans les montages correspondants à lampes.

Un superhétérodyne se compose des étages suivants :

- Un étage « amplificateur haute fréquence ». Celui-ci ne se rencontre que dans les appareils de haute qualité ou dans les récepteurs à modulation de fréquence.
- Un étage « changeur de fréquence » encore appelé « mélangeur ». C'est dans celui-ci que l'on superpose le signal produit par l'émetteur de la station que l'on désire recevoir et celui de fréquence différente produit par un oscillateur local se trouvant dans le récepteur.

Le mélange de ces deux signaux alternatifs sinusoïdaux, de fréquences différentes, donne naissance, par somme ou par différence, à un signal de fréquence fixe dite fréquence intermédiaire, dont la valeur généralement choisie est de 455 kHz.

Le montage changeur de fréquence utilise un ou deux transistors. Dans le montage à un seul transistor, celui-ci remplit les deux fonctions oscillatrice et mélangeuse.

Dans le cas d'un montage à deux transistors, l'un de ceux-ci est monté en oscillateur local alors que l'autre assure la fonction modulatrice.

Dans certains cas, les superhétérodynes possèdent plusieurs étages mélangeurs.

- Plusieurs étages amplificateurs moyenne fréquence (ou de fréquence intermédiaire). Du nombre de ces étages dépendent un certain nombre de facteurs et notamment la sélectivité.
- Un étage détecteur utilisant, dans la majorité des cas, une diode.
- Un ou plusieurs étages amplificateurs basse fréquence, le dernier étant l'étage pilote servant à coupler la section basse fréquence à l'étage final de puissance.
- Un étage amplificateur basse fréquence de puissance équipé d'un transistor de puissance ou d'un circuit push-pull dont le rôle est de fournir l'énergie basse fréquence indispensable pour exciter le haut-parleur.

La figure I représente les schémas synoptiques des deux types les plus courants de superhétérodynes.

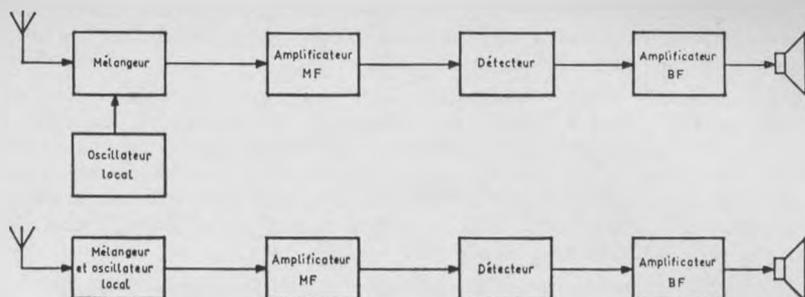


FIG. I

Récepteurs AM/FM

Ces récepteurs comportent des circuits de réception AM associés à des circuits de réception FM. Pour des raisons évidentes de prix de revient, d'encombrement et de poids, certains éléments sont utilisés dans les deux modes de réception.

C'est le cas notamment des circuits amplificateurs BF et de l'alimentation. Il en est de même pour la section amplificatrice FI qui toutefois doit subir quelques modifications. En AM, l'accord se fait sur une fréquence de l'ordre de 455 kHz, alors qu'en FM elle est de 10,7 MHz. Généralement, le premier transistor de l'amplificateur FI-FM fonctionne comme mélangeur-oscillateur en AM. Pour ce motif, l'entrée du premier transistor amplificateur FI de la section FM peut être mis hors de circuit de l'étage d'entrée au moyen d'un commutateur et relié au circuit d'antenne pour la modulation d'amplitude.

Par contre, les circuits HIF, changeurs de fréquence et détecteurs, sont différents.

Récepteur à modulation de fréquence (FM)

Le récepteur à modulation de fréquence (FM) diffère par quelques aspects du récepteur à modulation d'amplitude (AM). Les caractères généraux de la réception de la modulation de fréquence sont les suivants :

Un bon récepteur FM doit amplifier, sans souffle apparent, les signaux reçus qui sont, dans la bande II des VHF allouée à la FM, de l'ordre de 100 MHz, ce qui suppose d'excellents transistors amplificateurs et changeurs de fréquence pour cette bande.

Après changement de fréquence, on doit amplifier en moyenne fréquence, généralement sur 10 MHz environ ou, parfois, sur une fréquence plus faible.

Pour les fréquences de cet ordre de grandeur, il existe actuellement de nombreux types de transistors donnant d'excellents résultats.

La détection ne pose aucun problème, car les discriminateurs des appareils FM à transistors utilisent des diodes semi-conductrices identiques à celles des récepteurs à lampes.

Reste enfin la basse fréquence. Nul n'ignore que le principal objet de la FM est de donner des auditions de musicalité exceptionnelle, ce qui suppose une puissance suffisante supérieure à 1 W modulé, des distorsions très réduites, une courbe de réponse étendue, cette dernière se justifiant par le fait que les émetteurs FM transmettent des signaux BF jusqu'à 10 kHz et plus, ce qui n'est pas le cas des émetteurs à modulation d'amplitude.

Les parties essentielles d'un récepteur FM à transistors sont : étage HF, changeur de fréquence, amplificateur MF, discriminateur, amplificateur BF, alimentation.

On reçoit très souvent la FM au moyen d'un appareil récepteur incomplet, car il lui manque la section basse fréquence.

Ce récepteur, appelé « Tuner FM », étant limité du côté sortie, à l'étage discriminateur, constitue une source de signaux BF qui doit être connectée à un amplificateur BF d'excellente qualité constituant l'un des maillons d'une chaîne haute fidélité

CHAPITRE II

Les instruments de mesures nécessaires

La rapidité d'identification et de localisation des pannes, le temps nécessaire à la remise en service d'un radiorécepteur dépendent en grande partie — en plus des connaissances et de l'expérience du technicien — des instruments que ce dernier a à sa disposition.

Parmi ces instruments, le vérificateur de transistors joue un rôle très important.

Les ampoules de verre des lampes de radio ou de télévision permettent une première vérification de leur fonctionnement. Il est facile de voir si le filament n'est pas coupé ou si des lueurs anormales se produisent à l'intérieur d'une lampe défectueuse. La chaleur d'une lampe « métal » permet également de déceler si elle est chauffée normalement.

Dans le cas des transistors, aucun indice ne permet une vérification, étant donné qu'ils ne comportent pas de filament et que leurs enveloppes ne sont pas transparentes.

Un appareil de vérification est en conséquence indispensable. Cet appareil doit permettre de savoir si le transistor est en circuit ouvert ou court-circuité, si son courant de fuite est excessif et si son gain est suffisant. D'autres mesures (courbe de réponse en fréquence, résistance d'entrée, courant collecteur de cut-off, coefficients α et β) peuvent être utiles et sont même conseillées pour des appareils de laboratoire. Les premières sont suffisantes pour le dépannage.

Vérificateur de transistor

Le transistor est, ce qui peut paraître paradoxal, à la fois solide et fragile. Ainsi, par exemple, il est beaucoup plus solide dans sa structure mécanique que la plus robuste des lampes électroniques. D'un autre côté, le transistor est un dispositif fragile en face de l'élévation de températures et d'éventuelles applications de tensions continues de polarité erronée. Il est donc nécessaire de disposer d'un instrument qui puisse prouver immédiatement le bon ou le mauvais fonctionnement du transistor. Un vérificateur de transistor peut être réalisé très simplement suivant le schéma de la figure II-1. On trouvera plus loin la description

de transistormètres plus compliqués. Revenons au schéma de la figure II-1. Il permet de déterminer si un transistor fonctionne correctement ou s'il est en court-circuit interne. Deux séries de broches de branchement sont prévues selon qu'il s'agit de transistor de type NPN ou PNP. De plus, il est également possible avec cet appareil de contrôler l'efficacité des diodes. L'instrument de mesure est un milliampèremètre 0-1 mA, comportant, en parallèle, un potentiomètre.

Pour vérifier un transistor, on l'introduit tout d'abord dans les broches correspondantes et on ferme l'interrupteur I. On règle alors le potentiomètre pour que l'aiguille dévie jusqu'à l'extrémité de l'échelle. On ouvre ensuite l'interrupteur, et le courant doit alors tomber à une valeur de quelques microampères qui correspond au courant de perte. Si la valeur de ce courant était trop élevée, il faudrait admettre que le transistor est en court-circuit, partiel ou total, entre collecteur et émetteur.

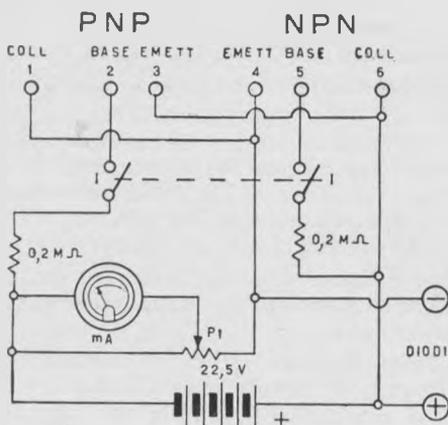


FIG. II-1

Si au contraire, avec l'interrupteur fermé, il n'est pas possible d'obtenir la déviation totale de l'aiguille, c'est que le transistor est défectueux par coupure d'une jonction.

En branchant un casque à cristal aux bornes prévues pour la vérification des diodes, il est possible d'apprécier le bruit du transistor.

Le contrôle des diodes s'effectue en disposant ces dernières sur les bornes prévues à cet effet, avec la polarité exacte. On règle le potentiomètre P_1 de façon à obtenir la déviation totale de l'aiguille. On intervertit ensuite la diode, dans son support, en reliant la cathode au pôle positif et l'anode au pôle négatif. On peut ainsi déterminer le rapport entre courant direct et courant inverse, puisque l'instrument reste sur la même échelle.

Pour la détermination des caractéristiques de fonctionnement, il est nécessaire de recourir à un transistormètre plus compliqué tel que celui représenté à la figure II-5.

APPAREIL DE VERIFICATION DES TRANSISTORS

Il s'agit d'un appareil destiné à la mesure du courant résiduel de collecteur, avec le circuit de base ouvert, et le gain de courant, avec émetteur à la masse. Ces deux circuits de mesure peuvent permettre de détecter la plupart des défauts du transistor qui fait l'objet de la vérification.

Dans la réalisation de circuits à transistors, ou au cours de la recherche des pannes, il est nécessaire d'avoir à sa disposition un appareil capable de vérifier les qualités d'un transistor. Théoriquement, il serait nécessaire de relever plusieurs courbes caractéristiques et de les comparer avec celles données par le constructeur. Mais cette recherche comporte une longue série d'opérations ainsi que l'emploi d'appareils coûteux ; aussi a-t-on étudié, pour la vérification des transistors, un appareil très simple que nous nous proposons de décrire.

Les paramètres à mesurer sont I_{cbo} (désigné également par I'_{co}), c'est-à-dire le courant résiduel du collecteur, avec le circuit de base ouvert, et β (désigné encore par α'), c'est-à-dire le gain de courant, avec émetteur commun et collecteur court-circuité.

Avec ces deux mesures, on relève la majorité des défauts des transistors.

Pour éviter d'endommager accidentellement les transistors à vérifier, les mesures sont effectuées sur de faibles valeurs, bien déterminées, de courant et de tension.

On peut effectuer les mesures suivantes :

- a) I_{cbo} de 0 à 1 mA. ($V_{ec} = 2,5$ V à 1 V selon le courant résiduel) ;
- b) β de 5 à 100 ($V_{ec} = 2,6$ V ; $I_c = 1,3$ mA à 2,3 mA).

L'appareil est prévu pour la vérification des transistors au germanium P-N-P ou N-P-N, et avec une dissipation d'environ 200 mW. On peut également vérifier les éléments au silicium, mais la valeur de β mesurée sera un peu inférieure à la valeur réelle.

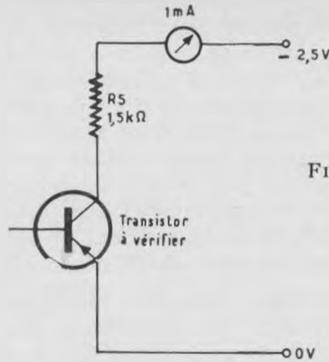
Mesure de I_{cbo}

Le courant résiduel de collecteur n'est pas en relation étroite avec la tension, tant que la tension de rupture du collecteur n'est pas atteinte. On effectue la mesure avec une tension d'alimentation dont la valeur s'établit entre 1 et 2,5 V, selon la valeur du courant résiduel.

La figure II-2 représente un circuit permettant la mesure de I_{cbo} . Si le transistor était en court-circuit, R_c limiterait le courant du milliampèremètre à 1,65 mA.

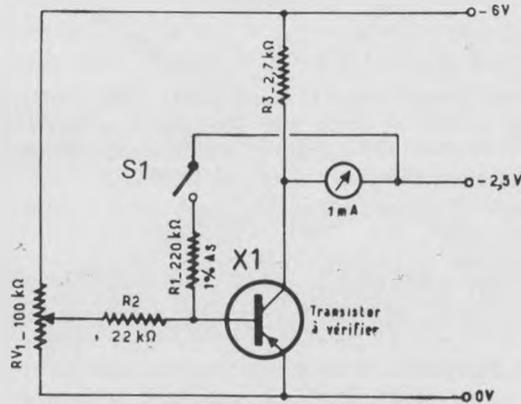
Mesure de β

La méthode consiste à disposer le transistor de manière que l'émetteur soit connecté à la masse, de telle sorte que le courant de collecteur puisse dépasser la valeur de 1,3 mA. Si alors on augmente de i le courant de base, le courant de collecteur augmentera de $\beta \times i$, en admettant cependant que la valeur de β ne change pas quand on augmente le courant de collecteur. En pratique, il y a une petite variation de β , mais celle-ci n'a qu'une faible influence sur la mesure.



L'augmentation de courant dans le collecteur peut être rendue visible sur un milliampèremètre 0-1 mA, étalonné de 0 à 100. On peut lire ainsi directement la valeur de β .

La figure II-3 représente le circuit utilisé pour mesurer le gain de courant β .



Avec S_1 ouvert, le courant du collecteur est contrôlé par RV_1 qui règle le courant de base. Quand I_c égale 1,3 mA, la chute de tension due à la résistance de charge du collecteur R_c est telle que $V_c = 2,5$ V. Comme les deux bornes du milliampèremètre sont alors au même potentiel, l'instrument ne pourra être traversé par aucun courant et l'aiguille sera au zéro.

Quand S_1 est fermé, la base est parcourue par un courant additionnel de 10 μ A (approximativement $2,5$ V/ R_1), ce qui augmente le courant du collecteur de $10 \beta \times \mu$ A. Comme la résistance de l'instrument est très inférieure à la résistance de charge du collecteur, tout le courant additionnel du collecteur traversera le milliampèremètre. Puisque celui-ci a une portée de 1 mA et est taré de 0 à 100, l'indication de l'aiguille donnera la valeur de β .

En utilisant cette méthode, on commet plusieurs erreurs dont la plus grande partie peut être éliminée. Les sources de ces erreurs sont :

- a) L'instrument de lecture ;
- b) Le courant i traversant R_1 ;
- c) La fraction de i qui circule dans la base du transistor par suite de la résistance non infinie de celle-ci ;
- d) La fraction de l'augmentation de courant dans le collecteur qui traverse l'instrument, par suite de la résistance même de l'instrument et de la résistance interne de la source 2,5 V ;
- e) La variation de β avec le courant de collecteur.

Si on utilise un instrument de petit diamètre, la lecture effectuée à l'extrémité de l'échelle peut être entachée d'erreur dont l'importance peut atteindre 10 %. Cette erreur peut être éliminée de la manière suivante :

On dispose, en série avec l'instrument, une résistance à haute stabilité de 2,5 k Ω , tolérance 1 %, entre les points 2,5 V et 0 V, et on règle la tension de la source 2,5 V de manière que l'aiguille de l'instrument soit à fond d'échelle. Si l'appareil indique une valeur supérieure de 10 %, la tension de la source sera de 10 % inférieure à sa valeur nominale (en négligeant la résistance de l'instrument par rapport à la résistance de 2,5 k Ω).

Revenons alors à la figure II-3 ; le courant qui traverse R_1 est inférieur d'une quantité égale à 10 % et le courant additionnel du collecteur également inférieur de 10 % par rapport à la valeur réelle. Mais puisque l'instrument indique une valeur supérieure équivalente, l'erreur sera annulée.

Pour la majorité des transistors à vérifier, la tension base-émetteur sera approximativement de 0,15 V et la résistance d'entrée de l'ordre de 1 k Ω . En conséquence, le courant qui traverse R_1 est seulement égal à $(2,50 - 0,15)/R_1$ au lieu de $2,5/R_1$.

Une faible partie de ce courant circule aussi dans R_c , au lieu de circuler dans la base du transistor, et la valeur de ce courant dépend de

la position de R_V . Il est nécessaire, en outre, de tenir compte de la résistance de l'appareil de mesure et de la résistance interne de la source, dont la valeur totale est d'environ 100Ω .

Une petite fraction du courant additionnel du collecteur circulera dans la résistance de charge R_c au lieu de passer par l'instrument.

Pour ces trois raisons, ce dernier fournira une indication comportant une erreur d'au moins 10-14 % dans la majorité des cas. Aussi, la valeur de R_c devra être réduite d'environ 12 % par rapport à sa valeur théorique.

D'après la loi d'Ohm, on calcule qu'il suffit d'un courant de $10 \mu A$ pour avoir aux bornes de R_c une tension de 2,5 V, c'est-à-dire que R_c serait égale à $0,25 M\Omega$. La valeur correcte sera donc de $220 k\Omega$. On choisira de préférence une résistance à haute stabilité ayant une tolérance de 1 %

L'erreur due à la variation de β avec le courant de collecteur peut être négligeable pour les types de transistors à faible facteur d'amplification ayant un courant maximum de collecteur de 10 mA. Dans le cas des transistors étudiés pour être utilisés dans les étages de puissance classe B, ou pour les circuits flip-flop, tels AC132 et ASY76, la valeur maximum de β est obtenue pour un courant collecteur d'environ 4 mA et la valeur de β , mesurée sur cet appareil de contrôle, peut être inférieure de 10 à 20 % au maximum.

Alimentations

Pour le contrôle d'un transistor P-N-P on exige les tensions d'alimentations suivantes :

Tension d'alimentation de charge du collecteur : — 6 V.

Tension d'alimentation de l'instrument indicateur : — 2,5 volts.

Tension d'alimentation de l'émetteur : 0 V.

Les tensions correspondantes pour un transistor N-P-N sont + 6 V, + 2,5 V, 0 V.

Cependant, pour pouvoir vérifier aussi bien les transistors N-P-N que les transistors P-N-P, il est nécessaire de pouvoir changer la polarisation de la tension d'alimentation sur le collecteur et sur l'émetteur, et de régler l'alimentation de l'instrument entre — 2,1 et — 3,9 V, par exemple.

La plage de réglage plus large que ce qui est strictement nécessaire sert au réglage de la tension de la batterie, au fur et à mesure de son vieillissement, et à tous les ajustements nécessaires pour éliminer les erreurs exposées ci-dessus.

L'alimentation de l'instrument peut être obtenue à partir d'un potentiomètre à faible résistance (100Ω) qui laisse passer 60 mA, ou à partir de l'émetteur d'un transistor dont le circuit offre une absorption totale

de courant d'environ 5 mA. Etant donnée la faible impédance de sortie, d'environ 25Ω , ce dernier système offre facilement l'avantage d'une faible consommation.

Le schéma de principe est représenté à la figure II-4. Le potentiel de base du transistor X2 est réglé par le potentiomètre Tarage RV2. Le potentiel de l'émetteur X2 a une valeur légèrement plus positive que celle de la base et constitue une source à faible impédance pour l'alimentation de l'appareil de mesure.

Avec les valeurs indiquées sur la figure, l'impédance de sortie de l'émetteur est d'environ 25Ω .

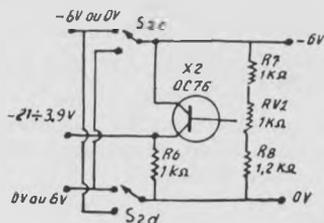


FIG. II-4

S₂ est un commutateur à deux positions. Comme le courant d'alimentation circule en directions opposées pour les transistors P-N-P et N-P-N, le milliampèremètre doit également être dépourvu d'un commutateur.

Le circuit d'ensemble

La figure II-5 montre le schéma de principe de l'appareil de contrôle dans lequel on retrouve les circuits des figures II-2-3-4, et les commutateurs additionnels.

Un commutateur à quatre positions, S_{2a}, est utilisé pour établir le circuit suivant qu'il s'agit d'un transistor P-N-P ou N-P-N.

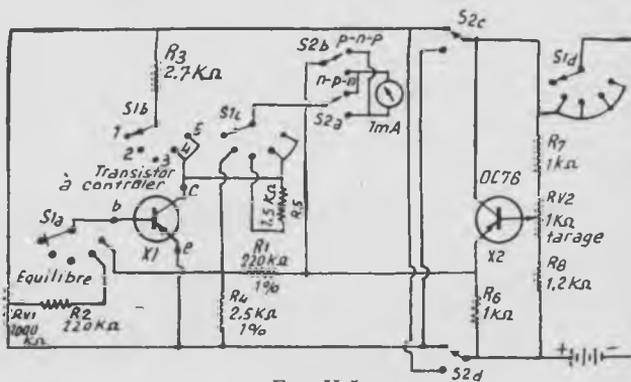


FIG. II-5

S_1 permet de mettre l'appareil en service et de disposer les différents circuits de vérification dans l'ordre suivant :

Position 1 : batterie coupée.

Position 2 : la tension d'alimentation de l'instrument indicateur peut être prélevée sur RV_2 (Tarage).

Position 3 : réalise le circuit de la figure 2, et le milliampèremètre indique la valeur de I_{cbo} .

Position 4 : réalise le circuit de la figure 3 (avec S_1 ouvert) et au moyen de RV_1 (équilibre), le milliampèremètre est réglé au zéro.

Position 5 : un courant additionnel de $10 \mu A$ circule dans la base du transistor à vérifier, et β peut être lu directement sur l'instrument.

Si on désire faire fonctionner l'appareil avec une batterie de 4,5 V, la valeur de R_1 devra être ramenée à 2,2 k Ω .

Dans ce cas, β sera mesuré pour un courant de collecteur variant de 0,9 à 1,9 mA, si la tension d'alimentation du milliampèremètre reste fixée à 2,5 V (c'est-à-dire 2 V aux bornes de R_3).

Matériel et réalisation

L'appareil a été réalisé en disposant ses éléments sur un châssis de $23 \times 10 \times 5$ cm.

Le commutateur S_1 est prévu pour cinq circuits, quatre positions.

Les contacts de S_{1a} doivent avoir une largeur double, de manière que lorsqu'il se trouve sur la position 5, le contact soit encore maintenu sur la position 4. Par contre, S_{1c} ne doit pas court-circuiter deux contacts consécutifs. Le commutateur S_2 peut être du même type que S_1 , ou bien consister en deux inverseurs jumelés à deux positions. Dans le premier cas, il est absolument nécessaire de ne pas court-circuiter les contacts, de manière que les polarités de la batterie ne puissent endommager les transistors quand on passe d'un type P-N-P à un type N-P-N.

On peut encore employer un commutateur à trois positions, avec une position intermédiaire neutre. L'appareil de mesure peut être un petit et robuste milliampèremètre 0-1 mA. Il est si facile de diviser mentalement l'échelle en cent parties pour lire β qu'il n'est pas nécessaire de porter toutes les divisions.

On a choisi pour X_2 un transistor ASY76 (OC76) parce qu'il est d'un prix raisonnable et le mieux adapté à cette fonction. On peut aussi adopter un AC132 ou tout autre type pour lequel β est supérieur à 30. R_1 et R_4 seront des résistances à carbone à haute stabilité à tolérance de 1 %. On peut aussi utiliser des résistances sélectionnées ayant une tolérance de 5 ou 10 %, mais la précision de l'appareil en souffrira, en particulier avec le vieillissement. Les autres résistances ont une puissance d'un quart de watt, avec une tolérance de 10 %.

Instructions pour l'utilisation de l'appareil

Il faut relier la batterie en respectant les polarités exactes. Un branchement erroné n'endommagerait pas l'appareil, mais l'aiguille de l'instrument, quand S_1 est sur la position tarage, dévierait du côté opposé.

Mettre le commutateur de polarité sur P-N-P ou sur N-P-N, selon les nécessités. Une éventuelle inversion ne peut endommager le transistor à vérifier, mais on mesurerait le courant de perte I_{cb0} de l'émetteur, qui est habituellement très inférieur au courant I_{cb0} que l'on désire mesurer. De plus, avec une telle inversion, on se trouve dans l'impossibilité de mettre l'instrument à zéro quand le commutateur S_1 est en position « équilibre ».

Disposer le transistor dans son support. Là encore, une inversion entre collecteur et émetteur ne peut détériorer le transistor, mais, à cause de la valeur très basse de β que l'on observe dans ce branchement, il est impossible de ramener l'aiguille de l'instrument à zéro.

Placer le commutateur S_1 sur la position Tarage et régler le potentiomètre RV_2 de manière que l'aiguille soit à fond d'échelle. Disposer ensuite S_1 sur la position I_{cb0} (position 3) et lire la valeur de I_{cb0} . Pour la plus grande partie des transistors, cette valeur sera comprise entre 10 et 400 μA . Si l'instrument est à fond d'échelle, court-circuiter les connexions de l'émetteur et de la base. Si on lit une valeur très basse, cela signifie que le transistor a un coefficient d'amplification élevé. Si, au contraire, l'aiguille reste au maximum, c'est que la jonction collecteur-base a été endommagée et le transistor est hors d'usage.

Pour éviter d'endommager le milliampèremètre et le transistor, avant de passer à la phase de vérification suivante, il faut tourner complètement le potentiomètre « équilibre » dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

Porter alors le commutateur S_1 sur la position équilibre et faire la mise à zéro au moyen du potentiomètre RV_1 . Porter le commutateur S_1 sur β et lire la valeur de β sur l'instrument (une indication à fond d'échelle correspond à un $\beta = 100$). Replacer enfin le commutateur S_1 en arrière sur la position 1 (batterie coupée) et enlever le transistor à vérifier.

Conclusions

L'appareil de contrôle que nous venons de décrire a été étudié pour mesurer avec une exactitude suffisante le courant résiduel de collecteur et le facteur d'amplification de courant des transistors ayant une dissipation collecteur ne dépassant pas 200 mW, afin d'établir leur possibilité d'utilisation dans des circuits particuliers. Sa description a été donnée dans *Wireless World*.

APPAREIL POUR LA VERIFICATION DES TRANSISTORS ET MESURES DES PARAMETRES

Cet appareil permet une rapide vérification des principales caractéristiques des transistors de type P-N-P avec une précision de 5 %. On peut ainsi déterminer si le transistor a été endommagé ou vérifier si ses paramètres sont compris entre les limites indiquées par une production normale.

Une des caractéristiques les plus importantes d'un transistor est le gain de courant. Le rôle principal pour lequel l'instrument décrit a été conçu est, pour cette raison, de mesurer le gain de courant en court-circuit avec émetteur à la masse.

Pour plus de simplicité, l'instrument permet seulement les mesures en courant continu, ces paramètres suffisant à déterminer le comportement d'un transistor.

Mesure du gain de courant

Le gain de courant, en court-circuit, base collecteur, pour signaux faibles, est égal à la pente de la courbe I_c/I_b , et donné par la relation (fig. II-6) :

$$\alpha' = \left(\frac{\delta I_c}{\delta I_b} \right) V_c$$

dans laquelle I_c et I_b sont respectivement les courants de collecteur et de base, et V_c est la tension fixe du collecteur.

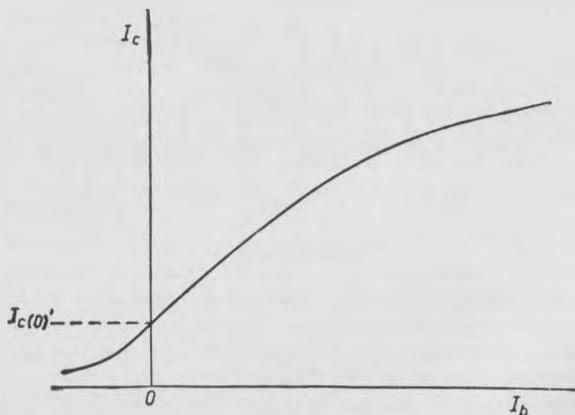


FIG. II-6

La relation entre les courants de base et de collecteur est presque linéaire, de sorte qu'une variation déterminée de courant peut servir à la mesure approximative de α' . En effet, la mesure de α' se ramène à la lecture du courant de collecteur produit par un courant de base connu.

Le microampèremètre monté dans le circuit de collecteur du transistor indiquera soit le courant de fuite, soit le courant propre de collecteur. Pour cette raison, il est nécessaire d'introduire un courant de compensation afin de supprimer le premier courant obtenu à travers la résistance R_2 du circuit représenté à la fig. II-7. La valeur de cette résistance est réglée pour chaque transistor à essayer de manière que le courant du collecteur soit nul en absence de courant de base. Le réglage est exact quand la valeur de R_2 est égale à $(E_{c1} - E_{c2})/I_c(O)'$, mais, en pratique, il n'est pas nécessaire de connaître la valeur du courant de fuite pour régler R_2 .

On applique le courant de base lorsque le circuit a été réglé au moyen de R_2 , et on relève le courant de collecteur.

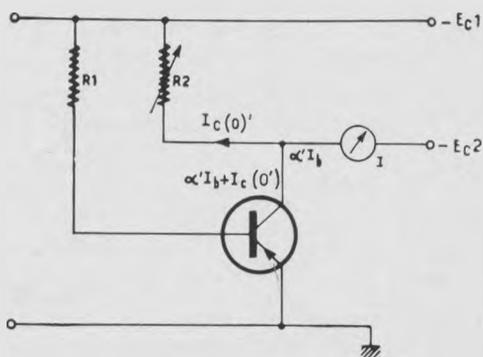


Fig. II-7

En pratique, le courant de base peut être choisi au moyen d'un commutateur entre 10 μ A, 100 μ A, 1 mA, 10 mA ou 25 mA, tandis que la portée du microampèremètre correspond à 100 fois le courant de base. Comme ce dernier est calibré avec une échelle de 0 à 100, on peut lire immédiatement le gain de courant α' .

La variation de α' avec le courant peut être vérifiée sur une large gamme de valeurs au moyen de la commutation du courant de base. Dans tous les cas, on devra observer les limites maximum de la dissipation du collecteur.

Mesure du courant de fuite

Le courant de fuite de collecteur I_{c0} est le courant continu qui traverse le transistor en absence de courant de base (v. fig. II-6). Comme il ne dépend que très faiblement de la tension de collecteur, il peut être mesuré au moyen d'un microampèremètre inséré dans le circuit collecteur du transistor. Le principe de mesure est représenté à la fig. II-8.

Les échelles du microampèremètre sont de 100 μA , 1 mA, 10 mA, 100 mA, 1 A et 2,5 A. Les portées supérieures à 10 mA ne sont pas utilisées dans cette mesure, mais servent pour la mesure du gain de courant.

Mesure de la tension inverse du collecteur

Avec certains transistors, la mesure de cette tension peut être difficile à effectuer du fait que l'inversion est graduelle. Pour cette raison, on a adopté dans ce dispositif, une définition empirique : la tension inverse est la tension qui est appliquée au collecteur du transistor alimenté à travers une faible résistance appropriée, avec un courant de base nul.

Le schéma de la mesure basée sur ce principe est représenté à la figure II-9. En pratique, la résistance de charge et la tension d'alimentation peuvent être commutées pour trois valeurs différentes.

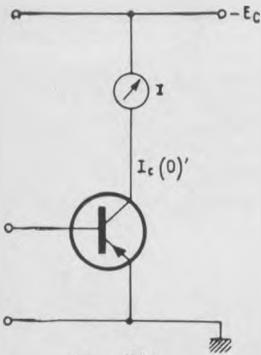


FIG. II-8

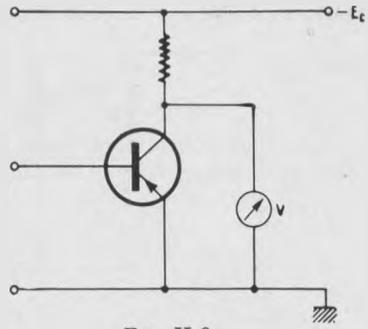


FIG. II-9

La tension ainsi mesurée correspond au point de travail de la figure II-10. Si la résistance de charge est excessive et la tension d'alimentation trop basse, la mesure est fautive parce que l'intersection de la droite de charge avec la caractéristique I_c/V_c tombe sur la partie courbe

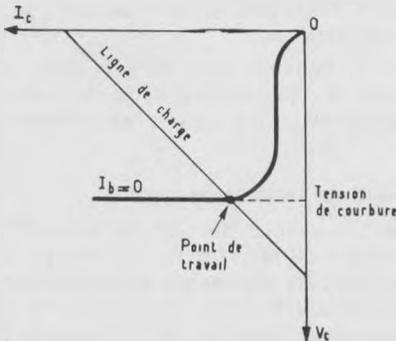


FIG. II-10

de la caractéristique. Dans aucun cas, cependant, la tension lue sera supérieure à la véritable tension inverse. De cette façon, la lecture indique une limite inférieure avec une marge de sécurité.

Remarquons qu'un transistor ne doit pas normalement travailler trop près de la tension inverse parce que, comme on le voit à la figure II-10, la courbe commence à tourner déjà à une tension inférieure.

L'alimentation. — Le réglage du zéro, nécessaire pour la mesure du gain, rend indispensable l'utilisation de deux alimentations de tension négative. Pour fixer les valeurs des courants de base, une alimentation est stabilisée et fournit une tension élevée nécessaire pour la mesure des tensions de courbure. L'autre alimentation fournit le courant relativement élevé nécessaire pour les mesures de gain. Le schéma de principe du circuit d'alimentation est indiqué à la figure II-11.

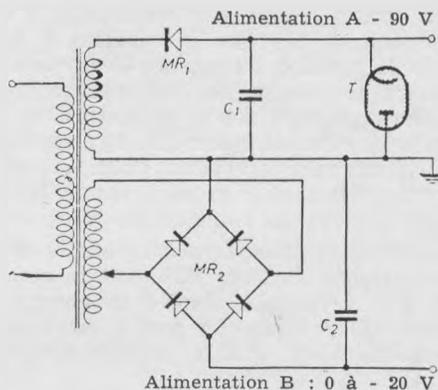


Fig. II-11

La source A, de -90 V, fournit jusqu'à 25 mA ; la source B est variable de 0 à -20 V et peut donner 2.5 A sur les tensions les plus basses.

Description du circuit complet. — Le circuit complet du vérificateur est représenté à la figure II-12. Toutes les tensions et courants nécessaires sont fournis par les redresseurs MR1 et MR2. Deux fusibles placés dans la ligne d'alimentation du courant alternatif protègent le système des surcharges excessives.

L'interrupteur à poignée SC1-SC2 sert à interrompre instantanément l'alimentation du transistor à vérifier si le courant devient trop élevé ; il sert aussi d'interrupteur d'attente. L'alimentation basse tension est à sortie variable. Au moyen de prises sur le transformateur d'alimentation il est possible de recevoir et de commuter une série de quatre tensions. Le réglage précis de ces tensions est obtenu avec le potentiomètre R1. La capacité de C1 est suffisante pour redresser la tension de

sortie du circuit redresseur à pont RM1. Les cinq tensions de sortie, commutées, par le commutateur 5B et indiquées par le voltmètre M1, sont : de 0 à 4 V, 9 V, 14 V et 19 V.

Voici les différentes valeurs de courant suivant les positions de 5B :

Portée	1	2	3	4	5
Tension	de 0 à 4 V	4 V	9 V	14 V	19 V
Courant maxima	0,01 A	2,5 A	1 A	0,5 A	0,5 A

Il est nécessaire de ne pas dépasser le maximum de courant permis sur chaque portée. Ces courants sont indiqués plus haut. Sur les courants plus élevés, par suite de la résistance interne relativement élevée de l'alimentation, la tension subit un fléchissement, mais puisque la mesure n'exige pas de tensions bien définies, cet inconvénient n'a pas une très grande importance.

La sélection du circuit adapté aux paramètres à mesurer s'effectue au moyen du commutateur SF. Sur le schéma de la figure II-12, ce commutateur est sur la position de mesure des tensions inverses. Avec le commutateur sur la position milieu, on mesure le gain de courant, tandis que la troisième position sert à la mesure du courant de fuite. Toutes les mesures sont effectuées sur M2. Les résistances R19 et R25 règlent le courant de base du transistor, pour les mesures de gain de courant. L'interrupteur SD sert à exclure momentanément le courant de base pour la mise à zéro de l'aiguille du microampèremètre.

Le réglage du courant de compensation pour la mise à zéro s'effectue à l'aide de la résistance variable R11 avec le commutateur SG. Les résistances R16 et R18 servent à choisir la charge appropriée pour la mesure des tensions inverses. La partie du microampèremètre et l'insertion des éléments adaptés à la mesure sont obtenues avec le commutateur SE.

Utilisation du vérificateur

L'interrupteur SC doit être abaissé seulement après avoir effectué toutes les manœuvres nécessaires à la mesure particulière qu'on désire effectuer. Il doit être ouvert durant la commutation sur les portées successives, du fait que la commutation donne lieu à des surcharges qui peuvent endommager le transistor à vérifier.

Mesure de la tension inverse

Le commutateur de portée SE est placé sur une position compatible avec la dissipation du transistor. La tension inverse peut ensuite être lue directement sur le microampèremètre M2.

La dissipation du transistor à vérifier dépend de la forme et de la position de sa caractéristique I_c/V_c . Les valeurs correspondant aux différentes positions du commutateur de portée indiquent la dissipation maximum admissible pour chaque portée. Sur l'échelle de 2,5 mW, le collecteur est alimenté à travers la section de basse tension. L'alimentation est graduellement augmentée jusqu'à ce que l'aiguille de l'ins-

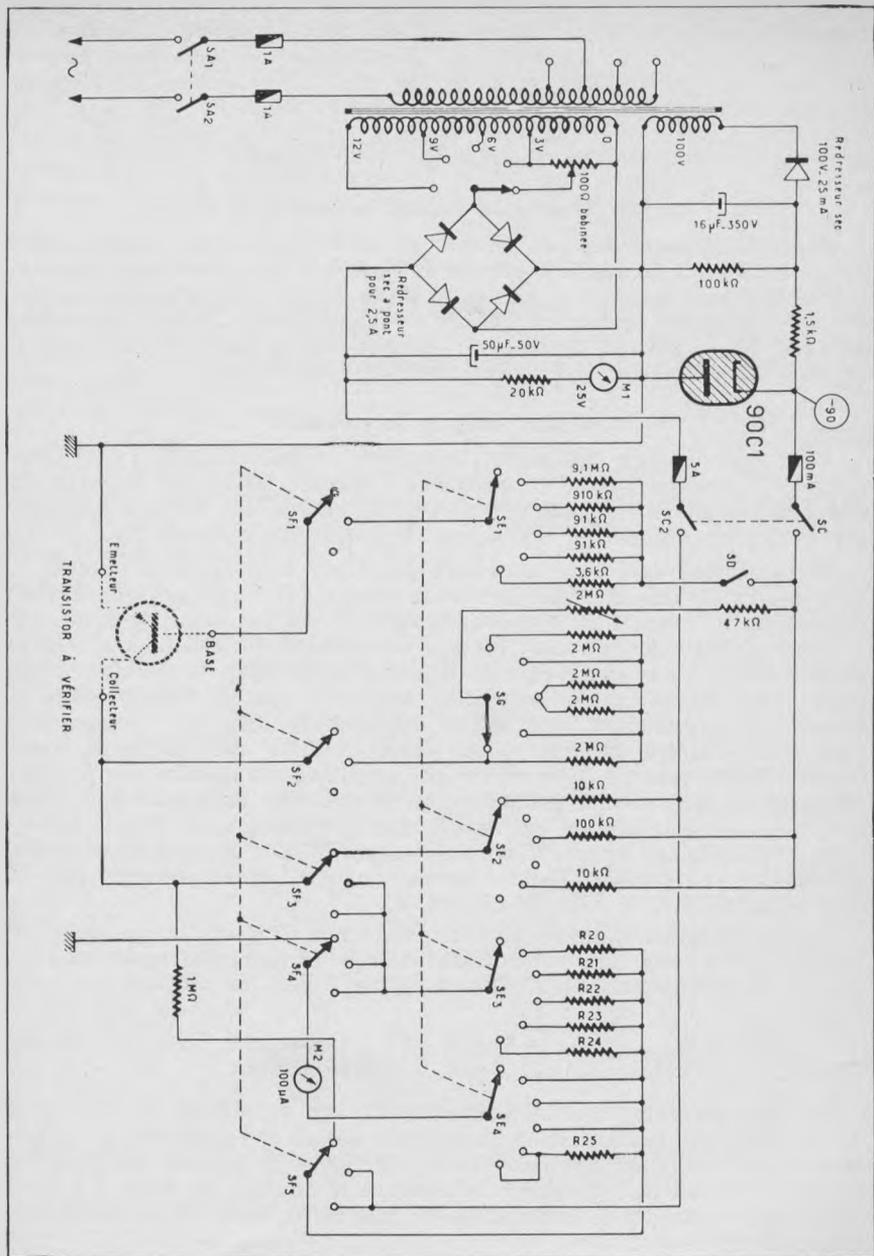


FIG. II-12

trument n'augmente plus. Cette valeur stable est la valeur de la tension inverse. La gamme de 2,5 mW sert jusqu'à une tension d'alimentation de 10 V. Pour les gammes de 25 et 250 mW, la tension est plus élevée et les résistances de charge correspondantes sont R17 et R18. Les valeurs plus élevées donnent des résultats plus précis, mais il est nécessaire de veiller à ne pas endommager le transistor.

Mesure du courant de fuite

Dans la majorité des cas, le courant de fuite des transistors montés avec émetteur à la masse varie de 100 μA à 1 mA. Pour cette raison, le commutateur sera placé sur la position 1 mA. La valeur de I_{co} lue sur cette position permet de choisir convenablement l'échelle la mieux adaptée. Si la tension inverse est connue, il est bon de choisir une tension de collecteur légèrement inférieure à celle-ci.

Mesure du gain de courant

Pour cette mesure également, la tension de collecteur doit être inférieure à la tension inverse du transistor à essayer, tandis que l'échelle du microampèremètre (ou bien le courant de collecteur) ne doit dépasser les limites de dissipation maximum imposées par le transistor.

L'instrument doit avant tout être placé sur la position d'« essai » (c'est-à-dire SD ouvert) pour la mise à zéro. Il est important que durant ce réglage, le courant de compensation n'excède pas celui de fuite, car il déterminerait un courant inverse élevé dans le circuit du microampèremètre. Pour cette raison, il est prudent que la position des commandes de compensation soient sur celle qui introduit, dans le circuit, la résistance maximum. Autrement dit, les commandes sont tout d'abord au maximum dans le sens des aiguilles d'une montre. Le courant de fuite est ensuite équilibré en agissant sur le commutateur en sens inverse jusqu'à ce qu'on obtienne seulement une petite indication de courant qui est ensuite annulée en agissant sur le potentiomètre de réglage de précision. En portant SD sur la position normale, c'est-à-dire en fermant l'interrupteur, on lit immédiatement sur le microampèremètre le gain de courant α' .

Le commutateur indique la valeur maximum de l'échelle du microampèremètre, de sorte qu'il est possible de relever immédiatement les conditions de la mesure. Les différentes portées sont les suivants :

Portée	1	2	3	4	5
Courant de base	0,01 mA	0,1 mA	1 mA	10 mA	25 mA
Courant de collecteur	1 mA	10 mA	100 mA	1 A	2,5 A

Si, par exemple, avec le commutateur sur 10 mA on lit $\alpha' = 47$, ceci signifie que le courant de base est de 100 μA et le courant de collecteur de 4,7 mA. Pour connaître la valeur réelle du courant qui traverse le transistor, on doit ajouter à ce courant le courant de fuite. La mise à zéro n'élimine pas le courant I_{co} du transistor, mais en annule l'effet sur le microampèremètre.

APPAREIL SIMPLE DE VERIFICATION DES TRANSISTORS

La plupart des appareils simples de vérification des transistors ne permettent pas de déterminer avec assez de précision les caractéristiques des transistors soumis aux essais. Le coefficient β peut en effet varier dans de grandes proportions avec le courant collecteur et ce dernier n'est pas modifié. L'appareil décrit ci-dessous permet l'essai de transistors dont la gamme de courants s'étend de 250 μA à 100 mA.

Principe de fonctionnement

Les trois essais fondamentaux possibles avec cet appareil sont schématisés par la figure II-13. Le circuit de la figure II-13 a permet de vérifier le *courant de fuite collecteur base* I_{co} . Une résistance en série avec la pile d'alimentation limite l'intensité dans le cas d'un court-circuit base-collecteur, pour protéger le microampèremètre de mesure.

Dans le cas du schéma de la figure II-13 b avec base en l'air, on mesure le *courant collecteur émetteur*. Il est nécessaire de connaître ce courant pour déterminer la variation de courant collecteur lorsque l'on applique sur la base un courant par l'intermédiaire d'une résistance R, selon le circuit de la figure II-13 c.

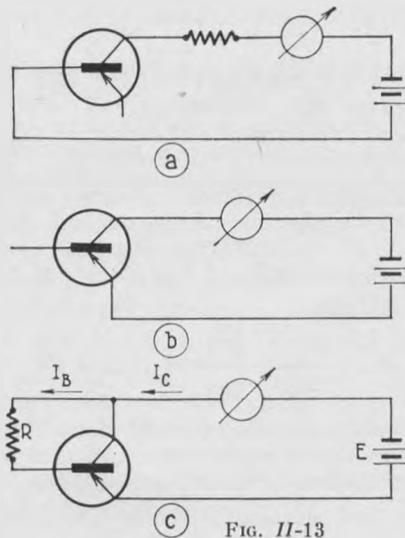


FIG. II-13

Le coefficient β d'amplification de courant est déterminé par $\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$,

ΔI_C étant la variation de courant collecteur et ΔI_B celle du courant de base.

Le courant collecteur correspondant à un courant de base nul est souvent négligeable. On peut donc considérer pour le moment que $I_c = \Delta I_c$.

Aucun courant de base ne pouvant se produire sauf en reliant à la base un circuit extérieur, $I_B = \Delta I_B$. En adoptant cette simplification, on peut écrire :

$$\beta = \frac{I_c}{I_B} \quad (1)$$

La tension base-émetteur d'un transistor étant très faible, on peut écrire avec une faible erreur :

$$I_B = \frac{E}{R} \quad (2)$$

et en remplaçant dans (1) la valeur de I_B :

$$\beta = \frac{I_c R}{E} \quad \text{ou} \quad (3)$$

$$R = \frac{\beta E}{I_c} \quad (4)$$

On voit d'après les relations (3) et (4) que si E et I_c ont une valeur fixe déterminée il existe une relation entre R et β . On peut rendre R variable dans le cas de la figure 13 c et étalonner l'échelle de lecture du microampèremètre directement en valeurs de β .

Supposons que l'appareil de mesure ait une sensibilité de 1 mA et qu'il soit intéressant de fixer la valeur de I_c à la demi-déviatiion de l'aiguille, soit 500 μA . En utilisant trois éléments de pile en série, E est égal à 4,2 V. En substituant dans l'équation (4) la valeur de E , on obtient :

$$R = \frac{\beta \times 4,2}{500 \times 10^{-6}} = \beta \times 8\,400$$

On peut ainsi à l'aide de cette équation étalonner l'échelle qui détermine la valeur de R sur les valeurs correspondantes de β pour les conditions d'un courant collecteur I_c de 500 μA et d'une tension E de 4,2 V.

Nous avons mentionné au début de cette description qu'il était nécessaire d'effectuer des essais avec plusieurs valeurs de courant collecteur.

On peut alors shunter le milliampèremètre de telle sorte que la déviation totale se produise à 10 mA et que la valeur de β lue sur l'échelle corresponde à un courant collecteur de 5 mA (demi-déviatiion de l'aiguille du milliampèremètre).

En conservant la valeur de E égale à 4,2 V nous avons :

$$R = \frac{\beta \times 4,2}{5 \times 10^{-3}} = \beta \times 840$$

La variation de R (facteur de 10) étant obtenue pour un coefficient β déterminé il est souhaitable de connecter une autre résistance R lorsque le commutateur shunte l'appareil de mesure. Cette résistance peut être étalonnée en valeur de β pour un courant collecteur I_c de 5 mA.

De la même façon, on peut prévoir un shunt du milliampèremètre tel que la déviation totale se produise pour 100 mA, ce qui correspond à un courant I_c de 50 mA. On trouve alors $R = \beta \times 84$.

De nouveau, on commute une nouvelle résistance variable et on l'étalonne en valeurs de β correspondant à $I_c = 50$ mA et $E = 4,2$ V.

Les valeurs du tableau ci-dessous ont été déterminées d'après ces relations et peuvent être utilisées pour étalonner les trois résistances variables correspondant aux courants collecteurs de 500 μ A, 5 mA et 50 mA. Cet étalonnage sera effectué si possible avec un pont ou à l'aide d'un bon ohmmètre.

En se reportant à la relation (3) :

$$\beta = \frac{I_c R}{E}, \text{ en maintenant constants } R \text{ et } E, \text{ la variation de } \beta \text{ est égale}$$

à celle de I_c multipliée par un même facteur. On peut donc modifier la valeur de I_c de façon à connaître les valeurs de β . On choisira les valeurs égales au double ou à la moitié de celles qui ont été calculées dans le tableau ci-dessous. Pour I_c égal à la moitié, la valeur de β est égale à la moitié de celle qui est indiquée sur l'échelle de R . Pour I_c égal au double, la valeur de β est égale au double de celle de l'échelle. Cette division ou cette multiplication étant très simple, il suffit de prévoir deux points de référence sur l'échelle du milliampèremètre : le 1^{er} au 1/4 de la déviation totale et le second à la déviation totale étant donné que les calculs du tableau ont été effectués pour la demi-déviation.

On obtient ainsi des valeurs directes de β pour des valeurs supplémentaires de I_c .

Mesure du courant collecteur-base : pour la mesure du courant de fuite collecteur-base (fig. 13 a) il est nécessaire de disposer d'un microampèremètre d'une sensibilité supérieure, de l'ordre de 200 μ A. Un microampèremètre de 200 μ A est utilisé sur l'appareil décrit et il est shunté pour toutes les mesures du coefficient β .

Schéma de principe

La figure II-14 montre le circuit complet du vérificateur de transistors. R_b , R_c et R_e sont les résistances variables de base correspondant aux trois valeurs de courant collecteur.

R_1 , R_2 et R_3 constituent des résistances minima fixes permettant la mesure de β au-dessous de 10. La valeur maximum de β qui peut être mesurée est de 125 environ.

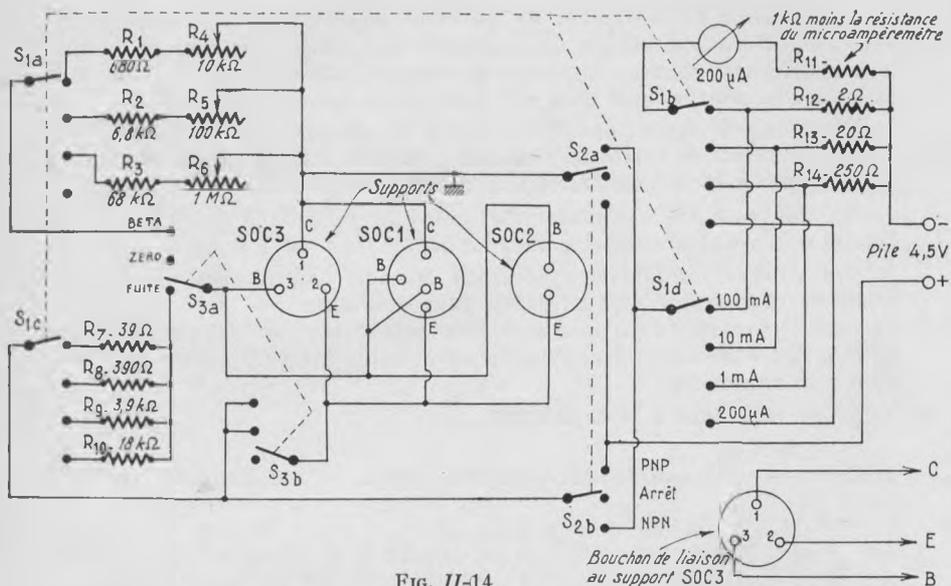


FIG. II-14

Sur la position de l'aiguille correspondant au 1/4 de la déviation totale on peut mesurer les valeurs de β comprises entre 5 et 60 et sur la déviation totale, les valeurs comprises entre 20 et 240.

Bêta	500 μA	5 mA	50 mA
10	84 k Ω	8,4 k Ω	840 Ω
20	168 k Ω	16,8 k Ω	1 680 Ω
30	252 k Ω	25,2 k Ω	2 520 Ω
40	336 k Ω	33,6 k Ω	3 360 Ω
50	420 k Ω	42 k Ω	4 200 Ω
60	504 k Ω	50,4 k Ω	5 040 Ω
70	588 k Ω	58,8 k Ω	5 880 Ω
80	672 k Ω	67,2 k Ω	6 720 Ω
90	756 k Ω	75,6 k Ω	7 560 Ω
100	840 k Ω	84 k Ω	8 400 Ω
110	924 k Ω	92,4 k Ω	9 240 Ω
120	1,008 M Ω	100,8 k Ω	10 080 Ω

Les résistances R_7 , R_8 , R_9 et R_{10} sont des résistances de protection du microampèremètre de mesure dans le cas d'un essai du courant de fuite lorsque le transistor est en court-circuit.

Les résistances de shunt du microampèremètre sont R_{12} , R_{13} et R_{14} , ces shunts correspondant respectivement aux sensibilités de 100, 10 et 1 mA.

La valeur de R_{11} est égale à 1 k Ω moins la résistance du microampèremètre utilisé. Sur ce montage $R_{11} = 680 \Omega$, la résistance de l'appareil étant de 330 Ω . L'utilité de cette résistance série R_{11} est de permettre l'utilisation de résistances type standard pour les shunts.

Le commutateur S_1 commute simultanément les résistances adéquates sur tous les circuits et S_2 inverse la polarité de la pile d'alimentation selon le type de transistor (p-n-p ou n-p-n).

Le commutateur de fonctions est S_3 . Lorsque ce dernier est sur la position « fuite collecteur-base », le circuit émetteur du transistor soumis aux essais est ouvert et le microampèremètre de mesure est en série avec la jonction base collecteur, la résistance de protection et la pile.

Lorsque S_3 est sur la position « zéro », la base du transistor soumis aux essais est en circuit ouvert et le circuit est celui de la figure 13 b qui permet la mesure du courant collecteur pour un courant de base nul.

Avec le commutateur S_3 sur la position « Bêta », un courant de base E
égal à — est appliqué sur la base et l'on peut mesurer la variation de R
courant collecteur provoquée par le courant de base.

On remarquera les deux supports correspondant aux transistors classiques de moyenne puissance SOC1 et de puissance SOC2 ainsi que la prise à trois broches permettant le branchement d'un support relié à trois pinces crocodiles isolées dans le cas où il ne serait pas possible de monter le transistor soumis aux essais sur l'un des deux supports précités.

Utilisation

Pour essayer un transistor, disposer le commutateur S_2 sur la position « hors service », S_3 sur « fuite » et « S_1 » sur une sensibilité telle que l'on puisse mesurer le courant de fuite présumé. Placer ensuite le transistor sur son support. Commuter S_2 de façon à appliquer la tension correcte d'alimentation sur le transistor et lire le courant de fuite. Si la déviation de l'aiguille est trop importante, placer immédiatement S_2 sur la position hors service. Le transistor doit, dans ces conditions, présenter un court-circuit base-collecteur, une polarité inverse étant appliquée à ces électrodes. En manœuvrant à nouveau S_2 on voit si cette polarité a une influence sur la déviation.

Si le courant de fuite est normal, il faut ensuite mesurer le courant collecteur sans qu'un courant soit appliqué à la base.

Disposer S_1 sur l'échelle de « Bêta » désirée et S_2 sur « zéro ». Si l'on constate un courant collecteur appréciable, dans ces conditions, en comparaison du courant I_C pour lequel l'essai doit être réalisé, il est nécessaire d'ajouter l'intensité trouvée à la lecture de I_C , de telle sorte que la variation de I_C soit égale au courant désiré. Par exemple, si l'appareil de mesure est commuté sur la position d'essai à 500 μA , et si le courant collecteur, sans courant de base, est de 100 μA , il est nécessaire que l'aiguille de l'appareil de mesure soit sur la position 600 μA pour obtenir une lecture correcte du coefficient β sur l'échelle étalonnée.

Après s'être déterminé sur le choix du courant collecteur, disposer S_2 sur la position « Bêta », lire la graduation de l'échelle correspondant au bouton de réglage de R et multiplier par la valeur indiquée sur l'appareil de mesure.

Il est possible de mesurer le courant de fuite de diodes en les connectant entre les pinces crocodiles de base et de collecteur, en disposant S_2 sur la position « fuite » et en choisissant la polarité convenable à l'aide de S_2 . En inversant la polarité avec ce même commutateur, on peut connaître approximativement le courant dans le sens direct de conduction.

Valeur des éléments

R_1 : 600 Ω .

R_2 : 6 800 Ω .

R_3 : 68 000 Ω .

R_4 : Potentiomètre linéaire 10 k Ω .

R_5 : Potentiomètre linéaire 100 k Ω .

R_6 : Potentiomètre linéaire 1 M Ω .

R_7 : 39 Ω .

R_8 : 390 Ω .

R_9 : 3 900 Ω .

R_{10} : 18 k Ω .

R_{11} : 1 000 Ω moins la résistance de l'appareil de mesure. Cette dernière étant de 330 Ω sur la réalisation décrite, $R_{11} = 1 000 - 330 = 670 \Omega$.

R_{12} : 2 Ω (deux résistances de 1 Ω en série).

R_{13} : 20 Ω (deux résistances de 10 Ω en série).

R_{14} : 250 Ω (une résistance de 150 Ω en série avec une résistance de 100 Ω).

Toutes les résistances sont de 0,5 watt, tolérance 10 %.

M : Microampèremètre 0 — 200 μA .

UN TRANSISTORMETRE SIMPLE

Cet appareil d'origine américaine permet de contrôler les transistors HF et BF de faible et de moyenne puissance et les diodes au germanium ou au silicium.

Le schéma est donné à la figure II-15. Il est très simple comme on peut s'en rendre compte. Le transistor à essayer est disposé dans le support correspondant à son type PNP ou NPN. Un potentiomètre de tarage

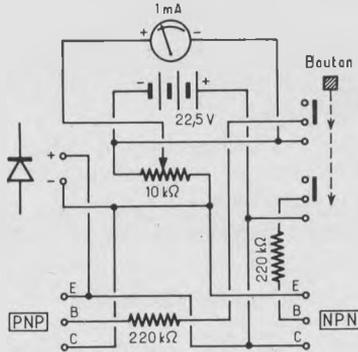


FIG. II-15

de $10\text{ k}\Omega$ est disposé entre le collecteur et le moins de la pile pour les transistors PNP, entre émetteur et pile pour les transistors NPN. Entre le curseur de ce potentiomètre et l'extrémité côté moins de la pile est branché un milliampèremètre de 1 mA de déviation totale. On comprend immédiatement que cet appareil permet d'apprécier la valeur du courant collecteur. Un bouton-poussoir (que l'on pourra remplacer par un commutateur) permet de laisser la base en l'air ou de la relier au pôle — de la pile pour les transistors PNP (au pôle + pour les transistors NPN) à travers une résistance de $220\text{ k}\Omega$.

Lorsque la base est « en l'air », on mesure le courant résiduel de collecteur qui varie suivant le type de transistor essayé. Très faible avec les transistors MF, il est un peu plus élevé avec les transistors BF. Mais dans tous les cas, cette valeur est faible et un courant anormalement élevé serait l'indice d'un transistor défectueux. Cette position sera repérée par l'indication « courant de fuite » alors que l'autre sera désignée par mesure du gain.

Le principe de la mesure est simple : elle consiste à comparer la valeur du courant de fuite avec la valeur du courant collecteur lorsque la base est alimentée. Si le transistor est bon, il est évident que le courant collecteur doit être faible lorsque la base n'est pas alimentée, et qu'il croît dans une proportion égale au gain de courant lorsque celle-ci est alimentée.

Fonctionnement. — Les différentes opérations de contrôle se feront dans l'ordre suivant :

1° Enfiler le transistor dans le support correspondant (type PNP ou NPN). Vérifier les contacts et s'assurer que les fils ne sont pas en

court-circuit. Attendre quelques instants que la température se stabilise car la seule manipulation fait apparaître un courant de fuite plus important.

2° Mettre le bouton-poussoir dans la position gain et régler le potentiomètre de manière à ce que le milliampèremètre dévie à fond. Pour certains transistors, l'aiguille n'ira pas au fond de l'échelle.

3° Lâcher le bouton-poussoir et lire le courant résiduel sans changer la position du potentiomètre.

Si le courant résiduel est beaucoup plus faible que celui obtenu dans la position « Gain », on peut en conclure que le transistor est bon.

Si, au contraire, l'aiguille ne varie pas d'une position à l'autre, c'est que le courant de fuite est exagéré et que le gain de courant est faible.

Contrôle des diodes

Pour effectuer le contrôle des diodes, on procédera de la façon suivante :

1° Brancher la diode dans les douilles correspondantes dans le sens de la conductibilité la plus grande et faire le tarage pour amener l'aiguille du milliampèremètre sur la position 1. (La cathode de la diode réunie à la douille — est souvent marquée par un anneau.)

2° Inverser le branchement de la diode et lire son courant de fuite.

Une diode ordinaire doit présenter un rapport courant direct/courant inverse, de l'ordre de 50.

Remarque. — La tension de 22,5 V sera ramenée à 4,5 V pour les transistors à barrière de surface.

Le schéma de la figure II-16 est basé sur le même principe. Deux positions de sensibilité ont été prévues de manière à permettre également le contrôle des transistors de puissance.

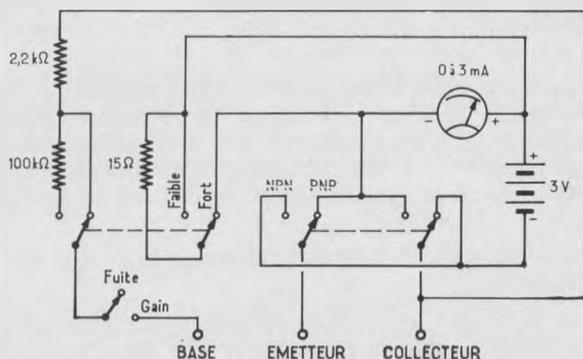


FIG. II-16

Appareils permettant la vérification du fonctionnement dynamique des transistors

L'appareil décrit, de conception simple, permet une vérification du fonctionnement dynamique des transistors et donne la mesure du gain β (fig. II-17).

β est le gain de courant d'un transistor à jonction avec « émetteur à la masse ». Il est mesuré par un oscillateur, avec réaction commandée

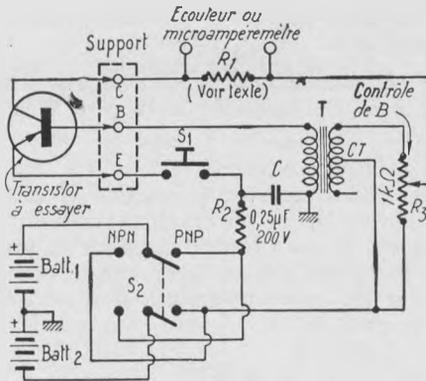


FIG. II-17

par une échelle calibrée en gain de courant. Il suffit de manœuvrer la commande de réaction jusqu'à l'amorçage des oscillations et de lire directement la valeur de β sur l'échelle graduée. Les transistors à gain élevé ne nécessitent qu'une réaction assez faible.

Baucoup d'appareils d'essais de transistors ne permettent que des mesures statiques de courant continu pour déterminer β , ce qui n'est pas toujours satisfaisant.

Pour que la mesure de β soit valable, la charge du collecteur doit être très faible et la base reliée à une source de haute impédance. On y parvient grâce à un transformateur ne réalisant pas l'adaptation entre collecteur et base. De plus, ce transformateur assure l'inversion de phase nécessaire pour la réaction positive et l'oscillation.

La valeur de β varie avec le courant d'émetteur. Lors de l'essai de transistors classiques, on peut prévoir un courant émetteur de l'ordre de 1 mA, valeur courante.

Le courant de l'émetteur est appliqué par l'intermédiaire d'une résistance de 4,7 k Ω , ce qui le rend constant et indépendant des caractéristiques du transistor essayé.

Deux batteries d'alimentation sont utilisées, l'une pour la polarisation d'émetteur et l'autre pour le collecteur. Pour permettre l'essai de tran-

sistors N-P-N et P-N-P, un inverseur est prévu pour inverser les polarités. Un bouton poussoir applique les polarisations pour les mesures β et les supprime dans le cas des mesures de I_{co} .

Mesures de β

Pour mesurer β , brancher des écouteurs aux bornes de R_1 , disposer S_2 sur la position correcte selon qu'il s'agit d'un transistor P-N-P ou N-P-N et appuyer sur le bouton poussoir S_1 . Tourner ensuite le bouton de réaction jusqu'à l'obtention d'un son. Régler ce bouton de telle sorte que l'oscillation soit juste audible et lire sur l'échelle graduée la valeur correspondante de β .

La gamme de gains mesurables est comprise entre 10 et 200. Un transistor dont le gain est inférieur à 10 peut être considéré comme défectueux.

Un court-circuit entre collecteur et base est l'une des déficiences les plus courantes d'un transistor à jonction. Il est facile à identifier avec cet appareil. On remarque un crachement assez violent lorsque l'on dispose le transistor sur son support alors qu'un faible crachement est normal. Pour cet essai, ne pas appuyer sur le bouton poussoir S_1 . De plus, si le transistor est en court-circuit, il n'est évidemment pas possible de mesurer le gain β .

Bruit

Une indication qualitative de bruit peut être donnée par l'appareil. Il suffit de se régler juste avant la réaction correspondant à l'oscillation. Le bruit est audible dans les écouteurs.

Courant de cut-off

Le courant de cut-off, courant continu de collecteur pour un courant émetteur nul, appelé également I_{co} , doit être mesuré avec un microampèremètre auxiliaire.

Pour mesurer I_{co} , disposer le commutateur S_2 sur la position convenable selon le type de transistor et relier aux bornes de R_1 un microampèremètre ou un milliampèremètre. Si l'aiguille dévie dans le sens contraire lorsque l'on dispose le transistor, inverser les liaisons au microampèremètre. Ne pas manœuvrer le commutateur S_2 pour inverser le sens de déviation.

Une mesure courante de I_{co} est de 1 à 10 μA . La valeur de I_{co} dépend de la température et le simple fait de réchauffer le transistor avec la main permet de déceler une variation de courant.

Étalonnage

Il est facile d'étalonner l'échelle du potentiomètre de réaction directement en valeurs de β . Relier un ohmmètre au potentiomètre, régler le potentiomètre sur les valeurs de résistances indiquées sur le tableau ci-dessous et marquer les valeurs correspondantes de β . Lors de la

mesure de cette résistance, déconnecter l'une des liaisons du potentiomètre au transformateur. La résistance est mesurée entre le curseur et l'extrémité du potentiomètre reliée à la batterie.

Une résistance de 2 000 Ω est connectée aux bornes correspondant à la prise casque ou microampèremètre lorsque la résistance du casque est de 2 000 Ω . Si la résistance du casque est de 1 000 Ω , R_1 peut être supprimée. Il est déconseillé d'utiliser des écouteurs de résistance supérieure à 2 000 Ω .

Valeurs des éléments

R_1 (voir texte) ; R_2 : 4 700 Ω , 0,5 W ; R_3 : pot. 1 000 Ω graphite ou bobiné linéaire. T : transformateur type driver, impédance primaire 10 000 Ω , impédance secondaire 2 000 Ω . Batteries n° 1 : 4,5 V. Batteries n° 2 : 4,5 V.

TABLEAU I

R_3	B
525	10
350	15
275	20
185	30
135	40
100	50
65	75
45	100
20	200

Un appareil plus simple est représenté à la figure II-18. Il ne comporte, en effet, que deux transistors miniatures et un haut-parleur, à l'exclusion de tout appareil de mesure. C'est essentiellement un oscil-

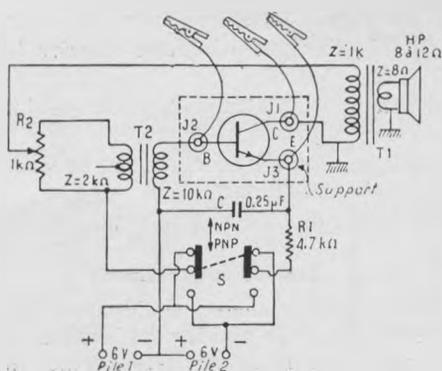


FIG. II-18

lateur basse fréquence qui se trouve complètement équipé lorsqu'il est pourvu du transistor à contrôler qui peut être mis en circuit, soit à l'aide de son support, soit à l'aide de trois pinces crocodiles.

La seule manœuvre consiste dans le réglage du seul potentiomètre de réaction R_2 qui permet l'amorçage et l'entretien des oscillations basse fréquence audibles dans le haut-parleur.

Le taux de réaction nécessaire pour entretenir les oscillations donne une indication sur le gain du transistor et la position du potentiomètre permet en conséquence d'apprécier le gain d'un élément par rapport à un autre.

L'appareil permet également de vérifier les courts-circuits entre les électrodes ou les électrodes en circuit ouvert, de déceler des courants de fuite trop élevés, de déterminer sans aucun risque s'il s'agit d'un transistor NPN ou PNP.

Une autre utilisation intéressante consiste à mesurer le gain d'une paire de transistors montés dans un circuit push-pull afin d'obtenir un parfait appariement.

Pour contrôler un transistor, on place le commutateur sur la position correspondant au type utilisé et on dispose le transistor dans le circuit. On tourne ensuite le potentiomètre R_2 dans le sens inverse de celui des aiguilles d'une montre. Si l'on ignore le type exact du transistor, on pourra effectuer l'essai sur l'autre position. Si le transistor n'est pas défectueux, le son est entendu dans le haut-parleur pour une position déterminée du potentiomètre.

Pour contrôler le courant de fuite, on place d'abord le potentiomètre sur la position maximum qui correspond toujours à l'entretien des oscillations. Disposer ensuite le commutateur PNP-NPN sur la position opposée pendant dix secondes environ. Revenir à la position initiale et vérifier si la fréquence est la même. S'il en est autrement ou si les oscillations cessent pour le même réglage du potentiomètre, le transistor est défectueux.

Valeurs des éléments du schéma de la figure II-18 :

R_1 : 4 700 Ω , 0,5 W ; R_2 : potentiomètre linéaire 1 k Ω .

C : 0,25 μ F, 100 V.

T_1 : transformateur miniature de sortie, impédance primaire 1 000 Ω ; impédance secondaire 8 Ω .

T_2 : transformateur miniature driver, impédance primaire 1 000 Ω ($2 \times 500 \Omega$) ; impédance secondaire 8 Ω .

Le haut-parleur a une bobine mobile d'une impédance de 8 à 12 Ω .

Testeur de transistors

Il arrive qu'après une surtension accidentelle au cours d'une expérience on éprouve le besoin de vérifier rapidement si le transistor a été endommagé. Le schéma de la figure II-19 permet de réaliser un appareil pour cet usage.

Un galvanomètre de 100 μA est monté sur un circuit qui donne une échelle linéaire jusqu'à 20 μA , puis une échelle largement comprimée de 20 μA à 1 mA et une échelle linéaire de 1 à 10 mA. Le circuit permet de lire, I_{CO} , I_{EO} , I_{CES} , I_{CEO} , avec une précision de $\pm 10\%$, sur tous les transistors depuis les Mesa jusqu'aux transistors de puissance alliés sans commutation ni risque de surcharge du galvanomètre. L'appareil permet aussi de mesurer h_{FE} avec un courant de base de 20 μA et de 100 μA .

Les tests sont réalisés avec une résistance de 330 Ω limitant le courant collecteur à 12 mA environ. La dissipation maximum du transistor est de 20 mW. Ainsi cet essai ne peut pas endommager un transistor quel que soit son branchement ou les positions des commutations.

En appuyant sur le bouton h_{re} (S_4) le courant de base diminue de 20 %, h_{re} peut donc être évalué en fonction de la variation de courant du collecteur.

En faisant $R_m + R_1 = 12\text{ k}\Omega$, l'échelle serait comprimée seulement de 1 à 20 μA . Le potentiomètre pourrait être étalonné d'après un appareil de mesure classique. Si le commutateur NPN-PNP est dans une position incorrecte, les jonctions émetteur et collecteur sont polarisées en direct. Le courant fort qui en résulte peut être utilisé comme contrôle pour des connections ouvertes ou qui ont des mauvais contacts.

Cette description a été donnée dans le bulletin technique n° 17 de la SESCO.

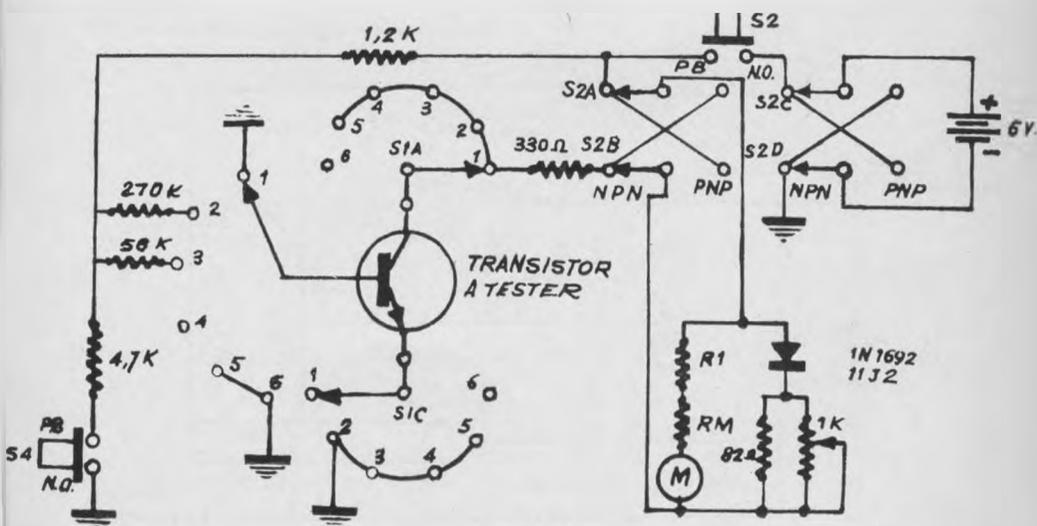


FIG. II-19

L'appareil décrit ci-dessus est, comme on le voit, extrêmement simple, la précision des mesures dépend de sa réalisation. De ce fait, il ne peut pas être considéré comme un appareil de contrôle pour recettes.

PONT DE MESURE POUR VERIFICATION DES TRANSISTORS

Les transistors de même type n'ont pas des caractéristiques exactement semblables et un appareil d'essai de transistors est encore plus utile qu'un lampemètre.

L'appareil décrit ci-dessous, équipé d'un pont, permet de mesurer le courant de fuite, le gain, la fréquence de coupure et la distorsion, c'est-à-dire d'effectuer les mesures les plus intéressantes pour utiliser au mieux les transistors.

Le schéma de principe complet du pont de mesure pour transistors est indiqué par la figure II-20. La résistance entre émetteur et collecteur du transistor soumis aux essais constitue l'un des bras du pont. L'interrupteur à poussoir sur lequel il faut appuyer pour effectuer les mesures est à un seul circuit, avec ressort de rappel. Les valeurs des deux résistances de précision R_5 et R_6 ne sont pas critiques, mais doivent être égales. Ces résistances constituent deux bras du pont.

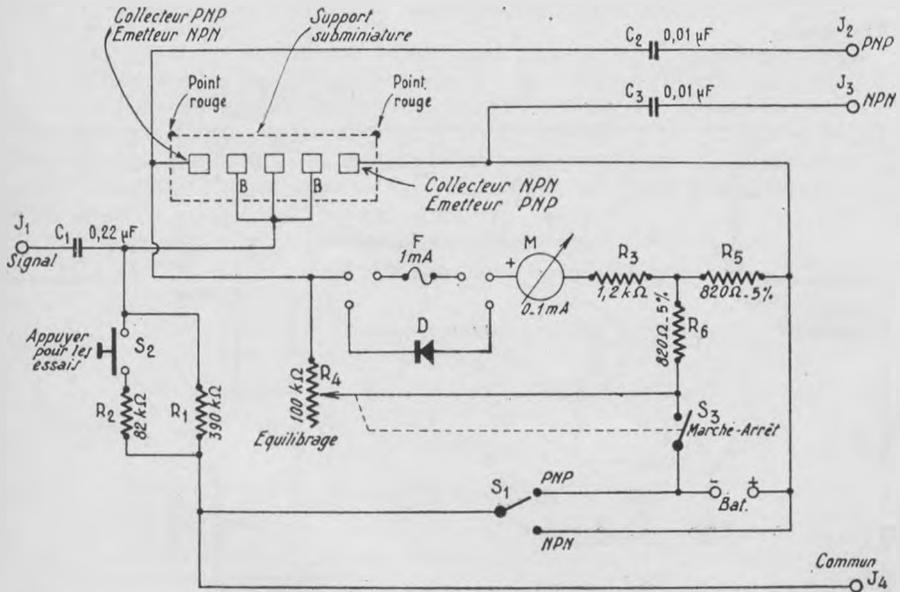


FIG. II-20

L'interrupteur S_2 de mise en service est commandé par le potentiomètre d'équilibre R_1 , de 100 k Ω . L'appareil de mesure est un milliampèremètre 0,1 mA à courant continu.

Principe de fonctionnement

Le schéma simplifié du pont est indiqué par la figure II-21. Dans un circuit du pont, si les résistances standard sont égales, le courant se répartit entre les deux bras avec résistances de valeurs connues et inconnues et, au moment de l'équilibrage, le courant traversant l'appareil de mesure est nul. En appuyant sur l'interrupteur à poussoir S_2 , le courant entre la base et l'émetteur et entre l'émetteur et le collecteur croît, ce qui équivaut à une modification de résistance entre l'émetteur et le collecteur. Le courant donne une indication de l'amplification du transistor ou du gain β .

Si l'on effectue une comparaison entre la variation de courant de base et la variation du courant collecteur on obtient le gain β .

$$\beta = \frac{\text{Variation de courant collecteur}}{\text{Variation de courant base}}$$

Si la modification du courant de base est de 30 μA lorsqu'on appuie sur le bouton et la variation du courant collecteur de 500 μA , on a :

$$\beta = 500/30 = 16,66$$

Cette valeur est normale pour des transistors classiques lorsqu'on applique de faibles signaux. Pour des signaux plus importants β est légèrement plus faible.

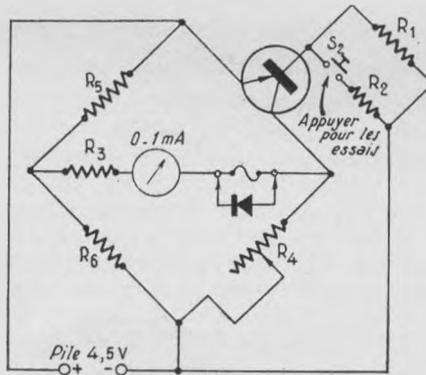


FIG. II-21

Dans les circuits avec base à la masse et signaux appliqués à l'émetteur, le coefficient α , ou gain entre émetteur et collecteur, est généralement inférieur à un. On a, en effet, la relation : $\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$
d'où : $\alpha = \beta (1 - \alpha)$.

Utilisation de l'appareil de mesure

A moins de posséder un lexique complet de caractéristiques des transistors, il est difficile de savoir si un transistor déterminé est du type PNP ou NPN. Avec le pont, cette détermination est rapide. Si, par exemple, un transistor PNP est disposé dans le mauvais sens sur le support subminiature spécial à cinq broches, les indications sont faibles. Il suffit alors de disposer le transistor du côté opposé du support et de commuter S_2 sur l'autre position (PNP ou NPN). La disposition qui permet les indications de gain le plus élevé est indiquée par le commutateur PNP-NPN. Aucun risque de détérioration du transistor n'est possible, en raison de la faible tension de la pile. Lorsque le transistor est placé sur les broches adéquates du support à 5 broches et que l'on applique à ses électrodes des tensions de polarités correctes, l'équilibrage du pont est facile à obtenir et en relâchant le bouton poussoir on obtient une déviation maximum de l'aiguille.

Si l'on constate que l'équilibre du pont est impossible, le transistor a un élément en circuit ouvert ou en court-circuit. Si un élément est en court-circuit, on constate un courant important et aucun réglage du potentiomètre R_1 ne permet l'équilibrage.

Il est possible d'étalonner le potentiomètre R_1 en disposant différentes résistances fixes entre les broches collecteur et émetteur du support à 5 broches. Equilibrer le pont avec chaque résistance en service et marquer les valeurs sur l'échelle de R_1 . Utiliser des résistances de 20 k Ω à 80 Ω . Les transistors pour lesquels l'équilibre du pont est obtenu avec moins de 20 k Ω sont défectueux en raison de leur courant de fuite trop important et de leur faible gain de courant.

Essai dynamique

Les essais dynamiques sont les plus importants pour les transistors assurant des fonctions d'amplificateurs MF ou HF. Il est nécessaire de disposer d'un générateur BF pouvant délivrer des tensions sinusoïdales de fréquences comprises entre 200 et 2 000 Hz. Si un oscilloscope n'est pas disponible, une diode doit être disposée dans le circuit de mesure, comme indiqué par la figure II-20. Cette diode sera remplacée par un fusible de 0,1 mA lorsque les essais ne sont pas dynamiques. Inverser le sens de branchement de la diode si l'appareil de mesure indique des courants négatifs. Au préalable, s'assurer que le commutateur S_1 est sur la position correcte (NPN ou PNP).

Pour mesurer la fréquence de cut-off, équilibrer le pont après avoir disposé le transistor sur son support dans la position adéquate. Remplacer le fusible par la diode 1N294. Brancher entre les jacks J_1 et J_2 la sortie d'un générateur accordé sur la fréquence normale de travail du transistor. Augmenter ensuite lentement la tension de sortie du générateur jusqu'à ce que l'on obtienne une déviation du milliampèremètre de

mesure. Faire varier légèrement la fréquence des tensions de sortie du générateur au-dessus et au-dessous de la fréquence initiale et vérifier si les indications de l'appareil de mesure sont les mêmes. Si ces indications sont identiques, augmenter la fréquence du générateur de façon à obtenir la déviation 0 du milliampèremètre. Augmenter ensuite la tension de sortie du générateur jusqu'à l'obtention d'une déviation de l'aiguille. Si cette augmentation de la tension de sortie ne se traduit pas par une augmentation du courant traversant l'appareil de mesure, la fréquence sur laquelle est accordé le générateur correspond à la fréquence de cut-off du transistor.

Si l'on ne constate aucune indication, vérifier si la polarité de la diode est correcte en l'inversant le cas échéant. Cette inversion est facile, la diode étant montée à l'intérieur d'un ancien fusible. Si le résultat est le même, vérifier la diode à l'aide d'un ohmmètre. La résistance inverse de la diode doit être au moins égale à dix fois la résistance dans le sens direct.

Si tous ces éléments sont en bon état et si l'appareil de mesure ne donne toujours aucune indication, le transistor soumis aux essais ne peut être utilisé comme amplificateur MF ou HF, mais assurer la fonction d'amplificateur BF.

Dans le cas de l'utilisation d'un oscilloscope, brancher l'amplificateur vertical entre les prises J_3 (PNP) ou J_3 (NPN) et la prise J_4 (commun). Appliquer à l'entrée (J_2 J_4) les tensions du générateur BF, d'amplitude assez faible. On obtient ainsi les oscillogrammes de la figure II-22 : en II-22 a, une sinusoïde parfaite ; en II-22 b, une sinusoïde avec écrêtage des alternances positives ; en II-22 c, une sinusoïde avec écrêtage des alternances positives et négatives.

Les oscillogrammes des figures II-22 b et II-22 c sont dus à une tension de sortie trop élevée du générateur pour la faible polarisation du transistor. Si, malgré la diminution de la tension de sortie du générateur, il y a toujours écrêtage, le transistor est à incriminer et provoquerait des distorsions sur des étages MF ou HF.

ADAPTATEUR PERMETTANT LA VERIFICATION DES TRANSISTORS A L'AIDE D'UN VOLTMETRE ELECTRONIQUE

Cet adaptateur permet la mesure du courant I_{CBO} , du courant de fuite E_{CEO} et du gain en continu pour un courant de base de 20,75 et 150 μ A, d'un transistor. Il est possible, si on le désire, de choisir d'autres valeurs des résistances. Le voltmètre électronique associé est relié aux bornes de sortie de l'adaptateur, après avoir été réglé sur la position 1,5 V continu. Si la déviation de l'aiguille est trop importante, commuter le voltmètre sur la position 5 V continu.

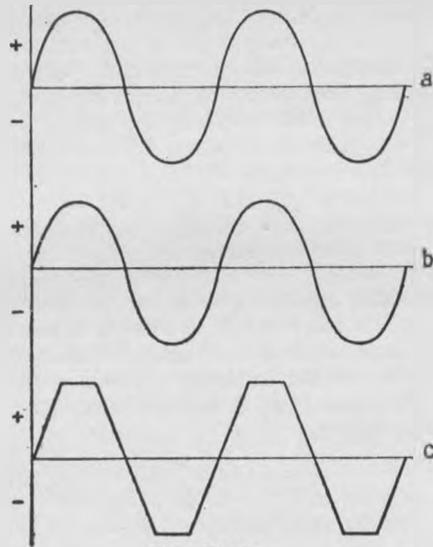


FIG. II-22

Les valeurs d'éléments du circuit de la figure II-23 sont telles que les caractéristiques du transistor sont lues facilement étant donné que les chiffres sont des multiples des nombres 50 ou 15 de l'échelle du microampèremètre.

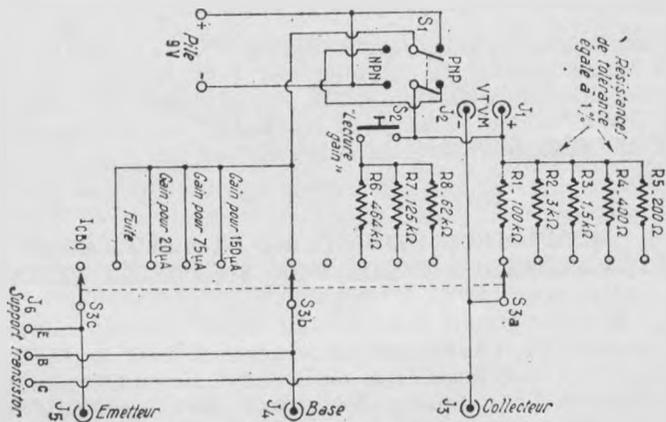


FIG. II-23

Adaptateur permettant la vérification des transistors à l'aide d'un voltmètre électronique.

Pour l'essai I_{CB0} , le voltmètre est sur la position 1,5 V continu et la lecture est de 0 à 15 μA . Sur la position 5 V continus, la lecture est de 0 à 50 μA .

Pour l'essai de fuite, avec voltmètre sur la position 1,5 V continu lecture de 0 à 500 μA , avec voltmètre sur la position 5 V, lecture de 0 à 1 500 μA .

Pour les essais de gain, avec voltmètre sur la position 1,5 V, lecture de 0 à 50 ; avec voltmètre sur 5 V, lecture de 0 à 150.

Dans le cas de la mesure du gain et des fuites, on bénéficie donc de deux échelles de lecture. Le voltmètre électronique présente également l'avantage qu'il peut être remis à zéro pendant la mesure du gain afin de compenser les fuites. C'est la raison du bouton poussoir « lecture gain » de l'appareil. Lorsque le commutateur S_2 est sur l'une des positions « gain », la remise à zéro pendant la mesure de gain compense les fuites. Le bouton poussoir lecture gain est alors pressé avant d'appliquer le courant de base.

Si l'on passe de la mesure du gain à un autre essai, mettre hors circuit l'adaptateur et effectuer à nouveau la remise à zéro du voltmètre. Un support de transistor à trois broches est prévu sur l'adaptateur, ainsi que trois pinces crocodiles reliées aux bornes de collecteur J_2 de base J_1 et d'émetteur J_3 pour les transistors ne pouvant être disposés sur le support précité.

Les tensions d'essai sont fournies par une pile de 9 V. Le commutateur PNP - arrêt - PNP à deux circuits et trois positions, la position centrale correspondant à l'arrêt, inverse la polarité de la pile selon le type de transistor soumis aux essais. Le voltmètre électronique doit être commuté de la position continu négatif à continu positif lorsque l'on effectue la commutation PNP à NPN.

La mesure du gain s'effectue pour trois valeurs du courant de base, ce qui permet de comparer le gain sous trois conditions différentes.

Ne pas oublier au cours des essais qu'un transistor est sensible à la chaleur et que même la chaleur des doigts peut augmenter le courant de fuite.

Les valeurs de I_{CB0} et du gain sont d'ordinaire mentionnées sur les caractéristiques des transistors. Un courant de fuite excessif dénote un transistor défectueux.

Ce transistormètre assure une excellente précision si l'on utilise des résistances d'une tolérance de 1 %. On peut toutefois, à la rigueur, utiliser des résistances étalonnées à 5 %.

Fonctionnement du transistormètre

Le voltmètre électronique mesure les tensions qui sont proportionnelles aux courants traversant le transistor. Ces tensions apparaissent entre les extrémités de résistances placées dans le circuit collecteur.

Ces tensions étant faibles par rapport à la tension d'alimentation de 9 V, la variation de tension collecteur due à la chute de tension dans la résistance a un effet pratiquement négligeable.

Pour la mesure de I_{BCO} , la base du transistor à la masse, le circuit émetteur est laissé ouvert et le collecteur relié au 9 V par une résistance de 100 k Ω . La valeur de cette résistance est telle qu'un courant de 15 μ A produit une chute de tension de 1,5 V.

Pour la mesure des courants de fuite, le circuit base est laissé ouvert, l'émetteur est relié à la masse et le collecteur relié à la pile par une résistance. Les circuits pour les essais de gain sont semblables avec toutefois la différence suivante à signaler : en appuyant sur le poussoir « lecture gain » un courant de base fixe est appliqué. Le courant est prélevé sur la pile par une résistance dont la valeur détermine l'intensité. Les valeurs des résistances de base sont calculées pour une tension de pile de 9,3 V, la pile de 9 V étant constituée par six piles de 1,55 V en série.

Valeur des éléments

R_1 : 100 k Ω ; R_2 : 3 k Ω ; R_3 : 1,5 k Ω ; R_4 : 400 Ω ; R_5 : 200 Ω ;
 R_6 : 464 k Ω ; R_7 : 125 k Ω ; R_8 : 62 k Ω .

Toutes les résistances sont de 0,5 W, tolérance 1 %.

AUTRES INSTRUMENTS DE MESURE

En plus du contrôleur de transistor, il faut, pour réparer un récepteur d'une façon méthodique, disposer d'un appareillage convenable.

Nous allons énumérer ci-dessous les appareils d'utilisation courante, et nous donnerons, dans certains cas, une version transistorisée de ces appareils.

Ceux-ci sont les suivants :

1° Un radio-contrôleur permettant la mesure des tensions continues et alternatives, la mesure des courants continus et alternatifs, celle des résistances. La résistance interne devra être d'au moins 20 000 Ω /V.

2° Un générateur de signal HF capable de délivrer un signal étalonné en fréquence et aussi en amplitude de 150 kHz à 30 MHz en plusieurs gammes, et avec sortie réglable de quelques μ V à 10 mV.

3° Un oscillateur modulé (AM et FM), de type conventionnel capable de fournir des signaux modulés, ou modulés en amplitude de 400 à 1 000 Hz ou modulés en fréquence ΔF égal à 500 kHz.

Bien entendu, cet appareil peut être incorporé au précédent.

4° Un générateur BF pouvant fournir un signal basse fréquence d'une amplitude de 1 V sur une charge de 50 Ω , avec une gamme de fréquence de 20 à 20 000 Hz.

5° Un signal tracer HF et BF qui permet la localisation rapide de l'étage défectueux.

6° Un voltmètre électronique pour tensions continues et alternatives. La résistance d'entrée sera de l'ordre de $10\text{ M}\Omega$ en courant continu, et la sensibilité minimum en courant alternatif de 10 MV à 5 MHz .

7° Un pont de mesure pour capacités, résistances et inductances, de type conventionnel.

8° Une boîte de résistances et de capacités.

9° Un transformateur BF pour adapter la sortie du générateur BF aux différentes impédances d'entrée des transistors.

10° Un haut-parleur de remplacement, muni d'un transformateur de sortie à prises, afin de pouvoir adapter la bobine mobile aux différentes impédances de sortie.

11° Un ondemètre.

12° Une source d'alimentation stabilisée. On peut employer une batterie d'accumulateurs ou une alimentation secteur stabilisée.

Cette liste n'est pas limitative et on peut être amené à utiliser certains autres appareils d'usage courant.

Appareil simple pour la vérification rapide des transistors

La rapidité d'identification et de localisation des pannes, le temps nécessaire à la remise en service d'un radiorécepteur dépendent en grande partie — en plus des connaissances et de l'expérience de l'utilisateur — des instruments que ce dernier a à sa disposition.

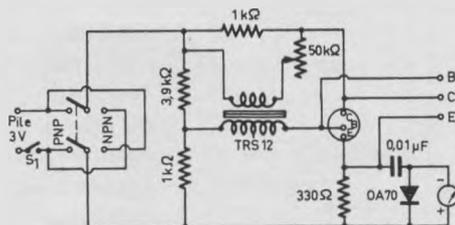
Parmi ces instruments, le contrôleur de transistors joue un rôle très important.

Un appareil de vérification doit permettre d'indiquer le bon ou le mauvais fonctionnement du transistor, de déterminer s'il est du type PNP ou NPN et d'apprécier approximativement le gain de courant.

Théoriquement, il serait nécessaire de relever plusieurs courbes caractéristiques et de les comparer avec celles données par le constructeur. Mais cette recherche comporte une longue série d'opérations ainsi que l'emploi d'appareils coûteux : aussi a-t-on étudié, pour la vérification des transistors, un appareil très simple que nous nous proposons de décrire.

Description du circuit. — Le schéma de l'appareil est représenté à la figure II 24 a. Le transistor à contrôler, introduit dans le support

Fig. II-24 a



miniature correspondant, prévu à cet effet, constitue avec le transformateur TRS12, un circuit oscillateur basse fréquence. Ce dernier introduit une réaction entre collecteur et base qui provoque l'entretien des oscillations, si les polarités appliquées aux enroulements sont correctes. Ce transformateur est du type miniature pour push-pull classe B à transistors ; l'impédance primaire a une valeur de 500 à 1 000 ohms. Nous avons utilisé dans notre réalisation le modèle Audax TRS12 dont l'impédance primaire est de 510 ohms.

Le taux de réaction est déterminé par la valeur de la résistance variable R_v de 50 kohms, qui sert au contrôle du gain β . Le cadran étalonné de 0 à 100 permet d'apprécier la valeur approximative du bêta du transistor. On utilisera pour R_v , un potentiomètre dont l'interrupteur servira à couper l'alimentation.

Celle-ci est obtenue avec une pile de 3 V. Un commutateur S2 à deux voies, deux positions, permet d'inverser les polarités de la batterie, suivant qu'il s'agit d'un transistor PNP ou NPN. Même si la position de S2 est incorrecte, aucun risque de détérioration du transistor n'est possible, en raison de la faible tension de la pile et des résistances qui limitent le courant dans le circuit.

Si S2 n'est pas sur la bonne position, on n'observe aucune oscillation. On peut ainsi, avec cet appareil, déterminer rapidement le type d'un transistor, ce qui est fort utile, l'amateur étant souvent embarrassé, car, à moins de posséder un lexique complet des transistors, il est difficile de savoir si un échantillon est du type PNP ou NPN.

Une capacité de 10 000 pF dirige le signal BF vers le circuit de mesure. Après redressement à travers une diode OA81, le courant passe à travers le microampèremètre. Celui-ci, du type miniature 0,50 μ A, est disposé sur le panneau supérieur. Si l'on dispose d'un modèle 0-100 μ A, il est également possible de l'utiliser, mais on remplacera la capacité de 10 000 pF par une autre de 20 000 pF.

Réalisation. — L'appareil a été réalisé dans un coffret métallique de 15 × 10 × 6 cm. Deux supports de transistors miniatures correspondant à deux brochages différents sont disposés sur le panneau supérieur. On peut, bien entendu, prévoir d'autres supports, en disposant ceux-ci en parallèle. Pour notre part, ayant en notre possession un support perfectionné comportant un système de verrouillage, nous l'avons placé sous le microampèremètre comme on peut le voir sur la figure II 24 b, qui indique la disposition des différents éléments

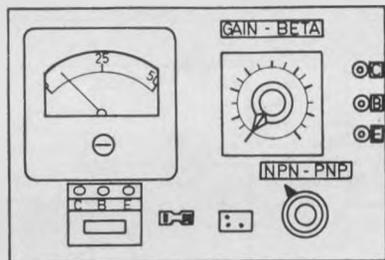


Fig. II-24 b

sur le panneau frontal, et la figure II 24 c, qui donne le plan de câblage.

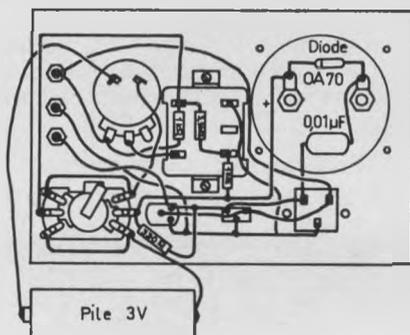


FIG. II-24 c

Par ailleurs, trois douilles isolées, de couleurs différentes afin de permettre le repérage, ont été prévues pour le branchement des transistors de puissance. Celui-ci s'effectue à l'aide de connexions souples terminées par une fiche banane et une pince crocodile.

Les polarités des enroulements du transformateur sont très importantes. Si l'on ne pouvait obtenir d'oscillations, il suffirait d'inverser le sens de branchement d'un seul des enroulements.

Ce petit appareil, très simple, est réalisé en très peu de temps.

Utilisation. — Tourner lentement le bouton commandant la résistance variable de 50 kohms jusqu'à ce que l'aiguille du microampère-mètre fasse un bond en avant. Celui-ci indique l'amorçage des oscillations, et la position de l'aiguille nous renseigne sur l'utilisation possible du transistor. Ainsi, si pour deux échantillons différents, l'aiguille saute jusqu'à 20 pour l'un, jusqu'à 45 pour l'autre, il ressort que ce dernier est plus spécialement adapté à l'utilisation HF que le premier qui est du type BF. En continuant à tourner le bouton, on obtient la déviation maximale de l'aiguille qui donne ainsi une appréciation relative du gain de courant du transistor.

Dans le cas où l'on n'enregistre aucune déviation, changer le commutateur PNP-NPN de position.

Si le transistor se refuse à osciller dans l'un ou l'autre cas, c'est que celui-ci est détérioré et doit être éliminé.

Cet appareil, extrêmement simple, rendra de grands services au technicien et à l'amateur.

Transistormètre peu encombrant

Le transistormètre-diodemètre Heathkit IT₁₀ est destiné au contrôle du gain du courant résiduel des transistors ainsi qu'au contrôle des

courants direct et inverse des diodes. Il peut également être utilisé comme contrôleur de continuité. Son alimentation s'effectue à l'aide de deux piles cylindriques de 1,5 V.

Dans la conception de ce contrôleur on a surtout pensé à réaliser un appareil peu encombrant, autonome, susceptible de rendre de grands services aux dépanneurs pour la vérification des transistors des appareils de radio.

Principe de fonctionnement

Le schéma de principe simplifié est donné à la figure II 25 a.

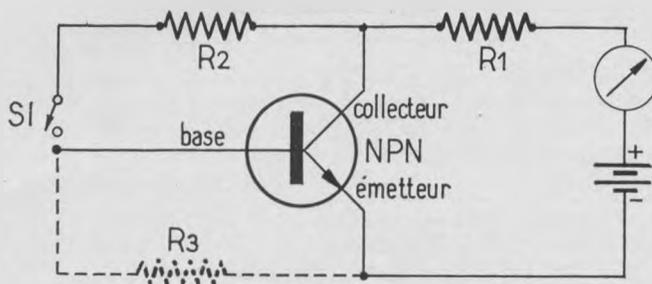


FIG. II-25 a

Si l'on supprime R_3 , l'appareil de mesure est uniquement parcouru par le courant qui circule à travers les impédances en série entre les broches émetteur et collecteur du transistor. Ce courant, appelé courant résiduel, a une valeur très faible si le transistor fonctionne correctement. Dans les conditions normales, un bon transistor a un courant résiduel presque nul. Lorsqu'on ferme l'interrupteur S_1 , la tension de base est portée au voisinage de la tension collecteur. Il en résulte une diminution de l'impédance du transistor qui se traduit par l'augmentation du courant collecteur et la déviation correspondante de l'aiguille. Cette augmentation de déviation de l'aiguille indique le gain du transistor.

Pour le contrôle des diodes, le circuit est comparable à celui d'un ohmmètre. Suivant le branchement, l'appareil de mesure indiquera le courant direct ou le courant inverse.

Le schéma complet de l'appareil est représenté figure II 25 b.

Pour bien utiliser le transistormètre, il est important de bien connaître son fonctionnement. Faire un test est une opération plus qualitative que quantitative. Le facteur déterminant pour décider s'il est nécessaire ou non de procéder au remplacement d'un transistor ou d'une diode réside bien plus dans l'interprétation d'une lecture que dans la lecture elle-même.

Seules la pratique de l'appareil et la connaissance de son fonctionnement permettront de procéder à un diagnostic correct.

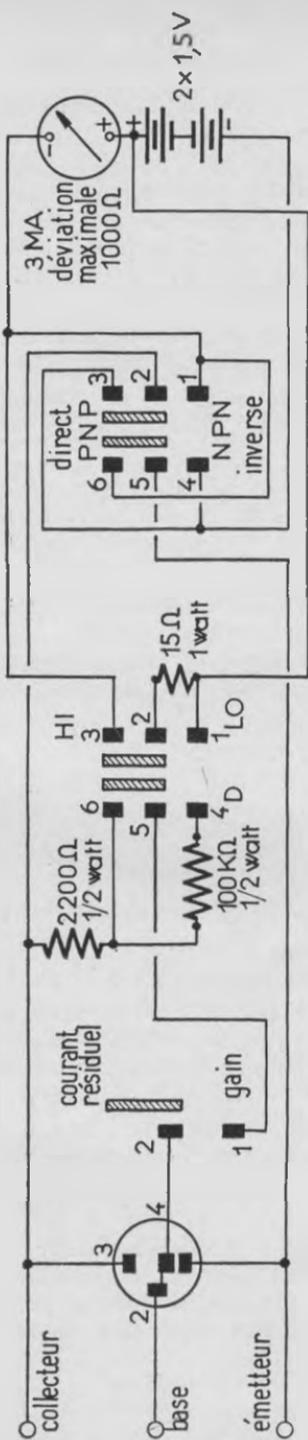


Fig. II-25 b

Contrôle des transistors

1. Placer les sélecteurs PNP-NPN et HI-LO dans la position convenant aux transistors à contrôler.

2. Introduire les broches du transistor dans le support ou attacher les fils sondes appropriés aux fils de connexion du transistor. L'appareil indique immédiatement le courant résiduel à travers le transistor. Une valeur typique se situe entre 0 et 1/4 de l'échelle.

3. Placer le commutateur Leakage-Gain (courant résiduel-gain) sur la position Gain. La différence de déviation entre la position Leakage et la position Gain indique le gain du transistor. Pour ce contrôle du gain, la valeur de la déviation variera selon le type du transistor. On peut considérer que le gain est satisfaisant si la lecture effectuée est supérieure d'au moins une division à la lecture indiquant le courant résiduel.

Lorsque le commutateur HI-LO est en position LO, un courant de collecteur de 3 mA provoque la déviation totale de l'aiguille. Dans la position HI, la déviation maximale est obtenue pour un courant de collecteur d'environ 175 mA.

Il est bon de noter les lectures obtenues en testant chaque transistor.

Ces valeurs pourront être très utilement comparées à celle de transistors du même type contrôlés par la suite.

Un transistor en court-circuit provoquera la déviation maximale de l'aiguille sur la position Courant Résiduel.

Un transistor en circuit ouvert ne provoquera aucune déviation ni sur la position Courant Résiduel ni sur la position Gain.

Diodes

1. Placer le sélecteur HI-LO-D sur la position D.

2. Relier les fils sondes Emetteur et Collecteur aux fils de la diode, en observant les polarités indiquées sur le panneau avant de l'appareil.

3. Placer le sélecteur Direct-Inverse dans la position Direct. Vous devez obtenir une déviation importante. Placer ce commutateur dans la position Inverse. La lecture doit diminuer indiquant une différence importante entre les courants direct et inverse.

4. Si la diode est en court-circuit, vous n'observerez aucune différence de lecture en commutant l'interrupteur de la position Direct à la position Inverse. Si la diode est en circuit ouvert, il n'y aura aucune déviation.

NOTA : La valeur de la déviation obtenue lorsque le commutateur est dans la position Direct dépend du type de diode testée. Les diodes au silicium, de même que les diodes au germanium, ont une faible résistance et provoquent par suite une déviation presque totale. Les

diodes au sélénium et les diodes à oxyde de cuivre ont une résistance plus élevée et provoquent normalement une déviation égale à la moitié de l'échelle.

Contrôle de continuité

Le transistormètre peut être utilisé en contrôleur de continuité en branchant le circuit à vérifier entre les bornes *Emetteur* et *Collecteur*. La continuité est indiquée par la déviation maximale de l'aiguille. Il est recommandé de débrancher les fils soudés lorsque l'appareil n'est pas utilisé pour éviter un court-circuit accidentel entre ces fils, ce qui aurait pour effet de décharger les piles.

LE SIGNAL-TRACER

Cet appareil a été baptisé par les Anglo-Américains ; son nom explique bien son utilisation ; on suit un signal à la trace sur les différents étages du récepteur. Le but du signal-tracer sera de prélever dans les divers étages d'un récepteur des oscillations de haute et de basse fréquence, puis de les amplifier pour les faire entendre dans le haut-parleur. Il doit donc pouvoir détecter et amplifier, ou amplifier seulement s'il est branché après l'étage détecteur.

Notre appareil comportera donc des étages d'amplification auxquels nous adjoindrons une sonde capable de détecter les signaux HF et BF.

L'utilisation des transistors nous permettra la réalisation d'un appareil compact, de faible poids et complètement autonome.

Le schéma d'un signal-tracer nous est donné à la figure II-26. Les tensions basse fréquence recueillies à la sortie du détecteur sont transmises à partir du potentiomètre de $1\text{ M}\Omega$, directement au premier transistor T1 AC125 par un condensateur électrolytique de $10\ \mu\text{F}$. La résistance R1 assure la polarisation. Par suite des caractéristiques assez différentes que l'on peut rencontrer d'un transistor à un autre, il est intéressant de mettre en R1 un potentiomètre de $500\ \text{k}\Omega$, monté en résistance variable. On réglera cette résistance après avoir disposé un milliampèremètre en série pour que le son soit maximum à la sortie. Le courant dans le microampèremètre ne devra pas dépasser $5\ \text{mA}$.

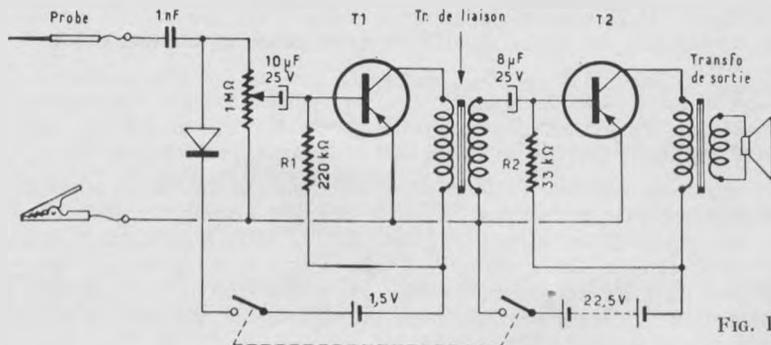


FIG. II-26

Le couplage avec le second étage s'effectue à l'aide d'un transformateur miniature dont l'impédance primaire est de 20 k Ω et l'impédance secondaire 1 000 Ω . Les signaux, transmis à la base de T2 par un condensateur électrolytique de 8 μ F, sont amplifiés par un second AC125. Comme pour R1, on recherchera la meilleure valeur de R2. Le transformateur de sortie a une impédance de 2 000 Ω , et son impédance secondaire de 3,2 Ω correspondant à l'impédance de la bobine mobile du haut-parleur miniature. L'ensemble pourra être contenu dans un boîtier ayant la forme d'un pistolet.

Pour utiliser le signal-tracer, il faut tout d'abord relier la pince crocodile de masse au châssis du récepteur à contrôler, et avec la pointe de touche, faire contact aux différents points. Pour les recherches sur les sections BF des récepteurs, il suffit de relier la pointe de contrôle à l'extrémité supérieure du volume contrôle par l'intermédiaire du condensateur d'isolement, sans diode détectrice.

GENERATEUR D'IMPULSIONS

Le générateur d'impulsions décrit ci-dessous est un ensemble de construction très simple qui peut rendre de grands services pour le dépannage d'un récepteur selon la méthode du signal tracing. Il couvre la gamme de 50 Hz à 3,3 MHz et sa tension de sortie peut varier de 0 à 9 V de pointe à pointe. Cette tension est suffisante pour actionner directement la bobine mobile d'un haut-parleur.

La gamme complète est couverte en deux bandes qui se recouvrent : 47 à 3 300 Hz et 1 000 Hz à 3,33 MHz. La tension de sortie est constituée par des impulsions rectangulaires de très courte durée avec fronts avant et arrière très raides. Les harmoniques correspondent à des canaux VHF de télévision, ce qui permet l'injection des tensions de sortie du générateur à l'entrée de tuners de téléviseurs.

Principe de fonctionnement

La figure II-27 montre le schéma complet du générateur équipé de deux transistors, un transistor V_1 du type NPN et un transistor V_2 du type PNP.

Dès la mise sous tension, le courant collecteur de V_2 traverse R_1 . La chute de tension aux bornes de R_1 provoque une impulsion positive qui est appliquée par C_2 ou $C_1 + C_2$ sur la base du transistor V_1 .

L'impulsion positive de base de V_1 augmente le courant collecteur de ce transistor, qui est du type NPN. Ce courant traverse la résistance R_1 , donc est appliqué au circuit de base de V_2 dont le courant collecteur continue à croître. Cette action est très rapide et ne dure que quelques millièmes de microsecondes, de telle sorte que l'on peut considérer que la saturation de V_2 est pratiquement immédiate, ce qui permet d'obtenir le palier supérieur de l'impulsion.

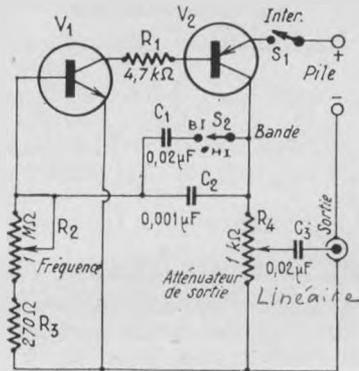


FIG. II-27

Ensuite, il n'y a plus d'augmentation de la chute de tension dans R_4 , la saturation de V_2 ayant été obtenue. Le courant collecteur de V_1 diminue et une brusque diminution du courant collecteur de V_2 supprime la conduction de V_1 très rapidement, qui revient au cut-off.

La résistance R_1 de 4 700 Ω limite le courant de base maximum de V_2 qui correspond au courant collecteur maximum de ce transistor, de 9 mA (point de saturation).

Les capacités des condensateurs C_1 et C_2 sont choisies pour permettre d'obtenir les gammes précitées avec le potentiomètre R_2 de 1 $M\Omega$, en série avec la résistance R_3 , de 270 Ω .

Une impulsion de cette forme peut exciter par choc une inductance ou un circuit accordé LC sur sa fréquence propre de résonance, provoquant une série d'ondes amorties, modulées par le taux de répétition de ces impulsions.

Quatre commandes sont accessibles au service-man :

- L'interrupteur de mise en service ;
- L'atténuateur de sortie, constitué par le potentiomètre R_4 et permettant de faire varier l'amplitude des tensions de sortie de 0 à 9 V ;
- La commande de fréquence qui permet de modifier la fréquence de la bande choisie ;
- Le commutateur à glissière correspondant aux deux gammes de fréquences du générateur.

L'appareil étant équipé de transistors, la mise en service est immédiate et aucun ronflement parasite du secteur n'est transmis au récepteur soumis aux essais.

Valeur des éléments

R_1 : 4 700 Ω ; R_2 : potentiomètre 1 M Ω ; R_3 : 270 Ω ; R_4 : potentiomètre linéaire : 1 k Ω .

C_1 : 0,02 μ F céramique ; C_2 : 1 000 pF céramique ; C_3 : 0,02 μ F céramique (600 V).

V_1 et V_2 sont des transistors NPN et PNP classiques de faible puissance tels que ceux qui équipent les étages amplificateurs MF de récepteurs.

V_1 pourra être du type ASY73 et V_2 du type AF116.

MILLIVOLTMETRE A COURANT CONTINU

L'établissement du projet d'un amplificateur à courant continu à transistors reste encore l'un des problèmes les plus difficiles de la technique générale. La source principale des difficultés est la dépendance qui existe entre la température et les propriétés électriques des composants. De plus, il a toujours été difficile d'obtenir une amplification bien définie de petites tensions continues dont l'ordre de grandeur est de quelques mV et de maintenir, dans ces circonstances, un réglage de zéro, lequel doit rester constant sur de longues durées d'emploi.

Pour de nombreuses applications, il apparaît qu'il est possible de construire des montages de compensation efficaces et c'est le cas, par exemple, pour les voltmètres, où l'on peut utiliser un second transistor, comparable au premier, les émetteurs étant reliés et la tension à mesurer se trouvant appliquée simultanément sur les deux connexions de base (amplificateur différentiel). Grâce à l'emploi des nouveaux transistors au silicium du type BCZ 11, l'influence du courant résiduel reste faible aux températures de fonctionnement normal, si bien qu'il est possible d'obtenir une erreur maximale relative de 1 % environ, sur une gamme de températures de 20°C à 40°C, si les précautions de montage correspondantes ont été prises.

Le Bureau de Documentation Technique de « La Radiotechnique » a développé un tel amplificateur, servant de millivoltmètre à courant continu et l'a décrit dans sa brochure N° VI « Application des transistors à jonctions - Pratique ».

Cet appareil donne une sensibilité de 10 mV (pour la déviation totale) avec une résistance interne d'entrée de 1 M Ω /V. Les transistors sont alimentés à partir d'une batterie de 9 V. La consommation de courant est de 0,7 mA. L'instrument indicateur est un galvanomètre de 100 μ A.

Le montage

Il est indiqué à la figure II-28. Les deux premiers transistors doivent présenter approximativement les mêmes caractéristiques. Le courant de collecteur de ces transistors est réglé sur 50 μ A. Le réglage du zéro pour le court-circuit d'entrée est obtenu à l'aide de la résistance de charge de collecteur R_6 .

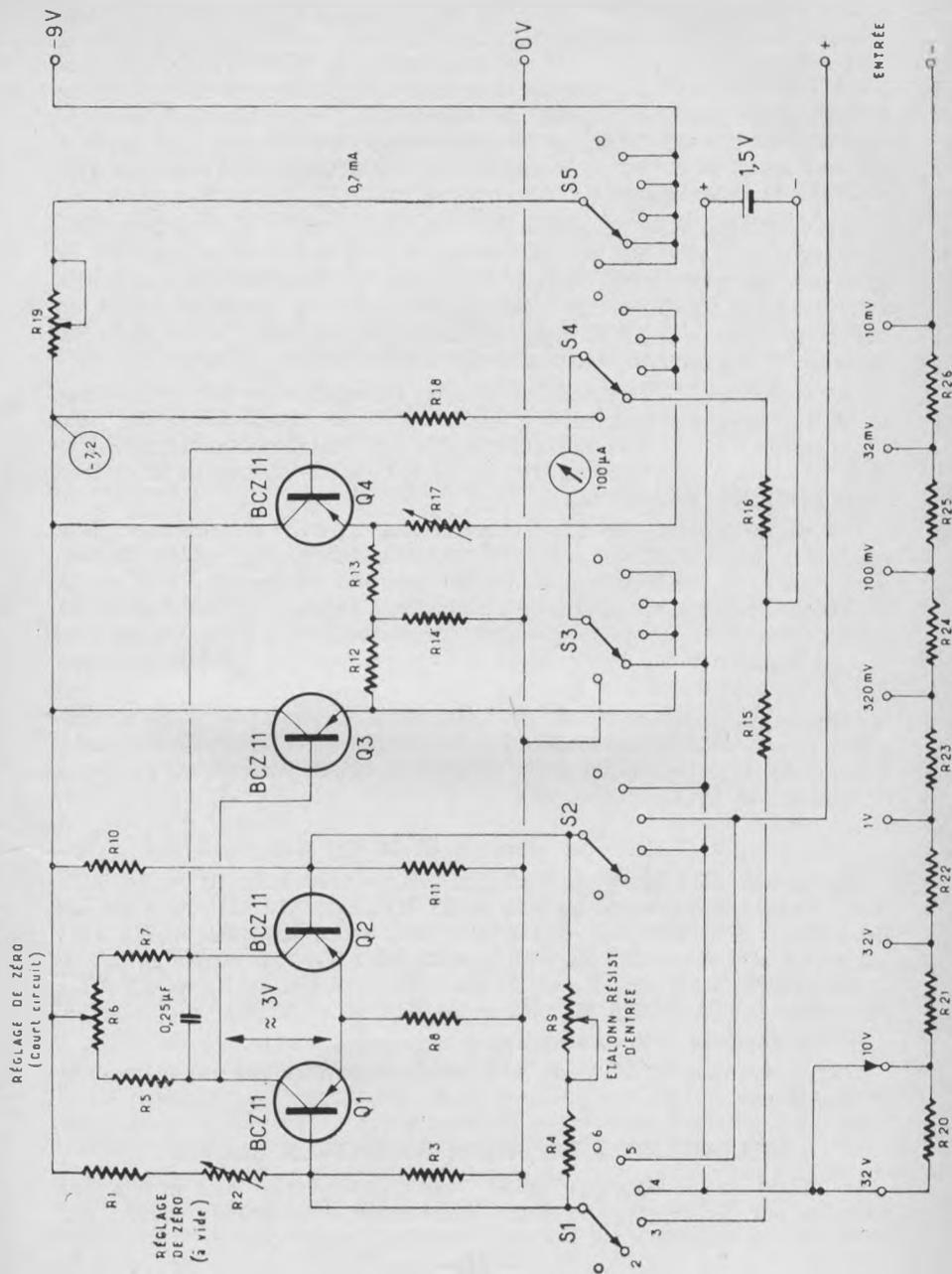


FIG. II-28

La résistance d'entrée est de $1 \text{ M}\Omega/\text{V}$. L'instrument comporte huit gammes de mesures, avec des échelles de niveau de 10 dB. La gamme la plus sensible correspond à 10 mV, tandis que la moins sensible correspond à $10\sqrt{10} \approx 32 \text{ V}$, pour la déviation totale. Etant donné que l'amplification de tension dépend du courant de repos du transistor, il convient de pouvoir régler la tension d'alimentation. Sur la position 1 du commutateur S, on règle la tension R_{16} de telle manière que l'on obtienne la déviation totale de l'instrument.

Après l'étalonnage de la tension d'alimentation on commute le diviseur de tension d'entrée sur la gamme de « 10 mV » et les réglages de zéro avec court-circuit d'entrée et avec entrée à vide sont alors entrepris à l'aide de R_6 et, respectivement, de R_2 (S sur la position « 4 » ou sur la position « 5 »). Il suffit de régler R_6 au début d'une série de mesures et il n'est plus nécessaire d'y revenir par la suite.

La résistance R_{17} sert à finir de régler l'amplification de tension, par la modification de l'admittance de transfert de l'appareil. Pour cela, on règle pour obtenir la déviation totale de l'instrument avec une tension d'entrée à la valeur exacte de 10 mV, la résistance de la source étant plus petite que 100Ω .

La petite batterie de 1,5 V fournit la tension d'étalonnage. Elle applique, sur la position « 2 » du commutateur S, une valeur de tension donnée à l'instrument et, sur la position « 3 », à l'aide de la résistance R_6 on peut régler la résistance d'entrée : il faut obtenir la même déviation de l'instrument que sur la position « 2 ». Auparavant, il faut naturellement avoir exécuté correctement le réglage de zéro, principalement sur R_2 .

Les écarts de linéarité sur les lectures du microampèremètre n'atteignent pas la valeur maximale de 1 %. Ils peuvent encore être réduits, à la moitié de cette valeur, si l'on double la valeur du courant de repos de l'étage de sortie.

Valeur des éléments de la fig. II-28

$R_1 = 250 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 100 \text{ k}\Omega \text{ lin.}$; $R_3 = 100 \text{ k}\Omega$; $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$; $R_5 = 33 \text{ k}\Omega$; $R_6 = 25 \text{ k}\Omega \text{ lin.}$; $R_7 = 33 \text{ k}\Omega$; $R_8 = 10 \text{ k}\Omega$; $R_9 = 50 \text{ k}\Omega \text{ lin.}$; $R_{10} = 300 \text{ k}\Omega$; $R_{11} = 100 \text{ k}\Omega$; $R_{12} = 3,3 \text{ k}\Omega$; $R_{13} = 3,3 \text{ k}\Omega$; $R_{14} = 4,7 \text{ k}\Omega$; $A_{15} = 2,2 \text{ M}\Omega$; $R_{16}^* = 22 \text{ k}\Omega$; $R_{17} = 5 \text{ k}\Omega \text{ lin.}$; $R_{18}^* = 72 \text{ k}\Omega$; $R_{19} = 5 \text{ k}\Omega \text{ lin.}$; $R_{20} = 22 \text{ M}\Omega$; $R_{21} = 6,8 \text{ M}\Omega$; $R_{22} = 2,2 \text{ M}\Omega$; $R_{23} = 680 \Omega$; $R_{24} = 220 \text{ k}\Omega$; $R_{25} = 68 \text{ k}\Omega$; $R_{26} = 22 \text{ k}\Omega$.

(*) Y compris la résistance interne du galvanomètre.

Les commutateurs S1, 2, 3, 4, 5 sont commandés par un même axe (6 positions).

VOLTMETRE A IMPEDANCE D'ENTREE ELEVEE

L'intérêt de ce montage réside dans la linéarité des indications fournies par l'instrument et dans l'impédance d'entrée très élevée, qui

est de $1 \text{ M}\Omega$ par volt, d'où la grande précision des mesures effectuées avec cet appareil électronique.

Le schéma du voltmètre est représenté par la figure II-29.

La tension mesurée est donnée par la somme des tensions aux bornes de R_2 et R_3 , plus une partie de R_4 . Le tarage s'effectue en faisant coïncider la lecture du cadran de l'instrument avec une tension connue appliquée aux bornes d'entrée + et - de l'appareil ; ceci s'obtient en agissant sur R_4 , potentiomètre de 120Ω à fil ; précisons que les autres potentiomètres utilisés dans ce circuit sont également à fil.

Il n'est pas nécessaire d'apparier les transistors. Il suffit qu'ils soient du même type. On a adopté des transistors dont le gain de courant, aux signaux faibles, est d'environ 60. Les transistors T_1 et T_2 devront avoir des gains de courant similaires.

Le transistor T_4 doit avoir un gain de courant de faible valeur. L'amplification totale est telle qu'il suffit de 1 % seulement de la tension d'entrée pour mettre l'appareil en fonction. On peut ainsi tolérer de petites différences dans les caractéristiques des transistors et une faible absence de linéarité, sans que les qualités de l'instrument soient altérées.

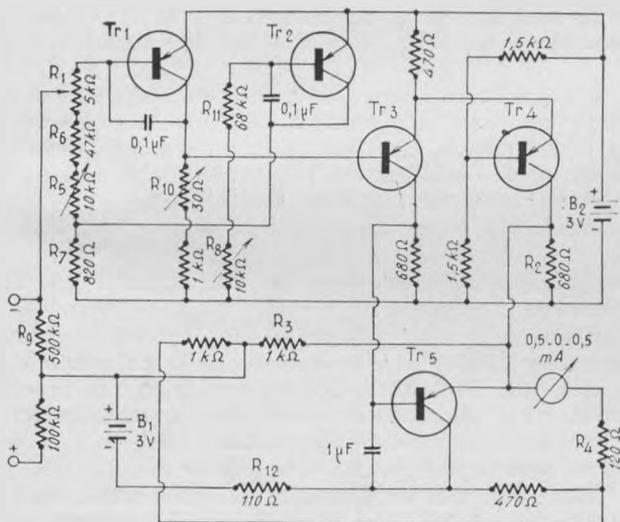


FIG. II-29

La précision dépend surtout de la stabilité des résistances. La seule fonction de T_2 consiste à compenser les éventuelles variations de température ; la valeur exacte est déterminée par le potentiomètre R_6 . Théoriquement, il faut satisfaire à la relation :

$$R_6 + R_8 + R_1 = \alpha_1 R_7$$

dans laquelle α_1 représente le gain de courant du transistor T_1 . On règle

R_5 , et aussi R_6 , de manière que l'instrument se trouve à zéro. On remarque que le zéro du milliampèremètre se trouve au milieu de l'échelle, ce qui permet à l'aiguille de dévier dans les deux sens.

Les réglages de R_6 et R_7 ne modifient pas le gain total de l'amplificateur qui est d'environ 100 000. Pour s'assurer que le courant d'entrée ne circule pas à travers R_6 , on court-circuitera les extrémités et on réglera R_1 . Si la tension émetteur-base de T_1 varie avec la température, la tension aux bornes de R_6 variera également et la compensation est ainsi complète.

Le réglage de zéro s'effectue au moyen du potentiomètre R_{10} , mais peut être obtenu aussi au moyen de R_{11} .

Les transistors T_1 et T_2 d'une part, T_3 et T_4 de l'autre, sont maintenus en place et protégés par une bande métallique, qui permet, grâce au blindage ainsi obtenu, d'éviter les oscillations de basse fréquence qui pourraient influencer la stabilité de l'ensemble.

On n'a pas cru utile d'adopter des condensateurs. Une augmentation de 12 Ω dans la résistance interne de la batterie B_1 modifie seulement de 1 % la lecture de l'instrument de mesure.

Tous les courants qui traversent les différents circuits du montage de la figure 1 sont limités à environ deux fois la valeur nominale. Quand la batterie est déconnectée, il n'en découle aucun dommage pour l'appareil.

Lorsque la température change, la bobine de l'instrument de mesure provoque des variations des valeurs. On peut compenser une telle erreur, dans la proportion des deux tiers, en disposant sur le conducteur qui va au pôle négatif de la batterie B_1 , une bobine en fil de cuivre ayant une résistance totale de 110 Ω (R_{12}).

L'enroulement doit être aéré afin d'obtenir le maximum de correction.

On remarque que l'amplificateur de cet appareil est du type à courant continu.

La chaîne d'amplification comprend, à l'entrée, le transistor T_1 , dont la liaison avec T_2 s'effectue en connectant le collecteur du premier directement à la base du second. Comme on l'a précisé précédemment, T_2 sert seulement à compenser les variations de température.

Le collecteur de T_3 est relié directement à la base de T_4 . L'instrument de lecture est disposé dans le circuit émetteur de T_4 .

Tous les transistors sont du type P-N-P à jonction. Le bon fonctionnement de l'appareil est basé sur la qualité des résistances qui devront être aussi stables que possible ; leurs valeurs et celles des condensateurs sont indiquées sur le schéma.

CAPACIMETRE

Un capacimètre est pratiquement indispensable dans un atelier de dépannage ; il permet, en particulier, de connaître la capacité de nombreux condensateurs dont les valeurs sont inconnues.

Alors que la mesure des résistances peut s'effectuer d'une manière simple à l'aide d'un contrôleur universel, la mesure des capacités nécessite un appareillage plus compliqué, car il est nécessaire de disposer d'un oscillateur fournissant une tension alternative. Cette dernière peut être obtenue à l'aide d'un transistor, ce qui permet de réaliser un appareil peu encombrant et indépendant du secteur.

Les capacimètres, comme beaucoup d'autres ponts de mesure, sont des instruments normalement adoptés de façon intermittente pour des mesures passagères, après qu'ils aient été inutilisés un certain temps. Dans ces conditions, le fonctionnement avec des transistors présente un réel avantage, du fait qu'ils éliminent automatiquement la période d'attente pour le chauffage des lampes avant chaque utilisation. La consommation de la batterie — environ 1,5 mA — est si réduite que dans le cas de l'utilisation occasionnelle de l'instrument, l'autonomie de service est supérieure à un an.

Principe de fonctionnement

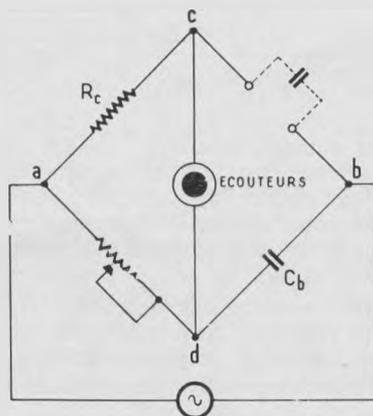
Le principe de fonctionnement du capacimètre est rappelé par la figure II-30, représentant le circuit en pont. C_x est la capacité de valeur inconnue, C_s un condensateur de capacité connue. R_b la résistance d'équilibrage et R_c une résistance étalonée.

Le pont est équilibré lorsque l'on a :

$$\frac{C_x}{R_b} = \frac{C_s}{R_c} \text{ ou } C_x = R_b (C_s/R_c)$$

En appliquant un signal basse fréquence aux points *a* et *b* du pont, et en branchant un casque aux points *c* et *d*, on peut entendre le signal BF lorsque le pont n'est pas équilibré.

Fig. II-30



En réglant le potentiomètre R_b , on constate une diminution du niveau sonore jusqu'à sa disparition. Ce point correspond au zéro, et le pont est alors équilibré.

Lorsque C_s est égal à $0,001 \mu\text{F}$ et R_b à $100\,000 \Omega$, le pont indique des valeurs de capacités s'étendant de $0,1 \mu\text{F}$ à $1 \mu\text{F}$, R_c étant égal à 100Ω , de $0,01 \mu\text{F}$ à $0,1 \mu\text{F}$ pour R_c égal à $1\,000 \Omega$, etc.

Pour couvrir la gamme 10 pF à $1 \mu\text{F}$, cinq résistances R_c sont utilisées et commutées. Il suffit alors de multiplier les indications de l'échelle par $0,1 - 0,01 - 0,001 - 0,0001$ et $0,00001$.

Le potentiomètre R_b est du type linéaire, de sorte que l'échelle est également linéaire.

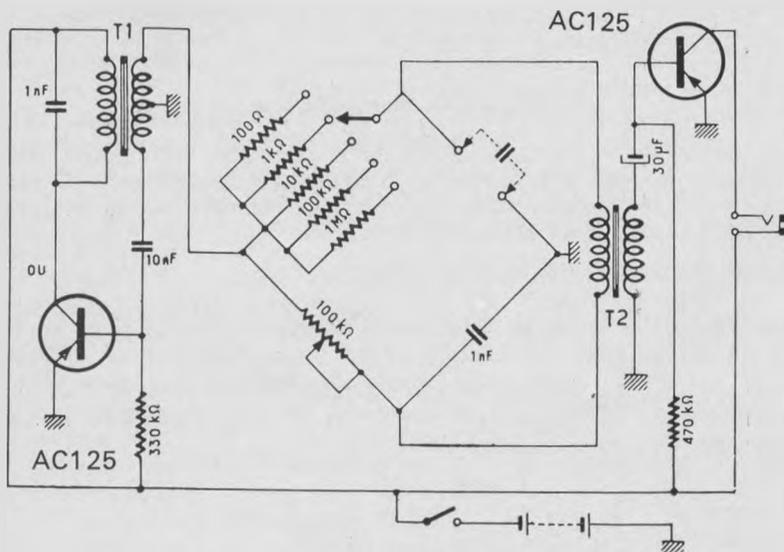


FIG. II-31

Le schéma complet d'un capacimètre basé sur ce principe est indiqué à la fig. II-31. Un transistor AC125 oscillateur alimente le pont. Un second transistor de même type est monté en amplificateur basse fréquence détecteur de zéro. Les indications de l'appareil sont ainsi très précises. Les résistances du commutateur de sensibilité seront choisies avec une précision de $\pm 1 \%$.

Un ohmmètre connecté entre une extrémité et le curseur du potentiomètre R_b permet de réaliser l'étalonnage. On commence par la résistance minimum, et en tournant le potentiomètre, on marque un point de repère sur l'échelle tous les $10\,000 \Omega$. On obtient ainsi 10 valeurs sur l'échelle.

Si R_c est égal à 100 Ω , chaque point de repère correspond à des valeurs de capacité de 0,1 μF , 0,2 μF ...

Si R_c est égal à 1000 Ω , ces points correspondent à des valeurs de capacité de 0,01 μF , 0,02 μF .

T_1 et T_2 sont des transformateurs BF miniatures driver pour transistors. Z primaire = 3 k Ω . Z sec. = 1 k Ω .

BOITE DE TRANSISTORS

Une boîte de transistors dont le schéma est donné à la figure II-32 rendra les plus grands services pour le remplacement provisoire d'un transistor douteux ou défectueux, ou pour la recherche du type le mieux adapté à une fonction donnée.

Comme on peut le voir, un commutateur à deux galettes et douze positions, en bakélite ou stéatite HF de faible encombrement permet de mettre successivement en service dix transistors différents. La liste que nous donnons ci-dessous est purement indicative ; de même, on pourra prévoir un plus petit ou plus grand nombre de transistors de remplacement.

Transistors basse fréquence AC125 - AC126 - AC128 - AC132 - AS176 - ASY77 - AC187.

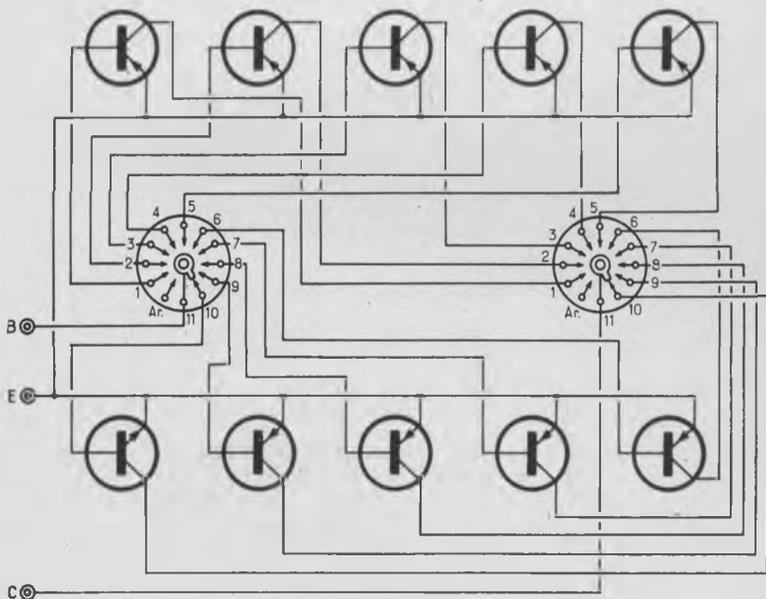


FIG. II-32

Transistors haute fréquence et fréquence intermédiaire AF125 - AF126 - AF127 - AF139.

Les types suggérés ci-dessus permettent de mettre en circuit un transistor adapté à un étage quelconque de tout récepteur ou amplificateur basse fréquence.

La sortie s'effectue par trois bornes, situées sur le dessus de la boîte, correspondant à l'émetteur, au collecteur, et à la base.

BOITE DE RESISTANCES ET DE CAPACITES

Une boîte de résistances et de capacités dont le schéma est donné à la figure II-33 rendra les plus grands services pour la substitution provisoire des éléments douteux et défectueux. Chaque élément aboutit à deux broches. A l'aide de deux fiches soudées à deux conducteurs terminés par deux pinces crocodiles, on pourra facilement prélever la valeur la plus approchée de celle de l'élément défectueux.

Les valeurs des éléments de la boîte seront celles que l'on rencontre le plus communément dans les appareils à transistors.

Boîtes de capacités. — Cet appareil est très intéressant pour déterminer la valeur à donner à un condensateur dans un circuit, pour obtenir le rendement optimum.

A l'aide des commutateurs S1, S2, S3, S4, on peut obtenir n'importe quelle valeur de capacité comprise entre 10 000 pF et 10 μ F, ce qui constitue les valeurs les plus généralement utilisées dans les postes à transistors.

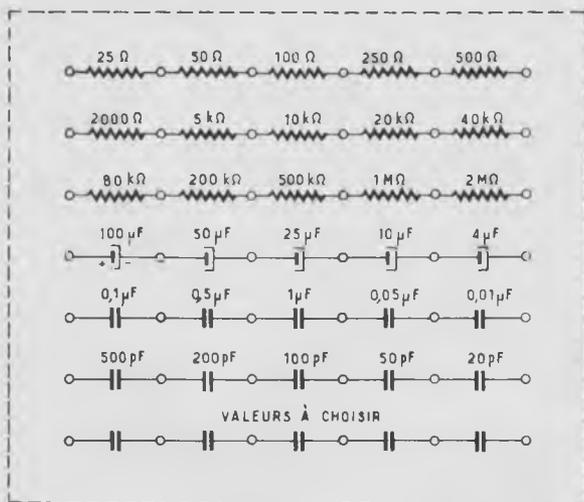


FIG. II-39

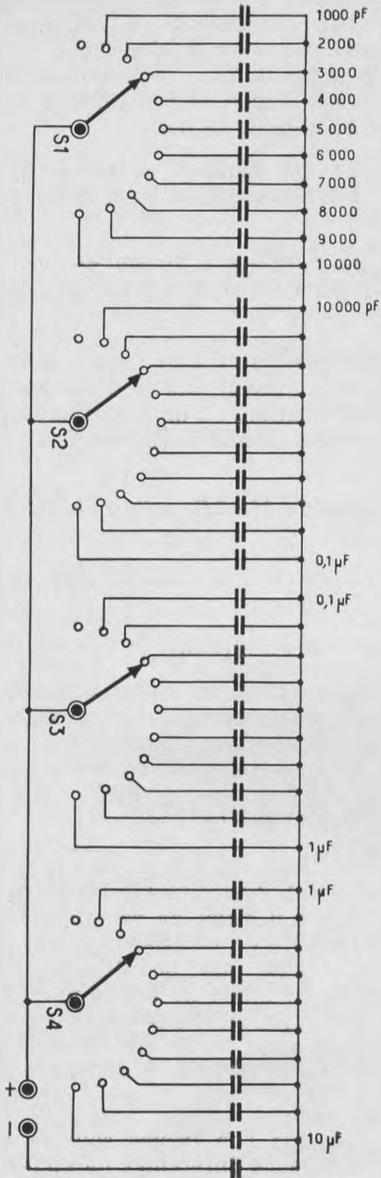


FIG. II-34

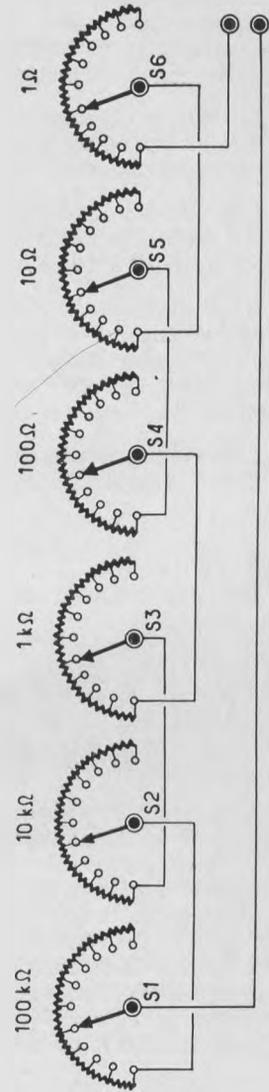


FIG. II-35

Cet appareil permet également de localiser les condensateurs ayant subi une perte de capacité dans un circuit. On dispose les bornes de sortie en parallèle à la capacité jugée défectueuse et on cherche si l'adjonction d'une capacité supplémentaire apporte une amélioration du rendement. S'il en est ainsi, on remplacera l'élément défectueux par une capacité dont la valeur sera déterminée à l'aide de la boîte.

Le circuit est représenté à la fig. II-34. On remarquera que chaque commutateur comporte une position de repos dans laquelle aucune capacité n'est introduite.

Les valeurs du circuit de S 1 sont de 1 000 pF à 10 000 pF, celles de S 2 de 10 000 pF à 0,1 μ F, celles de S 3 de 0,1 μ F à 1 μ F et celles de S 4 de 1 μ F à 10 μ F.

Boîte de résistances. — La boîte de résistances est basée sur le même principe. Elle est utilisée pour déterminer la valeur exacte d'une résistance à disposer dans un circuit. Par commutation, on obtient n'importe quelle valeur entre 1 Ω et 1 M Ω . Le schéma donné la figure II-35 ne demande pas de longs commentaires.

Les valeurs des résistances de S 1 sont de 100 k Ω , celles de S 2 de 10 k Ω , et ainsi de suite.

Contrairement au circuit précédent où les capacités étaient disposées en parallèle, les résistances sont ici en série.

Sur la position 0, aucune résistance n'est en circuit.

Soit S 2 sur la position 2, S 3 sur la position 1, les autres commutateurs étant sur la position 0, la résistance totale mise en circuit est de $(10 \text{ k}\Omega \times 2) + 1 \text{ 000 } \Omega = 21 \text{ 000 } \Omega$.

BOITE DE SUBSTITUTION DE CONDENSATEURS

Une boîte de substitution de condensateurs est un accessoire très utile pour le dépannage ou la mise au point de montages expérimentaux. Il est particulièrement apprécié quand il s'agit de remplacer les condensateurs dans des appareils où, par suite de certaines causes, les condensateurs ont été détériorés et qu'il n'est pas possible de lire leur valeur. On réalisera ainsi une grande économie de temps par rapport à la méthode classique qui consisterait à procéder par tâtonnements. Il arrive également que l'on ne dispose pas de toutes les valeurs de condensateurs pour vérifier différents types de circuits à dépanner ou en cours d'essais ou de montages.

La boîte de substitution, modèle CX-1, que l'on trouve sous forme de « kit », permettant de disposer de 26 valeurs différentes de condensateurs, de 33 μ F à 100 μ F, apporte une solution aux problèmes que rencontre le dépanneur ou l'amateur.

Le circuit

Le schéma de principe du circuit est représenté à la figure II-36. La partie principale est constituée par un contacteur à 26 positions avec une galette où sont fixés les contacts et deux bornes de sortie.

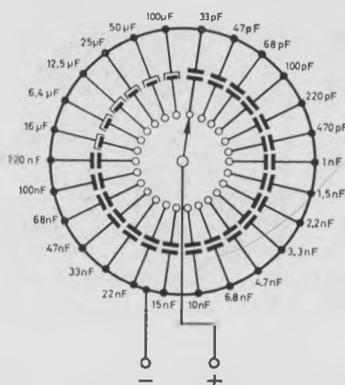


FIG. II-36

Sur la galette, 26 cosses sont disposées de façon circulaire, cosses sur lesquelles seront soudés les condensateurs. L'une d'elles se déplace sur les autres et permet de les connecter les uns après les autres. C'est le curseur, réuni à la borne rouge de sortie, tandis que la borne noire est réunie au point commun des 26 condensateurs. Sur la galette sont soudés 26 condensateurs disposés de la façon suivante : 15 condensateurs céramique couvrant la gamme de 33 pF à 22 nF et admettant une tension de service de 500 V, 5 condensateurs au polyester de 33 nF à 250 nF, supportant la même tension, un condensateur électrolytique de 16 μ F - 500 V et 5 condensateurs électrolytiques couvrant la gamme de 6,4 μ F à 100 μ F pour une tension de 25 V.

L'ensemble terminé présente l'aspect de la figure II-37.

Utilisation

La boîte de substitution de condensateurs trouve un très grand nombre d'applications dont la plus importante part est due à l'initiative de l'utilisateur qui tirera le plus grand profit de cet appareil, que ce soit pour le dépannage, ou les études de circuits. Les indications qui vont suivre donnent des directives générales qui devront être adaptées pour chaque cas particulier.

Il faut toujours considérer la tension entre les points où l'on branche le CX-1 ; elle ne doit pas être supérieure à celle signalée par le sélecteur de la boîte de substitution pour une valeur déterminée de capacité.

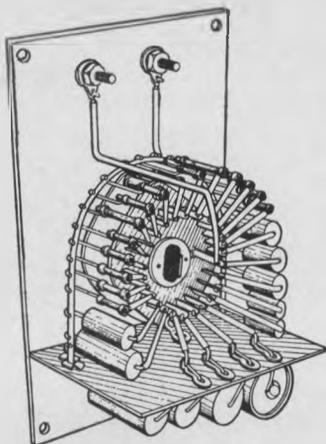


FIG. II-37

Les valeurs indiquées sur l'échelle correspondent à celles des condensateurs. Lorsque l'on travaille avec de faibles capacités et dans les circuits où les petites capacités sont critiques, il faudra tenir compte de la capacité additionnelle introduite par le contacteur, le câblage et les cordons de mesure. Cette capacité peut être déterminée une fois que le montage est terminé en plaçant le sélecteur sur la position 100 μF par exemple, et en vérifiant avec un capacimètre, si vous en avez un, la capacité du circuit, y compris celle des cordons. En soustrayant de la capacité obtenue la valeur indiquée par le sélecteur, soit 100 μF dans notre cas, on obtient la valeur de la capacité additionnelle.

Pour le dépannage

Au moyen d'un appareil destiné à cet usage, déterminer le condensateur détérioré et, si vous pouvez lire sa valeur, procéder comme suit :

- Dessoudez le condensateur détérioré.
- Mettez le contacteur sur la position correspondant à la valeur du condensateur ou à une valeur très approchée.
- Branchez les pinces crocodiles des cordons de mesure aux points où était soudé le condensateur à remplacer. S'il s'agit de condensateurs polarisés, reliez le cordon noir à la ligne négative et le cordon rouge à la ligne positive.
- Branchez l'appareil à dépanner, enlevez les cordons de mesure et soudez dans le circuit un condensateur dont la valeur correspondra à l'indication du bouton sur le cadran CX-1.

Si vous ne pouvez pas lire la valeur du condensateur procédez comme suit :

— Dessoudez le condensateur détérioré.

— Déterminez au moyen d'un schéma la valeur approchée de ce condensateur.

— Mettez le sélecteur sur la position correspondant à la valeur égale ou la plus approchée, mais n'utilisez jamais les positions de $6,4 \mu\text{F}$ à $100 \mu\text{F}$ sans être absolument certain que la tension du circuit n'est pas supérieure à 25 V.

Les condensateurs ne peuvent, en effet, supporter une tension de service supérieure à cette valeur et sont destinés uniquement aux circuits à transistors.

— Branchez les pinces crocodiles des cordons de mesure aux points du circuit où étaient soudés les condensateurs défectueux.

— Mettez l'appareil à dépanner en fonctionnement et vérifiez si tout est correct. Dans le cas contraire, modifier la position du bouton du sélecteur pour obtenir un fonctionnement correct.

— Débranchez l'appareil à dépanner, déconnectez les cordons de mesure et soudez dans le circuit un condensateur neuf dont la valeur correspondra à celle indiquée par le sélecteur.

Pour les montages expérimentaux

— Connectez les cordons de mesure du CX-1 aux points du circuit que l'on désire étudier.

— Vérifier si la valeur est correcte en contrôlant le bon fonctionnement de l'appareil et les tensions. S'il n'en est pas ainsi, il faudra faire varier la position du bouton du contacteur jusqu'au moment où l'on obtiendra un fonctionnement optimum. Il ne faut jamais utiliser les positions de $6,4 \mu\text{F}$ à $100 \mu\text{F}$ sans s'être assuré auparavant que les tensions dans le circuit ne sont pas supérieures à 25 V.

— Une fois déterminée la valeur correcte, débranchez le CX-1 et soudez un condensateur dont la valeur correspondra à celle indiquée par le bouton du contacteur sur l'échelle du CX-1.

TRANSFORMATEUR D'ADAPTATION D'IMPEDANCE

Un transformateur d'adaptation d'impédance est nécessaire pour adapter l'impédance de sortie fixe d'un générateur à l'impédance d'entrée des différents étages à transistor. Ce transformateur sera utilisé suivant le schéma de la figure II-38. Le type dépend de l'impédance de sortie du générateur.

On peut facilement réaliser un tel transformateur en utilisant la carcasse d'un vieux transformateur de chauffage. Après l'avoir débarrassé de ses anciens bobinages, on enroule tout d'abord l'enroulement primaire qui sera constitué de 250 tours de fil de cuivre émaillé de 30/100 de diamètre.

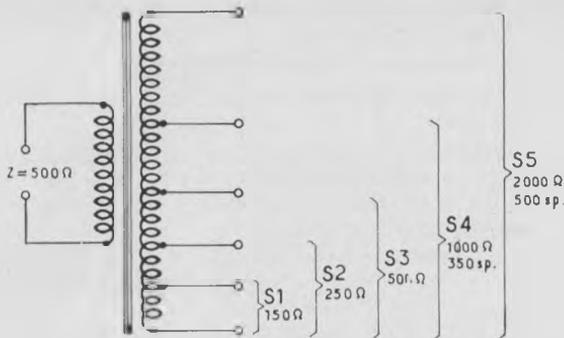


FIG. II-38

L'enroulement secondaire, isolé du précédent par un ruban adhésif, comporte plusieurs spires correspondant aux différentes impédances secondaires.

Les deux enroulements pourront être superposés, mais il serait évidemment préférable de les réaliser par couches successives.

La formule $N_s = \frac{N_p}{\sqrt{\frac{R_1}{R_2}}}$ permet de déterminer le nombre de tours

$$\sqrt{\frac{R_1}{R_2}}$$

du secondaire et la position des différentes prises. Dans cette formule N_s est le nombre de tours du secondaire, N_p celui du primaire, R_1 la valeur de l'impédance d'entrée et R_2 celle de l'impédance de charge. On peut, à partir de cette formule, calculer l'emplacement des différentes prises.

Soit par exemple à calculer le nombre total de spires de l'enroulement secondaire, sachant que l'enroulement primaire comporte 250 tours de fil et présente une impédance de 500 Ω, et que l'impédance de l'enroulement secondaire doit être de 2 000 Ω.

$$N_s = \frac{N_p}{\sqrt{\frac{R_1}{R_2}}} = \frac{250}{\sqrt{\frac{500}{2000}}} = \frac{250}{\sqrt{0,25}} = \frac{250}{0,5} = 500 \text{ spires.}$$

Calculons, dans les mêmes conditions, le nombre de spires de l'enroulement S 3, impédance 500 Ω.

$$N_{s3} = \frac{N_p}{\sqrt{\frac{R_1}{R_2}}} = \frac{250}{\sqrt{\frac{500}{500}}} = \frac{250}{\sqrt{1}} = \frac{250}{1} = 250 \text{ spires.}$$

Comme on le voit, c'est le rapport des tours et non le nombre de tours qui détermine l'impédance secondaire.

Caractéristiques du transformateur de la fig. II-38 :

Primaire : Impédance : 500 Ω

Nombre de spires : 250

Secondaire : S1 - Impédance : 150 Ω

Nombre de spires : 140

S2 - Impédance : 250 Ω

Nombre de spires : 175

S3 - Impédance : 500 Ω

Nombre de spires : 250

S4 - Impédance : 1 000 Ω

Nombre de spires : 350

S5 - Impédance : 2 000 Ω

Nombre de spires : 500.

VOLTMETRE ELECTRONIQUE TRANSISTORISE : LE DINOTESTER

Le *Dinoster* est un voltmètre électronique transistorisé de conception totalement nouvelle, qui offre, sous un volume très réduit, les avantages d'un voltmètre à lampe et d'un contrôleur universel.

La sensibilité en courant continu est de 200.000 Ω/V , ce qui permet à l'appareil de remplacer avantageusement les voltmètres à lampes.

La mesure des résistances va de 0,2 Ohm à 1000 M Ω , en six échelles logarithmiques.

La section ohmmètre et voltmètre continu fonctionne au moyen d'un transistor à effet de champ ; sa consommation est de l'ordre de 1 mA.

La sensibilité en courant alternatif est de 20 k Ω/V . Les mesures se font grâce à 4 diodes au germanium donnant à l'appareil une réponse en fréquence de 20 Hz à 20 KHz.

Un capacimètre balistique permet la mesure des capacités de 1000 pF à 5 Farads.

L'instrument est du type à cadre mobile (classe 1,5) avec aiguille couteau et miroir anti-parallaxe.

Il constitue l'appareil de mesure idéal pour le dépanneur.

Cet instrument couvre les gammes suivantes :

Intensités courant continu : 50 μA , 500 μA , 5 mA, 50 mA, 0,5 A, 2,5 A

Tensions continues : 0,1 V, 0,5 V, 1 V, 5 V, 10 V, 50 V, 500 V, 1000 V

Tensions alternatives : 5 V, 10 V, 50 V, 100 V, 500 V, 1000 V

Tensions de sortie en dB : de - 10 à + 62

Tensions de sortie en volts BF : 5 V, 10 V, 50 V, 100 V, 500 V, 1000 V

Mesure des résistances : 1 k Ω , 10 k Ω , 100 k Ω , 1 M Ω , 10 M Ω , 1000 M Ω

Mesure des capacités : 5 μF , 500 μF , 5 000 μF , 50 000 μF , 500 000 μF , 1 000 pF à 5 F.

La précision des mesures est de $\pm 2 \%$ pour les mesures d'intensités et de tensions continues et de $\pm 3 \%$ pour les tensions alternatives et les résistances.

Le schéma

Comme on peut le voir sur le schéma de la figure II-39 le circuit est essentiellement constitué d'un galvanomètre à cadre mobile de $40 \mu\text{A}$, de résistance interne 2500Ω avec aiguille couteau et miroir anti-parallaxe. Deux diodes OA 200 protègent l'appareil de mesure des surcharges accidentelles.

Un commutateur à 5 sections, 5 positions permet de sélectionner les différentes fonctions, la position « OFF » constituant la position de repos.

Les différentes sensibilités sont choisies à l'aide de douilles dans lesquelles on branche les cordons à pointes de touches.

Pour la mesure des tensions continues, le circuit d'entrée est équipé d'un transistor FET (à effet de champ) 2 N 4302 qui lui permet de présenter une résistance d'entrée de $200\,000$ ohms par volt sur toutes les gammes.

L'alimentation se fait par une pile au mercure à très longue durée incorporée à l'appareil ; la consommation de l'ensemble étant de l'ordre de 1 mA , la durée de cette pile est de 400 heures en service continu.

Un circuit spécial est prévu pour le contrôle de l'état de la pile au mercure, correspondant à une gamme 0 à 10 V. On procède de la façon suivante : placer le commutateur central sur la position A = ; brancher le cordon noir dans la douille marquée « commun », l'autre dans celle portant le symbole d'une pile ; placer les pointes de touche aux bornes de la pile au mercure et lire la tension sur l'échelle AV = 0/10 V. Si la tension est inférieure à 7,5 V, il sera nécessaire de la remplacer.

Pour que la pile soit utilisable au maximum, il est recommandé de ne jamais omettre de replacer le commutateur rotatif sur la position « OFF », où elle se trouve hors circuit.

Avant toute mesure, il est nécessaire de placer l'appareil horizontalement et de vérifier que l'aiguille est bien en face du zéro. Le cas échéant, on l'ajustera à l'aide de la vis placée au-dessus du cadran.

Dans le cas de mesures de tensions alternatives, le redressement s'opère à l'aide d'un pont constitué de quatre diodes OA 95.

L'impédance d'entrée est alors de $20\,000 \Omega$ par volt sur toutes les gammes.

La gamme 1 000 V continu s'obtient à l'aide de la pointe de touche spéciale fournie avec l'appareil et dont le cordon correspondant est alors introduit dans la douille marquée 500 V =.

Sur la gamme 0,5 V, l'appareil peut être utilisé en microampèremètre, cette gamme correspondant alors à 5 microampères à fond d'échelle.

Sur la gamme 50 microampères, l'appareil peut également être utilisé en millivolts et la déviation totale correspond alors à 100 mV.

Avec cet appareil, on peut effectuer la mesure des niveaux de sortie en volts BF ou en dB ; à cet effet, l'appareil porte une douille indiquée « OUTPUT » qui comporte un condensateur en série destiné à éliminer la composante continue des signaux BF. La lecture peut s'effectuer indifféremment sur l'échelle des volts alternatifs ou sur l'échelle rouge indiquée dB. Cette échelle est tracée selon le standard international, c'est-à-dire $0 \text{ dB} = 1 \text{ mW}$ sur une charge de 600Ω .

Le cadran de l'appareil comporte un tableau indiquant les correspondances selon le standard précité.

Le circuit électronique de la fonction $V =$ est également utilisé pour la mesure des résistances. Le circuit ohmmètre proprement dit est alimenté par deux piles de 1,5 V.

Pour la mesure des résistances, il faut placer le commutateur central sur la position ohm, brancher le cordon noir dans la douille indiquée « COMMUN » et l'autre dans celle correspondant à la gamme désirée. On court-circuite ensuite les cordons en amenant l'aiguille de l'extrémité au début de l'échelle en agissant sur le bouton de tarage placé à gauche de l'appareil. On sépare ensuite les cordons, l'aiguille doit se porter à fond d'échelle. Il faut alors agir sur le bouton de tarage de l'ohmmètre situé à droite de l'appareil de façon que l'aiguille soit exactement à la dernière graduation de l'échelle. On peut alors faire la mesure de la résistance à déterminer en multipliant la valeur trouvée sur l'échelle indiquée Ω par le coefficient correspondant à la douille utilisée.

La mesure des capacités de 1000 pF à 5 F peut s'effectuer en utilisant une échelle spéciale. En fait, les 6 gammes de mesures de résistance correspondent aux 6 gammes de mesures de capacité et l'opération s'effectue de la même façon que précédemment.

On branche le condensateur à examiner aux bornes des cordons, ce qui a pour effet de dévier l'aiguille de l'appareil jusqu'à une valeur maximale qui ensuite revient au zéro.

La déviation maximale correspond à la capacité du condensateur en se plaçant sur l'échelle V/A et en se reportant ensuite à l'échelle auxiliaire fournie avec l'appareil.

Cet appareil idéal pour le dépanneur ne pèse que 670 g et ses dimensions sont $150 \times 95 \times 45$ mm. Il est distribué par FRANCE-CLAIR.

LE VOLTMETRE HEATHKIT IM17

Le voltmètre électronique transistorisé Heathkit IM 17 possède les avantages d'un voltmètre à lampes en ce qui concerne l'appareil de mesure, et offre l'intérêt d'être portatif.

Ce montage est en effet entièrement transistorisé. De plus l'utilisation d'un transistor a effet de champ et de transistors au silicium présentant un très faible courant de fuite a permis de supprimer les

inconvénients dont souffraient les premières réalisations de voltmètres équipés de transistors, à savoir la faible impédance d'entrée et la dérive en température.

Description des circuits

Un commutateur a 4 galettes et 12 positions est utilisé pour choisir la gamme dans chaque type de mesure. Les cordons de mesures pour courant continu et alternatif y sont reliés et le cordon commun (noir) est relié au circuit masse y compris le circuit masse du circuit imprimé.

Le schéma général est représenté à la fig. II-40 qui montre également les différentes galettes A, B, C, D, sur leurs faces avant et arrière.

Mesures des tensions continues

La résistance de protection R_1 est utilisée sur toutes les gammes courant continu. Le circuit courant continu comprend un groupe de résistances de précision (R_5 à R_{11}) montées en diviseur de tension. Le signal issu du diviseur est appliqué à l'électrode « porte » du transistor à effet de champ 417-140 Q1. Ce type de transistor possède une impédance d'entrée élevée et une impédance de sortie faible. Il permet d'appliquer le signal du diviseur au circuit en pont équilibré sans perturber le diviseur. Le signal à la sortie de Q1 est appliqué à la base du transistor Q2 qui est monté en collecteur commun et qui fait partie d'un amplificateur de courant équilibré constitué de deux transistors 2 N 3392 (Q₂ et Q₃).

Mesures des tensions alternatives

Lorsque le commutateur est placé sur une des positions AC, le signal à mesurer est appliqué aux bornes du diviseur R_2 et R_3 . Ainsi il est certain que même sur les gammes élevées aucune tension supérieure à 100 volts ne sera appliquée à l'anode du redresseur D1. Après redressement et intégration à l'aide du condensateur C_2 il apparaît aux bornes de ce dernier une tension continue proportionnelle à la valeur de crête de la partie positive du signal.

Cette tension continue est appliquée à travers R_4 au diviseur composé de R_5 , R_6 , R_7 , R_8 , R_9 et R_{11} . Le signal du diviseur est appliqué à Q₁ et le fonctionnement est alors le même que pour les mesures en courant continu.

Mesures des résistances

Dans ce cas la pile E_1 est en série avec le diviseur, composé de R_5 , R_6 , R_7 , R_8 , R_9 et R_{11} , avec la résistance à mesurer.

Le rapport entre la résistance à mesurer et la résistance du pont détermine la partie de la tension de la pile E_1 qui est appliquée au transistor Q₁ et le processus est alors identique à celui des mesures des tensions continues.

Galvanomètre

Quel que soit le type de mesure, une tension est appliquée à la porte du transistor à effet de champ et au circuit en pont équilibré.

La valeur de cette tension est proportionnelle à la valeur de tension ou de résistance à mesurer. Quand aucune tension n'est appliquée au transistor Q_1 les courants dans les transistors Q_2 et Q_3 sont identiques. Leurs émetteurs sont donc au même potentiel et le galvanomètre ne dévie pas.

Lorsqu'une tension positive est appliquée à la base de Q_1 le courant dans ce transistor est plus important que dans Q_2 . Ceci provoque une différence de potentiel entre les émetteurs de Q_2 et Q_3 et le galvanomètre dévie.

L'inverseur DC + et DC - permet d'invertir les connexions du galvanomètre et par conséquent de mesurer successivement une tension positive et négative sans avoir à débrancher les cordons de mesure.

Les bornes du galvanomètre sont court-circuitées lorsque l'inverseur POWER est en position OFF. Ceci protège le galvanomètre.

La pile de 8,4 V alimente les transistors Q_1 , Q_2 et Q_3 ; un vieillissement de la pile ou son changement provoquera une variation identique dans Q_2 et Q_3 et n'affectera donc pas la différence de potentiel entre les deux émetteurs.

LE VOLTOHMMETRE ELECTRONIQUE HEATHKIT IM16

Cet appareil de mesure est l'élément de base constituant le laboratoire de l'amateur et du professionnel. Il présente des caractéristiques dignes des meilleurs appareils de mesure conçus suivant les dernières techniques.

Caractéristiques de l'IM16

Mesures en continu :

8 gammes : 0,5 - 1,5 - 5 - 15 - 50 - 150 - 500 - 1 500 V.

Résistance d'entrée : 11 M Ω sur toutes les gammes.

Précision : ± 3 % de la pleine échelle.

Mesures en alternatif :

8 gammes : 0,5 - 1,5 - 5 - 15 - 50 - 150 - 500 - 1 500 V.

Impédance d'entrée : 1 M Ω .

Précision : ± 5 % de la pleine échelle.

Ohmmètre :

7 gammes : 10 Ω milieu d'échelle R \times 1, R \times 10, R \times 100, R \times 1 000.
R \times 10 k, R \times 100 k, R \times 1 M Ω

Sonde :

Sonde combinée CC, CA et Ohm avec commutation dans la sonde elle-même.

Alimentation :

Circuit ohmmètre 1,5 V : pile au cadmium-nickel

Circuit amplificateur 9 V : piles-secteur 120/220 V, 50/60 Hz

Transistors et diodes utilisés : 1 transistor à effet de champ 417-140, 6 transistors silicium 2 N 3393, 1 diode Zener de 6,8 V, 4 diodes silicium.

Examen du schéma :

Le volt-ohmmètre électronique IM 16 comprend 4 sections principales que nous allons étudier séparément :

- 1° La sonde
- 2° Les 3 circuits d'entrée
- 3° Le circuit de sortie
- 4° L'alimentation

La *sonde* : L'association courant-continu-ohms/courant alternatif exige l'utilisation d'un commutateur et d'une résistance quand le commutateur de la sonde est sur la position « continu » ; la résistance de 1 M Ω est disposée en série entre la pointe du probe et le jack d'entrée du voltmètre. Cette résistance réduit la charge des circuits à mesurer.

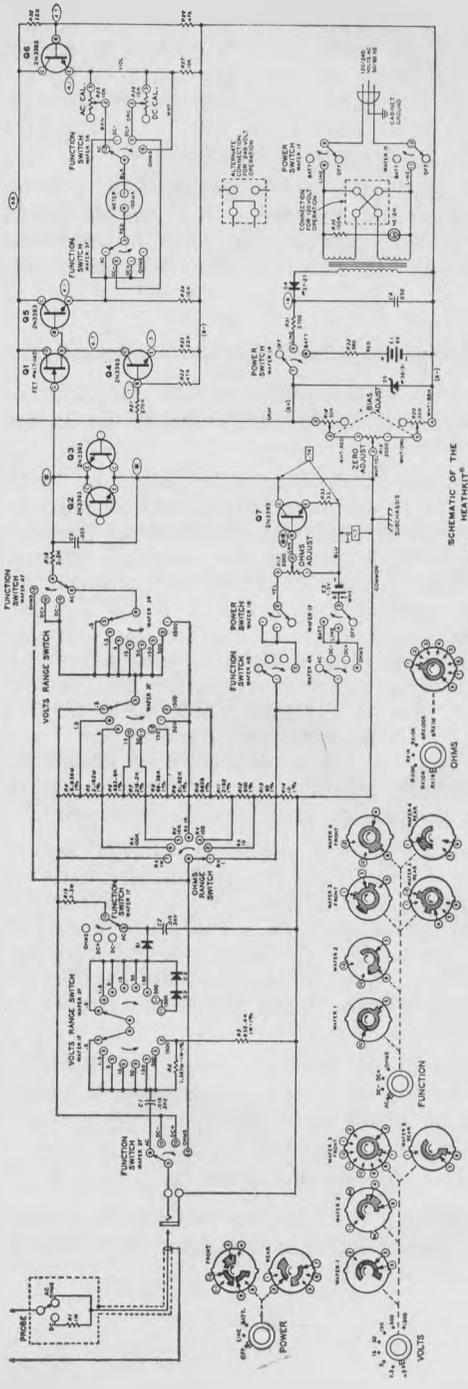
Sur la position « courants alternatifs-ohms », la résistance R1 est éliminée du circuit. La tension appliquée à la sonde est dirigée directement sur le jack d'entrée, en liaison avec le commutateur de fonctions.

Les circuits d'entrée : Les trois circuits d'entrée (tensions alternatives, tensions continues et résistances) sont représentés sur la partie gauche du schéma général de la fig. II-41. Ces circuits montrent les différentes commutations, résistances, chutrices et redresseurs nécessaires pour obtenir les tensions correctes sur les différents circuits. Une tension d'environ 0,5 V est nécessaire sur la porte du transistor à effet de champ pour obtenir une déflexion totale de l'aiguille du galvanomètre. Les tensions plus élevées sont atténuées par un diviseur de tensions avant d'être appliquées à Q₁.

Circuit d'entrée pour la mesure des tensions continues

Quand la sonde et le commutateur de fonction sont placés sur la position DC volts (tensions continues), une tension appliquée au probe passe à travers R₁ et le diviseur de tension comprenant les résistances de R₄ à R₁₄. La galette n° 3 du contacteur d'échelle sélectionne la prise convenant à la tension à mesurer. Chaque position du contacteur pour les 8 gammes différentes de tension correspond à la déviation totale de l'aiguille de l'appareil de mesure.

La résistance totale du diviseur est fixée à 10 M Ω . Le rapport entre la résistance totale du réseau diviseur et la résistance sélectionnée par le commutateur est le même que celui qui existe entre



SCHEMATIC OF THE HEATHKIT® SOLID STATE VOLT METER

- NOTE:**
1. ALL CAPACITORS ARE ELECTROLYTIC UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 2. ALL CAPACITIVE VALUES ARE IN MICROFARADS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 3. PULL THE TABS FOR THE 100K, 10K, 1K, AND 100Ω RESISTORS TO THE INSIDE OF THE CASE.
 4. ALL RESISTORS ARE 1/2 WATT UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 5. THE 100µA METER MOVEMENT IS THE HEATHKIT 100µA METER MOVEMENT.
 6. THE 67 TUBE IS THE HEATHKIT 67 TUBE.

Fig. II-41

la tension appliquée à la sonde et la tension à la sortie du diviseur. Par exemple, si le sélecteur est sur la position 500 V la résistance entre cette prise et la masse est de 10 k Ω , soit le millième de la résistance totale. Aussi si une tension de 500 V est appliquée à l'entrée, la tension à la sortie du diviseur n'est plus que 0,5 V.

Cette tension est appliquée par la galette 4 F, à la porte du transistor FET Q₁, à travers la résistance R₁₀. Sur la position 0,5 V, le diviseur de tension n'entre pas en jeu, puisque une tension de 0,5 V appliquée à la porte de Q₁ entraîne une déflexion totale du galvanomètre.

Circuit d'entrée pour les tensions alternatives

Quand la sonde et le commutateur de fonction sont commutés sur AC (tensions alternatives), la résistance R₁ de la sonde n'est pas en circuit.

Une tension alternative appliquée à la pointe de touche est dirigée par le jack d'entrée et le condensateur C₁ sur la galette 1 du contacteur de fonction. Le condensateur C₁ s'oppose au passage des tensions continues et permet ainsi la mesure des tensions alternatives dans un circuit traversé également par des tensions continues. Sur les six premières positions des galettes 1 et 2 (0,5 V à 500 V), les tensions sont redressées par la diode au silicium D₁. Sur les deux dernières positions (500 V et 1 500 V), les diodes D₂ et D₃ sont mises en série avec D₁. Ces trois diodes en série peuvent supporter les tensions élevées qui leur sont appliquées. Sur la division 1 500 V, la tension d'entrée est divisée dans un rapport approximatif de 3/1 par les résistances R₂ et R₃ avant d'être appliquée aux diodes. Ces résistances constituent également un circuit de retour pour la composante continue issue du redresseur, pour toutes les positions du commutateur de mesures.

La tension redressée par la diode D₁ charge le condensateur C₂ à la valeur positive de crête de la tension alternative. Cette tension est appliquée à travers la résistance R₁₃ au diviseur R₁-R₁₁, dont la fonction est la même qu'en position « continu » à une exception près. Puisque la tension alternative d'entrée, sur la division 1 500 V, est divisée par les résistances R₂ et R₃ dans un rapport 3/1, la tension continue redressée est divisée dans le même rapport sur la division 500 V.

La tension provenant du diviseur passe par l'intermédiaire de la galette 4 du commutateur de fonction à travers la résistance R₁₆ pour être appliquée à la porte de Q₁.

Circuit de l'ohmmètre

Quand le commutateur de fonction est sur la position « OHMS » la batterie E₂, la résistance R₂₀ et le transistor Q₇ constituent une source de tension à courant constant.

Le potentiomètre R_{17} permet le réglage de la polarisation de base de Q_1 de manière que la tension aux bornes de R_{14} traversée par un courant d'environ 150 mA provoque une déviation totale du galvanomètre.

Disposons le commutateur de gammes de mesures des résistances sur $R \times 1$ et ajustons R_{17} de manière à obtenir une déflexion totale. Si une résistance de 10 Ω est disposée entre la sonde et la masse, celle-ci se trouve en parallèle sur la résistance R_{14} de 10 Ω également et la valeur résultante sera de 5 Ω . Puisque le courant de ce circuit est constant, la tension devra être réduite en proportion, ce qui amène une déviation de moitié de l'aiguille du galvanomètre.

A remarquer que le centre de l'échelle portant la graduation 10, l'échelle n'est pas linéaire.

Sur les autres positions du commutateur de mesures, la résistance interne entre le diviseur et la masse est toujours un multiple de 10, et le fonctionnement est le même que dans le cas précédent.

Circuit d'entrée du transistor Q_1

Le transistor Q_1 est un transistor à effet de champ (FET). La haute impédance d'entrée du FET est ici très élevée.

Le transistor Q_4 est utilisé comme source de courant constant à la place d'une résistance dans le circuit de Q_1 .

Par suite des différences de paramètres que l'on rencontre d'un échantillon à un autre, il est nécessaire de procéder au réglage de la polarisation ainsi que du zéro.

La polarisation de la porte de Q_1 est obtenue par le réglage de R_{18} et R_{20} et le réglage fin du zéro s'effectue par R_{19} en absence de signal.

Les transistors Q_2 et Q_3 et la résistance R_{10} sont utilisés pour protéger le transistor FET Q_1 et le circuit de sortie contre les surcharges accidentelles. Q_2 et Q_3 disposés en parallèle ont les mêmes propriétés qu'une diode Zener de 9 V.

Le circuit présente une impédance d'entrée infinie pour les tensions inférieures à 9 V. Pour les tensions supérieures, les transistors Q_2 et Q_3 sont en court-circuit, et celles-ci sont alors chutées par R_{10} .

Circuit de sortie

Le cœur de ce voltmètre est le circuit de sortie. La source (S) du transistor Q_1 est couplée directement à la base du transistor Q_6 . Les transistors Q_5 et Q_6 sont montés en émetteur follower et le microampèremètre est disposé entre les deux émetteurs. La polarisation de Q_6 est fixée une fois pour toutes par les résistances R_{28} et R_{20} .

Quand la polarisation de Q_1 et le réglage du zéro sont correctement effectués et qu'aucune tension n'est appliquée à la porte de Q_1 , les émetteurs de Q_5 et de Q_6 sont au même potentiel, de sorte qu'aucun courant ne traverse le galvanomètre, et l'aiguille reste au zéro.

Puisque le courant de la source de Q_1 est constant et que le transistor Q_5 est émetteur follower couplé directement, les variations de tension à la porte de Q_1 sont transmises au circuit de mesure.

Une tension positive à la porte de Q_1 rendra l'émetteur de Q_5 plus positif que l'émetteur de Q_6 et il en résultera une déviation du galvanomètre. Dans le cas d'une tension négative, la déviation se ferait en sens inverse, d'où la nécessité d'invertir les connexions.

Les deux résistances R_{25} et R_{26} servent au calibrage des mesures en alternatif et en continu.

Quand le commutateur de fonction est sur « courant continu », par exemple, et le sélecteur de mesure sur 0,5 V, avec une tension d'un demi-volt appliquée à la sonde, la différence de tension entre les émetteurs de Q_5 et de Q_6 entraîne une déviation trop grande. Avec R_{25} , en série avec l'appareil de mesure, on ajuste l'aiguille de manière qu'elle indique la tension appliquée.

Le circuit de l'ohmmètre n'exige pas de circuit de calibration.

Quand le commutateur de fonction est sur la position « OHMS » le contrôle du zéro ajuste la polarisation de base de Q_7 pour une déviation totale du micro-ampèremètre.

L'alimentation

L'appareil peut être alimenté sur batterie ou à partir du secteur.

Dans ce dernier cas, l'alimentation s'effectue à partir d'un transformateur avec primaire à deux enroulements disposés en série pour un secteur 240 V ou en parallèle pour un secteur 120 V. Une lampe au néon indique que l'appareil est sous tension.

Le redressement d'une alternance s'effectue au moyen d'une diode D, et d'un condensateur C, de 250 μ F.

La tension redressée, après avoir traversé la résistance chutrice R_{31} , est stabilisée au moyen d'une diode Zener D_5 .

En position « Batterie » une pile de 9 V alimente le circuit à travers R_{32} . Cette tension est également régulée par la diode Zener.

CHAPITRE III

Précautions à observer au cours du dépannage des postes à transistors

Comme pour les récepteurs à lampes, il existe certaines précautions à observer au cours de la réparation des appareils à transistors. Nous allons énumérer les principales règles qu'il conviendra d'observer rigoureusement afin d'éviter des dommages extrêmement sérieux, et par suite, onéreux, et pour gagner un temps précieux.

Tensions et polarités des batteries

Les facteurs qui rendent les transistors particulièrement sensibles aux tensions appliquées sont de deux ordres. En premier lieu, il faut observer que la jonction émetteur-base est polarisée dans la direction de conduction ou de basse résistance, et l'impédance de ce circuit, dans ces conditions, est extrêmement basse. Toute valeur de tension excédant la valeur fixée par le constructeur peut provoquer un flux de courant tellement élevé qu'il en résulte une élévation de température pouvant détériorer le transistor d'une manière définitive. Le fonctionnement correct d'un transistor de quelque type que ce soit, est intimement lié au maintien de sa propre structure cristalline, et à la répartition de certains atomes d'impureté à l'intérieur d'une telle structure. Si l'on vient à produire une chaleur suffisante pour modifier la structure cristalline, le fonctionnement correct du transistor est compromis, c'est la raison pour laquelle il est expressément recommandé de n'appliquer de températures excessives ou de permettre que l'élément s'échauffe trop pendant le fonctionnement.

Le second facteur qui rend les transistors sensibles aux tensions appliquées est dû aux très petites dimensions de ces éléments et à leur possibilité très limitée de dissiper la chaleur.

Le courant du collecteur est important à ce point de vue, puisque celui-ci, traversant la haute résistance relative du collecteur, produit une certaine quantité de chaleur.

Si cette dernière, ajoutée à la température du milieu dans laquelle fonctionne le transistor, excède les limites de tolérance maxima, la conduction devient irrégulière. C'est la raison pour laquelle la dissipation maximum du collecteur est toujours spécifiée à une température ambiante donnée.

Si celle-ci est plus élevée que la température fixée, la valeur de la dissipation du collecteur doit être réduite d'autant.

La tension maximum sur le collecteur constitue également un facteur important, puisqu'une valeur trop élevée détermine un courant inverse de rupture. Ce phénomène est connu sous le nom d'effet Zener.

Ainsi, à cause de ces restrictions, la valeur et la polarité de toute tension appliquée au circuit doivent être examinées scrupuleusement. On vérifie d'abord si la tension ne dépasse pas la valeur limite, ensuite on contrôle la polarité avant d'effectuer le branchement final au circuit. Si on a des doutes au dernier moment, vérifier le type des transistors utilisés. Les types P-N-P exigent une tension négative au collecteur et une tension positive à l'émetteur, ces deux tensions considérées par rapport à la base. Dans les transistors N-P-N-, c'est exactement le contraire. Une méthode pratique pour rechercher la polarité correcte de la tension exigée par chaque type de transistor consiste à se reporter à la lettre du milieu des symboles N-P-N- ou P-N-P. Ainsi, pour le premier type où la lettre centrale est P, le collecteur exige une tension positive. De la même façon, la lettre centrale du second type est N, la tension à appliquer au collecteur doit être négative.

Les tensions et courants sont de valeurs très particulières et totalement différentes de celles des postes à lampes.

Au cours d'opération de contrôle ou de mise au point d'un appareil travaillant avec une tension assez élevée, opérez d'abord avec une tension basse, et n'appliquez la tension prévue que progressivement, en observant et mesurant les courants dans les différents circuits.

Remplacement d'un élément

Avant de remplacer un transistor, assurez-vous qu'il est du même type que celui qui est défectueux (P-N-P- ou N-P-N) et qu'il a le même sigle, ou que ses caractéristiques sont suffisamment voisines pour permettre un remplacement. Vérifier également que les jonctions correspondent bien aux précédentes, c'est-à-dire base à base, émetteur à émetteur, collecteur à collecteur. Si vous devez remplacer un élément de circuit, le modèle de remplacement doit présenter les mêmes valeurs et les mêmes caractéristiques que l'élément remplacé.

Si l'on ne possède pas le type exact de transistor, on peut, dans le cas d'un remplacement, lui substituer un type de caractéristiques voisines. Les tensions maximales ne doivent pas, bien entendu, être dépassées.

sées. Il est nécessaire, d'autre part, de choisir un nouveau transistor conçu pour le même emploi que l'original : changeur de fréquence, amplificateur MF, préamplificateur BF, etc.

Dans certains cas, il peut être utile de modifier les tensions de polarisation de base par rapport à l'émetteur afin de réduire le gain, le cas échéant, et de supprimer un accrochage. Un accrochage peut, par exemple, se manifester après le remplacement d'un transistor amplificateur moyenne fréquence par un transistor de gain plus élevé.

Si un nouveau transistor mélangeur se refuse à osciller dans le cas d'un transistor p-n-p réduire la valeur de sa résistance d'émetteur.

Avant de brancher la batterie au circuit, les différents transistors doivent être solidement fixés à leur place (soudure ou support). N'introduire ni enlever jamais un transistor quand les tensions sont appliquées au circuit.

Évitez tout court-circuit des fils de sortie sous tension, en particulier entre collecteur et base. Attention notamment aux pinces crocodiles qui peuvent provoquer un tel court-circuit.

Ces précautions ont pour but d'empêcher des variations momentanées de courant qui, si elles sont suffisamment importantes, peuvent détruire le transistor de façon irrémédiable. Pour éviter cet inconvénient, commencer toujours par couper l'alimentation. Si l'on a des craintes après une réparation ou lors de la mise en service d'une réalisation nouvelle, mettre un instrument de mesure dans le circuit du collecteur, et au moyen d'un potentiomètre, appliquer graduellement la tension à ce dernier. Si le courant du collecteur commence à dépasser la valeur maximum spécifiée, il est évident que le fonctionnement est anormal.

Si l'on désire effectuer des mesures de résistances, il est indispensable d'enlever les transistors de leurs supports pour deux raisons : tout d'abord les résistances entre les électrodes des transistors, assez faibles, fausseraient les mesures et de plus, on risque de détériorer les transistors par le courant de l'ohmmètre.

Pour tous ceux qui possèdent de l'expérience en matière de radio et de télévision, uniquement sur les circuits à lampes, toutes ces précautions peuvent sembler excessives. Il a été prouvé cependant qu'elles étaient nécessaires. Les transistors sont extrêmement sensibles à la température, et toutes les sources de chaleur, telles qu'un flux de courant, par exemple, doivent être observées attentivement.

Lorsque vous remplacez des capacités électrochimiques, respectez bien les polarités ; si vous les inversez par inadvertance, les types miniatures agiront comme court-circuit.

Si vous remplacez la batterie, respectez les polarités de la batterie précédente et ne dépassez pas la tension prescrite.

Ne changez pas la valeur des éléments utilisés, ou même la disposition du circuit, pour améliorer le rendement du récepteur, à moins que ces modifications aient été suggérées par le constructeur.

Le remplacement des différents éléments miniatures qui entrent dans la réalisation des circuits à transistors est souvent assez difficile par suite de la difficulté d'avoir à sa disposition un élément absolument identique à celui qui est défectueux.

On pourrait être tenté d'effectuer le remplacement par un élément d'un autre type très voisin. Cette méthode est possible lorsqu'il s'agit de poste à lampes, les résultats sont généralement très satisfaisants, même si les lampes ne sont pas exactement identiques. En effet, ces tubes fonctionnent par des tensions qui sont relativement élevées.

Il en est tout autrement lorsqu'il s'agit de transistors qui travaillent sous de faibles courants de quelques milliampères ou même de quelques microampères. On devra donc remplacer ces derniers par un transistor de même type et de même sigle, ou un autre modèle rigoureusement équivalent. Il en est de même pour la plupart des autres éléments. Supposons par exemple que le couplage de l'enroulement d'un transformateur MF soit coupé, ce qui entraîne son remplacement. L'impédance primaire de ce transformateur est de 100 k Ω . Dans l'impossibilité de vous procurer un transformateur identique, vous avez choisi un élément dont l'enroulement est semblable à celui du précédent, mais dont l'impédance est seulement de 75 k Ω .

Par suite de l'impédance plus basse, les courants alternatifs qui traversent l'enroulement augmentent. Il en résulte un déplacement du point de travail du transistor et une augmentation du courant. Le courant collecteur risque de dépasser les limites de dissipation autorisées, ce qui peut entraîner la détérioration du transistor.

De toutes façons le gain de l'étage aura diminué et, en conséquence, le rendement de l'appareil. Il en est de même pour les valeurs des résistances ou des capacités, leur modification entraînant un changement des conditions de travail.

Conclusion

Avant de changer un élément quelconque d'un circuit, il faut s'assurer que les caractéristiques du nouvel élément sont rigoureusement identiques à celles du précédent ainsi que ses dimensions. Cette nécessité est très importante dans les montages miniatures, non seulement parce que la place est excessivement réduite, mais aussi à cause de l'influence réciproque des éléments qui peut déterminer des inductions ou des couplages capacitifs.

Opérations de contrôle

Si vous contrôlez un transistor, ne dépassez pas la dissipation collecteur ou émetteur indiquée par le constructeur.

Si vous devez mettre un étage hors circuit pour le vérifier, ôtez le transistor. La méthode classique utilisée avec les postes à lampes et consistant à relier à la masse les grilles des tubes BF ne peut être em-

ployée. Dans le cas du circuit de sortie de la figure III-1 par exemple, l'étage final comprend un transistor P-N-P 2N278, la base est polarisée à 0,2 V par rapport à l'émetteur. En reliant cette base (remplaçant la grille) à la masse, la polarisation est égale à 11,2 V et le transistor est détérioré en quelques microsecondes ! Il est en conséquence indispensable, dans le cas d'un dépannage par signal tracing simplifié, de toucher la base d'étages BF avec une pointe métallique isolée de la masse.

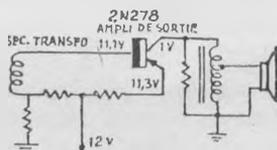
A l'entrée d'un étage driver BF, la sensibilité est suffisante pour qu'un ronflement ou un bruit soit audible en haut-parleur. Il est évidemment préférable d'attaquer l'entrée de l'étage par la sortie d'un générateur BF délivrant une tension de 2 à 3 V, après avoir disposé un condensateur en série.

Parmi les autres précautions, il faut citer la charge obligatoire du transistor de sortie. Les impédances d'entrée et de sortie sont en effet assez faibles, l'impédance collecteur-émetteur étant réduite par rapport à la résistance de charge de plaque.

Une augmentation importante de l'impédance de charge telle que celle qui pourrait se produire dans le cas du débranchement de la bobine mobile du haut-parleur provoque un accroissement dangereux de la tension collecteur. Si cette tension est supérieure à la tension maximum, le transistor est détérioré.

Si vous tenez à effectuer le remplacement d'un transistor d'un appareil en service, assurez-vous que le premier contact réalisé est celui de la base.

Fig. III-1



N'enlevez jamais une capacité ou une self sous tension ; le phénomène d'induction qui peut en résulter risque de produire une tension dangereuse qui risque d'endommager un transistor.

L'utilisation des appareils de contrôle

Une autre source de danger réside dans les appareils générateurs de signaux que les techniciens utilisent pour réparer les appareils de radio ou de télévision. Quand un signal est envoyé dans un circuit à transistors, il est conseillé de commencer par un signal de faible amplitude, augmentant ensuite progressivement la sortie du générateur afin d'obtenir la lecture désirée. Il ne faut jamais envoyer de signaux forts dans un circuit à transistors, surtout dans un étage à faible puissance. On conseille souvent de ne pas coupler directement le générateur. Par exemple, on relie avec une pince crocodile la borne « chaude » de sortie du générateur, au châssis, par une résistance ou un condensateur. Le signal

arrive alors au circuit par induction ou couplage capacitif. Ce système est très utilisé dans l'alignement des téléviseurs quand le signal « Marker » doit être introduit dans le circuit, sans altérer le signal du vobulateur.

On suggère encore un système d'application d'un signal consistant dans le branchement, à la sortie du générateur, d'une self. L'axe de celle-ci est modifié suivant l'intensité du signal désiré, ce dernier étant introduit par couplage inductif. Dans cette méthode, la self rayonnante doit être adaptée à son utilisation particulière ; on emploie une bobine à haute inductance pour les fréquences basses, et une à basse inductance, pour les fréquences élevées.

La sensibilité d'un transistor aux modifications de courant ne doit pas être négligée quand on doit utiliser un voltmètre pour le contrôle des tensions aux différents points d'un récepteur à transistors. A cause de la compacité de la réalisation, il est possible que la pointe de contact du « probe » vienne toucher accidentellement deux connexions voisines, quand le réparateur ne fait pas très attention, ou par suite d'un faux mouvement. Cette faute peut provoquer l'épuisement de la batterie, ou encore provoquer une variation imprévue de courant à travers le transistor, comme cela se produit, par exemple, quand la pointe vient toucher en même temps les sorties du collecteur et de l'émetteur. Nous insistons particulièrement sur cette recommandation, à cause de la facilité avec laquelle cet inconvénient se produit. Dans les circuits à lampes électroniques, une semblable inadvertance provoquerait la destruction d'un élément, mais rarement celle de la lampe même. Dans un circuit à transistor, au contraire, c'est ce dernier qui constitue le point le plus faible de tout l'ensemble, et pour cette raison, constitue la victime.

Il existe encore quelques précautions à observer dans l'utilisation des instruments de mesure avec des appareils de radio à transistors.

Quelques types d'ohmmètres utilisent des circuits qui nécessitent une batterie d'alimentation à l'intérieur de l'instrument. Avec certains appareils de ce type, la borne de couleur rouge a un potentiel négatif et la borne noire un potentiel positif. Le technicien doit avant tout contrôler son propre instrument pour rechercher la polarité des bornes. Ceci peut être facilement réalisé en branchant un voltmètre aux bornes de l'ohmmètre. Dans la mesure de circuits où la polarité des tensions est importante, comme ceux renfermant des condensateurs électrolytiques, le technicien doit connaître avec précision la polarité des bornes ou des pointes, et brancher celles-ci en conséquence. La pointe positive, qu'elle soit de couleur rouge ou noire, doit être reliée à la borne positive du condensateur électrolytique. Les transistors de ce récepteur ne sont pas en danger quand un ohmmètre est branché dans le circuit avec des polarités inversées, mais les condensateurs électrolytiques donnent une lecture erronée. Il est cependant important de ne pas employer un ohmmètre qui utilise une batterie dont la tension est supérieure à 3 V, parce que les transistors pourraient être endommagés par une tension excessive.

Instruments

La première chose à faire, pour pouvoir travailler sur des transistors, consiste sans doute dans l'acquisition des instruments spéciaux indispensables. Comme les transistors et les éléments qui leur sont associés possèdent des dimensions extrêmement réduites, l'outillage ordinaire ne paraît pas adapté à cette utilisation. Il est par suite nécessaire de se procurer différents types de pinces, plates, rondes, etc..., qui soient aussi petites que possible. Les tournevis, courts ou longs, devront avoir une tige étroite. Un autre outil extrêmement utile dans les opérations de soudure, facilement réalisable, consiste en une tige métallique d'une longueur de 20 cm environ, munie en son milieu d'une poignée isolante, et dont les extrémités sont chromées de manière que l'étain ne puisse y adhérer ; l'une est munie d'une brosse métallique pour le nettoyage des fils et des points de contact avant les soudures, tandis qu'on a donné à l'autre extrémité une forme telle qu'elle maintient côte à côte les fils pendant la soudure.

Une autre précaution exigée par les transistors consiste dans l'utilisation d'un fer à souder de petite puissance et de faible encombrement, ayant une pointe mince. Une puissance de l'ordre de 35 à 40 W est largement suffisante ; des fers à souder de plus grande puissance ou présentant une mauvaise dissipation thermique pourraient endommager le transistor pendant qu'on le soude au circuit. Le même type de fer à souder de faible puissance est nécessaire pour le câblage des circuits imprimés d'un récepteur à transistors. Même si le transistor n'est pas détérioré par un excès de chaleur ses caractéristiques risquent d'être modifiées. Il convient également de veiller à ce que la pointe du fer ne soit pas conductrice. Si le fer n'est pas mis à la masse, il peut se produire un court-circuit entre la pointe et l'enroulement de chauffage. Le mieux serait d'utiliser un fer à souder à basse tension alimenté par un transformateur de secteur.

Il existe des fers à souder miniatures alimentés par basse tension dont la pointe est généralement reliée à l'enroulement de chauffage. Il ne faut surtout pas brancher un tel fer sur l'alimentation du récepteur. On pourrait être tenté de le faire notamment en travaillant sur un récepteur voiture et en prélevant l'alimentation sur le récepteur. On risque alors de claquer les électrochimiques et les transistors du récepteur.

On pourra également avoir à sa disposition quelques brosses métalliques, un couteau coupant bien, une brosse dure en poils de chameau.

Dans le cas de circuits imprimés, on prévoira également une peinture conductrice à base d'argent et un dissolvant.

Opération de soudure

Les transistors peuvent être soudés directement par leurs extrémités flexibles. Bien que les transistors actuels soient moins sensibles à la chaleur que les premiers échantillons, il faut éviter de les chauffer trop

longuement, par exemple en les mettant par inadvertance en contact avec un fer à souder. Ce dernier sera d'un type miniature, de faible encombrement, et sa puissance ne dépassera pas une trentaine de watts pour que la chaleur rayonnée ne puisse endommager le transistor.

Au cours de l'opération de soudure, il est bon de tenir le fil avec une pince plate. La pince sert de radiateur thermique et évacue la chaleur avant qu'elle ne puisse atteindre le transistor.

Les fils ne doivent pas être pliés à moins de 1,5 mm et ils seront maintenus aussi longs que possible. L'opération doit être effectuée aussi rapidement que possible et la pince sera maintenue un certain temps après que le fer à souder ait été enlevé pour que toute la chaleur soit dissipée. Les fils de sortie sont très fragiles ; ne les tordez pas d'une manière excessive.

Dans certains cas, les transistors sont réalisés avec des fils de sortie suffisamment rigides, afin de permettre leur insertion dans un support spécial comparable à ceux qu'on utilise dans les lampes subminiatures. Dans cette éventualité, la fixation du transistor ne pose pas de problème et la seule précaution à observer est de le retirer du support avant de porter le fer à souder en contact avec l'une des broches du support. Les transistors peuvent être montés dans n'importe quelle position, ce qui constitue un avantage appréciable puisqu'il permet d'utiliser au mieux les petites dimensions d'encombrement.

Pour la soudure sur les supports, il est bon d'enlever auparavant les transistors. Dans tous les cas, il est préférable d'utiliser de la pâte à souder spéciale pour montages subminiatures. Les mêmes considérations concernant les précautions à prendre en ce qui concerne la température sont valables pour les résistances dont la puissance est inférieure à 0,25 W, les condensateurs électrolytiques, et généralement tous les éléments subminiatures, même mécaniques.

Les fils de connexion des transistors sont fragiles et il peut arriver que l'un de ceux-ci soit coupé. Si la section n'est pas immédiatement à la hauteur du boîtier, on peut essayer de refaire une connexion. Pour cela, on prend la partie sectionnée ou un fil ayant sensiblement la même longueur et le même diamètre, et à l'aide d'un fer à souder, on fixe une goutte de soudure à une extrémité. On applique ensuite les deux extrémités dans le prolongement l'une de l'autre, et on applique le fer à souder contre le fil, à quelques centimètres de la soudure, jusqu'à ce que celle-ci se mette à fondre. On enlève ensuite le fer en maintenant le fil, sans bouger, jusqu'à ce que la soudure soit fixée à nouveau.

En règle générale, évitez de soumettre les transistors à une température élevée qui ne soit pas absolument nécessaire pendant un temps prolongé, ou à une chaleur excessive.

Circuits imprimés

Il est rare que le circuit imprimé soit endommagé. Il s'agit le plus souvent d'un enroulement défectueux ou d'une mauvaise soudure.

En ce qui concerne cette dernière, il est souvent facile de la déceler en donnant de petits chocs, sur les différents éléments, avec le manche d'un petit tournevis.

Le remplacement d'un élément est beaucoup plus délicat.

Si l'élément en question comporte des fils de connexion assez longs, le problème sera largement facilité ; on sectionnera ces fils aussi près que possible de l'élément en question, sans toucher au circuit imprimé. Après avoir redressé les fils, on réalise une petite boucle à leur extrémité, ainsi qu'à celles du nouvel élément de remplacement coupées à la dimension convenable. La soudure est alors effectuée avec un petit fer (fig. III-2).

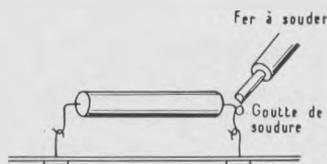


FIG. III-2

Si les fils de connexion sont trop courts, on tentera de couper l'élément avec un ciseau pour bénéficier de la section située à l'intérieur, après l'avoir séparée de la partie de l'élément dans laquelle elle est noyée.

Reste enfin le cas où il est absolument nécessaire de dessouder l'élément pour effectuer son remplacement. Pour cela, on utilisera un petit fer à souder et on chauffera la connexion sur le côté soudé du circuit. Agir aussi rapidement que possible et avec le minimum de chaleur. Dès qu'une connexion peut être soulevée, on passe à la suivante.

Dès que l'élément a été enlevé, on nettoie les points de connexion en faisant disparaître la soudure, à l'aide du fer à souder et d'une petite brosse métallique. On replace ensuite l'élément et on soude à nouveau en suivant les précautions déjà énumérées.

Dans toutes ces opérations, on ne devra jamais exercer une pression trop élevée sur le circuit pour enlever un élément afin de ne pas risquer d'endommager celui-ci, et ne pas trop le chauffer, ce qui risquerait de séparer de leur support les conducteurs imprimés.

Si, enfin, on se trouve en présence d'une interruption du circuit imprimé proprement dit, l'épaisseur des connexions n'étant que de quelques centièmes de millimètre, on utilisera une solution colloïdale d'argent, que l'on étale au pinceau, pour rétablir le conducteur imprimé interrompu. Cette opération sera précédée d'un nettoyage très soigné de la partie défectueuse et suivie de l'application de deux ou trois couches de vernis. On pourra également réaliser un pont en fil de faible section soudé très rapidement, avec un fer très léger, pour ne rien endommager.



Méthodes générales de recherche des pannes et de la mise au point d'un récepteur

Les causes de pannes les plus usuelles

Les anomalies de fonctionnement les plus usuelles sont dues à une alimentation incorrecte : contacts intermittents, par suite de corrosion, ou tension insuffisante. En règle générale, bien que le récepteur puisse souvent fonctionner sous une tension bien inférieure à la tension normale d'alimentation, il est conseillé de changer la pile lorsque sa tension a baissé aux trois quarts de sa valeur nominale, 80 % des pannes sont dues à une batterie défectueuse.

Les condensateurs électrochimiques sont la deuxième cause des pannes usuelles. Les postes à transistors sont équipés de nombreux condensateurs électrochimiques de forte capacité et de faible tension de service. La capacité de ces condensateurs décroît avec le temps et il en résulte souvent du motorboating, des oscillations parasites, une puissance de sortie réduite ou de la distorsion. On a pu constater que la capacité de certains condensateurs de couplage BF, de l'ordre de 2 à 5 μF , avait diminué jusqu'à 0,5 μF sur de vieux récepteurs. Les condensateurs électrochimiques de grande capacité sont rapidement détériorés lorsqu'une tension de polarité incorrecte est appliquée à leurs électrodes ou une tension de valeur supérieure à la tension de service.

La troisième cause de pannes est la coupure de circuits sur les plaquettes à circuits imprimés, généralement utilisées sur les récepteurs à transistors. Des soudures collées ont pu échapper au contrôle de fabrication.

Il est facile de déceler des contacts intermittents dus à une coupure de tels circuits en pliant légèrement la plaquette à circuits imprimés. Il suffit alors de souder un fil de cuivre assez fin entre les deux circuits. La soudure doit être rapide pour ne pas endommager la plaquette et effectuée de préférence avec un fer dont la puissance est inférieure à 50 watts. Il existe dans le commerce de petits fers du type « crayon » à panne très mince et de faible puissance.

Dans des conditions normales d'utilisation, les transistors provoquent rarement des anomalies de fonctionnement et moins de 1 % nécessitent un remplacement. Au moment du dépannage, il faut veiller à ne pas les

chauffer avec le fer à souder et à ne pas leur appliquer des tensions dangereuses en utilisant, par exemple, un ohmmètre avec pile de tension trop élevée.

Dans le cas où la panne ne serait pas due aux causes précitées, utiliser la partie ohmmètre d'un voltmètre électronique pour vérifier la conductibilité unilatérale des diodes constituées par l'ensemble base émetteur et base collecteur des transistors. Le rapport des résistances dans le sens de non-conduction et de conduction doit être de l'ordre de 100. Pour cette mesure, la tension de l'ohmmètre ne doit pas être supérieure à 3 V.

Il convient enfin de signaler l'effet de « vieillissement » du transistor. Cet effet, que l'on constate au bout de quelques centaines d'heures de fonctionnement, se traduit par un moins bon rendement du récepteur. Ce dernier a perdu en sensibilité et en puissance. Il ne s'agit pas là d'une panne et l'on doit, pour le moment, accepter le transistor avec ses qualités... et aussi, ses défauts.

Méthodes générales de recherche des pannes

Il existe plusieurs méthodes pour localiser la panne ou l'anomalie présentée par un récepteur, ces méthodes, plus ou moins rationnelles, pouvant se compléter les unes les autres.

I. — Examen général et méthode de remplacement

Avant de faire appel à des méthodes plus rationnelles, l'examen visuel des différents circuits s'impose. Ce contrôle préliminaire permet souvent de mettre en évidence une rupture quelconque, un élément brisé par suite d'un choc ou seulement endommagé, un défaut mécanique dans une commande d'accord ou de volume. L'examen des éléments révèle une résistance brûlée ou ayant subi une élévation excessive de température, ce qui peut se produire même dans les récepteurs à transistors. Ainsi, avec cette recherche préliminaire, il est possible d'identifier quelques pannes. Mais cette méthode est, dans la plupart des cas, insuffisante pour déterminer la panne ou l'élément défectueux.

On peut aussi procéder par la méthode de remplacement, c'est-à-dire enlever un élément suspect, et le remplacer par un autre, dont la qualité ne saurait être mise en doute. Cette méthode, qui peut se limiter à quelques éléments importants : transistors, condensateurs électrochimiques, est longue et fastidieuse, et ne permet pas un diagnostic sûr, si plusieurs éléments sont à la fois défectueux.

Il est donc préférable d'appliquer les méthodes plus rationnelles qui ont déjà fait leur preuve.

La batterie d'alimentation

La première opération doit être généralement et logiquement le contrôle de la batterie. En effet, une des pannes ou des anomalies de fonctionnement les plus courantes provient de la batterie épuisée ou à demi-épuisée.

La mesure de la tension d'une pile ne doit jamais se faire à vide mais obligatoirement en charge sur le récepteur fonctionnant à pleine puissance.

Pour effectuer ce contrôle, on applique la tension avec la batterie insérée, et on mesure la tension résultante, mais seulement après au moins cinq minutes de fonctionnement. Normalement, on utilise des batteries sèches, avec plusieurs éléments disposés en série, afin d'atteindre des tensions de 6 à 9 V, et quelquefois 12 V. Chaque élément fournit une différence de potentiel de 1,5 V, et pour être encore efficace, ne doit pas descendre en charge au-dessous de 1,3 V. Aussi une batterie de 6 V, pour être encore utilisable, ne doit pas indiquer une tension inférieure à 5,2 V. On peut, dans certains cas, descendre à une valeur inférieure, mais cependant, on peut déjà craindre des inconvénients aux tensions voisines de 5 V. L'augmentation de la résistance interne peut provoquer des couplages entre les différents étages et donner naissance à des déformations, au motor-boating ou à des oscillations perturbatrices.

De plus, le courant irrégulier donne lieu à du bruit de fond, le souffle augmente et la réception s'accompagne d'évanouissements. L'appareil a perdu en puissance et en sensibilité.

Le meilleur critère à observer pour le remplacement de la batterie est de considérer la pile hors d'usage quand une distorsion sensible du son disparaît avec une pile neuve. Le simple remplacement n'est pas toujours suffisant et peut induire en erreur si on n'est pas absolument certain de l'efficacité de la nouvelle. En effet, les piles ont une durée de conservation limitée, et peuvent s'épuiser en magasin.

Le remplacement de la pile devra être effectué en respectant les polarités observées pour la précédente. Le renversement des polarités peut provoquer la destruction des transistors et des autres éléments, tels que les condensateurs polarisés, fréquemment utilisés dans ces montages.

Les bornes de contact des éléments de pile et les connexions sont également à vérifier. Malgré la qualité des piles, de nombreux éléments, surtout de petites dimensions, ne restent pas complètement étanches au cours de leur service, et laissent suinter des sels parasites qui viennent attaquer les plaquettes de contact et même les fils de connexion, d'où des contacts défectueux, des bruits intermittents et même parfois coupure totale.

Le remède consiste à nettoyer complètement les parties endommagées, à éliminer et à couper les pièces métalliques corrodées, et à refaire s'il y a lieu, les soudures oxydées.

Mais, il y a une autre vérification rapide à effectuer et qui consiste à vérifier, comme dans un appareil à tubes, d'ailleurs, l'intensité du courant fourni par la batterie. Cette vérification est très facile à exécuter, puisque la batterie est reliée au moyen de fiches très faciles à démonter ; il suffit d'isoler une des fiches et de monter le contrôleur universel en série, de façon à ce qu'il joue le rôle de milliampèremètre en courant continu. Le récepteur n'est pas accordé sur une émission et le bouton de réglage de contrôle de volume est placé dans la position de minimum.

Si l'intensité du courant est très élevée et dépasse, par exemple, de 25 % la valeur normale, il doit y avoir un court-circuit plus ou moins franc dans le montage. S'il s'agit d'une intensité relativement grande, le court-circuit est plus franc ; c'est ce qui se produit par exemple, pour un condensateur électrochimique claqué.

Mesures des tensions

La méthode de dépannage statique, consistant à mesurer les tensions en différents points d'un circuit est utilisée sur les ensembles à transistors comme sur ceux à tubes. Lorsque ces tensions ne sont pas de valeurs correctes, on peut connaître rapidement l'élément à incriminer. Il faut toutefois tenir compte des caractéristiques particulières d'utilisation des transistors.

A cause des faibles tensions utilisées dans les appareils à transistors, il est nécessaire de les mesurer avec un voltmètre présentant une résistance interne élevée comme le voltmètre à lampe. Les courants dérivés dans l'appareil modifieraient la polarisation des électrodes et, en même temps, le point de fonctionnement du transistor.

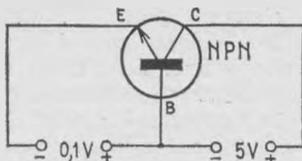


FIG. IV-1

Considérons le schéma de base du circuit d'alimentation d'un transistor NPN représenté à la figure IV-1. On peut constater que la tension collecteur est la plus positive et la tension émetteur la plus négative. La base est polarisée de telle manière qu'elle soit légèrement positive par rapport à l'émetteur et négative par rapport au collecteur. Dans un transistor de type PNP on rencontre les mêmes tensions, mais avec des polarités inversées comme on peut le constater en observant les schémas des autres figures dans lesquelles les deux types de transistors NPN et PNP sont comparés.

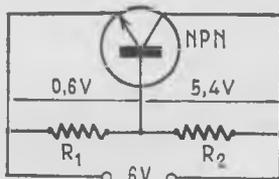


FIG. IV-2

En pratique, la tension d'alimentation est obtenue avec une seule pile comme le montre la figure IV-2 sur laquelle la tension de polarisation de base est obtenue au moyen d'un diviseur de tension constitué des deux résistances R_1 - R_2 dont les valeurs sont convenablement choisies.

Les tensions peuvent être mesurées par rapport à la masse. Cependant il faut remarquer que suivant les différents circuits, c'est soit le pôle positif, soit le pôle négatif qui est mis à la masse du châssis. Sur les récepteurs à modulation d'amplitude c'est très souvent le positif de l'alimentation qui est à la masse, alors que sur les récepteurs FM ou sur les récepteurs auto-radio, c'est généralement le négatif.

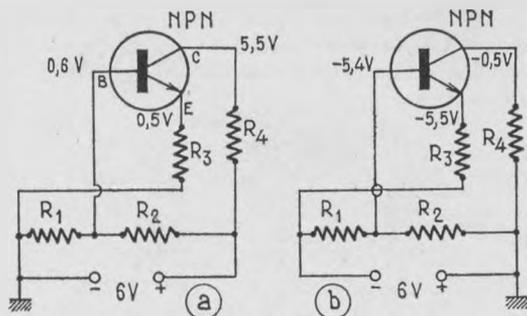


FIG. IV-3

Il est évident que suivant le type de circuit utilisé, les valeurs des tensions appliquées aux électrodes diffèrent considérablement. Cette remarque est illustrée par la figure IV-3 a qui représente un transistor NPN monté dans un circuit avec négatif à la masse et la figure IV-3 b où le même circuit est alimenté avec le positif à la masse. Les tensions mesurées en différents points diffèrent non seulement en valeur, mais encore en polarité. Dans le cas de la figure IV-3 a, en effet, la tension de collecteur est de + 5,5 V par rapport à la masse, alors qu'elle est de - 0,5 V dans le cas de la figure IV-3 b. La tension de base, toujours par rapport aux deux circuits, doit être respectivement de 0,6 V et de - 5,4 V et enfin, celle d'émetteur, de 0,5 V et de - 5,5 V.

Il est alors évident qu'avant d'effectuer toute mesure, il est indispensable de vérifier quelle est la polarité de l'alimentation qui se trouve à la masse.

Nous allons examiner successivement les effets que peuvent provoquer des coupures des circuits de base, d'émetteur et de collecteur sur les tensions mesurées sur les différentes électrodes d'un transistor.

Coupage dans le circuit de base d'un transistor

La figure IV-4 a représente le circuit d'un transistor de type NPN présentant une interruption dans le circuit de base.

Les valeurs qui ne sont pas entourées d'un cercle constituent les valeurs normales lorsque le circuit de base n'est pas coupé, alors que les valeurs entourées d'un cercle sont celles indiquées en présence d'une interruption du circuit de base.

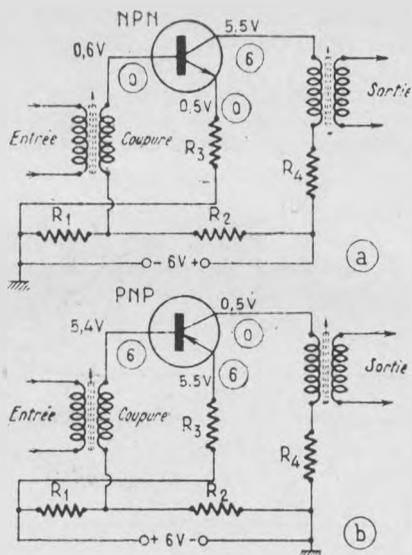


FIG. IV-4

Dans le premier cas, on remarque que la suppression de la tension de polarisation de base provoque une légère augmentation de la tension collecteur qui devient égale à celle d'alimentation. En effet, par suite de l'absence de tension de base, il ne circule plus de courant collecteur dans la résistance R_4 , et par suite aucune chute de tension. Pour la même raison il ne circule aucun courant dans R_1 , et on ne relève aucune tension sur l'émetteur.

Il en va différemment, avec un transistor PNP, comme on peut le voir sur le circuit de la figure IV-4 b, où l'alimentation s'effectue avec des polarités inversées. On peut voir, en effet, que si la tension de collecteur est nulle, les tensions de base et d'émetteur correspondent à la tension maximum d'alimentation de la pile, de + 6 V.

En effet, la tension de collecteur correspond à la chute de tension du courant collecteur traversant R_4 . Celle-ci est évidemment nulle car il n'y a plus de courant collecteur, le circuit de base étant ouvert.

La mesure de la tension de base, par rapport à la masse, dans les conditions normales de fonctionnement, est égale à la tension de la pile moins la chute de tension provoquée par la résistance R_1 . En l'absence de courant collecteur, cette chute ne se produit pas et on relève sur l'émetteur la valeur fournie par la pile. Une tension identique est relevée sur la base en raison de la faible résistance interne entre ces deux électrodes.

Coupure dans le circuit émetteur

La figure IV-5 a représente le circuit d'un transistor NPN qui offre une coupure dans le circuit émetteur. Comme le transistor n'est pas en état de conduction, il n'y a pas de courant collecteur et en conséquence pas de chute de tension dans R_4 . La tension mesurée sur le collecteur est la tension totale d'alimentation soit + 6 V par rapport à la masse. L'absence de courant dans R_3 fait augmenter légèrement la tension de base, 0,8 V au lieu de 0,6 V dans notre cas. Toujours par suite de la faible résistance interne du transistor, la tension d'émetteur est portée à la même valeur que la tension de base.

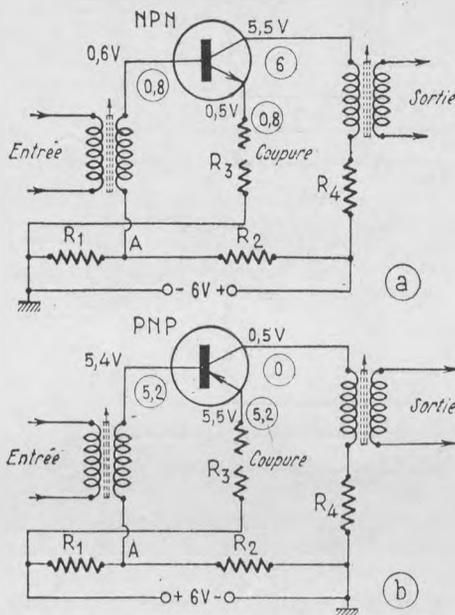


FIG. IV-5

Le circuit de la figure IV-5 b illustre le même cas que le précédent, mais avec un transistor PNP. La tension collecteur par rapport à la masse est nulle, aucune chute de tension ne se produisant dans R_4 , et la tension de base diminue légèrement (5,2 V au lieu de 5,4 V). En effet, comme dans le cas précédent, le faible courant qui traverse normalement R_3 cesse si le circuit émetteur est ouvert. Il en résulte une légère diminution de la tension au point A, donc de la tension de base qui devient moins positive. La même valeur de tension se retrouve sur l'émetteur.

Ainsi dans un transistor de type PNP, une interruption du circuit émetteur provoque une légère augmentation des tensions de base et d'émetteur et une tension nulle de collecteur.

Coupure du circuit collecteur

Cette anomalie est illustrée par les figures IV-6 a et b.

Dans les deux cas, qu'il s'agisse d'un transistor NPN ou PNP, les tensions d'émetteur et de collecteur ont les mêmes valeurs et les tensions de base sont légèrement modifiées.

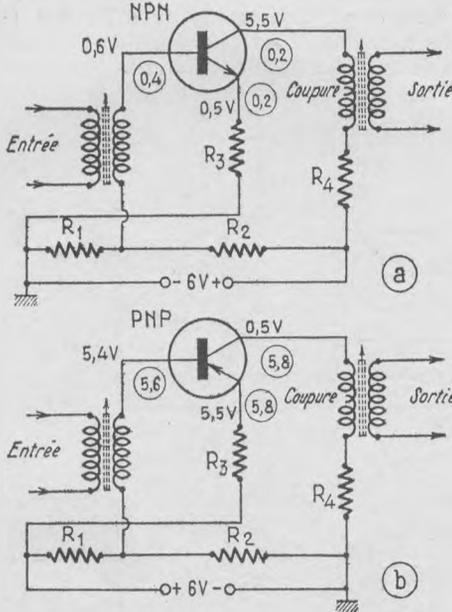


FIG. IV-6

En raison de la variation importante de la tension collecteur et de la faible variation des tensions base et émetteur, l'anomalie est facile à déceler.

Le tableau ci-dessous résume les remarques exposées ci-dessus. Le signe « + » indique une augmentation de la tension par rapport à la normale, le signe « - » une diminution. Zéro « 0 » indique une tension nulle.

Type de transistor	Circuit émetteur ouvert	Circuit de base ouvert	Circuit collecteur ouvert
NPN	émetteur +	émetteur 0	émetteur -
	base +	base 0	base -
	collecteur +	collecteur +	collecteur -
PNP	émetteur -	émetteur +	émetteur +
	base -	base +	base +
	collecteur 0	collecteur 0	collecteur +

Au moment de la mesure des tensions, on aura soin d'éviter les contacts entre le circuit examiné et la masse, particulièrement entre les circuits collecteur et masse ; un court-circuit pourrait mettre le transistor hors d'usage. Parfois l'opérateur, pour s'assurer qu'un fil est sous tension, provoque volontairement ce court-circuit qui se traduit par un crépitement dans le haut-parleur. Ce système est absolument à abandonner avec les récepteurs à transistors.

Comment effectuer la mesure des courants

Les courants dans un circuit à transistors peuvent être calculés en mesurant les chutes de tension aux bornes des résistances d'émetteur et en appliquant la loi d'Ohm.

Le courant initial doit être mesuré avec le curseur du potentiomètre de volume disposé au maximum de volume, le condensateur variable au minimum de capacité, et, en l'absence de signal. Les intensités respectives de chaque étage peuvent être différentes, même s'il s'agit de circuits identiques et de transistors de même sigle. Il faut, en conséquence, tenir compte de valeurs moyennes.

La figure IV-7 représente le schéma type d'un récepteur à transistors. Examinons la partie correspondant au changement de fréquence (fig. 7a). La tension E_1 , divisée par la résistance d'émetteur, indique l'intensité du courant émetteur de cet étage. Sa valeur moyenne est de 0,5 mA (0,4 à 0,6 mA).

Dans le cas d'un fonctionnement normal de l'étage convertisseur, le courant émetteur croît de 10 % de l'extrémité supérieure à l'extrémité inférieure de la gamme. Cette variation doit être linéaire.

La tension E_2 est de l'ordre de + 0,2 V (base positive par rapport à l'émetteur). Normalement, cette base est négative par rapport à l'émetteur, mais la tension positive indique que l'oscillation est correcte.

Sur la figure 7b, les étages amplificateurs moyenne fréquence et détecteur sont séparés. La tension E_3 , divisée par la résistance d'émetteur, indique le courant émetteur du premier étage amplificateur moyenne fréquence. Ce courant est de l'ordre de 0,5 mA en l'absence de signal d'entrée. Lorsqu'un signal d'entrée est appliqué, ce courant diminue d'intensité et la diminution est proportionnelle à l'amplitude du signal d'entrée. Si l'on constatait une augmentation de l'intensité avec l'amplitude du signal d'entrée, c'est que la diode détectrice et antifading aurait ses deux sorties inversées.

La tension E_4 doit être de l'ordre de 0,2 V avec la base négative par rapport à l'émetteur (transistor P-N-P sur le schéma).

La tension E_5 , divisée par la résistance d'émetteur, donne le courant émetteur du deuxième étage amplificateur moyenne fréquence. Sa valeur moyenne est de 1 mA (0,75 à 1,25 mA). Ce courant doit demeurer constant malgré les variations des signaux d'entrée.

La tension E_6 est de l'ordre de 0,2 V, avec base négative par rapport à l'émetteur.

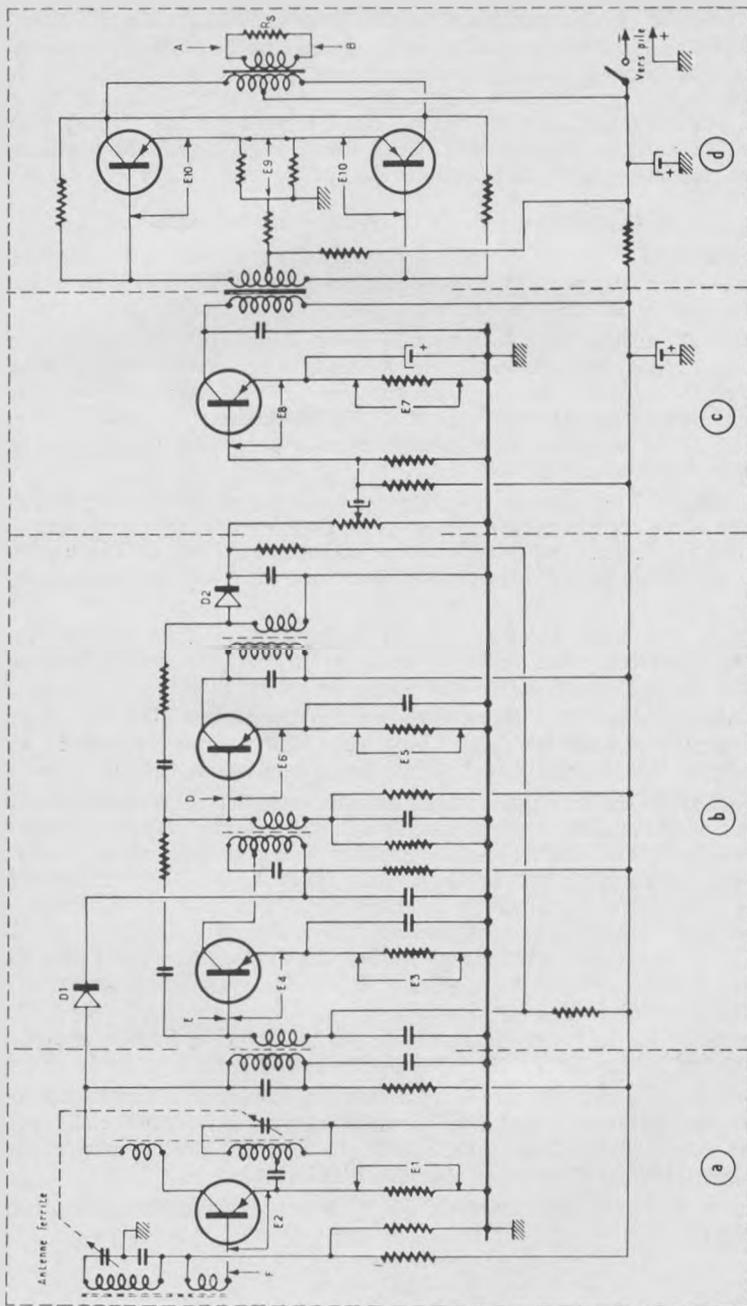


FIG. IV-7

L'étage driver est schématisé par la figure 7c. Le courant émetteur égal à E_e divisé par la résistance émetteur, est de l'ordre de 2 mA. La tension E_e est d'environ 0,2 V avec base négative par rapport à l'émetteur

La figure 7d correspond à l'étage de sortie push-pull classe B, avec deux résistances séparées d'émetteurs. Souvent une résistance commune est utilisée. La tension E_o , divisée par la résistance d'émetteur, indique le courant émetteur de l'étage correspondant. Ce courant est faible en l'absence de signal et croît avec le volume sonore. La tension E_{o0} est d'environ 0,2 V, avec base négative par rapport à l'émetteur.

De nombreux constructeurs indiquent la puissance de sortie sans distorsion et la puissance modulée maximum de leurs récepteurs. Le premier cas correspond à la puissance maximum à partir de laquelle se produit l'écrêtage des pointes positives et négatives.

Pour vérifier cette puissance, déconnecter le haut-parleur et mesurer la résistance en continu de la bobine mobile (R_s). Relier le secondaire du transformateur de sortie à une résistance de même valeur R_s .

Brancher ensuite un oscilloscope et un voltmètre électronique aux bornes de R_s (points A et B). Après avoir relié la sortie d'un générateur MF par l'intermédiaire d'un condensateur de 2 à 10 μ F, au point C, appliquer en signal de 400 Hz et lire la tension alternative correspondant au début de l'écrêtage et la tension de sortie correspondant au maximum de puissance modulée. L'application de la loi d'Ohm permet de connaître les puissances de sortie dans les deux cas.

La méthode consistant dans la mesure des courants et des tensions permet habituellement de localiser un élément défectueux. Cependant, dans certains cas, la lecture d'une tension peut ne pas être affectée par un tel élément.

Vérification du réseau de polarisation

Il est toujours intéressant de mesurer la chute de tension entre les bornes d'une résistance parcourue par un courant. Cette mesure renseigne sur la valeur de ce dernier et permet de localiser un fonctionnement défectueux.

Voyez le schéma d'un récepteur type tel qu'il est représenté à la figure IV-8. On y remarque les valeurs de tensions que l'on doit trouver aux points principaux du circuit et également les chutes de tension que l'on doit normalement mesurer aux bornes des résistances de polarisation.

Une valeur différente indique que le courant qui circule dans l'étage ne correspond pas à la valeur prescrite lorsque la polarisation est convenable.

La raison de cette différence réside dans un élément défectueux, y compris le transistor. Toute différence sensible entre la chute mesurée et la valeur indiquée indiquera donc un étage défectueux. On vérifiera alors la tension de la batterie, puis, si celle-ci est normale, le transistor.

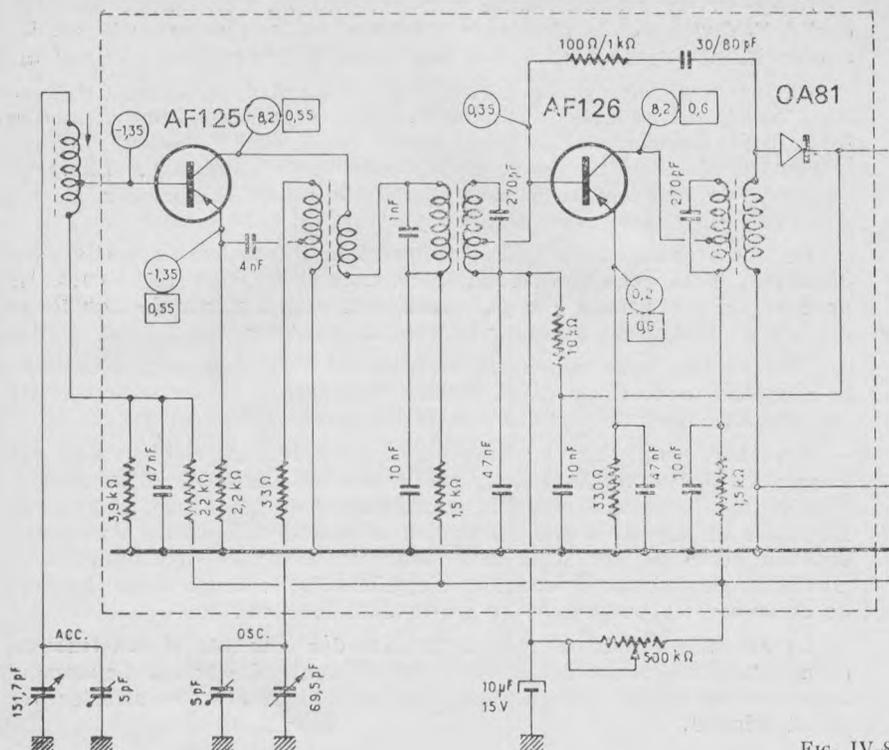


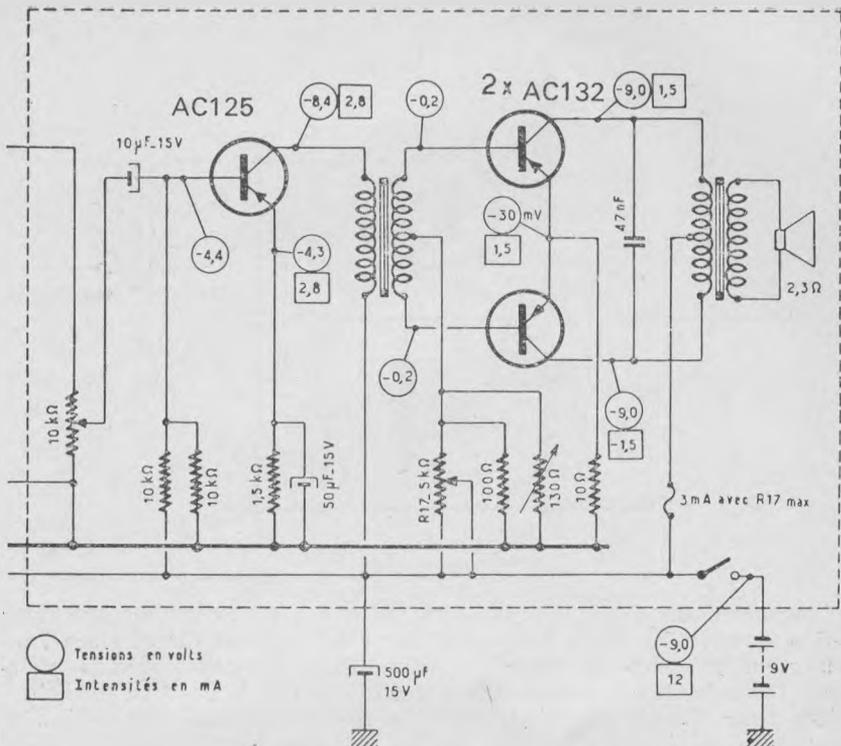
FIG. IV-8

Le remplacement de ce dernier par un type normal ramène une chute normale ou ne change rien. Dans le deuxième cas, le transistor n'est pas à incriminer et il convient alors de contrôler le réseau de polarisation.

Mesure des résistances

Si on utilise un ohmmètre pour vérifier la continuité ou la résistance des circuits, il est nécessaire de prendre une précaution avant de commencer les mesures. Il est nécessaire de connaître exactement la tension et la polarité qu'on appliquera au circuit examiné et, en conséquence, il faudra contrôler la pile de l'ohmmètre. Par exemple, en se reportant à la figure IV-9, si on place un ohmmètre dans le circuit émetteur, sur la résistance $R = 1 \text{ k}\Omega$, le condensateur $C = 50 \text{ }\mu\text{F}$ peut être en danger si la tension de la pile de l'ohmmètre est supérieure à la tension d'essai du condensateur électrolytique, généralement assez basse et dans ce cas de 3 V seulement.

Il en serait de même si la tension fournie par l'ohmmètre, même si elle était inférieure à la tension d'essai du condensateur, était appli-



quée en sens inverse de la polarité du condensateur, provoquant un courant inverse trop élevé. La même observation est valable pour les transistors. De nombreux types HF ne supportent pas plus de 12 V au collecteur. Le passage à l'ohmmètre peut les détruire ou tout au moins les modifier gravement si la tension est trop élevée. Les condensateurs électrolytiques utilisés dans les radiorécepteurs à transistors, tels que ceux de 2 μ F et 50 μ F de la figure IV-9, sont presque toujours du type à grande capacité et à faible tension. On évitera l'utilisation d'un appareil de vérification susceptible d'appliquer une tension trop élevée. On sait que le transistor peut être considéré constitué de deux diodes montées en opposition. Il en résulte que les mesures de résistances seront différentes suivant que les transistors seront placés sur leur support ou qu'ils auront été auparavant enlevés. Si l'ohmmètre est placé sur la résistance $R = 1,5 \text{ k}\Omega$ de la figure IV-9, le pôle négatif étant à la base, la présence de la diode base-émetteur modifiera la mesure. En effet, la diode-émetteur est en sens direct, ce qui porte donc $R = 1 \text{ k}\Omega$ en parallèle avec $R = 1,5 \text{ k}\Omega$.

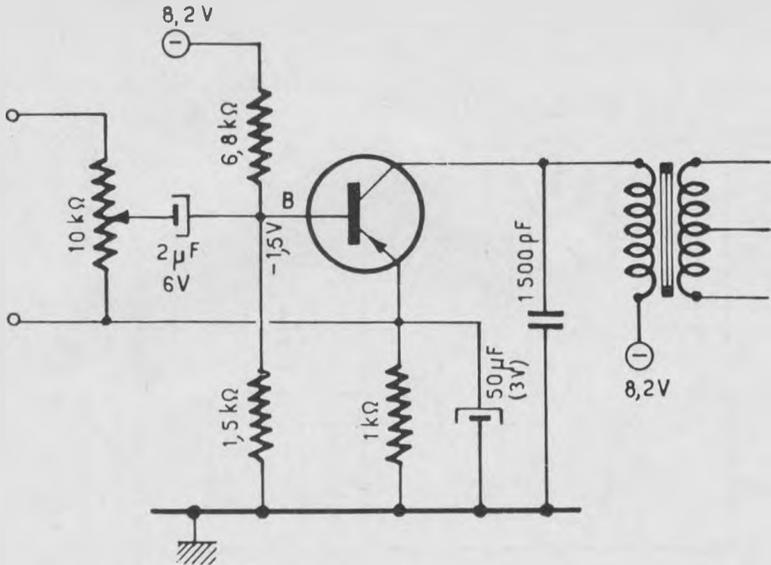


Fig. IV-9

De même, un ohmmètre placé sur $R = 6,8 \text{ k}\Omega$ donnerait une indication erronée. La diode base-collecteur étant en sens direct place l'enroulement primaire du transformateur BF en parallèle avec la résistance mesurée. Il est donc nécessaire d'invertir la position de l'ohmmètre pour obtenir la valeur correcte des résistances considérées. Il est encore préférable d'enlever tous les transistors avant d'effectuer les mesures des résistances. Cette opération est facile, un peu plus délicate si ceux-ci sont soudés, mais en tous les cas, il est possible de procéder de la façon suivante. Il est nécessaire de bien repérer, en enlevant les transistors, leur position sur leur support et de les replacer ensuite exactement dans cette même position. A titre d'exemple, considérons le récepteur représenté à la figure IV-10 et l'étage préamplificateur BF de la figure IV-9 extrait de ce récepteur ; les différentes mesures des résistances entre l'émetteur, la base ou le collecteur d'un côté et la masse de l'autre sont reportées dans le tableau suivant les différents cas :

- 1° Tous les transistors enlevés, le pôle positif de l'ohmmètre à la masse du châssis ;
- 2° Tous les transistors en place, le pôle négatif de l'ohmmètre à la masse ;
- 3° Tous les transistors en place, excepté celui de l'étage considéré ; pôle négatif au châssis ;
- 4° Tous les transistors en place, excepté celui de l'étage considéré ; pôle négatif au châssis ;

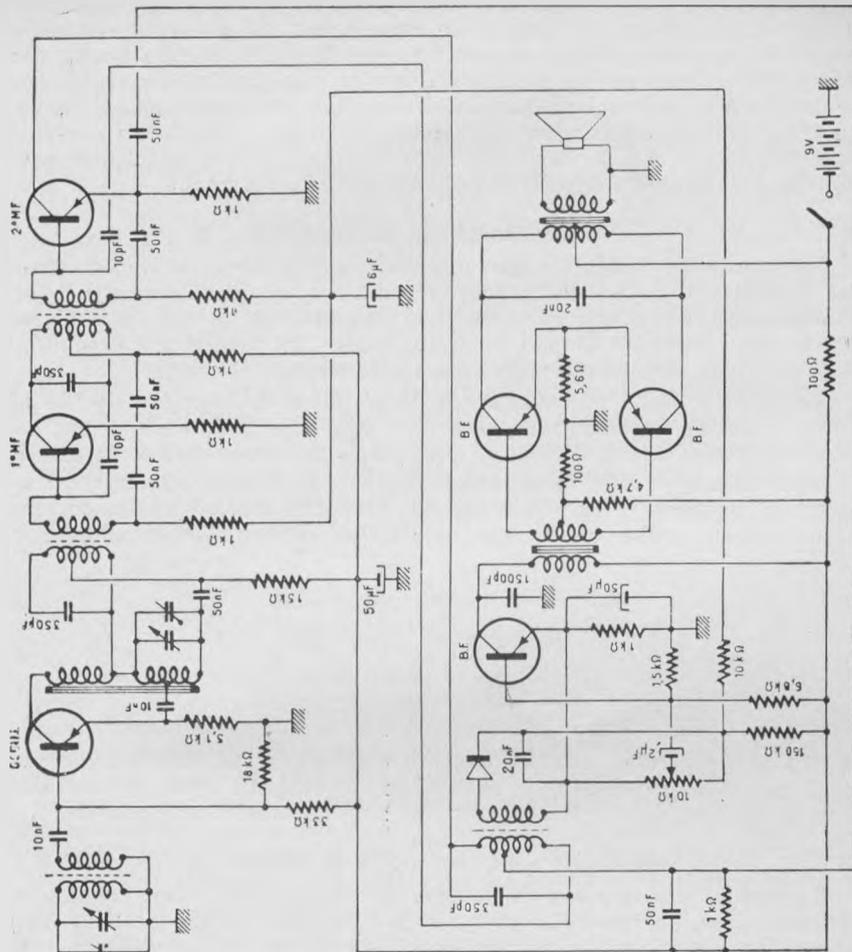


FIG. IV-10

5° Tous les transistors ; polarité de l'ohmmètre indifférente.

Cas	1	2	3	4	5
Emetteur	900	460	900	930	960
Base	600	1 220	1 270	1 220	1 300
Collecteur	2 420	480	3 000	1 100	3 500

L'utilisation d'un générateur dans un circuit à transistors constitue également un danger. Il convient de commencer par un signal de faible amplitude et on augmente progressivement la puissance de sortie. De toutes façons, on ne doit jamais utiliser de signaux forts, on utilisera de préférence le couplage par induction, soit en réunissant la sortie du générateur au châssis, par une pince crocodile, à l'aide d'un circuit comprenant une résistance ou un condensateur, ou encore utiliser un self que l'on couplera avec le circuit d'accord du récepteur.

Vérification rapide des capacités

Une réception faible est souvent due à une diminution de la valeur des capacités. Cette anomalie peut être décelée très rapidement à l'aide d'un appareil très simple constitué d'un condensateur de quelques microfarads aux extrémités duquel est fixée, d'une part, une pince crocodile, et d'autre part, une pointe métallique isolée servant de probe.

Le contrôle des condensateurs de découplage est simple. On fixe la pince crocodile au châssis du récepteur et avec la pointe du probe, on touche l'extrémité des différents condensateurs non reliée à la masse.

Si le volume de sortie augmente lorsqu'on opère ainsi, sur un condensateur, c'est que la valeur de la capacité est insuffisante. En effet, en touchant avec le probe, on dispose la capacité de contrôle en shunt sur

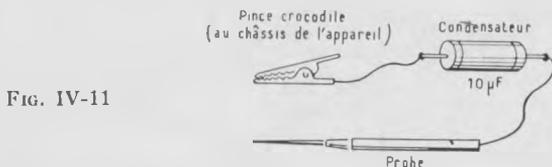


FIG. IV-11

la capacité contrôlée, et on augmente d'autant la capacité en circuit. La figure IV-11 représente la réalisation de ce petit système très efficace. On peut également utiliser les boîtes de capacités (voir chapitre II).

Méthode du signal tracing ou du générateur

La mesure des tensions de polarisation et le contrôle des valeurs de résistances ou de capacités ne suffit pas toujours pour localiser une panne dans un récepteur à transistors. Nous avons vu, par ailleurs, que la méthode dite de remplacement était longue et fastidieuse. Il est parfois difficile et délicat de dessouder un transistor ou un élément miniature douteux pour en effectuer la vérification. Il convient alors de recourir à la recherche directe au signal tracing et procéder au contrôle de chaque étage.

La méthode du signal tracing est la même que dans le cas d'un poste classique à lampes. On injecte dans l'antenne un signal HF modulé et avec le probe BF on passe successivement de l'étage final (en insérant le probe entre base et masse) jusqu'au détecteur, ou inversement. Ensuite, avec le probe HF on contrôle les étages MF. La sortie d'un générateur HF

est reliée d'abord au point D par l'intermédiaire d'une résistance de 100 k Ω . Le générateur est accordé sur la moyenne fréquence du récepteur et son amplitude est réglée à une valeur inférieure au seuil d'écrêtage. La porteuse MF est modulée par un signal BF. On peut alors aligner le dernier transformateur MF si cette opération est nécessaire.

On applique ensuite le signal de sortie du générateur au point E et l'on doit constater un certain gain : l'amplitude des tensions de sortie du générateur doit être réduite pour obtenir la même puissance de sortie. Aligner éventuellement le deuxième transformateur moyenne fréquence.

Procéder de la même manière en appliquant le signal de sortie du générateur au point F. On doit constater un certain gain de l'étage. Aligner éventuellement le premier transformateur MF.

Le moment est venu, ensuite, d'aligner la commande unique selon les indications du constructeur en transmettant le signal HF modulé à l'entrée du récepteur par l'intermédiaire d'une boucle couplée au cadre.

L'opération de contrôle au signal-tracing peut s'effectuer en partant de l'étage final ou du premier étage, selon la commodité de l'opération.

Nous allons examiner, pour chaque étage, les principaux symptômes capables de faciliter les recherches.

Contrôle pratique sur un récepteur

Principaux points de contrôle

Le schéma de la figure IV-12 représente le circuit d'un récepteur superhétérodyne classique à transistors. Si son fonctionnement est mauvais, il est facile de localiser l'étage défectueux en utilisant un signal tracing ou un générateur de signaux. Pour opérer avec méthode, dans le minimum de temps, nous avons porté sur le schéma différents points où devront être injectés les signaux. Ces points sont marqués de A à G et les opérations successives doivent s'effectuer de préférence dans l'ordre alphabétique des lettres, et non dans l'ordre successif des étages. Le premier point à considérer A se trouve à l'entrée du volume contrôle qui succède à l'étage détecteur.

Disposons, en ce point, le probe du signal-tracing BF. Si nous percevons un signal, c'est que la panne se situe entre cet endroit et le haut-parleur, c'est-à-dire qu'elle intéresse les étages basse-fréquence. Si, au contraire, aucun signal n'est prélevé, c'est que la panne se trouve entre le circuit d'antenne et le détecteur. A partir du point A, les autres points de vérification sont B, C, D, après détection et E, F, G, H, avant cet étage. On peut ainsi déterminer très rapidement dans quelle partie du récepteur se situe le défaut.

Bien entendu, lorsqu'on injecte un signal aux différents points de contrôle, il est nécessaire de tenir compte des impédances du circuit, et d'utiliser l'impédance du générateur convenable.

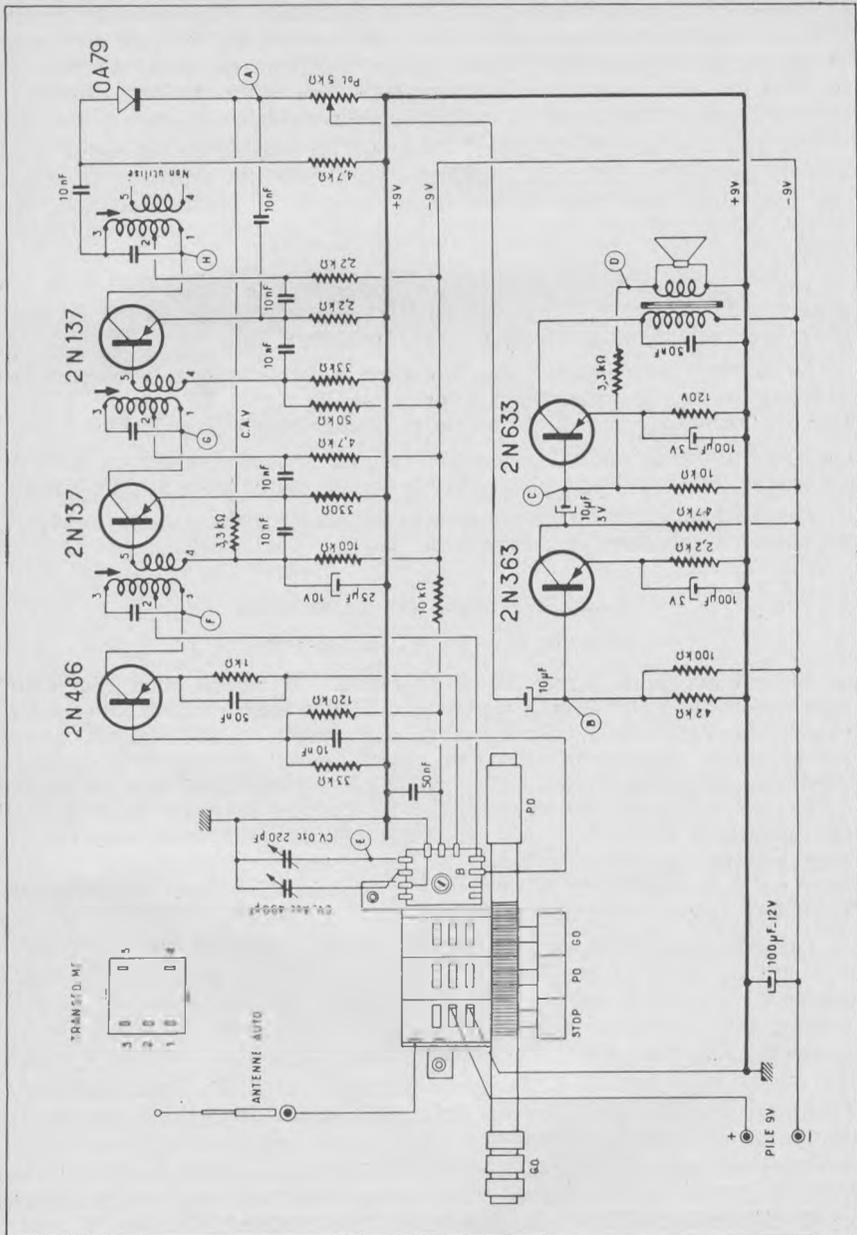


FIG. IV-12

Aux points A, B et C, on utilisera une fréquence de 400 ou 1 000 Hz. Aux points E, F, G, le générateur sera réglé sur la fréquence intermédiaire (MF) du récepteur, soit 450 Hz environ, avec une modulation de 400 Hz.

Quant au point D, le signal injecté correspondra à une fréquence de la gamme d'accord du récepteur.

L'injecteur de signal

L'analyse dynamique consiste à appliquer progressivement un signal simulé ou d'essai pour vérifier réellement la réponse de chaque étage de l'appareil en panne. Ceci exige de pouvoir disposer d'une source de signaux adéquate, de dimensions réduites, délivrant un signal d'essai tant en HF qu'en BF. En plaçant la pointe de l'injecteur en différents points du circuit, comme nous le verrons plus loin, les signaux sont audibles dans le haut-parleur de l'appareil soumis au contrôle.

L'injecteur se compose de deux transistors en montage multivibrateur, disposés sur un petit circuit imprimé, et alimentés par une pile sèche de 1,5 V, dont la très faible consommation fait que sa durée de vie dépend plus de la qualité propre de la pile que de sa capacité, et permet de très longues périodes de travail et de repos. La forme d'onde délivrée se caractérise par une grande richesse d'harmoniques. La fréquence fondamentale, d'environ 4 kHz, permet la vérification des circuits BF. Les harmoniques, délivrées simultanément, permettent d'atteindre des fréquences supérieures à 20 MHz, servant à tester les circuits à fréquence intermédiaire, onde moyenne et onde courte. L'injection du signal peut être réalisée, par conséquent, sur n'importe quel étage d'un récepteur, depuis l'antenne jusqu'au haut-parleur, par une simple pression sur le bouton du poussoir, sans aucune nécessité de choisir ou de changer de gammes de fréquences sur l'injecteur. La forme de l'appareil permet l'injection du signal aux points les plus inaccessibles d'un câblage, et une application sûre et précise dans les circuits miniaturisés.

Description du circuit

Celui-ci est représenté à la figure IV-13. Comme on peut le voir, il s'agit d'un multivibrateur classique à 2 transistors, qui consiste essen-

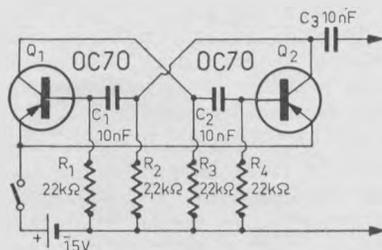


FIG. IV-13

tiellement en deux étages amplificateurs à couplage par résistance capacité, et dans lequel on a ajouté un condensateur de couplage entre le collecteur du transistor de sortie et la base du transistor d'entrée. De cette façon, on obtient une réaction positive qui donne naissance à des oscillations. La fréquence fondamentale de l'oscillation est déterminée par la constante RC des circuits, et pour les valeurs du schéma, elle est de l'ordre de 4 000 Hz. Cette fréquence se maintient quasi constante pendant tout le temps de la durée utile de la pile, et augmente légèrement à mesure que celle-ci s'épuise. De la même façon, la fréquence fondamentale diminue quand on augmente la tension d'alimentation, et bien que cet injecteur ait été conçu pour utiliser une pile de 1,5 V, en raison de ses dimensions réduites, qui facilitent son emploi et son transport, il peut fonctionner parfaitement aux tensions d'alimentation plus élevées, par exemple avec des piles de 4,5 V ou de 9 V, dans les cas qui exigeront une meilleure amplitude du signal, tandis que la tension minimum pour le maintien des oscillations est de 0,15 V.

La relation existant entre la tension d'alimentation et la fréquence fondamentale est la suivante :

Alimentation	Fréquence
0,2 V	12 kHz
0,5 V	5,5 kHz
1 V	4,4 kHz
1,5 V	4 kHz
4,5 V	3,74 kHz
9 V	3,6 kHz

Utilisation de l'injecteur de signal

C'est dans le dépannage des récepteurs à transistors que l'injecteur de signal rendra les plus grands services. La méthode la plus simple consiste à promener la pointe de touche aux différents points d'un récepteur comme nous allons le voir plus loin, le fil de masse étant relié à la masse du récepteur. A chaque contact, on doit entendre le son du signal dans le haut-parleur. Dans le cas contraire, c'est que l'étage contrôlé est défectueux. L'opération de contrôle s'effectue de préférence en partant de l'étage final et en remontant vers le premier étage.

Le schéma de la figure IV-14 représente le circuit d'un récepteur superhétérodyne classique à transistors. Si son fonctionnement est mauvais, il est facile de localiser l'étage défectueux en utilisant l'injecteur de signaux. Ces points sont numérotés de 1 à 16, et les opérations successives doivent s'effectuer dans cet ordre.

Prendre le signal-tester et comme première opération, toucher le point 1, à l'une des extrémités de l'enroulement secondaire. Si le haut-parleur reproduit un son très faible, on peut déduire que celui-ci fonctionne correctement. Portons alors la pointe aux points 2 et 3.

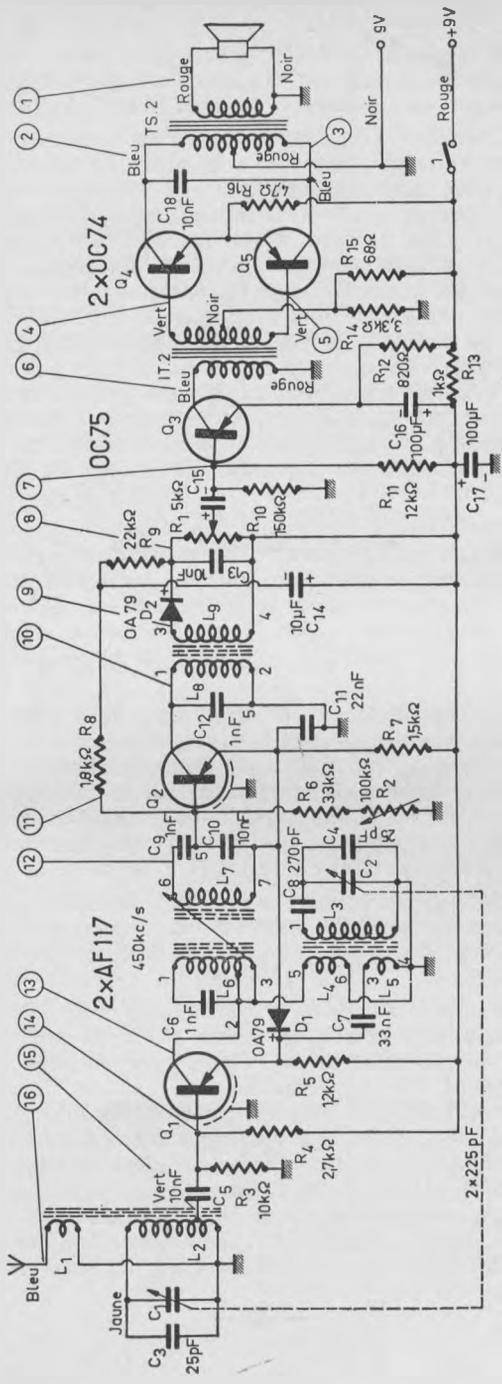


Fig. IV-14

Si le signal est faible, le transformateur est en bon état ; si le signal est très faible ou totalement inexistant, c'est que celui-ci a un enroulement coupé. Avec un ohmmètre, on localisera le point défectueux.

Ensuite, on touche la base d'un des deux transistors du push-pull final (opération 4). Si le son est reproduit de manière appréciable par le haut-parleur, ceci implique que le transistor fonctionne correctement. Passer alors au point 5. Si le signal est identique en puissance et tonalité au premier, il ressort que l'ensemble de l'étage fonctionne normalement. Si, au contraire, on enregistre un signal faible ou même imperceptible, il est probable que l'enroulement secondaire du transformateur driver est coupé, ou bien que le transistor est inefficace. Appuyer alors au point 6, la pointe du signal tester sur le collecteur du transistor driver. Le signal perçu dans le haut-parleur devra avoir une puissance supérieure à celle obtenue précédemment. En effet, dans ce cas, le signal injecté dans le primaire du transformateur est amplifié par celui-ci et par le push-pull. Si le signal est plus faible, au contraire, c'est probablement par suite d'une coupure de l'enroulement primaire.

Disposons maintenant la pointe de l'injecteur sur la base du transistor driver, au point 7, bouton de volume au maximum. Le signal doit alors augmenter d'intensité dans le haut-parleur. Dans le cas contraire, il faut admettre que le transistor est défectueux ou qu'il ne reçoit pas les tensions nécessaires, par suite d'une coupure du circuit imprimé, par exemple, ou par la présence d'un élément défaillant.

Poursuivons notre examen en appliquant la pointe à l'entrée du potentiomètre de volume (8), celui-ci étant placé sur la position de gain maximum. Le son obtenu dans le haut-parleur doit varier d'intensité en tournant le bouton de commande. Si le son est très faible, on peut présumer que le potentiomètre est coupé, ou encore que le condensateur de couplage est défectueux ou dessoudé. Là encore, l'usage de l'ohmmètre permettra de trouver la cause de cette anomalie.

La vérification de la section amplificatrice basse fréquence étant terminée, on passe ensuite à l'examen des étages de fréquence intermédiaire, puis des étages haute fréquence, toujours avec le bouton de volume au maximum.

La touche disposée au point 9 permet de contrôler le fonctionnement de la diode détectrice ; au point 10, à la sortie du collecteur de Q_2 , celui du transformateur de l'étage intermédiaire. Le signal dans le haut-parleur doit être appréciable. On constate alors une variation de la tonalité ; ceci est tout à fait normal et confirme le parfait fonctionnement de l'étage. Si le haut-parleur est muet, au contraire, il faut incriminer la diode ou le transformateur. Poursuivant nos investigations, le point 11, par de forts sifflements, nous assure du bon fonctionnement de Q_2 , les points 12 et 13 de celui du premier étage FI. Au premier, on devra recueillir un signal fort avec sifflements, et au second, un signal fort. Le son doit devenir de plus en plus puissant,

chaque fois que l'on saute un étage. Il ne nous reste plus qu'à procéder à l'examen de l'étage convertisseur et du circuit d'accord. Pour cela, on touchera d'abord, en 14, la base du transistor Q₁. Si l'on observe encore dans ce cas un son très fort avec sifflements, et que le récepteur est cependant muet, il faut incriminer l'oscillateur ou le circuit d'entrée. Ce dernier peut être vérifié aux points 15 et 16. Si le son est toujours très fort, la seule vérification à effectuer est le contrôle de l'oscillation. Une panne courante d'un superhétérodyne est, en effet, l'absence d'oscillations sur une ou toutes les gammes. Il n'est malheureusement pas facile de vérifier les conditions de fonctionnement d'un étage oscillateur, alors qu'il suffit, dans le cas d'un poste à lampes, de mesurer le courant de la résistance de grille oscillatrice. Le courant d'un transistor est pratiquement le même qu'il oscille ou non ; il est donc nécessaire d'appliquer une méthode de vérification différente de celle des lampes que nous verrons plus loin. Il suffira probablement, toutefois, de s'assurer que les connexions de la bobine oscillatrice ne sont pas dessoudées, ou que cette dernière n'est pas coupée. Dans la négative, il y a sans doute lieu d'incriminer le transistor.

Circuit de contrôle C.A.G.

Les deux méthodes les plus employées consistent à faire varier, soit le courant de l'émetteur, soit la tension du collecteur.

Dans les deux cas, un courant est indispensable. Avec les amplificateurs à tubes, la puissance de contrôle nécessaire est infime parce que la tension de contrôle est envoyée à la grille d'une lampe, et que cette électrode, négative par rapport à la cathode, est traversée par un courant presque nul. Par contre, un transistor est un système à courant et, avec ce dernier, il faut prélever sur l'étage de contrôle un courant assez important, ce qui entraîne une perte indiscutable de la puissance de sortie.

La tension de contrôle est presque toujours prélevée à la sortie de l'usage détecteur. Cette tension présente, dans les récepteurs à transistors, une différence essentielle suivant que les étages HF et MF sont équipés de transistors NPN ou PNP. Dans le cas de NPN la tension est négative, tandis que dans celui de PNP, celle-ci est positive. Les variations de la tension C.A.G. suivant la force des signaux reçus par le récepteur peuvent être mises en évidence avec un voltmètre à lampe. Cette mesure constitue une autre méthode rapide de vérification d'un récepteur jusqu'à l'étage détecteur compris.

Étage convertisseur ou changeur de fréquence AM

L'étage changeur de fréquence à transistors diffère peu du montage classique correspondant à lampe triode. Dans le montage à lampe, on utilise généralement une triode heptode, le premier élément servant d'oscillateur et le second de modulateur. On peut également utiliser deux lampes séparées remplissant chacune l'une de ces fonctions.

Il est toutefois possible de réaliser le changement de fréquence avec un seul tube triode en utilisant comme électrode de sortie l'une des électrodes de la partie oscillatrice en montant en série l'un des bobinages oscillateurs et le primaire du premier transformateur MF.

Nous rencontrerons de même, dans les montages à transistors, des étages changeurs de fréquence où un seul transistor remplira les deux fonctions, d'autres où ces fonctions seront remplies par deux transistors distincts.

Le principe reste le même : une fraction des tensions amplifiées par le circuit est réinjectée à l'entrée.

Le schéma de principe d'un transistor monté en oscillateur local est donné à la figure IV-15. L'enroulement disposé dans le circuit de sortie du transistor, c'est-à-dire dans le circuit collecteur, n'est pas accordé. Ce bobinage est couplé inductivement au circuit oscillateur accordé et les tensions induites dans ce circuit sont renvoyées sur l'émetteur par la capacité c . L'emplacement de la prise sur le bobinage détermine le taux de la réaction qui est appliquée en phase.

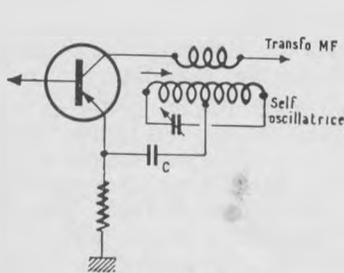


FIG. IV-15

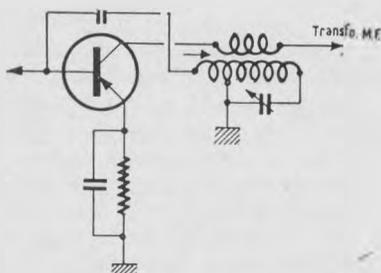


FIG. IV-16

La tension peut également être injectée dans le circuit de base. Ce circuit représenté figure IV-16 diffère peu du précédent. Il faut toutefois remarquer que dans ce cas, les tensions réinjectées sont en opposition. Il est nécessaire de découpler la résistance d'émetteur ainsi que le primaire du transformateur MF.

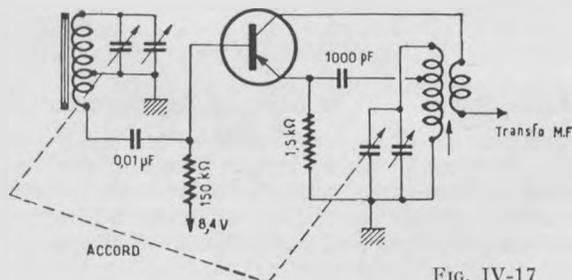


FIG. IV-17

La fig. IV-17 donne le schéma d'un étage convertisseur à transistor unique avec réinjection sur le circuit émetteur. Cet étage est équipé d'un transistor NPN 2N172 ; on le rencontre souvent dans les appareils d'origine américaine.

Un étage basé sur le même principe, équipé d'un seul transistor AF125 qui donne à la figure IV-18. Les bobinages sont plus difficiles à mettre au point que lorsqu'on opère avec deux transistors, mais les résultats sont pratiquement identiques. La résistance de 18Ω insérée dans le circuit de l'émetteur écarte les risques de suroscillations aux fréquences élevées de la gamme PO.

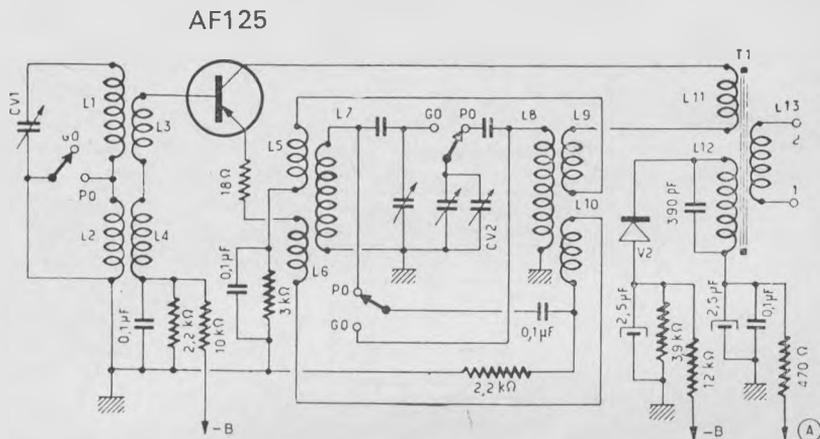


FIG. IV-18

La commutation est réduite au minimum, pas de commutation dans les circuits à basse impédance. Il faut court-circuiter la bobine accordée GO, dans la position accord sur PO, car, par suite de la présence des bobines de couplage, il se produit une importante réduction de la tension d'oscillation aux fréquences basses de la gamme PO.

La bobine PO doit être court-circuitée dans la position accord GO, car des oscillations de haute fréquence viennent se superposer aux oscillations de la bande GO.

Sur la figure IV-19 le changement de fréquence s'effectue par deux transistors Q_1 et Q_2 , le premier monté en mélangeur et le second en oscillateur.

Le cadre incorporé se compose d'un barreau de ferrite sur lequel sont bobinés le primaire et le secondaire de l'enroulement accord antenne. Pour des raisons de simplification, nous n'avons représenté que les enroulements d'une seule gamme d'ondes.

Le signal accordé par CV_1 , est appliqué à la base de Q_1 qui reçoit à travers C_1 le signal de l'oscillateur local généré par Q_2 . Le circuit

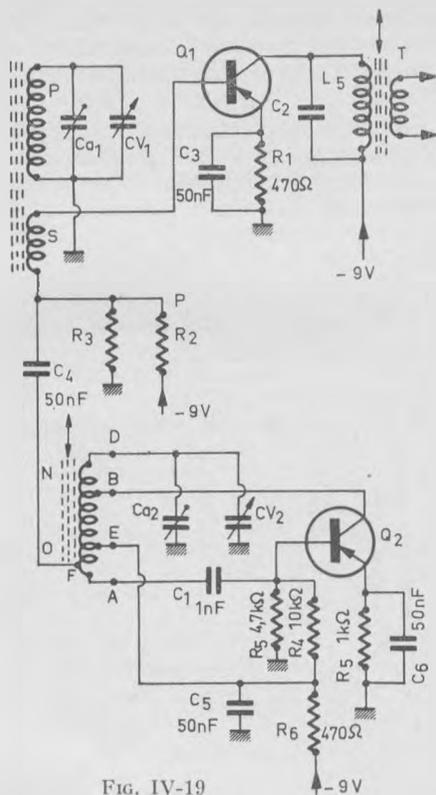


FIG. IV-19

oscillant est constitué par la section D-E de la self 0, alors que la section E-A constitue la bobine d'entretien.

Il existe plusieurs types de circuits oscillateurs. Quoi qu'il en soit, on retrouvera toujours dans le schéma un circuit oscillant à fréquence réglable et une self d'entretien qui lui est couplée indirectement.

Examen de l'étage convertisseur

Reportons-nous au récepteur réalisé suivant le schéma de la figure IV-12. Avec le signal-tracer, on examine successivement les différents étages. Si on rencontre un fonctionnement normal de tous les étages jusqu'au convertisseur, la panne se situe certainement dans ce dernier. C'est une cause assez courante de mauvais fonctionnement du récepteur.

L'absence de fonctionnement due à l'étage convertisseur peut avoir des causes différentes : transistor défectueux, circuit d'antenne ou d'en-

trée coupé, circuit oscillateur ou de réaction interrompu, capacité défectueuse, changement de valeur ou coupure d'une résistance.

Reportons-nous à la figure IV-18. Si la panne se situe dans le circuit d'entrée d'antenne (L1-L2-L3-L4) il s'agit sans doute d'une coupure des enroulements ou d'une mauvaise soudure des extrémités. Il est facile, dans ce cas, d'effectuer un contrôle de ces circuits. Le condensateur CV comporte en parallèle un trimmer ajustable. La panne peut provenir d'un court-circuit de ce dernier ou encore — ce qui est beaucoup plus rare — du condensateur CV lui-même.

Les mêmes considérations s'appliquent aux circuits L5-L6-L7 et L8-L9-L10 qui peuvent présenter les mêmes anomalies.

Le transformateur MF peut également présenter une coupure ou être en court-circuit. Cette anomalie se décèle facilement par la mesure des tensions.

Si la panne est due à un transistor défectueux, en court-circuit, on relèvera des anomalies de polarisation importantes, non seulement de l'étage intéressé, mais aussi des autres. Dans tous les cas, on procédera au contrôle au transistormètre.

Parfois, le mauvais fonctionnement peut ne pas être total. On observe une sensibilité différente aux extrémités de la bande, une mauvaise sensibilité générale.

Si la sensibilité est mauvaise sur les longueurs d'onde les plus élevées de la gamme, la cause réside sans doute dans un désalignement de la bobine oscillatrice : le remède consiste à retoucher le noyau ou le condensateur pour procéder au réalignement par le procédé habituel. Ce défaut peut également provenir du transistor même.

Si, au contraire, la sensibilité est moindre sur les longueurs d'onde les plus basses, il faut rechercher le défaut dans le dérèglement du circuit d'antenne, ou dans un mauvais fonctionnement du transistor.

Dans le cas d'un récepteur comportant une gamme OC, l'oscillateur peut ne pas fonctionner sur cette bande. La cause réside dans un courant d'oscillation trop faible et le transistor est sans doute à incriminer.

Une sortie faible ou distordue peut être due à l'antenne. Parfois, le bobinage d'antenne peut glisser entre deux positions extrêmes sur le barreau de ferrite. Dans ce cas, le défaut est plus particulièrement remarqué sur la partie basse de la gamme d'accord. Il faut rechercher la position correcte et immobiliser le bobinage avec de la cire ou de la colle.

Un souffle sur toutes les gammes trouve son origine dans une rupture du bâton de ferrite ou dans un alignement défectueux. Pour déceler une cassure du bâton, maintenez-le par ses extrémités et pliez-le légèrement.

Des accrochages peuvent être dus à des blindages défectueux (cadre-boîtiers MF) ou dans des capacités défectueuses.

Quant à une mauvaise musicalité apparaissant sur les émetteurs puissants fortement modulés, il faut en chercher la cause sur une constante de temps de la tension AVC insuffisante, et le remède réside dans une augmentation de la valeur de la capacité de découplage.

Contrôle de l'oscillation

La première vérification à effectuer est le contrôle de l'oscillation. Une panne courante d'un superhétérodyne est, en effet, l'absence d'oscillation sur une ou toutes les gammes. Il n'est malheureusement pas facile de vérifier les conditions de fonctionnement d'un étage oscillateur, alors qu'il suffit, dans le cas d'un poste à lampes, de mesurer le courant de la résistance de grille oscillatrice. Le courant d'un transistor est pratiquement le même qu'il oscille ou non ; il est donc nécessaire d'appliquer une méthode de vérification différente de celle des lampes. Il peut y avoir toutefois une légère variation du courant émetteur ou collecteur.

Pour s'en assurer, disposer un milliampèremètre pour lire la consommation totale du courant. Après avoir mis l'appareil en marche et placé le volume contrôle au maximum, tourner le bouton d'accord sur toute la gamme. Si l'oscillateur et les étages MF fonctionnent normalement, la consommation est différente suivant que l'accord est fait sur des stations puissantes ou non. Elle peut varier par exemple de 5 à 25 mA.

Si la consommation de courant reste faible et constante sur toutes les positions du condensateur d'accord, il convient de vérifier le fonctionnement de l'oscillateur.

Un voltmètre électronique sensible branché aux bornes de la résistance d'émetteur de l'étage oscillateur-modulateur peut aussi fournir une indication.

On peut aussi, par exemple, utiliser un récepteur classique disposé à proximité en approchant son antenne du bobinage oscillateur. Mettez ce récepteur en marche et accordez-le sur une station située vers l'extrémité supérieure de la gamme. Le poste à transistors est ensuite accordé sur une fréquence égale à celle de la station à recevoir moins la moyenne fréquence de l'appareil à transistors. Ainsi, si le récepteur ordinaire est accordé sur une station de radiodiffusion à 1 050 kHz et si la fréquence intermédiaire du poste à transistors est de 455 kHz, ce dernier sera accordé sur 595 kHz.

En tournant la commande d'accord du poste à transistors de part et d'autre de ce réglage, on règle l'oscillateur très près de la fréquence de la station de radiodiffusion reçue par le récepteur ordinaire et on devra entendre les battements d'hétérodyne dans le haut-parleur. S'il n'y a aucun battement, c'est que l'oscillateur ne fonctionne pas. Un récepteur de trafic avec S-mètre permettant une mesure de l'intensité HF est encore préférable, car il y a possibilité de vérifier l'oscillation sur d'autres gammes. Un grid-dip peut également être utilisé.

La solution la plus conseillée consiste à monter un ondemètre dont le schéma est indiqué par la figure IV-20.

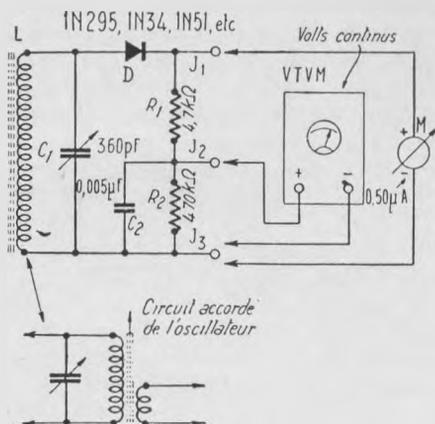


FIG. IV-20

Un bobinage à noyau ferroxcube est accordé par le condensateur C1 de 360 pF. Une dizaine de spires du bobinage ferroxcube sont supprimées. L'ensemble est monté à l'intérieur d'un boîtier et le bâtonnet de ferroxcube dépasse extérieurement de façon à pouvoir le rapprocher du bobinage oscillateur. Une diode à cristal 1N295, 1N34, 1N51, OA70, etc., redresse les tensions HF et deux sorties sont prévues pour brancher soit un voltmètre électronique, soit un microampèremètre. Le microampèremètre ou le contrôleur universel commuté pour la mesure des faibles intensités est relié entre les bornes J₁ et J₂ et le voltmètre électronique entre J₂ et J₃.

Le cadre ferrite comporte 35 tours pour la gamme PO auxquels on ajoute 15 tours pour couvrir la gamme GO. Il est accordé par un CV de 360 à 400 pF qui peut, dans la pratique, être constitué d'un CV miniature 120 pF + 280 pF disposés en parallèle.

Pour la vérification de l'oscillateur, il suffit d'approcher le bâtonnet ferroxcube de quelques centimètres du circuit oscillateur et de rechercher la déviation maximum de l'aiguille du microampèremètre en agissant sur le bouton d'accord. On doit obtenir, par un couplage serré, une tension minimum de 1 V lue au voltmètre électronique ou un courant minimum de 50 μA. Dans le cas de tension et intensités plus faibles, le transistor est à remplacer et le bobinage oscillateur et le condensateur de réaction sont à vérifier. Si la diminution de l'amplitude des oscillations se produit aux fréquences les plus élevées de la gamme, le transistor est dans la plupart des cas à incriminer.

Ce défaut peut encore provenir d'un mauvais alignement, de l'absence ou de l'insuffisance ou du mauvais état des condensateurs de $0,1 \mu\text{F}$ du circuit de base ou du circuit émetteur.

Si le convertisseur n'oscille pas sur la totalité de la bande, il peut arriver que l'on entende les stations locales, même faibles sur la totalité de la bande. Cette anomalie peut être confirmée en connectant un oscillateur modulé au circuit d'antenne par un couplage capacitif (fig. IV-21) ou par un couplage inductif (fig. IV-22).

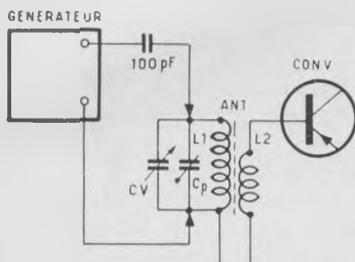


FIG. IV-21

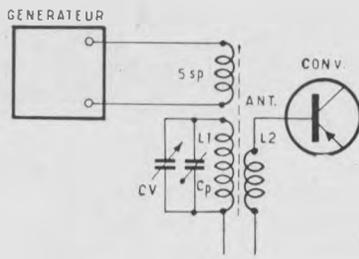


FIG. IV-22

L'échelle de l'ondemètre est étalonnée en fréquences correspondant à l'accord du récepteur soumis aux essais. En réalité, la fréquence d'accord du circuit accordé de l'ondemètre est supérieure de 455 kHz , fréquence usuelle de conversion. C'est la raison pour laquelle une dizaine de spires du bobinage d'accord de l'ondemètre sont supprimées.

Causes possibles d'un mauvais fonctionnement de l'oscillateur

Si le gain du transistor diminue aux fréquences les plus élevées de la gamme, l'oscillation peut cesser ou être insuffisante pour que l'étage mélangeur fonctionne correctement.

Un gain trop faible peut être dû à un transistor défectueux, à des tensions incorrectes, ou à une anomalie du circuit.

Commencer par vérifier les tensions appliquées aux électrodes du transistor avec un voltmètre de résistance interne élevée : voltmètre électronique ou voltmètre de $20\,000 \Omega/\text{V}$. Vérifier soigneusement les tensions de base et d'émetteur qui sont presque identiques. La base doit être légèrement plus négative dans le cas d'un transistor P-N-P, et légèrement plus positive dans le cas d'un transistor N-P-N, lorsque ces transistors sont montés en convertisseurs.

Des différences de tension plus importantes sont relevées si le changement de fréquence est à oscillateur séparé.

Sur plusieurs modèles de récepteurs, la tension d'oscillation peut être modifiée. Normalement, la tension aux bornes de la résistance d'émetteur de l'étage convertisseur doit être réglée à $0,06 \text{ V}$, à l'aide d'un

voltmètre électronique. Pour modifier la tension, il suffit de changer le couplage entre les enroulements d'émetteur et de collecteur du transformateur oscillateur. La mesure de la tension correcte est faite sur le récepteur lorsque le condensateur variable est à sa capacité maximum.

Lorsqu'il est entièrement ouvert, la tension ne doit pas être supérieure à une valeur déterminée. Il peut être nécessaire de modifier la tension d'oscillation dans le cas du changement d'un transistor. Si la tension d'oscillation locale est trop faible, les oscillations peuvent cesser en particulier pour les fréquences les moins élevées de la gamme et lorsque la tension de la batterie diminue. Une tension trop élevée peut provoquer une surréaction aux fréquences d'accord les plus élevées de la gamme.

Essayer de modifier, dans le cas d'un mauvais fonctionnement, la tension de base ou la tension émetteur. Il est plus facile de modifier la tension émetteur en shuntant la résistance d'émetteur par un potentiomètre monté en résistance variable. Si l'oscillation se produit, la panne est localisée. Dans le cas d'un changement de la résistance d'émetteur, utiliser une résistance de valeur inférieure à celle qui est nécessaire au démarrage des oscillations.

L'alimentation de base est d'ordinaire assurée par pont de résistances. La tolérance de ces résistances peut être réduite à 5 % dans le cas d'un remplacement. Selon que l'on shunte l'une ou l'autre de ces résistances avec un potentiomètre de 25 k Ω , par exemple, monté en résistance variable, il est facile de modifier la tension de base.

Des condensateurs de découplage haute fréquence sont utilisés dans les montages de transistors oscillateurs. Leur vérification peut être faite en les shuntant par des condensateurs neufs de même capacité. L'onde-mètre, disposé à proximité de l'oscillateur, permet de vérifier le fonctionnement lorsque l'on shunte ces condensateurs.

Essayez également de shunter les condensateurs de couplage et de réaction. Si l'un de ces condensateurs a perdu une partie de sa capacité, l'oscillateur peut décrocher. Le même résultat peut être provoqué par des fuites, mais dans ce cas les tensions sont modifiées.

Pour essayer à l'ohmmètre les bobinages, certaines précautions doivent être prises : il faut retirer les transistors de leurs supports pour éviter de les détériorer ou d'obtenir des indications erronées (sauf spécification contraire du constructeur). De plus, il est nécessaire de tenir compte de la polarité des condensateurs électrochimiques isolés sous faible tension et de la polarité de branchement de l'ohmmètre.

Une modification de la phase des tensions de réaction par un mauvais branchement du bobinage oscillateur ne peut se produire si l'on n'a pas remplacé un élément. La phase correcte doit être respectée dans le cas d'un remplacement.

L'essai d'un transistor à l'aide d'un appareil de contrôle spécialement prévu peut ne pas être concluant, car il ne tient pas compte de la fréquence de travail. L'amplification n'est pas mesurée avec une précision

suffisante pour qu'il soit possible de connaître les performances d'un transistor monté dans un circuit oscillateur déterminé. La méthode de substitution, c'est-à-dire le remplacement du transistor par un autre de même type, est la plus conseillée pour cette vérification.

Notons que des variations brusques de température provoquent parfois un décrochage de l'oscillateur. C'est le cas notamment en hiver lorsque l'on passe brutalement de l'extérieur à l'intérieur. Dans ce cas, il convient de changer le transistor après avoir toutefois vérifié les condensateurs de l'étage changeur de fréquence.

Le petit montage de la figure IV-23 permet également d'effectuer le contrôle de l'oscillateur d'un récepteur. Il comporte essentiellement une diode au germanium, type OA 85 par exemple, et une self d'arrêt que l'on peut réaliser en enroulant, à spires jointives, du fil 10/100 sur un bâtonnet de ferrite de 12 mm de longueur et de 3 mm de diamètre. On utilise comme appareil de contrôle un contrôleur universel sur la posi-

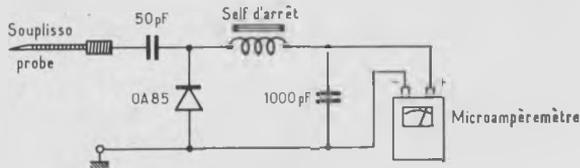


FIG. IV-23

tion « microampèremètre continu ». Une résistance série, dont la valeur sera déterminée expérimentalement, sera utilisée suivant la sensibilité de l'instrument.

Le probe est constitué d'une pointe de touche longue et fine, isolée pour éviter les contacts accidentels, afin de permettre le contrôle des récepteurs compacts. En touchant avec le probe, l'émetteur du transistor oscillateur, on constate une déviation de l'aiguille. D'après l'importance de celle-ci, on peut en conclure si l'étage fonctionne normalement.

Etage amplificateur de moyenne fréquence

La figure IV-24 donne le circuit électrique d'un amplificateur moyenne fréquence, où les transistors sont utilisés dans un montage émetteur à la masse. Le gain est de 60 dB avec une bonne sélectivité.

Il utilise deux étages amplificateurs MF. Le gain élevé est dû au nouveau type de transistor à jonction HF connu sous le sigle 2N112 (à l'origine CK760). Utilisé dans un étage étudié avec soin, ce transistor peut assurer un gain de 30 dB, avec une consommation de 1 mA sous une tension d'alimentation de 6 V seulement.

Les transformateurs MF sont réalisés spécialement pour le fonctionnement avec les transistors. Ils comportent 155 spires au primaire avec

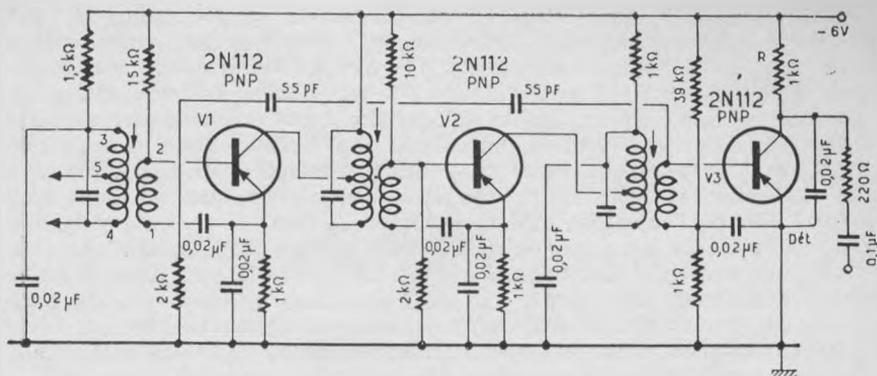


FIG. IV-24

prise à 55 spires, et 180 spires au secondaire. Le primaire est accordé par un condensateur fixe de 125 pF en parallèle. Chacun de ceux-ci mesure 12,5 mm de large et 19 mm de hauteur ; un seul type a été réalisé, étant donné que pour les transistors il n'est pas nécessaire de mettre un transformateur d'entrée et un transformateur de sortie différents comme pour les circuits à lampes.

Chaque transformateur a cinq bornes, avec une prise sur le primaire pour maintenir un Q élevé ; cette section sert à adapter la sortie du transistor (25 000 Ω). Le secondaire est constitué d'un enroulement à basse impédance qui a une valeur de 600 Ω. Le primaire seulement est accordé au moyen d'un noyau réglable sur la partie supérieure du transformateur.

Sous certains aspects, l'établissement et la construction d'un amplificateur MF à transistors diffèrent de ceux d'un amplificateur MF traditionnel à lampes. Il existe en effet quelques points importants à observer.

Comme de nombreux lecteurs le savent déjà, les circuits à transistors exigent des condensateurs de couplage et de fuite de valeur élevée, et ceci est valable aussi bien pour les circuits BF que pour les circuits MF. Par exemple, les circuits à lampes exigent des condensateurs de fuite de 0,005 μF pour les étages amplificateurs MF, tandis que pour les transistors, la valeur recommandée, pour la fréquence de travail 455-475 kHz, est de 0,1 μF.

Cette capacité exige des éléments de grandes dimensions par rapport aux transistors ; en conséquence, dans notre circuit, on a adopté des condensateurs de 0,02 μF qui, en pratique, est la plus grande valeur de capacité que l'on puisse trouver dans la série des condensateurs à disque, à un prix accessible. Les essais ont démontré qu'il y a une chute négligeable de gain ou de filtrage en adoptant cette valeur de capacité.

Un circuit à trois éléments, utilisé comme amplificateur de MF, exige le neutrodynage qui, heureusement, n'est pas très compliqué à effectuer. La méthode à suivre est très simple. On branche un casque aux bornes de sortie et un voltmètre 1 V aux bornes de la résistance R. On enlève V_1 , et on branche provisoirement un condensateur variable entre les bases de V_2 et V_3 , en faisant des liaisons aussi courtes que possible. A ce point, quand le condensateur variable varie du maximum au minimum, la lecture du voltmètre sera élevée, pratiquement vers l'extrémité de l'échelle, c'est-à-dire vers 1 V. Dans la zone de variation du milieu de la capacité, entre 50 et 80 pF, on aura le minimum de lecture de l'instrument, environ 0,15 V. La lecture la plus basse indique le juste neutrodynage tandis que les indications de valeur élevée indiquent les points d'auto-oscillation. Après avoir approximativement évalué, ou mieux, effectivement mesuré la capacité du condensateur variable on mettra à la place un condensateur céramique de même valeur.

Une autre méthode consiste à envoyer un signal modulé, de fréquence égale à la valeur de la MF, à V_2 , d'écouter au casque. Si le son original est déformé, l'amplificateur oscille et n'est pas correctement neutrodyné. On pourra ensuite tourner le condensateur variable jusqu'à l'obtention de la note non déformée. Généralement, le neutrodynage n'est pas difficile à réaliser, et l'étage reste neutrodyné pour une assez grande rotation du condensateur variable. Par suite, il sera bon de choisir une capacité qui se place à la moitié de cette rotation, c'est-à-dire que si l'étage se neutrodyné dans les valeurs comprises entre 50 et 80 pF, la valeur correcte à employer sera de 65 pF environ.

Après avoir neutrodyné cet étage, on pourra remettre V_1 à sa place et suivre le même procédé pour les autres étages. Le condensateur de neutralisation est loin d'être critique. Ainsi, dans un montage identique utilisant le 2N112, on utilise un 80 pF, ou un 30 pF. Dans notre cas particulier, la valeur optimum est de 56 pF.

Quand l'amplificateur de MF est réalisé, on peut le vérifier en reliant son entrée à la sortie d'un étage convertisseur normal d'un récepteur de type courant. Mieux, on pourra utiliser un générateur de signaux à 455 ou 475 kHz. L'alignement de cette section pourra être effectué soit par voie auditive (casque) ou par voie optique (instrument de sortie).

Si la source de signal n'est pas modulée, on pourra brancher un voltmètre 0-1 V aux bornes de R_{in} . Cet instrument indiquera l'intensité de la porteuse. Sans signal d'entrée, on devra avoir, si les étages sont neutralisés, une sortie nulle ou de peu de valeur, de l'amplificateur MF. Le voltmètre ne devra pas indiquer plus de 0,15 V. Ceci garantit ainsi la présence d'un neutrodynage efficace. L'instrument devra indiquer 1 V ou plus de 1 V, en présence d'un signal intense. Quand on utilise un signal modulé, la sortie pourra être contrôlée au moyen d'un casque.

La figure IV-25 donne la courbe de réponse d'ensemble d'un amplificateur MF réalisé avec les transistors 2N112. La largeur de bande est de 8 kHz à 3 dB et de 12 kHz à 6 dB.

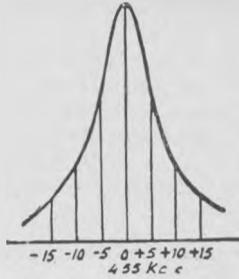


FIG. IV-25

Un autre schéma de section moyenne fréquence équipée de transistors AF126 est donné à la figure IV-26. Le transistor AF126 est monté en premier amplificateur moyenne fréquence. Les tensions MF sont transmises à sa base par l'enroulement secondaire de faible impédance. L'autre extrémité de ce secondaire est reliée à la commande automatique de gain. Les tensions de C.A.G. ne sont pas négatives, mais positives,

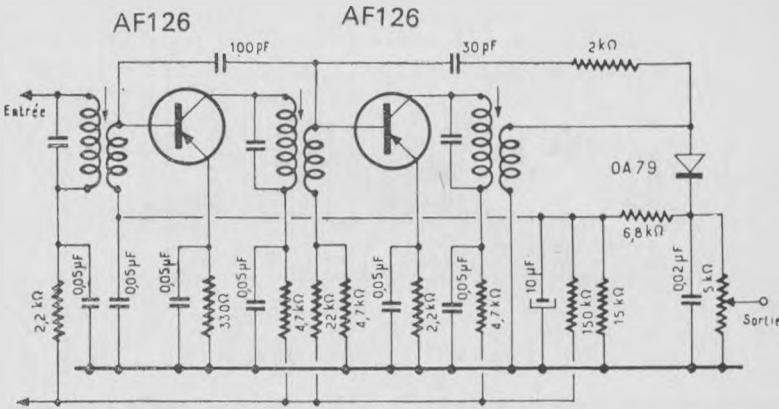


FIG. IV-26

en raison du sens de branchement de la diode détectrice OA81. Les tensions positives sont, en effet, disponibles aux bornes du potentiomètre de volume contrôlé de 5 kΩ jouant le rôle de résistance de détection. Une fraction de la tension positive disponible est prélevée par le pont 6,8 kΩ - 15 kΩ shuntant le potentiomètre. Une résistance de 150 kΩ entre le — 9 V et la résistance de 15 kΩ permet de porter au repos la base du premier transistor OC45 à une tension légèrement négative, destinée à assurer la polarisation émetteur-base. Au cours de la réception de stations puissantes, une fraction de la composante continue positive de

détection diminue la tension négative des bases, ce qui réduit le gain du transistor OC45.

Le deuxième transistor amplificateur moyenne fréquence OC45 n'est pas commandé par le C.A.G. Sa polarisation base-émetteur est obtenue à partir d'un diviseur alimentant sa base par l'intermédiaire du secondaire du deuxième transformateur MF. Le premier OC45 est neutrodyné par un condensateur de 100 pF et le second par un condensateur de 30 pF, en série avec une résistance de 2,2 kΩ.

Amplificateurs MF équipés de transistors « drift »

Les transistors « drift » offrent un grand intérêt dans la réalisation d'amplificateurs moyenne fréquence 455 ou 480 kHz. Chargés par une résistance de l'ordre de 10 à 20 kΩ, ils sont capables de fournir un gain élevé reproductible sans nécessiter obligatoirement un neutrodynage.

Le schéma d'un amplificateur de ce type réalisé par la COSEM est donné à la figure IV-27. Il s'agit d'un montage où la sélectivité est à peu près répartie entre les trois circuits T_1 , T_2 , T_3 .

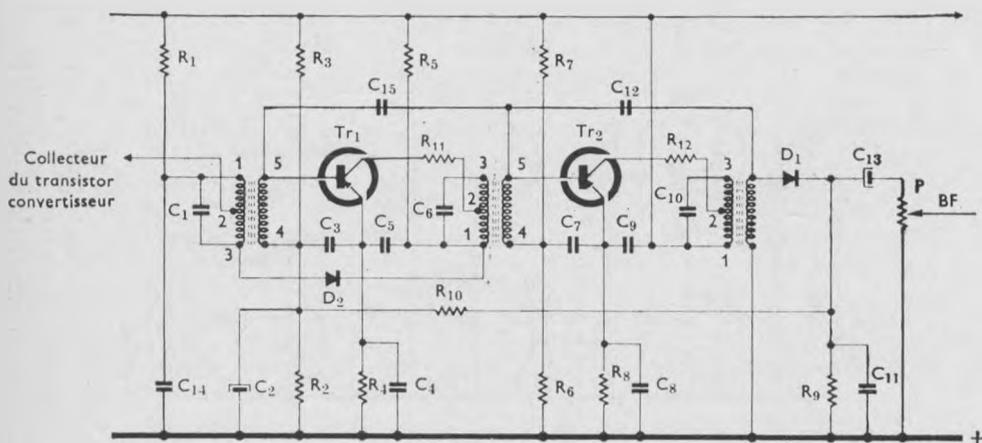


FIG. IV-27

Ses caractéristiques sont les suivantes :

Tension d'alimentation	$V_{CC} = -9$ volts
Tension continue collecteur Tr_1	$V_{CE} = -6$ volts
Tension continue collecteur Tr_2	$V_{CE} = -8$ volts
Courant continu collecteur Tr_1	$I_C = -1$ mA
Courant continu collecteur Tr_2	$I_C = -1$ mA
Gain itératif par étage	$G_{II} = 30$ dB

Les condensateurs C12 et C15 sont utilisés pour un neutrodynage éventuel.

Valeur des éléments

$Tr_1 = \text{SF.T 319 bleu}$; $Tr_2 = \text{SF.T 319 vert}$; $D_1 = \text{SF.D 107}$; $D_2 = \text{SF.D 112}$.

$C_1 = 250 \text{ pF}$; $C_2 = 2 \text{ }\mu\text{F}$, 9/12 V ; $C_3 = 0,04 \text{ }\mu\text{F}$; $C_4 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$; $C_5 = 0,04 \text{ }\mu\text{F}$; $C_6 = 250 \text{ pF}$; $C_7 = 0,04 \text{ }\mu\text{F}$; $C_8 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$; $C_9 = 0,04 \text{ }\mu\text{F}$; $C_{10} = 250 \text{ pF}$; $C_{11} = 0,01 \text{ }\mu\text{F}$; C_{12} { éventuel

C_{12} { neutrodynage

$C_{13} = 10 \text{ }\mu\text{F}$, 9/12 V ; $C_{14} = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$; P = Pot. 10 k Ω .

$R_1 = 150 \text{ }\Omega$, 0,5 W ; $R_2 = 3,3 \text{ k}\Omega$, 0,5 W ; $R_3 = 47 \text{ k}\Omega$, 0,5 W ; $R_4 = 180 \text{ }\Omega$, 0,5 W ; $R_5 = 2,7 \text{ k}\Omega$, 0,5 W ; $R_6 = 3,3 \text{ k}\Omega$, 0,5 W ; $R_7 = 22 \text{ k}\Omega$, 0,5 W ; $R_8 = 1 \text{ k}\Omega$, 0,5 W ; $R_9 = 10 \text{ k}\Omega$, 0,5 W ; $R_{10} = 5,6 \text{ k}\Omega$, 0,5 W ; $R_{11} = 330 \text{ }\Omega$, 0,5 W ; $R_{12} = 330 \text{ }\Omega$, 0,5 W.

Les pannes de l'amplificateur moyenne fréquence

Pour localiser une panne dans un étage moyenne fréquence, on utilise encore le signal tracer ou bien un générateur de signaux modulés. Ce dernier est réglé sur la moyenne fréquence du récepteur.

Le générateur est branché sur le collecteur du premier étage convertisseur ou sur la base du premier transistor moyenne fréquence suivant le schéma de la fig. IV-28 à travers une capacité de 100 pF.

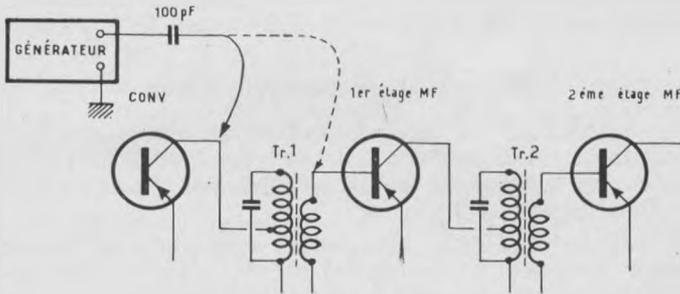


FIG. IV-28

Si l'étage fonctionne correctement le haut-parleur reproduira la note de modulation. On observera si les signaux sont faibles, ou même s'ils sont totalement absents.

Si le signal est trop faible, cette anomalie peut être due à un désaccord des circuits, un transistor ou une résistance défectueux. Elle peut également résulter d'une tension CAV trop généreuse.

Le remède réside dans un réaligement des transformateurs MF, dans la mesure des tensions qui révélera le cas échéant, une coupure d'un enroulement ou la défectuosité d'un transistor. Quant au transistor, il sera passé au contrôleur. Nous verrons cependant plus loin le moyen de contrôler les transistors en circuit.

Les auditions sont parfois perturbées par un souffle très gênant qui reste audible même sur des stations puissantes. On incrimine souvent l'étage BF alors que ce défaut provient généralement des étages MF.

Cela tient souvent au vieillissement des éléments du circuit ou du remplacement d'un transistor MF. Une solution facile qui est à rejeter consisterait à dérégler les noyaux des transformateurs. Il est bien préférable de disposer en parallèle sur le condensateur de neutrodynage une capacité ajustable qui permettra ainsi de faire la mise au point.

S'il n'y a aucun signal de sortie, la panne peut résider dans un transformateur MF coupé, soit par exemple, l'enroulement de base ou du collecteur, d'un transistor MF. On peut aussi incriminer le condensateur de découplage de base ou du collecteur qui serait en court-circuit.

Ces deux éléments seront facilement contrôlés par la mesure des tensions. Cette anomalie peut encore, bien entendu, être provoquée par un transistor défectueux, comme toutes les suivantes qui intéressent l'étage MF.

Ce dernier peut encore être cause de distorsion sur les signaux forts, lorsque la tension VAC est nulle ou insuffisante ou par suite de la défec-tuosité de la résistance de polarisation de base, ou encore à cause d'une tension collecteur trop faible.

Enfin des oscillations parasites peuvent avoir pour cause des condensateurs et des résistances de neutralisation coupées, ou dont la valeur s'est modifiée, ou encore une capacité défectueuse de la ligne VAC.

Détection des oscillations parasites

Les pannes les plus courantes des récepteurs à transistors sont dues à des oscillations parasites. Elles se traduisent par des sifflements, de la distorsion ou par la suppression des notes les plus aiguës correspondant à l'atténuation des bandes latérales.

Les variations très faibles des tensions applicables sur les électrodes du transistor oscillateur ne permettent pas des mesures directes comme dans le cas des postes à lampes. Il est nécessaire d'utiliser des méthodes indirectes.

Une méthode intéressante consiste à coupler à l'entrée du récepteur la sortie d'un générateur vobulé et d'observer sur l'écran d'un oscilloscope la forme de la courbe de réponse. L'oscilloscope est branché sur la résistance de détection. La courbe de réponse normale est symétrique ; une courbe asymétrique décèle une réaction et une courbe présentant une pointe anormale d'amplification est provoquée par une tendance à l'accrochage.

Pour déceler la présence d'oscillations parasites on peut également employer un ondemètre couplé assez lâchement au circuit détecteur, en supprimant les oscillations locales pour cet essai. Pour ce faire, il suffit de court-circuiter les lames fixes du condensateur variable oscillateur.

La figure IV-29 représente le schéma d'un ondemètre très simple. Il est constitué essentiellement par un circuit accordé comprenant un cadre ferrite et un condensateur variable de 365 pF. Un commutateur MF-HF shunte le condensateur précité par un condensateur de 180 pF pour les mesures en MF. Un détecteur à cristal 1N34 est monté à la sortie du circuit accordé et la composante continue de détection, apparaissant aux bornes de la résistance de charge de 470 k Ω , est lue au moyen d'un voltmètre électronique jouant le rôle d'indicateur.

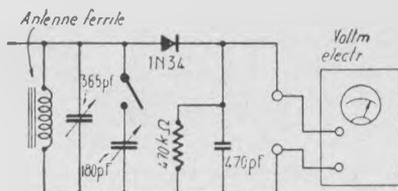


FIG. IV-29

Le couplage entre l'entrée du circuit accordé et le circuit détecteur du récepteur examiné est obtenu grâce à un fil souple isolé qu'il suffit d'enrouler deux ou trois fois autour de la connexion reliant le dernier transformateur moyenne fréquence au détecteur. Dans le cas d'un circuit imprimé, le même couplage capacitif est réalisé en disposant le fil parallèlement à la même connexion du dernier transformateur moyenne fréquence.

Toute oscillation parasite se traduit par une déviation de l'aiguille de l'appareil de mesure, qui correspond à la tension aux extrémités de la résistance de charge de 470 k Ω .

Localisation de l'étage défectueux

Après avoir décelé les oscillations parasites, il faut localiser l'étage défectueux, c'est-à-dire celui qui provoque des tensions de réaction qui sont amplifiées.

La figure IV-30 représente le schéma des deux étages amplificateurs moyenne fréquence d'un récepteur commercial américain. On peut commencer, dans le cas d'oscillations, par shunter successivement les secondaires de chaque transformateur moyenne fréquence par une résistance de faible valeur, de l'ordre de 300 Ω , ou par un potentiomètre de 1 k Ω monté en résistance variable. Commencer par le secondaire 3-5 de T₂. Si la courbe de réponse redevient plus normale et si les oscillations ne sont plus décelées à l'ondemètre, ce transformateur fait partie du circuit de réaction. Si l'on ne constate aucune amélioration, effectuer la même opération entre les bornes 3 et 5 de T₃. Si les oscillations cessent, T₃ fait partie du circuit de réaction.

L'une des causes les plus fréquentes d'oscillations parasites d'un récepteur à transistors est le gain trop important d'un ou de plusieurs

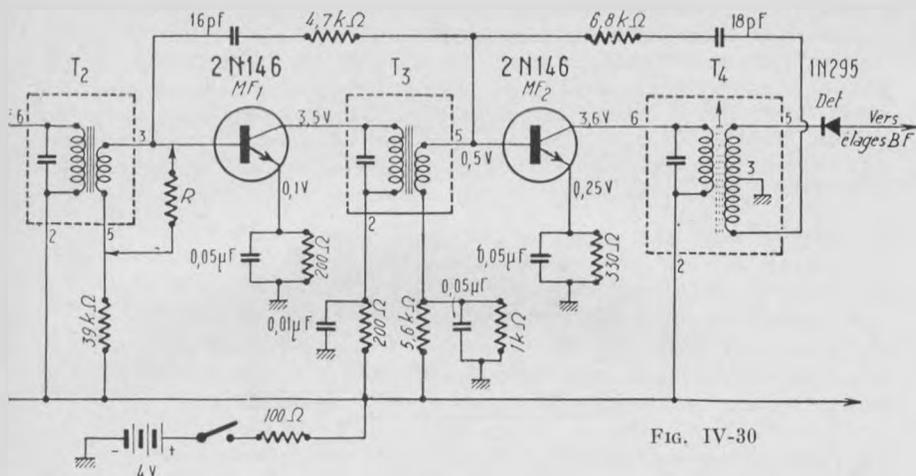


FIG. IV-30

étages dû à des tensions incorrectes des électrodes. Il est conseillé de les mesurer avec un voltmètre de haute impédance et de les comparer aux tensions normales indiquées les cas échéant par le constructeur. Les tolérances sont assez critiques : une différence d'un dixième de volt appliquée sur une base peut être suffisante pour entraîner un accrochage. De plus, certains transistors peuvent avoir des gains supérieurs à ceux qui sont mentionnés sur les caractéristiques. Une substitution par un transistor de même type peut être utile.

Les transistors utilisés sur les récepteurs sont actuellement du type triode. Comme dans le cas des anciennes lampes à trois électrodes, un neutrodynage est nécessaire pour compenser les capacités interélectrodes — en l'occurrence capacités entre émetteur et base, base et collecteur. Ces capacités parasites sont indiquées en pointillés sur le schéma de la figure IV-31. La plus importante est la capacité C_{B-C} base-collecteur. Bien

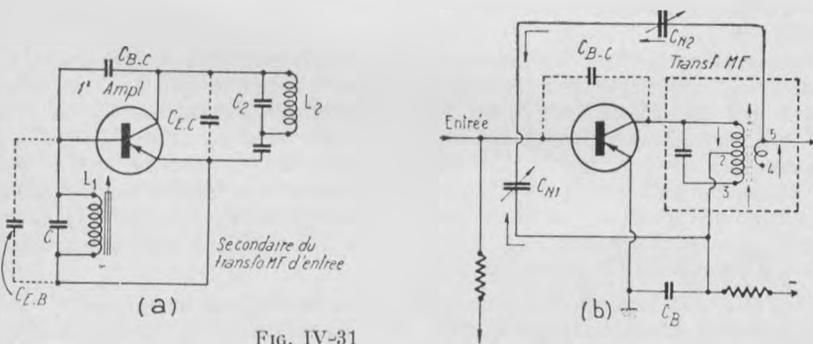


FIG. IV-31

que faible, elle introduit un déphasage de 90° . Avec un léger désaccord une énergie suffisante peut être transmise par cette capacité pour entraîner un accrochage. Les circuits accordés d'entrée et de sortie couvrant une bande de fréquences, les oscillations se produisent au voisinage de la résonance correspondant à l'amplification maximum.

La figure 31 b indique deux moyens permettant de compenser la capacité parasite C_{B-C} . Le condensateur C_{N1} transmet à la base des courants en opposition de phase. Les flèches indiquent le sens du courant instantané à travers les condensateur C_{B-C} et C_{N1} .

La deuxième méthode, plus classique, consiste à relier le secondaire du transformateur moyenne fréquence à la base par un condensateur de neutrodynage C_{N2} . L'inversion de phase est provoquée par le secondaire. Le sens du courant traversant C_{N2} s'oppose au courant instantané traversant C_{B-C} .

D'ordinaire une seule méthode de neutrodynage est utilisée sur un même étage. Dans le cas de l'utilisation d'un condensateur ajustable tel que C_{N1} ou C_{N2} , un simple réglage de ce condensateur peut être suffisant pour éliminer les oscillations.

Si le condensateur est réglé à son maximum, on peut le shunter par un condensateur céramique ou au mica de faible valeur ou même réaliser un condensateur de faible capacité à l'aide de deux fils isolés torsadés, soudés respectivement à chaque armature du condensateur de neutrodynage. La figure IV-32 représentant les parties OSC et MF d'un récepteur commercial, montre la façon de réaliser ce condensateur.

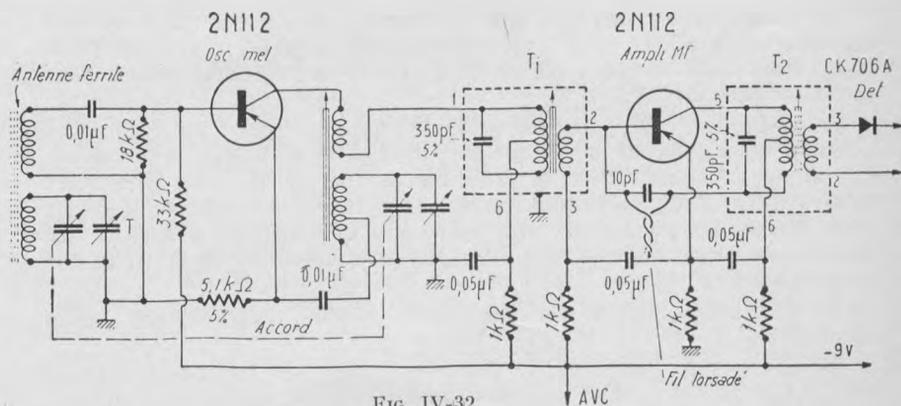


FIG. IV-32

Sur certains récepteurs, il n'y a pas de condensateurs de neutrodynage. Ce dernier est remplacé par une contre-réaction réduisant le gain des étages. On peut alors, dans le cas d'oscillations parasites, essayer de shunter par des résistances d'amortissement, les secondaires des transformateurs moyenne fréquence. Il est conseillé également de shunter

tous les condensateurs de découplage par des condensateurs de même capacité.

Lorsque des condensateurs électrolytiques aux bornes de la pile servent de découplage BF et HF, il peut être utile de les shunter par un condensateur au papier de 0,01 à 0,05 μF . A chaque essai, examiner la forme de la courbe de réponse à l'oscilloscope, afin de localiser éventuellement le condensateur défectueux ou celui qui doit être shunté par un condensateur au papier.

Comme indiqué par les figures IV-30 et IV-32, les condensateurs de découplage servent de retour à la masse aux tensions alternatives d'alimentation base et collecteur. L'adjonction de cellules de découplage dans l'alimentation collecteur, comprenant une résistance de 470 Ω et un condensateur au papier de 0,01 μF , est efficace.

Toujours dans le cas où le récepteur ne comporte pas de condensateur de neutrodynage et où l'on constate un accrochage, il est facile d'ajouter un condensateur ajustable tel que C_{n2} de la figure 31 *b* et de régler jusqu'à la suppression des oscillations.

L'emplacement du cadre ferrite a une influence sur la stabilité de l'amplificateur MF.

Des tensions résiduelles moyenne fréquence, à la sortie de l'amplificateur MF, peuvent en effet être réinjectées à l'entrée par un couplage parasite entre le cadre et les fils de sortie reliés aux écouteurs ou au transformateur de sortie du haut-parleur.

Alignement

La plupart des récepteurs à transistors ont une moyenne fréquence accordée sur 455 kHz, ce qui permet d'utiliser les générateurs classiques pour l'alignement. Il est recommandé d'utiliser un tournevis isolant pour le réglage des noyaux.

La méthode diffère de celle que l'on applique dans les récepteurs à lampe dans laquelle on supprime d'abord l'oscillateur local avant d'appliquer le signal MF sur la grille de l'oscillateur. Dans les récepteurs à transistors, il n'y a généralement pas d'oscillateur séparé. Il serait alors nécessaire, pour avoir une indication quelconque, d'injecter un signal extrêmement élevé, ce qui risquerait d'endommager le transistor convertisseur.

Si l'appareil possède un oscillateur séparé, celui-ci sera alors déconnecté.

Commencer par aligner l'amplificateur moyenne fréquence en couplant de façon assez lâche le générateur HF à l'antenne ferrite du récepteur par un condensateur de 5 000 pF. Le châssis du générateur est relié au châssis du récepteur et la sortie, par l'intermédiaire du condensateur précité, soit au primaire, soit au secondaire du bobinage du cadre (point A au point B de la figure IV-33). Régler la tension de sortie du générateur au minimum et commencer l'alignement du dernier transformateur MF après avoir disposé le condensateur d'accord sur un réglage

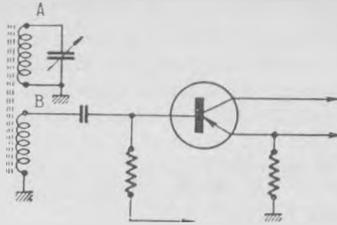


FIG. IV-33

où l'on ne perçoit aucune station. Un voltmètre électronique ou un outpùtmètre peut être branché aux bornes de la bobine mobile du haut-parleur. Si l'étage de sortie est du type push-pull classe B un milliampèremètre en série avec la batterie constituera un indicateur de sortie, le courant maximum correspondant au volume sonore le plus élevé. Chaque transformateur doit être réglé de façon à obtenir le signal maximum de sortie, pour *une tension minimum de sortie du générateur MF*. Il est conseillé d'aligner l'amplificateur alors que le condensateur variable du récepteur est à sa capacité voisine du minimum (fréquence d'accord d'environ 1 600 kHz, gamme PO).

Après avoir effectué ce réglage, on observe parfois un accrochage lorsque le récepteur est accordé sur une station. Cette anomalie est due à une oscillation des étages MF. On y remédie en désaccordant légèrement le second transistor MF.

On peut encore procéder à l'alignement en se basant sur la tension CAG. Le générateur est accordé et couplé comme précédemment ; on règle le niveau de sortie de manière que la tension CAG soit de 0,5 V au-dessus de la valeur, en l'absence de signal. On règle alors les trimmers, toujours en commençant par le dernier transformateur, de manière à obtenir la tension CAG max. On réduit progressivement la tension de sortie et on retouche aux trimmers pour rétablir le max. On répète l'opération jusqu'à ce que l'ajustement des trimmers ne modifie plus la tension CAG. Ce point est le point optimum d'alignement MF.

Pour l'alignement HF, utiliser un bobinage de couplage du générateur constitué par environ 5 spires de 5 cm de diamètre que l'on approche de 30 ou 60 cm des bobinages du cadre du récepteur. Sur la gamme PO, commencer par le réglage du trimmer oscillateur sur 1 620 kHz et ensuite régler, après avoir accordé le générateur et le récepteur sur 550 kHz, le noyau oscillateur afin d'obtenir le signal de sortie maximum. L'accord cadre peut être éventuellement réglé en déplaçant le mandrin de bobinages sur le bâtonnet de ferroxcube. Vérifier ensuite l'alignement sur une fréquence élevée de la gamme, par exemple 1 400 kHz.

Une tension MF peut être injectée directement sur la base du transistor convertisseur, mais on ne peut procéder de la même façon pour l'alignement HF, car ce branchement aurait pour effet de supprimer l'oscillation locale.

Autre méthode d'alignement du convertisseur

Cette méthode est encore basée sur la valeur du courant CAG. Pour cela, coupler comme précédemment le générateur et le récepteur réglés sur 550 kHz et ajuster le niveau de sortie à la moitié de la valeur utilisée pour aligner les étages MF. On procède alors au réglage du noyau de l'enroulement de l'oscillateur afin d'obtenir la tension CAG maximum. On réduit alors le niveau du générateur, on retouche au noyau pour retrouver la CAG primitive, et on répète l'opération jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de variations dans la tension CAG.

On répète ensuite la même opération sur 1 620 kHz. On retouche cette fois au trimmer de la capacité d'accord de l'oscillateur.

Procéder ensuite à un autre alignement sur une nouvelle fréquence. On devra alors retrouver à peu près la même tension CAG sur les différentes fréquences d'accord avec une même tension de sortie du générateur.

Bien entendu, au cours de cette opération, on ne devra pas retoucher au réglage des transformateurs MF.

L'accord du circuit d'antenne sera ensuite effectué par le réglage de la position du bâtonnet et du trimmer de la capacité d'accord.

Si le niveau de réception des stations était différent en haut et en bas de gamme, il faudrait rechercher un réglage de compromis.

L'étage détecteur

Pour la détection, il est possible de monter un transistor polarisé au cut-off ou une diode au germanium. Cette dernière étant moins onéreuse, la détection par diode est la plus employée.

La fig. IV-34 indique la courbe caractéristique d'une diode $V = f(I)$ sur laquelle on voit qu'à une alternance de tension correspond une alter-

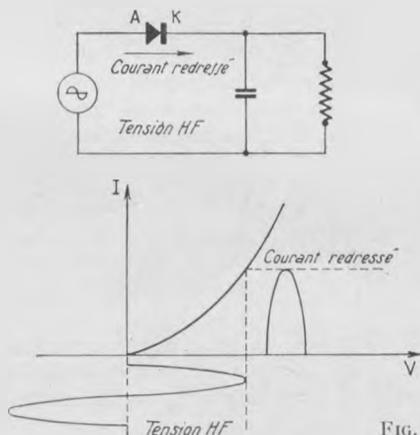


FIG. IV-34

nance de courant redressé. Le circuit détecteur est dans ce cas sensible aux variations de tension. Le transistor est un élément amplificateur de puissance ; à la sortie du dernier étage FI, on aura donc une tension plus basse, tandis que la puissance disponible aux mêmes points sera presque identique à celle disponible à la sortie du circuit d'un récepteur à lampe.

Comme on le voit sur la courbe caractéristique indiquée à la figure IV-36, ces variations de tension produisent des variations du courant redressé, ce qui revient à dire que, dans ces conditions, le rendement est très faible, et, en pratique, ceci se traduit par une faible sensibilité du récepteur.

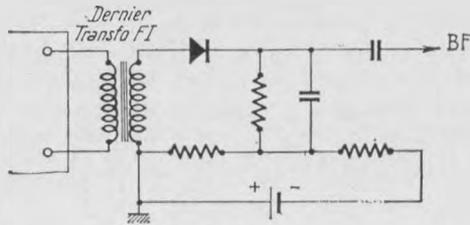


FIG. IV-35

Les diodes au germanium utilisées dans le circuit détecteur d'un récepteur à transistors ont un bon rendement si elles sont convenablement polarisées et ainsi travaillent à un point de la courbe caractéristique à pente élevée. Le circuit le plus habituellement utilisé est indiqué à la figure IV-35 ; la diode, comme on le voit, est polarisée en sens direct ; ceci signifie qu'en l'absence de signal, celle-ci est parcourue en permanence par un faible courant.

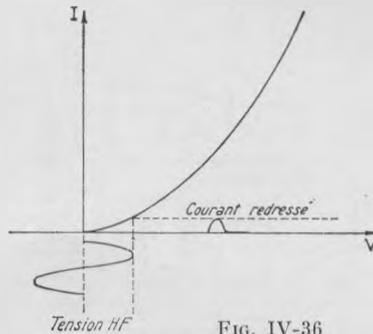


FIG. IV-36

Soit A le point de repos choisi sur la courbe caractéristique directe de la diode indiqué sur la figure IV-37.

menté sur les stations puissantes, mais le gain se trouve diminué, car la tension collecteur est réduite par suite de la présence d'une résistance série dans le circuit collecteur. La valeur de la résistance série pour un transistor N-P-N ou P-N-P classique est de l'ordre de 10 k Ω .

Pannes dans le circuit de la diode détectrice

Le contrôle de l'étage détecteur peut s'effectuer avec la méthode habituelle du générateur de signaux modulés. Celui-ci, réglé sur la valeur de la moyenne fréquence et modulé à 400 ou 1 000 Hz, est connecté en parallèle sur le primaire du dernier transformateur MF, comme le montre la figure IV-40. La modulation devra être entendue dans le haut-parleur et le volume de la note obtenue permet d'apprécier le fonctionnement de l'étage.

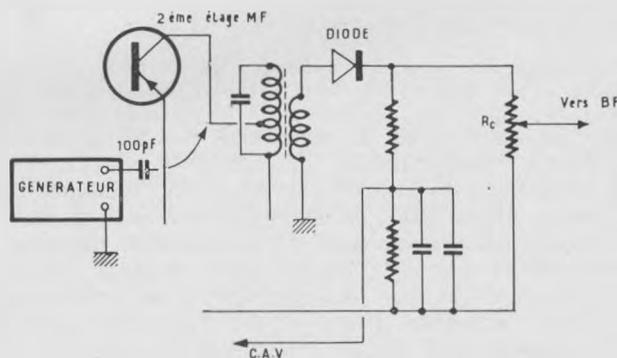


FIG. IV-40

Un signal faible peut être dû à un alignement imparfait du transformateur MF, soit à une diode défectueuse, soit encore, mais ce qui est plus rare, à une résistance de charge ou à un condensateur de fuite défectueux.

Si le signal est très déformé, en dehors des déformations dues au circuit amplificateur BF, en particulier sur les signaux forts, on peut en déduire que la diode est défectueuse ou encore que la résistance de charge est coupée, à moins que ce ne soit la capacité de fuite ou la capacité de filtre du circuit CAG.

Des accrochages BF à forte puissance peuvent résulter de l'amplificateur BF, mais ceux-ci peuvent souvent être supprimés par une résistance de quelques centaines d'ohms disposée entre la détection et le potentiomètre de puissance. Une valeur de 500 Ω convient dans la plupart des cas.

Le contrôle du circuit détecteur doit logiquement s'étendre aussi au circuit CAG. Avec un voltmètre électronique on mesure la tension CAV, en parallèle à R_c , et sur des signaux d'amplitudes différentes, on vérifie

si la tension CAG varie de façon linéaire ; la même mesure se répète sur les bases des transistors contrôlés. L'absence de tension CAG révèle une diode défectueuse et une tension insuffisante peut avoir la même cause ou être due à une capacité de découplage HF coupée.

Si le détecteur est un transistor au lieu d'une diode (fig. IV-41), les opérations de contrôle et les symptômes de pannes éventuelles sont identiques.

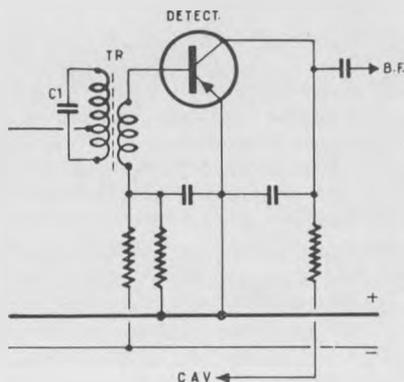


FIG. IV-41

Dans le cas où aucun signal n'est entendu dans le haut-parleur, c'est-à-dire si l'étage détecteur est complètement inefficace, on peut presque assurément incriminer la diode ou le transistor, ou bien la résistance de charge qui, dans certains cas, sert de volume contrôle. On pourra encore incriminer la capacité de couplage à l'amplificateur BF. Celle-ci, du type électrolytique miniature, a une valeur de 8 à 12 μF et une tension de travail de 12 V.

On remplacera l'élément défectueux par un autre électriquement ou mécaniquement équivalent.

Utilisation du générateur HF

Généralités. — Il existe différents types de générateurs HF qui se distinguent entre eux par certaines de leurs caractéristiques.

Les remarques et les exemples d'utilisation que nous allons donner s'appliquent plus particulièrement au type Retexkit RF 2 qui a servi à nos essais.

Cet appareil destiné à être utilisé pour le réglage des récepteurs à modulation d'amplitude, peut également servir au réglage des récepteurs à modulation de fréquence.

Il délivre un signal HF modulé à 400 Hz, ou un signal non modulé entre 170 kHz et 110 MHz, des harmoniques calibrés de 110 à 220 MHz, et l'oscillateur cristal permet d'obtenir un signal de haute précision.

Dans toutes les applications du générateur HF, on devra toujours travailler avec le signal de sortie minimum permettant une précision de lecture suffisante. On évitera ainsi de saturer les étages à contrôler et en même temps on réduira les possibilités de couplages parasites entre générateur et appareil qui fausseraient totalement les réglages.

Mesure du niveau de sortie

Quel que soit le type de réglage que l'on réalise sur un récepteur, il est nécessaire de pouvoir en mesurer l'efficacité ; le meilleur réglage correspondra au signal maximum obtenu dans le haut-parleur.

Le procédé le plus simple consiste à percevoir à l'oreille l'augmentation de volume que procure chaque retouche. Cette méthode est à éliminer étant donné que la perception auditive produite par le son du haut-parleur n'est pas proportionnelle à l'énergie sonore qui émane de cette source et dépend des qualités physiologiques propres à l'oreille.

Aussi est-il nécessaire de pouvoir disposer d'un indicateur de sortie capable de donner une mesure valable des variations de puissance enregistrées dans le haut-parleur.

Sur la figure IV-42 on voit clairement comment s'effectue cette mesure à l'aide d'un voltmètre à lampes (Retexkit VV-1) ou d'un contrôleur universel (VM-1).

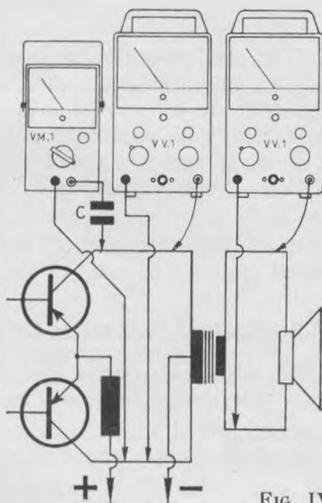


FIG. IV-42

Le procédé le plus simple consisterait à disposer le voltmètre à lampe en parallèle sur le haut-parleur toujours accessible, en utilisant l'échelle appropriée sur la gamme des tensions alternatives. L'emploi d'un contrôleur universel est à rejeter parce que, si l'on se trouve en face d'un récepteur très désaccordé, les premières lectures seront très

faibles et l'augmentation du signal pratiquement illisible. Dans le cas d'un récepteur à transistors classique, comportant par exemple un étage de sortie push-pull équipé de deux OC74, AC126, etc., la puissance maximum est de l'ordre de 200 à 800 mW pour laquelle la tension, entre les bornes du haut-parleur, pour les impédances les plus usuelles, sera approximativement de 0,7 à 1,3 V. Dans la plupart des cas, elle ne dépassera pas 1 V, lecture difficile à faire avec un contrôleur universel.

En général, il est recommandable de disposer l'appareil de mesure aux bornes du primaire du transformateur de sortie. Les lectures sont plus faibles et on peut employer aussi bien le voltmètre à lampe que le contrôleur universel ; dans ce cas, on devra tenir compte de l'existence d'un courant continu, et connecter la borne positive à travers un condensateur C de 0,1 à 2 μ F. Dans le voltmètre à lampe ce condensateur est généralement prévu à l'intérieur du circuit, sur la position C.A.

Au cours de ces réglages, l'appareil de mesure est connecté à la section basse fréquence, et le signal de réglage injecté est entendu dans le haut-parleur pendant que s'effectue l'opération, ce qui constitue une gêne certaine. Pour éviter cet inconvénient, on peut remplacer le haut-parleur par une résistance non inductive d'une valeur égale à l'impédance de celui-ci, pendant les opérations de mise au point. Cette résistance devra être capable de dissiper la puissance de sortie du récepteur. De cette façon, le réglage sera absolument silencieux.

On peut réaliser l'ajustement en faisant abstraction de la section basse fréquence (tel est le cas d'un tuner comportant uniquement la partie HF, FI et Détection) en mesurant la tension continue redressée par le détecteur.

Les connexions du voltmètre à lampe au circuit détecteur sont représentées à la figure IV-43. Il est nécessaire d'utiliser un voltmètre à lampe étant donné que tout autre appareil de mesure fausserait complètement les conditions de fonctionnement du circuit en raison des valeurs élevées que présente la résistance de détection.

On remarquera que l'on a coupé la connexion du circuit de C.A.G. Cette précaution ne sera pas nécessaire si on fonctionne avec un très petit signal d'entrée provenant du générateur HF de façon à ne pas agir sur ce circuit. Cependant, il est toujours préférable de procéder à cette déconnexion et de mettre la ligne C.A.G. à la masse. Naturellement le voltmètre sera disposé pour la mesure des courants continus sur l'échelle appropriée. Il est possible d'observer une tension négative, même sans signal HF, dont la valeur, en aucun cas, n'atteindra 1 V. Celle-ci est due au courant résiduel de diode.

On remarque aussi que dans cette opération il n'est pas nécessaire de moduler le signal du générateur ; celui-ci est disposé sur HF pure.

Dans tous les procédés indiqués, toute augmentation de gain se traduira par une augmentation de la lecture de sortie. On devra toujours

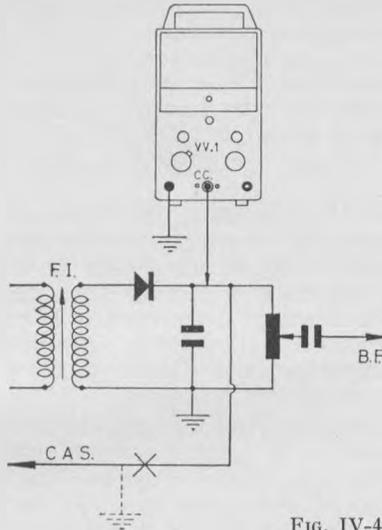


FIG. IV-43

rechercher la lecture maxima possible à chacune des retouches pour lesquelles on disposera d'un tournevis en plastique, dépourvu de toute masse métallique qui, par sa capacité, pourrait modifier les constantes du circuit, ce qui modifierait les lectures de sortie.

Réglages et mesures sur un récepteur superhétérodyne A.M. Réglage de la fréquence intermédiaire

En général, les circuits d'accord de fréquence intermédiaire s'ajustent au moyen de retouches sur les noyaux ou trimmers afin d'obtenir le signal de sortie aussi élevé que possible quand, à l'entrée, on applique le signal correspondant produit par le générateur HF.

Le transformateur FI, qui précède le détecteur, est le premier à ajuster. Le signal du générateur est réglé de manière que l'on mesure à la sortie une lecture très au-dessus du niveau de bruit propre du récepteur, mais qui soit également au-dessous du niveau qui produirait la saturation de l'étage.

Le signal de sortie du générateur HF sera réduit en amplitude progressivement à mesure que seront ajustés les différents transformateurs, en se rapprochant de l'étage mélangeur.

Les opérations de réglage s'effectuent dans l'ordre suivant : La ou les bobines oscillatrices seront mises à la masse afin qu'elles n'agissent pas, en court-circuitant les deux armatures du condensateur variable, à l'aide d'un conducteur muni à ses extrémités de pinces crocodiles. Le voltmètre à lampe est disposé comme il a été indiqué précédemment.

Pour assurer le couplage du générateur avec le récepteur, on réalise, avec un conducteur isolé ordinaire, une petite self d'environ 10 spires ayant 10 mm de diamètre qui sera connectée au générateur comme le montre la figure IV-44.

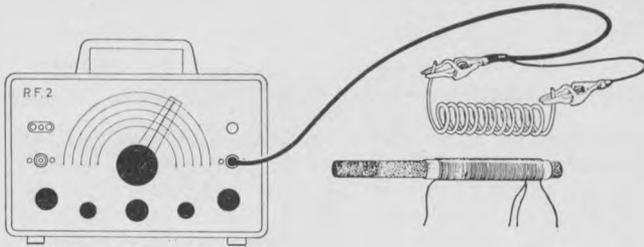


Fig. IV-44

Ce dernier sera allumé pendant quelques instants avant de commencer les réglages.

On utilisera soit l'oscillateur variable, soit l'oscillateur à cristal si on dispose d'un quartz de fréquence égale à celle de la fréquence intermédiaire du récepteur, avec sortie modulée.

La self improvisée étant couplée étroitement à l'antenne de ferrite, il sera facile d'obtenir une large lecture sur le voltmètre.

Au moyen de l'atténuateur, diminuer l'amplitude du signal ou éloigner la petite bobine afin d'obtenir la lecture minimum lisible sur le mesureur de sortie. En aucun cas, on n'agira sur le potentiomètre de volume du récepteur qui restera toujours sur la position de maximum. En utilisant toujours le minimum de signal suffisant pour apprécier les variations de lecture à la sortie, on commencera par ajuster le dernier transformateur FI (1 sur la figure IV-45) afin d'obtenir la plus grande lecture possible et en compensant l'augmentation du signal, soit avec l'atténuateur, soit en éloignant la self de couplage.

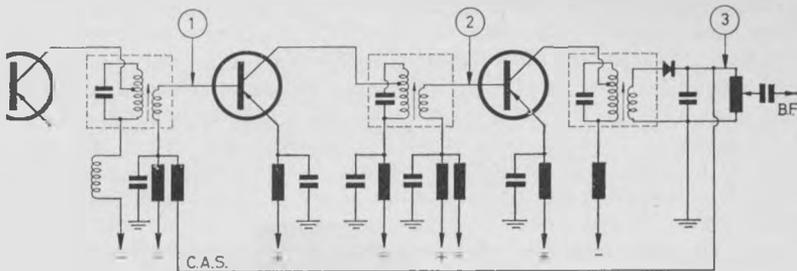


Fig. IV-45

La mise au point se poursuit de la même façon sur les autres transformateurs FI, en passant successivement aux points 2 et 3 (fig. IV-45) et en réduisant chaque fois le signal.

Nous avons observé qu'au cours de ces opérations, le circuit de C.A.G. n'a pas été coupé. Ceci s'explique par le fait que ce circuit est généralement en relation étroite avec la polarisation des transistors ; au lieu de procéder à sa déconnexion, on s'efforcera de préférence de travailler avec le signal d'entrée minimum pour que le circuit de C.A.G. n'affecte pas exagérément la précision de la lecture.

Réglage de l'oscillateur local et de l'étage haute fréquence

Le générateur HF avec sortie modulée (ou sans modulation suivant l'indicateur de sortie utilisé) doit, en principe être accordé sur une fréquence de la partie haute de la bande à ajuster, et si le récepteur possède un trimmer d'antenne, celui-ci devra être disposé sur une position de capacité moyenne. En accordant le récepteur sur la fréquence du générateur, on devra observer un maximum de sortie pour une position de l'aiguille sur le cadran correspondant à la fréquence du générateur. Quelques retouches sur le trimmer disposé en parallèle sur la section oscillatrice du CV permettront d'obtenir une correspondance exacte entre les deux indications ; on ajustera ensuite le trimmer de la section antenne et de l'amplificateur HF s'il y a lieu pour le maximum de sortie. Comme toujours, à mesure qu'on effectue ces différentes retouches, il est nécessaire de réduire la sortie du générateur si le signal de sortie augmente de façon trop élevée.

Au cours des réglages sur ondes courtes, on fera bien attention de ne pas confondre la fréquence fondamentale avec la fréquence image. Les deux signaux sont séparés d'une valeur égale à deux fois la valeur de la fréquence intermédiaire, mais la fondamentale correspond à la fréquence la plus basse.

Ensuite, on procédera au réglage à l'autre extrémité de la bande en agissant sur les noyaux des bobines ou les condensateurs paddings. Manœuvrer l'aiguille du récepteur pour entendre le signal émis par le générateur. Agir sur le padding ou le noyau oscillateur pour que la graduation corresponde à la fréquence du générateur. Accorder les noyaux des circuits d'accord et HF - s'il y a lieu - pour obtenir la déviation maximum de l'indicateur de sortie.

On reviendra ensuite sur le réglage de la partie haute de la gamme en agissant sur les trimmers et noyaux oscillateurs, accord, étage HF s'il y a lieu.

En règle générale, l'étalonnage d'une bande s'effectue en agissant sur les trimmers dans la partie haute et sur les noyaux dans la partie basse.

Dans les récepteurs comportant un circuit piège accordé sur la fréquence intermédiaire dans les circuits HF, celui-ci est réglé en injectant un signal de fréquence égal à la fréquence FI, et en le réglant de manière à obtenir le minimum de lecture à l'indicateur.

Prenons comme exemple les opérations relatives au réglage de la bande PO, sur l'étage mélangeur à transistor représenté à la fig. IV-46.

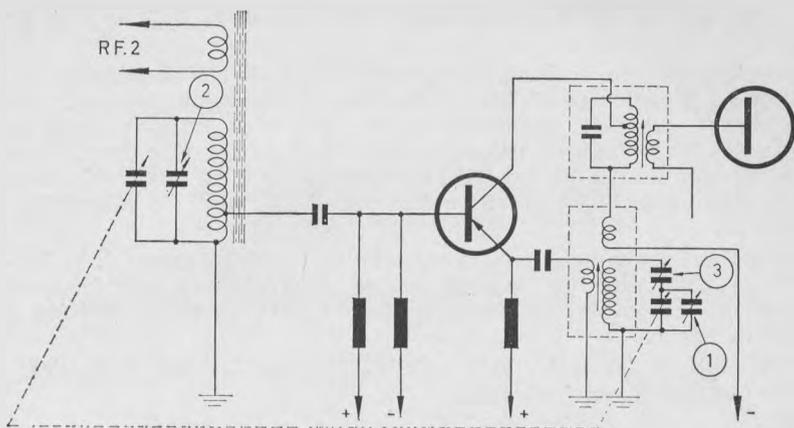


FIG. IV-46

a) Supprimer la connexion qui court-circuitait la section oscillatrice pendant les opérations de réglage de la section de fréquence intermédiaire.

b) Disposer le commutateur d'accord du récepteur sur la position PO et accorder le générateur HF sur 1 400 kHz, avec modulation (ou sans, suivant l'indicateur de sortie) avec un signal permettant une lecture suffisante.

c) Manœuvrer la commande d'accord du récepteur afin d'obtenir le signal de sortie maximum. Si l'aiguille du récepteur indique une fréquence supérieure à 1 400 kHz, c'est que la fréquence de l'oscillateur local est beaucoup trop basse. Agir lentement sur le trimmer de l'oscillateur (1) de manière que le maximum de sortie soit obtenu quand le cadran du récepteur indique précisément 1 400 kHz. Si l'aiguille est sur une fréquence inférieure à 1 400 kHz, agir sur le trimmer en sens inverse.

d) Ajuster le trimmer du circuit d'accord d'antenne et de l'étage HF s'il existe, pour la déviation maximum de l'indicateur (2).

e) Procéder maintenant au réglage à l'autre extrémité de la gamme. Le générateur HF est calé sur 600 kHz. Accorder le récepteur pour le maximum de sortie. Si la position de l'aiguille indique une fréquence supérieure à 600 kHz, c'est que la fréquence de l'oscillateur local est beaucoup trop basse. Il est nécessaire d'agir sur le noyau ou de relâcher le padding (3) ; si l'aiguille indique moins de 600 kHz, enfoncer le noyau ou serrer la vis du padding afin de faire coïncider l'aiguille avec la fréquence 600 kHz pour la lecture maximum.

f) Ajuster le noyau de la bobine d'accord et de l'étage HF s'il existe, pour le maximum de sortie. Déplacer la bobine sur le noyau de ferrite afin d'obtenir la déviation maximum.

g) Répéter les opérations indiquées précédemment pour la fréquence 1 400 kHz

h) Accorder le générateur sur 1 000 kHz. Si les bobinages et le cadran du récepteur sont bien étalonnés, le maximum de sortie devra être obtenu sur cette même fréquence. S'il n'en est pas ainsi, c'est que les bobinages ne sont pas correctement établis et l'on devra rechercher une solution de compromis en observant qu'il est préférable d'avoir un cadran inexact que sacrifier à la sensibilité ou à la sélectivité du récepteur.

Dans cet exemple, nous avons choisi les fréquences de 1 400 et 600 kHz pour effectuer les opérations de réglage ; ces fréquences s'appellent les points d'alignement et sont généralement précisées par le constructeur.

On répètera les opérations précédentes, sur les autres bandes, en se conformant à ces indications.

Rétablir la connexion de CAG si celle-ci a été coupée.

Calcul du gain d'un étage amplificateur de fréquence intermédiaire dans un récepteur A.M.

Avec un générateur HF et un voltmètre à lampe et la sonde démodulatrice, il est possible de calculer le gain approximatif d'un étage de fréquence intermédiaire déterminé.

Si l'on se reporte au schéma général de la figure IV-47, le signal HF sera injecté dans l'antenne à l'aide de la bobine auxiliaire de couplage et les tensions sont relevées aux points 1 et 2 pour le premier étage F1, et 2 et 3 pour le second étage.

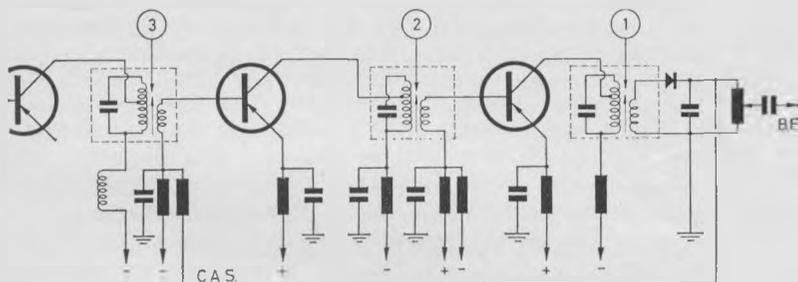


FIG. IV-47

Sauf au point 3, le voltmètre à lampe sera pourvu d'une sonde démodulatrice.

Le circuit CAG ne sera pas coupé, mais on devra doser le signal de sortie du générateur HF de façon que celui-ci soit aussi intense que possible sans provoquer l'action du CAG.

Pour cela, en partant de la sortie minimum du générateur, on augmente progressivement celle-ci en observant les indications du voltmètre

jusqu'au moment où l'on constate une discontinuité entre l'augmentation du signal de sortie HF et celle de la déviation de l'aiguille du voltmètre, ce qui indique que le CAG commence à agir.

On ramène alors un peu en arrière la commande du régulateur de sortie HF.

Le gain est égal au rapport des deux lectures des tensions point 2/point 1 ou point 3/point 2.

Le gain total de la section FI est égal au produit du gain de chacun des étages.

Vérification à l'oscilloscope des étages F.I. des récepteurs A.M.

La qualité, le rendement et la fidélité des récepteurs de radio à modulation d'amplitude dépendent en grande partie du fonctionnement correct de leurs étages moyenne fréquence ou FI (fréquence intermédiaire). L'oscilloscope est l'instrument idéal pour la vérification et le réglage de ces étages.

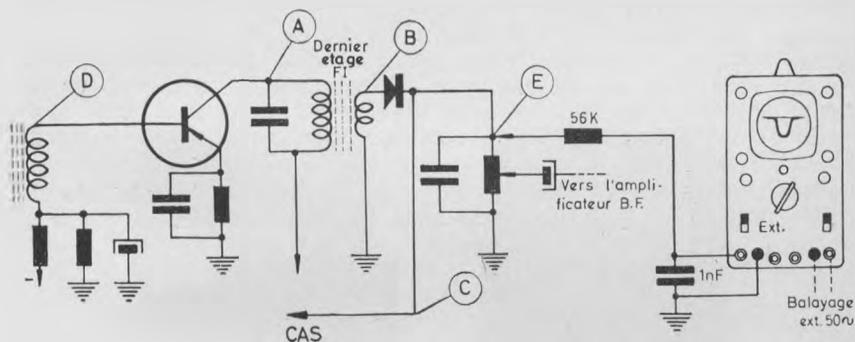


FIG. IV-48

La fig. IV-48 montre le dernier étage FI et l'étage détecteur d'un récepteur à transistors et le montage à réaliser pour obtenir la courbe de réponse globale de l'amplificateur. Il est nécessaire de disposer d'un vibulateur couplé à l'antenne du récepteur ou à l'étage changeur de fréquence de façon à obtenir un signal modulé autour de la fréquence d'accord des transformateurs FI. Le signal, après avoir traversé les différents étages, est prélevé après détection, et appliqué à l'« ENT. VERT » de l'oscilloscope à travers le dispositif constitué par la résistance de 56 Ω et le condensateur de 1 nF, tandis que l'« ENT. HORIZ » reçoit un balayage à 50 Hz. Sur l'écran apparaîtra la courbe de réponse indiquant le fonctionnement global de l'ensemble des étages, la bande passante, etc... Cette courbe de réponse aura approximativement la forme indiquée sur la figure IV-49.

Cette courbe est la plus importante et elle donne une indication précise sur le fonctionnement global des étages FI (un seul étage peut présenter une faible amplification dans une extrémité de la bande de

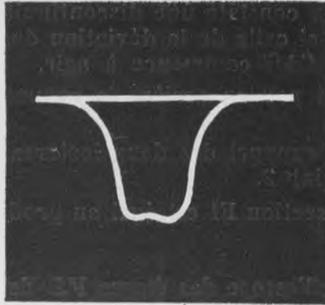


FIG. IV-49

fréquences, mais être compensé par l'étage suivant, ce qui fait que le résultat final est satisfaisant). Cependant l'oscilloscope permet également de vérifier chaque étage séparément, et de découvrir de cette façon l'origine d'une perturbation qui apparaît sur la courbe globale.

Pour ces vérifications on peut se dispenser du vibulateur et du réseau R/C, et les remplacer par un générateur HF classique en le reliant au circuit MF du récepteur au moyen d'un condensateur de faible capacité. L'oscilloscope sera branché au point A et ensuite au point D de la figure IV-48, le contacteur de fréquence de balayage placé sur 40 Hz.

Sur l'écran on observera un signal identique à celui de la figure IV-50 a qui représente une onde HF non modulée.



FIG. IV-50 a



FIG. IV-50 b

Si la ligne horizontale présente des déformations en dents de scie comme il est indiqué sur la figure 50 b, cela signifie un ronflement dans l'étage correspondant.

Lorsque l'on obtient l'oscillogramme de la figure 50 a, on dispose l'oscillateur HF sur la position modulée et l'oscillogramme devra alors être identique à celui de la figure 50 c. On stabilisera l'image en augmentant la fréquence de balayage, en fonction de la valeur de la B.F. modulant la H.F.

S'il apparaît un signal identique à celui de la figure 50 d, il s'agit d'une surcharge qui produit une distorsion notable (soit par exemple

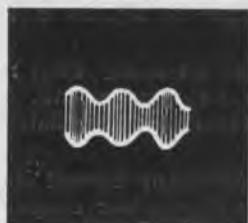


FIG. IV-50 c



FIG. IV-50 d



FIG. IV-50 e

un excès ou un défaut de H.F. dans le CAG.) On pourra réaliser une vérification du CAG en reliant l'oscilloscope au point C de la figure IV-48, sur l'écran doit apparaître une simple trace horizontale comme l'indique la figure 50 e (tension courant continu pure).

Au point E, on devra obtenir uniquement le signal B.F. comme l'indique la figure 50 f. Une trace manquant de netteté ou très grosse signifie qu'une fraction des signaux de F.I. est injectée dans les circuits B.F. Il sera nécessaire de prévoir une plus importante capacité de découplage. Le fait de ne pas apporter cette correction réduirait la qualité du son et diminuerait la puissance de sortie.

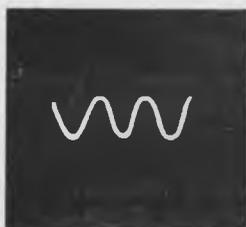


FIG. IV-50 f

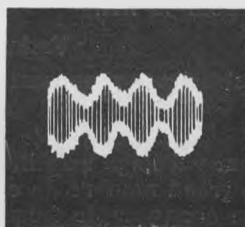


FIG. IV-50 g

En vérifiant les points A et B, on peut se trouver en présence d'un autre type de distorsion consistant en une onde modulée montrant une oscillation B.F. produite dans un étage H.F. ou F.I. La courbe apparaît alors comme il est indiqué sur la figure 50 g.

Contrôle de l'étage convertisseur

Pour contrôler cet étage, l'oscilloscope sera branché sur le collecteur du transistor convertisseur.

On devra relever une tension HF superposée à une tension continue

La tension HF en dehors de l'accord sur une station est la tension d'oscillation locale ayant l'allure de la fig. 50 a. La tension continue est due à la chute de tension produite par les résistances de découplage.

En accordant le récepteur sur une station puissante, ou en injectant le signal d'un générateur HF modulé, les crêtes de la tension HF de

l'oscillateur local seront modulées comme l'indique la fig. 50 c au rythme de l'émetteur ou du générateur.

L'absence de tension continue indiquerait une anomalie dans le circuit d'alimentation du collecteur, interruption ou court-circuit. Si au contraire, il n'y a pas de tension HF, c'est évidemment l'oscillateur local qui est à incriminer.

L'absence de modulation d'une station ou du générateur devrait être attribuée à un court-circuit dans le premier étage FI, ou une coupure du circuit d'entrée d'antenne du récepteur.

PARTICULARITES DU RECEPTEUR F.M.

Le récepteur de modulation de fréquence FM diffère par quelques aspects du récepteur à modulation d'amplitude AM : au lieu d'un détecteur d'amplitude on utilise un détecteur sensible aux variations de fréquence. Les amplificateurs de fréquence intermédiaire qui précèdent le détecteur sont établis de manière à présenter une plus grande largeur de bande (200 kHz) que dans le cas de la modulation d'amplitude (6 kHz). En même temps, il existe en FM des circuits qui limitent l'amplitude du signal à un niveau sans variation.

Le procédé général de réglage des circuits FI est essentiellement le même que pour la AM.

Variantes du bloc HF

Les constructeurs proposent de nombreux blocs HF pour la réception de la FM. Ceux-ci se distinguent par les caractéristiques différentes suivantes :

- Absence d'étage amplificateur HF.
- Plus grand nombre de circuits à accord variable.
- Etage changeur de fréquence à transistor unique.
- Application de la CAG à l'étage HF s'il existe.

S'il n'y a pas d'étage amplificateur HF, le circuit primaire d'antenne reste le même. Le secondaire est constitué par un circuit accordé et le signal est appliqué sur la base du transistor mélangeur.

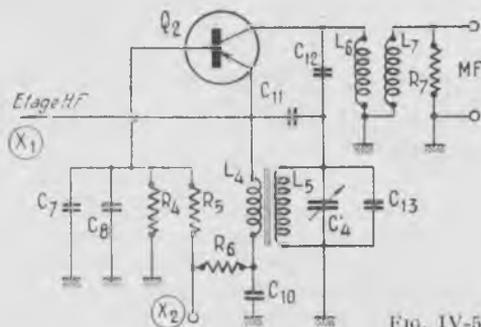


FIG. IV-51

Le schéma d'un étage changeur de fréquence à transistor unique est indiqué à la fig. IV-51.

Le signal HF amplifié est appliqué à l'émetteur, la base étant à montage commun par la mise à la masse par C_7 et C_8 . Le signal incident est mélangé dans le circuit émetteur car la bobine d'entretien de l'oscillateur L_4 - L_6 est insérée dans son circuit. Elle est couplée à la bobine de collecteur L_5 , reliée à ce dernier par C_{12} .

L'alimentation du collecteur s'effectue à travers le primaire L_6 du transformateur FI accordé sur 10,7 MHz et dont le secondaire L_7 shunté par R_7 est à relier à l'entrée du premier transistor FI.

Remarquer que le couplage entre L_4 et L_5 n'est pas magnétique mais électronique, s'effectuant à l'aide du condensateur C_{11} de 3 pF.

Pour ce qui concerne les montages où la commande automatique de gain est appliquée à l'étage HF, celle-ci est transmise à la base du transistor HF.

Le contrôle peut être obtenu en faisant varier soit le courant émetteur (CAG inverse), soit la tension de collecteur (CAG direct).

Amplificateur F.I.

Choix de la fréquence intermédiaire.

En pratique, il est d'usage d'adopter une fréquence intermédiaire légèrement plus grande que la moitié de la bande FM entière.

Puisque la bande FM s'étend de 88 à 108 MHz, soit sur 20 MHz, une FI de 10,7 MHz élimine les risques d'interférences par fréquence image.

La fréquence de 10,7 MHz est à peu près partout employée pour les amplificateurs à fréquence intermédiaire des récepteurs à modulation de fréquence. Mais avec une FI aussi élevée, l'amplification est plus difficile à obtenir et plusieurs étages sont nécessaires.

Un bon amplificateur doit avoir une bande passante de l'ordre de 160 kHz à -3 dB. On peut l'obtenir avec trois filtres de bande de largeur au même niveau de 230 kHz.

Le choix des schémas et des transistors devient plus aisé car la fréquence de fonctionnement est, comme nous l'avons vu de 10,7 MHz.

Il est possible de se servir du même amplificateur FI à transistors pour la modulation de fréquence 10,7 MHz et la modulation d'amplitude 455 kHz.

La mise en série des enroulements des transformateurs FM et des transformateurs AM est plus compliquée que celle adoptée dans les appareils à lampes car il faut tenir compte des adaptations.

D'une manière générale, dans les transformateurs accordés sur 10,7 MHz, le primaire est intégralement inséré dans le circuit de collecteur, tandis que les bases sont reliées à des prises effectuées sur les secondaires pour effectuer l'adaptation à la faible impédance de ces électrodes.

D'autre part, les primaires des transformateurs AM et FM sont reliés par leurs prises tandis que les secondaires ont la prise du 455 kHz reliée à l'extrémité du 10,7 MHz.

Des commutations compliquées permettent d'appliquer à l'amplificateur les signaux issus du changeur de fréquence choisi. Les sorties BF de chaque détecteur sont également commutées.

La détection en modulation de fréquence

On sait qu'en modulation d'amplitude l'amplitude de la porteuse varie avec la modulation et, en conséquence, on trouve à la sortie du détecteur un courant redressé dont l'intensité doit suivre fidèlement la modulation de l'onde porteuse.

Dans le cas d'une onde modulée en fréquence, par contre, à l'intensité de la modulation BF correspond l'amplitude de la variation de fréquence, désignée par incursion ou swing de fréquence; à la hauteur ou fréquence du son correspond la vitesse de cette variation de fréquence.

Ainsi, en modulation de fréquence, l'amplitude de la porteuse est constante, mais sa fréquence varie. Si l'on applique un signal modulé en fréquence à l'entrée d'un redresseur, on obtient une composante continue puisque l'amplitude est constante.

Aussi doit-on faire appel à un détecteur spécial tout à fait différent et que l'on nomme démodulateur.

Dans la plupart des cas, on fait appel, pour les étages démodulateurs des récepteurs FM, soit à un détecteur symétrique ou discriminateur, soit à un détecteur de rapport.

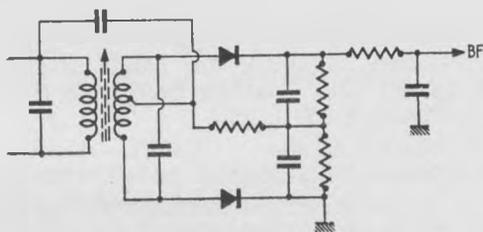


Fig. IV-52 a

Le schéma de principe de la figure IV-52 a nous montre le circuit d'un détecteur symétrique. L'enroulement primaire est disposé dans le circuit collecteur d'un transistor attaqué par une tension de fréquence égale à la fréquence de résonance du primaire. Un circuit secondaire est couplé au primaire. Deux diodes, type OA79, redressent les tensions appliquées.

On lui préfère le détecteur de rapport qui diffère du précédent par le mode de branchement des diodes et par le mode de prélèvement de

la tension basse fréquence qui est différent. Les deux diodes sont disposées en série. Leur polarité n'est pas symétrique, on a affaire à un montage en pont. La tension basse fréquence est prélevée sur une diagonale du pont, ou par un enroulement tertiaire comme c'est le cas sur la figure IV-52 b.

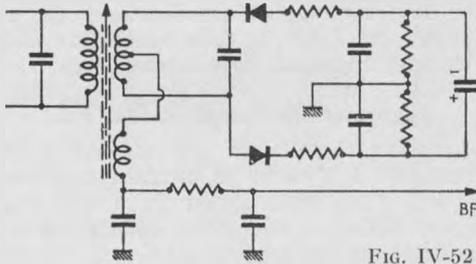


FIG. IV-52 b

La résistance et le dernier condensateur de découplage de la ligne BF constituent le circuit de désaccentuation qui compense la préaccentuation à l'émission consistant à favoriser les aiguës par rapport aux graves.

Dépannage et réglage d'un récepteur F.M.

La méthode générale de dépannage d'un récepteur FM à transistors est la même que celle d'un récepteur AM, avec les particularités que nous allons exposer ci-dessous.

Circuit BF. — La section basse fréquence d'un récepteur FM à transistors est souvent plus soignée que celle d'un récepteur classique ne recevant que les émissions AM. La puissance modulée est supérieure grâce à l'utilisation de transistors de sortie plus puissants, montés le plus souvent en push-pull classe B, dans des circuits à symétrie complémentaire. La polarisation des bases des deux transistors de sortie doit donc être soigneusement réglée pour éviter toute distorsion. De plus, les transistors de sortie doivent être appariés.

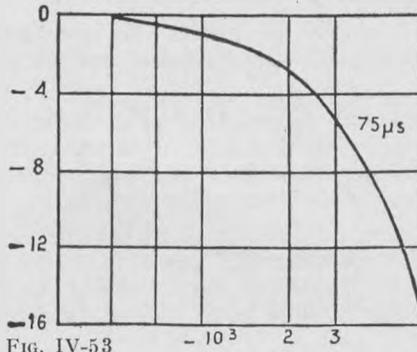


FIG. IV-53

Circuit de désaccentuation. — Les valeurs des éléments R et C du circuit de désaccentuation doivent être convenablement choisies.

Pour effectuer le contrôle, un générateur FM modulé est nécessaire.

Les tensions du générateur sont appliquées soit à l'entrée du récepteur, soit à l'amplificateur FI en l'accordant sur la fréquence adéquate et l'on fait varier la fréquence de modulation. On mesure alors les tensions BF de sortie du filtre de désaccentuation, de telle sorte que l'on obtienne la courbe standard représentée à la figure IV-53.

Alignement de l'amplificateur F.I.

Pour cette opération, on devra utiliser un voltmètre à lampe disposé sur la sensibilité 5 V max. en courant continu. La borne positive sera disposée en « A » et la masse en « B » du schéma général représenté à la figure IV-54, celui-ci correspondant à la section FI d'un tuner équipé d'un détecteur de rapport.

Le générateur HF étant réglé sur la fréquence centrale de l'amplificateur FI (généralement 10,7 MHz), le signal de sortie est appliqué à travers un condensateur de 10 nF, entre la base du dernier transistor amplificateur FI et la masse. Le générateur sera connecté en position « HF non modulée ». Si celui-ci possède un oscillateur à cristal (ce qui est le cas du Retex-Kit RF, qui a servi à nos essais), on utilisera cette position en l'équipant d'un cristal 10,7 MHz. Si on ne dispose pas de ce cristal, on pourra utiliser l'oscillateur variable accordé sur cette même fréquence, fréquence qui ne devra pas être modifiée pendant toute la durée des réglages.

Le niveau de sortie du générateur HF est réglé de manière à éviter la saturation de l'étage.

On commence par ajuster le noyau sur la vis magnétique du primaire du dernier transformateur (1) de manière à obtenir le maximum de déviation de l'aiguille du voltmètre.

(Si l'aiguille dévie à l'envers, on inversera les polarités au moyen du sélecteur de fonctions du voltmètre.)

On retouchera la sortie du générateur (commandes HF et atténuateur — jamais l'accord) afin d'obtenir une lecture d'environ 3 V sur le voltmètre.

A ce sujet, il convient de préciser qu'au cours de toutes ces opérations, il est nécessaire de travailler avec un signal HF aussi faible que possible, compatible avec le gain de l'amplificateur FI, pour obtenir la plus grande précision de l'accord.

Toujours par l'intermédiaire du condensateur de 10 nF, on relie ensuite la sortie du générateur HF sur la base du transistor suivant (en se rapprochant de l'antenne) de la chaîne amplificatrice FI. Le signal sera de nouveau atténué pour obtenir la même tension lue au voltmètre.

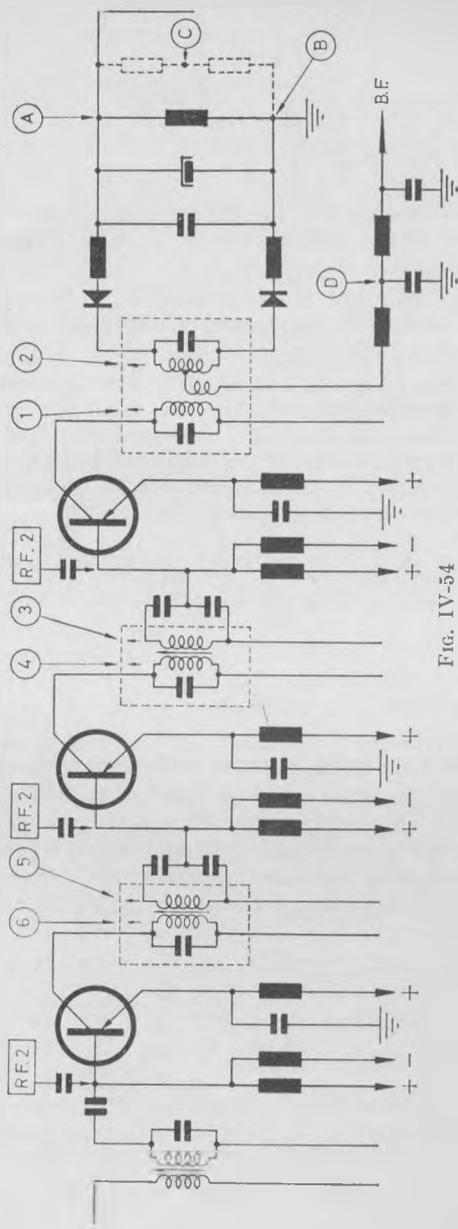


Fig. IV-54

On ajuste alors les noyaux du primaire et du secondaire du transformateur correspondant, (3) et (4) sur la figure, pour le maximum de déflexion du voltmètre.

Pour obtenir un maximum bien défini, il peut être nécessaire d'amortir le secondaire avec une résistance de 1,5 k Ω quand on ajuste le primaire, et de même, sur le primaire, quand on ajuste le secondaire.

Cette résistance sera supprimée quand on passe à l'étage suivant.

On opérera de même sur ce dernier (s'il existe). Réduire encore la sortie du générateur pour avoir sur le voltmètre une lecture identique aux précédentes.

Agir sur le primaire et le secondaire du transformateur (5) et (6) pour obtenir la déviation maximum. Utiliser la résistance d'amortissement si c'est nécessaire.

Si cet étage correspond au premier transformateur FI qui seul appartient à la section d'accord HF, on réalisera un faible couplage à l'entrée du mélangeur avec un condensateur d'environ 2 pF à la sortie du générateur, ou bien on reliera directement celle-ci à l'antenne.

Opérer comme précédemment : réduire la sortie HF et ajuster primaire et secondaire pour la déflexion maximum.

Réglage de l'étage détecteur (détecteur de rapport)

Ce réglage s'effectue après celui des transformateurs de la section amplificatrice F.I.

On prendra tout d'abord deux résistances identiques de valeur comprise entre 100 et 200 k Ω que l'on disposera en série. Celles-ci seront connectées provisoirement entre les points A et B.

La pointe positive du voltmètre est connectée au point D correspondant à la sortie de l'enroulement tertiaire du détecteur et la pointe négative au point C, point milieu des deux résistances préparées précédemment.

Le voltmètre est toujours sur l'échelle des courants continus. Mais le réglage ne s'effectue plus au maximum de déflexion. Le point de réglage optimum des diodes est obtenu par le calage de l'aiguille sur le zéro central.

On procédera à l'ajustage exact du zéro avant d'effectuer ces mesures.

En l'absence d'injection de signal FI, l'aiguille du voltmètre doit donc se trouver sur le zéro, aucune tension détectée n'apparaissant à la sortie des diodes.

On injecte ensuite le signal HF sur les différents points mentionnés pour le réglage des circuits FI, avec la tension de sortie correspondante.

Si l'aiguille reste au zéro, c'est que les tensions redressées par les deux diodes sont identiques et leur résultante est nulle. Le réglage est correct.

S'il en est autrement, c'est que les tensions redressées ont une amplitude différente que le déplacement de l'aiguille met en évidence.

Il convient alors d'ajuster le secondaire du dernier transformateur FI (2) de manière à ramener l'aiguille du voltmètre sur le zéro. On observera qu'en agissant sur le noyau, il est possible de déplacer l'aiguille du voltmètre de part et d'autre du zéro central.

Après ce réglage, il peut être nécessaire de retoucher au primaire (1) comme il a été indiqué dans le chapitre précédent.

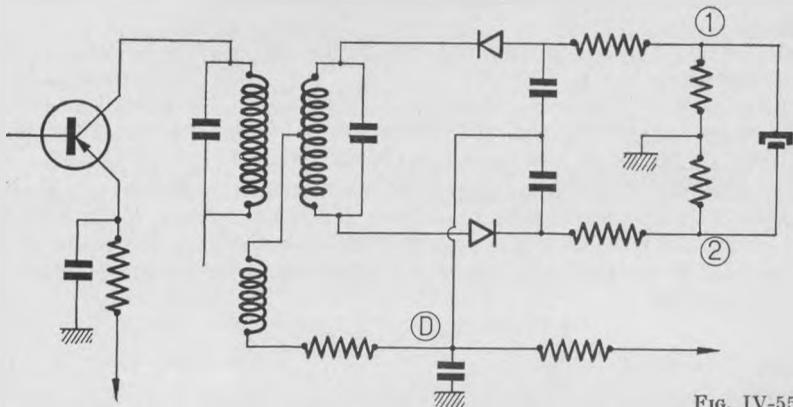


FIG. IV-55

Sur certains montages, le circuit du détecteur de rapport peut se présenter suivant le schéma de la figure IV-55. Le voltmètre sera branché entre D (positif) et la masse.

Cas du tuner équipé d'un discriminateur de fréquence

Dans le cas d'un tuner équipé d'un discriminateur de fréquence la technique du réglage des étages F.I. et du démodulateur est la même : déviation maximum du voltmètre dans l'un et zéro central dans l'autre,

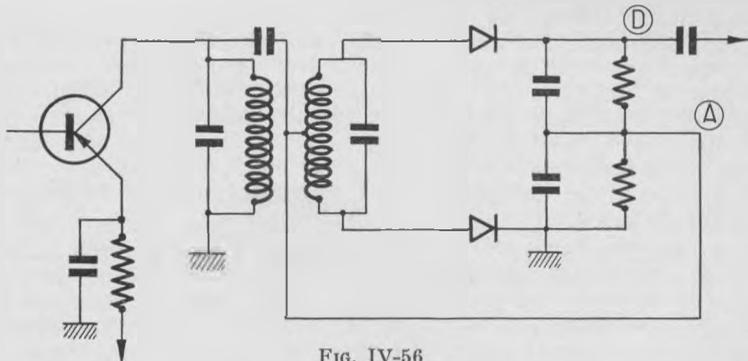


FIG. IV-56

mais le branchement du voltmètre est différent. Si l'on se reporte au circuit de la figure IV-56, la borne positive sera disposée en A pour le réglage des premiers, en D pour le second.

Réglage de la section HF

Le procédé de réglage sera le même que celui indiqué pour les récepteurs AM, en disposant le voltmètre à lampe au point A de la figure IV-54 et en ajustant pour le maximum de lecture.

Régler le trimmer ou le noyau de l'oscillateur de manière à couvrir totalement la bande FM allant de 88 à 108 MHz par la manœuvre des condensateurs.

De même que dans les récepteurs AM, le calibrage de la bande par rapport au cadran d'accord s'effectue par retouche des trimmers pour la partie haute de la bande et des noyaux pour la partie basse.

On réalise ensuite le réglage sur la fréquence centrale, c'est-à-dire vers 98 MHz en appliquant un signal HF non modulé à l'entrée du récepteur, puis sur les fréquences extrêmes de chaque côté de la bande.

On recherchera le maximum de lecture en agissant sur le trimmer de l'accord HF et sur le noyau de la bobine HF d'antenne.

Réglage à l'aide d'un wobulateur et d'un oscilloscope

Si l'on dispose d'un générateur modulé en fréquence (wobulateur) et d'un oscilloscope, le réglage des étages FI et du démodulateur s'effectuera rapidement et avec plus de précision. En effet, l'examen de la courbe permet d'observer directement l'action des différents réglages.

L'oscillateur marqueur qui fait également partie du wobulateur HF permet de procurer une, deux ou plusieurs marques ou signaux sur la courbe de réponse visible sur l'écran de l'oscilloscope. Le niveau de sortie élevé du signal HF permet l'emploi des harmoniques de l'oscillation fondamentale apportant des possibilités plus grandes à cette partie de l'appareil.

La fonction principale de l'oscillateur marqueur consiste à procurer une fréquence fixe et exacte qui peut être utilisée pour identifier des fréquences comprises dans le tracé de réponse. Ceci s'obtient en mélangeant à l'intérieur de l'appareil la sortie de l'oscillateur marqueur et celle de l'oscillateur de balayage. Quand les fréquences respectives approchent leurs valeurs, la différence entre elles se situera dans la gamme de fréquences audibles et une ligne brisée apparaîtra sur l'oscilloscope. En utilisant un appareil à large bande, cette ligne embrassera la totalité du tracé.

Pour identifier la largeur de bande dans un circuit accordé, une fois que la courbe de réponse a fait son apparition sur l'écran de l'oscilloscope, on introduit la marque sur la courbe et on la situe sur l'une des portions verticales en un point dont la distance à l'amplitude de la réponse est égale à 30 % de l'amplitude ou distance totale.

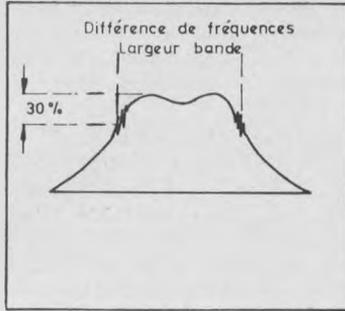


FIG. IV-57 a

On note la fréquence que signale l'index du cadran. Ensuite on transporte la marque sur l'autre portion verticale, en observant la même distance de 30 % de l'amplitude et de nouveau, on prend note de la fréquence indiquée par le cadran. La différence entre les deux fréquences constitue la largeur de bande du circuit (voir fig. IV-57 a).

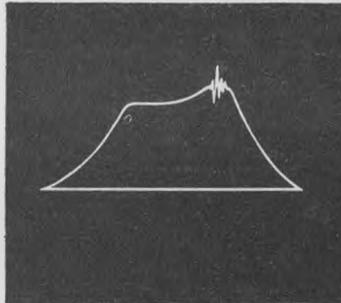


FIG. IV-57 b

Quand il s'agit de régler la forme d'onde du passage de bande d'un circuit, la marque se situe sur le côté le plus grand ou le plus petit de la courbe, suivant le type de réglage que l'on désire effectuer (fig. IV-57 b). S'il s'agit d'un transformateur FI ou HF, on retouche son réglage variable soit par le noyau ou la capacité, jusqu'à ce qu'on obtienne la même forme d'onde dans l'oscilloscope que celle qui est spécifiée par le fabricant de l'appareil à régler.

L'oscillateur à cristal de quartz qui équipe le vibulateur (modèle Retexkit GT-1 dans notre cas) est disposé de façon que sa sortie se mélange avec la sortie de l'oscillateur marqueur variable de façon que tant la fréquence fondamentale du cristal que ses harmoniques soient présents à la sortie HF, ainsi que les fréquences résultantes du battement (somme et différence). Grâce à l'amplitude de sortie des fonda-

mentales, on obtient la possibilité d'utiliser une série de fréquences disponibles pour « marquer » sans avoir à utiliser un oscillateur marqueur extérieur. Il est possible, pourtant, d'insérer des marques non seulement dans le balayage fondamental, mais dans plusieurs de ses harmoniques.

Si l'oscillateur marqueur variable est accordé à 25 MHz par exemple, et le quartz de 11,15 MHz posé sur son support, les fréquences de sortie seront de 25 MHz, 41,65 MHz et 13,85 MHz, sans compter les harmoniques. Si l'oscillateur marqueur variable s'accorde à l'une des extrémités de la bande passante d'une courbe de réponse, il apparaîtra une seconde marque en un point situé à 11,15 MHz du premier. Les marques peuvent être plus ou moins distantes en substituant au cristal de quartz un autre de fréquence plus élevée ou plus basse respectivement (fig. IV-57 c). Il faut tenir compte que le quartz travaille en



FIG. IV-57 c

harmonique pour les hautes fréquences et par conséquent les marques espacées 11,15 MHz seront beaucoup plus petites en amplitude que le marquage fondamental obtenu de l'oscillateur variable. Généralement on peut obtenir une bonne vérification de la courbe avec deux marques en situant celle provenant de l'oscillateur variable au début de l'un des côtés du tracé de façon que le bouton de gain du marqueur puisse être augmenté sans introduire de distorsion dans le tracé. L'autre marque se verra alors complètement à l'extrémité opposée de la courbe si la largeur de bande est supérieure à la fréquence du quartz. Dans quelques cas le battement supérieur peut être plus visible que le battement inférieur, ou vice versa.

Il existe de très nombreux emplois de l'oscillateur à quartz. Avec cet oscillateur les marques peuvent être obtenues directement en utilisant un quartz de fréquence égale à celle qui est désirée ou à une fréquence harmonique inférieure.

Quand il s'agit de régler les récepteurs ou tuners FM, un quartz de 10,7 MHz ou de 5,35 MHz délivrera une marque de haute précision, tandis que ses harmoniques peuvent être utilisés pour le réglage de la HF. Les harmoniques neuf et dix d'un quartz de 10,7 MHz tombent

dans la bande de 88 à 108 MHz du spectre de la FM. En disposant d'une amplification suffisante les harmoniques 18, 19 et 20 pourront être utilisés à partir d'un quartz de 5,35 MHz.

Toutefois il est possible d'obtenir plus de marques avec l'entrée du signal d'un oscillateur extérieur. La sortie de l'oscillateur extérieur peut être utilisée pour donner des marques en fondamentale dans sa propre gamme de fréquences. On contrôlera également le niveau de ce signal extérieur. De multiples marques peuvent être obtenues en réalisant un battement avec la fréquence du générateur extérieur et l'oscillateur variable ou avec celui du quartz, avec une différence de fréquence préconçue pour délivrer des marques qui soient espacées

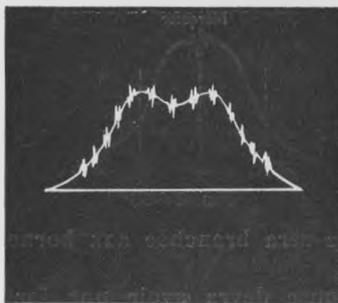


Fig. IV-57 d

avec les intervalles désirés sur la courbe de réponse. Par exemple, si des marques espacées seulement tous les 100 KHz sont nécessaires, le générateur extérieur s'accorde à 11,05 MHz ou à 11,25 MHz suivant que l'on veut battre avec l'oscillateur à quartz au-dessous ou au-dessus de sa fréquence. Quand on procède ainsi, les fréquences fondamentales et les résultantes des sommes et différences correspondantes seront présentes, ainsi que les harmoniques, en obtenant des marques sur toute la longueur du tracé, comme l'indique la figure IV-57 d.

L'identification des différentes marques s'effectue aisément grâce à la facilité avec laquelle peuvent se débrancher le quartz et l'oscillateur extérieur. S'il surgissait un doute pour savoir quelle marque est la principale, il suffirait d'enlever le quartz de son support et de débrancher ou couper le générateur extérieur. La seule marque qui resterait visible serait celle engendrée par l'oscillateur variable. En connectant les deux oscillateurs, l'un après l'autre, on identifiera les marques respectives. Si dans certains cas la courbe de réponse persistait en présentant une marque fixe même avec l'oscillateur variable débranché, cela serait sans doute dû à l'oscillateur local de l'appareil à essayer ou à régler. Une marque de ce type peut-être éliminée facilement en retirant la lampe oscillatrice de l'appareil à essayer ou en débranchant sa haute tension.

Avec la disposition indiquée, les signaux de l'oscillateur variable ou fixe peuvent être utilisés pour le réglage des circuits amplificateurs FI et discriminateurs.

Réglage de l'amplificateur F.I.

Le signal du vobulateur sera injecté à l'entrée FI à un niveau d'environ 10 mV. L'entrée verticale de l'oscillographe sera branchée à la partie du circuit diode, reliée au pôle négatif du condensateur électrolytique de stabilisation, si c'est un détecteur de rapport (points 1 ou 2 de la figure IV-55) - (ce condensateur électrolytique devra être déconnecté durant le réglage des transformateurs FI) - ou au point (A) de la figure IV-56 si le détecteur est du type discriminateur.

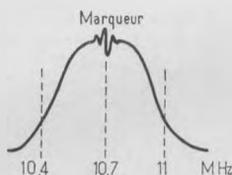


FIG. IV-58

L'entrée horizontale sera branchée aux bornes correspondantes du vobulateur.

La courbe de réponse devra avoir une forme semblable à celle de la figure IV-58 et présenter une portion pratiquement plate (environ 200 kHz). Au centre doit se trouver la marque produite généralement à 10,7 MHz par le circuit marqueur du vobulateur avec un quartz.

Dans ce réglage il est beaucoup plus important d'obtenir une portion plate de bande passante (crête de la courbe) plutôt qu'un gain élevé. Les traces de la courbe de part et d'autre de la marque doivent être symétriques.

Réglage du discriminateur

Une fois que les étages de FI ont été réglés d'une façon satisfaisante, le discriminateur peut être réglé de manière rapide et efficace.

La connexion de l'entrée verticale de l'oscilloscope est reliée au potentiomètre de volume avec lequel apparaît une courbe comme celle qui est montrée sur la figure IV-59. On retouche les noyaux du discriminateur jusqu'à ce que le signal de l'oscillateur marqueur à quartz de 10,7 MHz, apparaisse au centre de la courbe en forme de « S ». Généralement on règle le primaire pour la plus grande amplitude entre les deux crêtes, supérieure et inférieure de la courbe et le secondaire pour obtenir la ligne la plus droite possible, entre les deux crêtes.

Le réglage optimum est obtenu quand la marque de 10,7 MHz est située au centre d'une ligne absolument droite et de la plus grande longueur possible, réunissant les deux crêtes de la courbe. Généralement la distance est d'environ 200 KHz.

Réglage du détecteur de rapport

S'il s'agit du réglage d'un détecteur de rapport, les connexions resteront les mêmes que pour le réglage de la FI en connectant de nouveau le condensateur électrolytique stabilisateur qui était déconnecté pour ce réglage là. L'entrée verticale de l'oscilloscope est reliée à la cosse du point « chaud » du potentiomètre de volume. On obtiendra la même courbe que celle indiquée sur la figure IV-59.

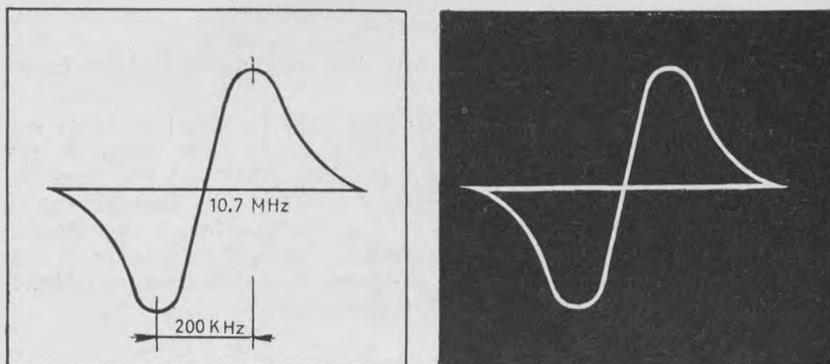


FIG. IV-59

Réglez le secondaire du transformateur de façon que la marque de 10,7 MHz apparaisse au centre de la courbe en « S ». Retouchez le primaire pour obtenir que la ligne qui unit les deux crêtes de la courbe soit droite avec la plus grande longueur possible. Le détecteur est réglé.

Amplificateurs à symétrie complémentaire

Les propriétés symétriques de transistors NPN et PNP peuvent être utilisées pour concevoir des montages très attrayants, notamment la réalisation d'amplificateurs basse fréquence push-pull plus simples que le plus-pull classique. De tels montages offrent la possibilité de construire des amplificateurs symétriques en série, sans transformateur d'attaque ni transformateur de sortie. De cette manière, la distorsion peut être diminuée, le nombre des composants, les dimensions et le poids de l'amplificateur sont réduits et la courbe de réponse en fréquence se trouve nettement élargie.

Fonctionnement du push-pull classique

Un préamplificateur push-pull conventionnel, avec des transistors de sortie de même polarité, exige deux signaux d'entrée de phase opposée. Dans la plupart des cas, ces deux tensions d'entrée sont obtenues au moyen d'un transformateur d'attaque, qui, en même temps, offre la possibilité d'obtenir un gain optimal de l'étage d'attaque.

Cependant, cette méthode employée pour obtenir des phases opposées présente plusieurs inconvénients qui doivent être attribués au transformateur d'attaque :

— à cause des pertes dans le cuivre, les enroulements primaire et secondaire dissipent une partie de la puissance alternative d'attaque ;

— la courbe de réponse en fréquence, aux limites supérieure et inférieure du spectre basse fréquence, est influencée, respectivement, par l'inductance répartie (ainsi que la capacité répartie) et l'auto-inductance primaire du transformateur ;

— les propriétés magnétiques non idéales du noyau introduisent une distorsion.

Les inconvénients ont conduit à rechercher les possibilités de supprimer le transformateur d'attaque. Une solution économique et très intéressante consiste à utiliser des transistors PNP et NPN, dans des montages à symétrie complémentaire. Cependant en supprimant le transformateur d'attaque, donc l'élément d'adaptation, l'amplificateur deviendra nécessairement moins sensible, ce qui nécessitera, dans la plupart des cas, l'adjonction d'un étage d'amplification supplémentaire afin d'obtenir une sensibilité satisfaisante.

Principe d'un étage de sortie complémentaire

Le schéma de la figure IV-60 montre le montage de base d'un étage de sortie complémentaire. Pour simplifier l'aspect, les éléments nécessaires à la mise au point en régime continu ont été supprimés sur le schéma. On suppose que les transistors travaillent en classe B.

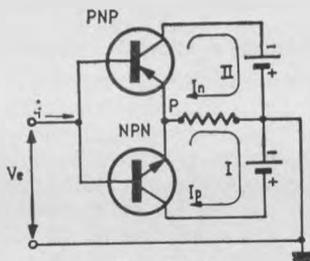


FIG. IV-60

Pendant l'alternance positive de la tension d'entrée V_e , le transistor NPN est conducteur et le transistor PNP est bloqué : aussi, un courant i_p traverse la résistance de charge R_C suivant la direction de la flèche (I). Durant l'alternance négative de la tension d'entrée, le transistor PNP est conducteur et un courant i_n traverse la charge R_L dans la direction de la flèche (II). Le transistor NPN est alors bloqué. Les deux courants se « suivent » donc dans la résistance de charge.

Fonctionnement avec une seule batterie

Dans un fonctionnement avec une seule batterie, comme le montre la figure IV-61, une extrémité de la résistance R_1 est connectée, par l'intermédiaire d'une capacité C_3 , aux émetteurs communs (point Q) des transistors de sortie. La tension continue V_Q , au point Q, est approximativement la moitié de la tension d'alimentation. La puissance maximale de sortie du montage dépend des spécifications maximales des transistors (telles que le courant de crête du collecteur, la dissipation de puissance dans le collecteur et la tension de coude (V_{CEK}), de l'impédance de charge de R_L et la tension d'alimentation V_{CC} .

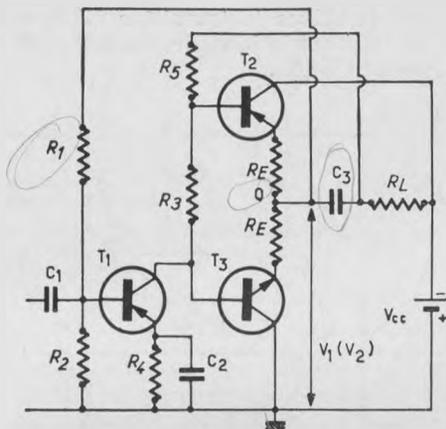


FIG. IV-61

L'étage d'attaque est couplé directement aux transistors de sortie ; la résistance de collecteur R_5 du transistor d'attaque est connectée à celle des extrémités de la charge qui n'est pas reliée à la masse. De cette manière, le courant à travers R_5 (qui conduit à une perte de signal dans cette résistance) est réduit car la tension aux bornes de R_5 représente seulement la tension de base du transistor de sortie. Si R_5 était reliée à l'alimentation, c'est la tension base-collecteur qui apparaîtrait aux bornes de R_5 . Vis-à-vis des variations de température ou de remplacement des transistors, la stabilité de l'étage d'attaque et de l'étage de sortie est obtenue par l'application d'une contre-réaction, en courant continu, entre les émetteurs des transistors de sortie et la base du transistor d'attaque (au moyen de la résistance R_1) et par l'insertion des résistances d'émetteurs R_E .

Pour diminuer la distorsion de croisement (liaison commutée entre les deux alternances de sinusoïde), les transistors de sortie doivent être polarisés pour fournir un courant d'émetteur de repos de quelques milliampères. Si les transistors de sortie avaient la même polarité, ce

courant de repos pourrait être obtenu en appliquant par rapport à la tension de l'émetteur une faible tension de base négative.

Cependant, comme les transistors sont de polarités opposées, il est nécessaire d'appliquer respectivement par rapport à la tension d'émetteur deux faibles tensions de base, positive et négative, suivant la polarité du transistor de sortie. Ces tensions de base sont obtenues au moyen de la résistance R_3 . Cette résistance est insérée dans le circuit de base du transistor PNP, mais elle introduit, de ce fait, dans le montage une certaine asymétrie. Pour diminuer cette asymétrie, la résistance R_3 doit être de faible valeur.

Le fonctionnement du montage est semblable à celui de la fig. IV-60. Durant les alternances positives le transistor NPN conduit, diminuant ainsi la valeur de V_1 . Ces variations de tension sont transmises à la charge par l'intermédiaire de C_3 .

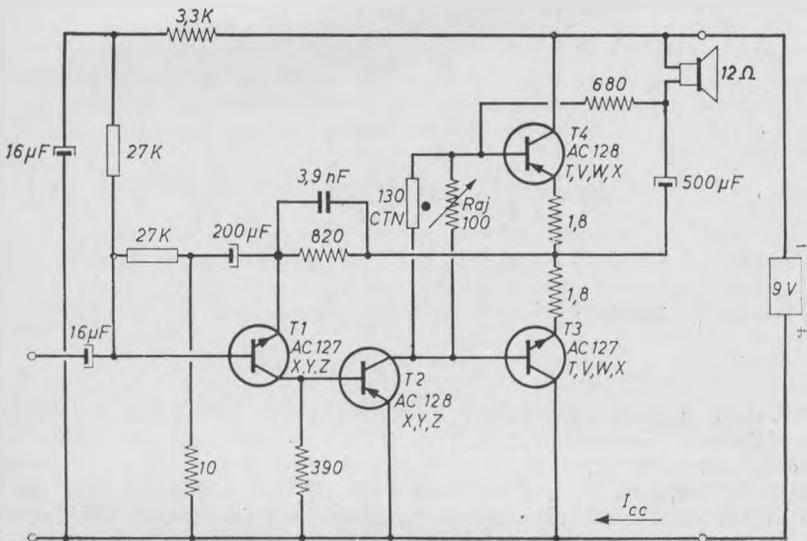


FIG. IV-62

La figure IV-62 nous donne un exemple de circuit BF à transistors complémentaires délivrant une puissance de 0,5 W avec une tension de 9 V.

Pannes dans l'étage préamplificateur et driver

Pour effectuer un contrôle rapide des étages préamplificateurs, on peut utiliser un générateur BF ou seulement le signal de modulation de l'oscillateur modulé. On peut encore, beaucoup plus simplement, mettre un doigt sur la base du transistor : on doit entendre un bourdonnement dans le haut-parleur.

Si l'étage préamplificateur semble défectueux, on s'assurera d'abord que le condensateur électrolytique de couplage entre l'étage détecteur est en bon état, et on appliquera ensuite, sur la base du premier transistor, un signal à 400 ou à 1000 Hz, en branchant le générateur comme l'indique la figure IV-63. On devra alors entendre la note du

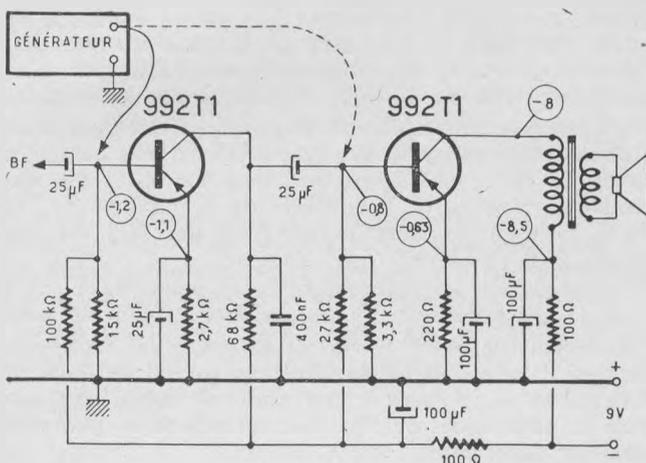


FIG. IV-63

signal dans le haut-parleur. Dans le cas contraire, on effectuerait la même opération sur l'étage pilote suivant (le cas échéant) ou sur l'étage final, de manière à localiser l'étage défectueux, en appliquant le signal sur la base, avant et après la capacité. On s'assurera ainsi du bon fonctionnement de cette dernière qui, en dehors d'un transistor défectueux, est à incriminer la plupart du temps.

Dans certains cas, la liaison entre l'étage détecteur et l'étage préamplificateur s'effectue au moyen d'un transformateur (fig. IV-64). Dans ce cas, une panne de cet étage peut se situer dans une coupure de l'enroulement primaire ou de l'enroulement secondaire.

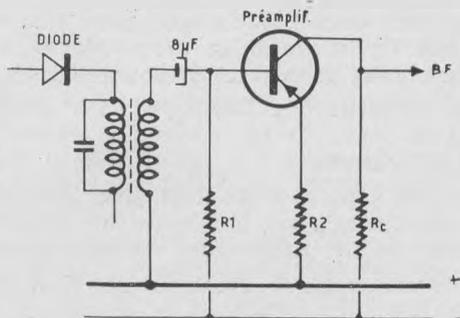


FIG. IV-64

En dehors des cas précédents, l'absence totale de signal dans le haut-parleur peut avoir pour cause l'absence de tension sur le collecteur et sur la base ou seulement sur le collecteur, par suite d'une résistance coupée. On s'en assurera par la mesure directe des tensions avec le voltmètre électronique. Si l'étage comporte un transformateur, on vérifiera les enroulements ainsi que le condensateur de couplage et les éventuels condensateurs de découplage. Enfin, si tous ces éléments apparaissent normaux, on contrôlera le transistor au moyen des méthodes déjà indiquées. On mesure le gain de tension du transistor qui doit avoir une valeur approximativement égale au β indiqué par le constructeur.

Dans le cas de signal faible et insuffisant, on vérifiera tout d'abord la capacité de couplage qui peut avoir une valeur trop basse, la valeur de la résistance de charge qui peut être trop élevée et qui entraîne une tension collecteur suffisante, la capacité de découplage de l'émetteur, le cas échéant, et bien entendu, toujours en dernier lieu, le transistor lui-même.

La présence de motor-boating peut avoir pour cause une diminution de la valeur de la capacité de découplage ; cette valeur est ordinairement très élevée, de l'ordre de 100 μ F.

Les causes de distorsions peuvent, au contraire, être dues à une capacité de découplage émetteur en court-circuit, à des modifications des valeurs des résistances de polarisation de base, en plus de celles dues à un transistor défectueux.

Pannes de l'étage final

L'étage final peut se présenter sous différentes formes : étage classe A à un seul étage, ou classe B push-pull.

Nous allons étudier successivement les causes des pannes possibles dans ces différentes formes de circuit.

Etage de sortie classe A (fig. IV-63). — Comme tout étage final, celui-ci peut être contrôlé en appliquant un signal BF sur la base du transistor comme l'indique la figure. Le signal doit être entendu dans le haut-parleur.

L'absence de fonctionnement de l'étage final peut être due à un défaut du haut-parleur dont l'enroulement peut être coupé, à une coupure de l'enroulement primaire du transformateur de sortie, à une capacité de découplage basse fréquence en court-circuit.

La capacité de couplage avec l'étage précédent peut aussi avoir diminué de valeur. Une panne de cet étage peut encore résider dans un volume contrôle défectueux.

Certains appareils sont pourvus d'un jack à trois lames pour une éventuelle prise d'écouteurs. Les lames n'assurent pas toujours un contact parfait, et peuvent être cause d'une coupure de circuit.

Des causes de distorsion peuvent résulter d'un haut-parleur défectueux, notamment d'un décentrage de la membrane, ou encore d'une

erreur de polarisation. Certains circuits comportent une résistance émetteur base semi-fixe destinée à provoquer aux bornes du haut-parleur une chute de tension égale à la moitié de la tension de la batterie. Le réglage de cette résistance devra être vérifié. On pourra encore incriminer une capacité de découplage émetteur en court-circuit.

Un niveau de sortie faible sera sans doute imputé à un haut-parleur ou à un transistor défectueux. Le haut-parleur peut être contrôlé en disposant une pile de 1,5 V aux bornes de la bobine ; on doit obtenir un claquement si le HP est bon.

La présence de motor-boating peut avoir pour cause une diminution de la valeur de la capacité de filtrage ou de la capacité de découplage collecteur.

Étage de sortie classe B (fig. IV-65). — Nous retrouvons dans un étage classe B les mêmes causes de troubles que nous avons relevées dans un étage classe A. Le générateur sera branché suivant le schéma de la figure IV-65. Nous n'ajouterons donc que les troubles particuliers à ce genre de circuit. Précisons d'abord que, dans ce cas, lorsqu'un transistor est défectueux, il y a lieu de remplacer les deux transistors, ceux-ci étant généralement vendus par paire, les deux éléments devant présenter des caractéristiques aussi identiques que possible. Il arrive cependant que des différences assez sensibles apparaissent entre eux. Pour y remédier, il suffit d'intercaler entre ces deux émetteurs un potentiomètre miniature d'une dizaine d'ohms, dont le curseur sera relié à la masse

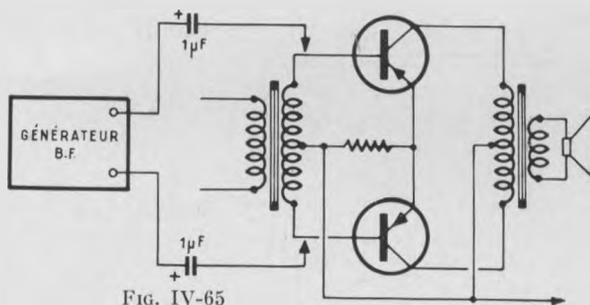


FIG. IV-65

Si la liaison avec l'étage driver s'effectue par transformateur, une panne peut avoir pour cause une coupure de l'enroulement primaire ou secondaire de ce dernier.

Des modifications dans la valeur des résistances de polarisation de base ou dans celles des résistances d'émetteur pourront introduire des distorsions.

La polarisation des bases du push-pull s'effectue à partir d'un pont constitué de deux résistances dont l'une est souvent variable pour faciliter la mise au point de l'étage final. La variation s'effectue par bonds et ces résistances sont souvent défectueuses. On sait que la valeur mar-

quée de ces résistances correspond la plupart du temps à la moitié de leur valeur ohmique. Aussi, une résistance ajustable de 47Ω permet une variation de 0 à 100Ω . Pour effectuer le réglage, on dispose un milli-ampèremètre dans la prise médiane du primaire du transformateur de sortie. La valeur recherchée en l'absence de signal dépend du type de transistors utilisés. Ainsi, pour une alimentation de 9 V, on s'efforcera d'obtenir 9 mA pour deux AC132 et 10 mA pour deux AC128.

Une cause de motor-boating peut résider dans une capacité de filtrage d'alimentation collecteur de valeur insuffisante, ou dans une modification de la valeur de la résistance de contre-réaction.

Les transistors de puissance sont très souvent fixés sur une plaque de métal (laiton ou dural) de quelques centimètres de côté et de quelques millimètres d'épaisseur. Il faut s'assurer que le contact est très bon pour qu'il y ait dissipation de chaleur. Des rondelles de mica évitent que la masse du transistor, qui est reliée au collecteur, soit mise en contact avec la masse du châssis. S'assurer que l'isolement est efficace. La figure IV-66 nous montre comment doit s'effectuer le remplacement d'un

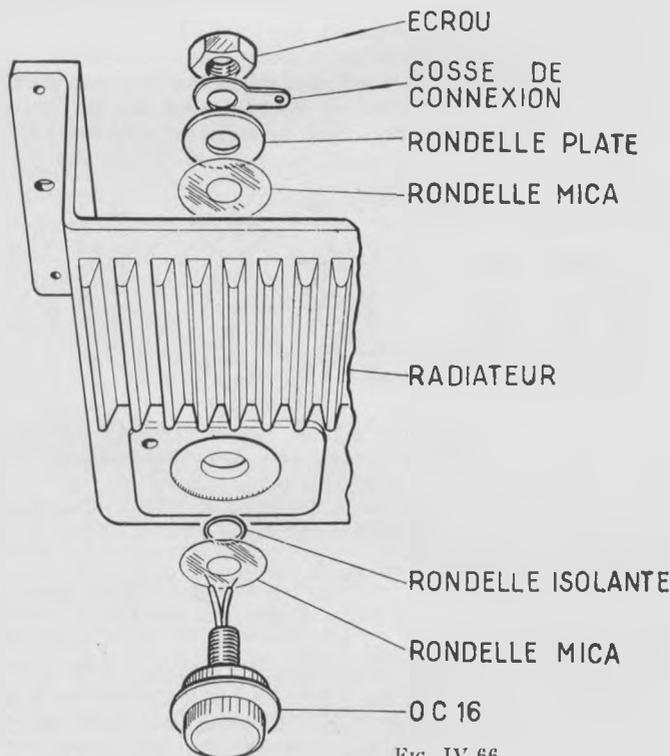


FIG. IV-66

transistor B.F. de puissance. Les rondelles de mica doivent être enduites de graisse siliconée. Bloquer fortement et s'assurer avec un ohmmètre qu'il n'y a pas de court-circuit entre le corps du transistor et le radiateur.

Contrôle dynamique de la section amplificatrice BF à l'oscilloscope

Pour effectuer ce contrôle, il est nécessaire de disposer le générateur BF aux bornes du primaire du transformateur driver ; le voltmètre à lampe disposé sur la sensibilité 1,5 V ou 5 V CA suivant la puissance BF et l'entrée verticale de l'oscillographe sont connectés aux bornes de la bobine mobile du haut-parleur.

Le générateur BF est accordé sur une fréquence voisine de 1 000 Hz et la sortie réglée de manière que le voltmètre à lampe indique une tension efficace correspondant à la puissance nominale de l'amplificateur indiquée par le constructeur.

Rappelons que la tension efficace mesurée aux bornes de la bobine mobile est obtenue par la formule $V_{eff} = \sqrt{P.Z}$, P exprimant la puissance de sortie en watts et Z l'impédance de la bobine mobile en ohms.

Aussi pour $Z = 8 \Omega$ et $P = 500 W$ on aura $V_{eff} = 2 V$. La valeur crête à crête lisible sur l'oscilloscope est de $2,8 \times 2 = 5,6 V$ à pleine puissance. A la puissance maximale, la forme idéale du signal est celle représentée à la figure IV-67 a.

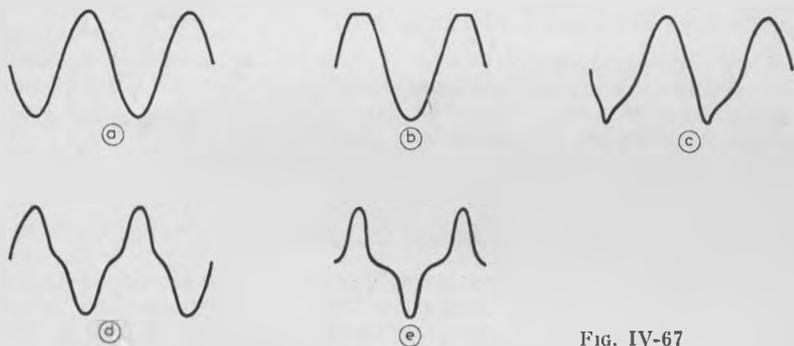


FIG. IV-67

Un aplatissement des pointes d'un côté seulement, qui se manifeste sans que la puissance maximale soit atteinte, comme l'indique la figure 67 b est l'indice de la défectuosité de l'un des deux transformateurs de sortie, ou seulement si l'aplatissement est léger, d'un mauvais appariement des deux transistors.

On y remédiera en changeant la paire de transistors de sortie. Si cette opération est sans résultat on devra incriminer le secondaire des transformateurs driver ou de sortie qui peuvent présenter un court-circuit entre spires. On pourra procéder à un contrôle en mesurant au voltmètre la tension entre la prise milieu et chacune des extrémités

de l'enroulement, après avoir enlevé les deux transistors de sortie. Les valeurs trouvées devront être identiques.

Dans le cas où l'un des transistors de sortie serait défectueux, on se trouverait alors en présence d'un signal dont la forme est indiquée à la figure 67 c. Celle-ci peut résulter également d'une connexion de base ou de collecteur coupée, ou de tensions incorrectes.

Si l'aplatissement constaté à la figure 67 b est très accusé, c'est que les deux transistors de sortie ont des caractéristiques très éloignées. Le changement des deux transistors s'impose. L'aplatissement peut résulter également de polarisation incorrecte ou du non fonctionnement d'une branche du push-pull.

Une cassure de la sinusoïde figure 67 d est souvent l'indice d'un courant de repos trop faible des transistors de sortie. Une déformation symétrique, comme celle indiquée à la figure 67 e est généralement occasionnée par une polarisation incorrecte.

Il est également intéressant de pouvoir procéder au contrôle du symétrique, comme celle indiquée à la figure 67 e est généralement basse fréquence entre la base du transistor d'attaque et la masse à travers un condensateur papier de 1 μ F. Le signal du générateur est réglé de manière à atteindre la tension efficace de sortie précédemment déterminée.

Si l'examen de l'étage de sortie s'est révélé normal, la forme du signal doit revêtir l'allure de a figure 67 a.

Toute distorsion relevée avant d'atteindre la puissance maximale serait l'indice d'un mauvais fonctionnement de l'étage. Celui-ci pourrait résulter d'un condensateur de découplage d'émetteur coupé ou de capacité insuffisante, d'un transistor défectueux.

Le contrôle de l'étage d'entrée s'effectue de la même manière.

Essais des transistors

Si un transistor se révèle défectueux, le plus simple est de le remplacer par un transistor du même type dont le fonctionnement est sûr. Un vérificateur de transistors est utile pour la mesure du gain et du courant de cut-off. Si les valeurs trouvées sont voisines de celles qui sont mentionnées dans les caractéristiques fournies par les constructeurs, le transistor est probablement bon.

Un ohmmètre peut être utilisé pour la vérification des transistors, à condition que le courant du circuit extérieur sur lequel est branché l'ohmmètre ne soit pas supérieur à 1 mA.

Beaucoup de voltmètres électroniques peuvent être employés sans danger pour cet usage. Par contre, les ohmmètres du type shunt doivent être proscrits, un courant de 100 mA, plus que suffisant pour détériorer un transistor, pouvant traverser le circuit extérieur.

Vérification des transistors à l'aide d'un ohmmètre

Un ohmmètre classique permet d'effectuer plusieurs vérifications intéressantes des transistors et particulièrement les courts-circuits entre électrodes. Nous avons vu que certains appareils simples de vérification des transistors comprennent essentiellement une alimentation continue sous faible tension et un appareil indicateur le plus souvent constitué par un milliampèremètre. Ces éléments constitutifs essentiels se rencontrent dans un ohmmètre ou dans un contrôleur universel classique commuté sur la position ohmmètre.

Avant de relier les pointes de touche de l'ohmmètre au transistor à essayer, il est nécessaire de connaître certaines caractéristiques de cet appareil.

La pile intérieure peut avoir une tension comprise entre 1,5 et 6 V. Si une tension plus élevée est rencontrée, elle sert sur les sensibilités les plus élevées de l'appareil. Certains transistors peuvent être endommagés par des tensions supérieures à 6 V ; c'est pourquoi il convient toujours de disposer une résistance en série pour limiter le courant.

Pratiquement, il est conseillé de ne pas utiliser les sensibilités de l'ohmmètre les plus élevées (possibilité de tension trop élevée) et les plus faibles (possibilité d'intensité trop élevée). On choisira de préférence les sensibilités $R \times 10$ ou $R \times 100$.

Il est également nécessaire de tenir compte de la polarité de la batterie. Sur de nombreux appareils, la masse est reliée au pôle positif, l'autre sortie étant au négatif.

Essais fondamentaux

Une diode à semi-conducteur peut être vérifiée en mesurant sa résistance dans le sens direct de conduction, et aussi, dans le sens inverse, puis en comparant ces deux valeurs. Un transistor peut être considéré comme une sorte de double diode.

Supposons par exemple que le transistor PNP de faible puissance AC132 soit à vérifier. Celui-ci peut être représenté sous la forme simplifiée de deux diodes entre base-collecteur et base-émetteur (fig. IV-68).

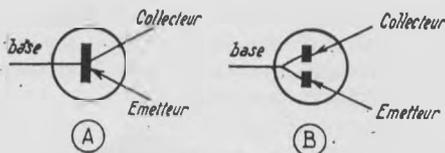


FIG. IV-68

Si l'une des diodes est défectueuse — court-circuit ou circuit ouvert — le transistor ne peut fonctionner. Pour le premier essai, on relie la sortie positive de l'ohmmètre à la base du transistor PNP et la sortie négative au collecteur. On doit alors relever une résistance élevée étant

donné que la diode base-collecteur est polarisée en sens inverse de celui de la conduction. La résistance exacte dépend des caractéristiques de l'ohmmètre et celles du transistor ; cependant dans le cas d'un transistor de faible puissance, elle doit être couramment supérieure à 50 k Ω .

On inverse ensuite la polarité de la tension appliquée, c'est-à-dire le branchement des fils qui vont à la base et au collecteur. Comme la polarisation s'effectue en sens direct, on doit trouver une valeur de résistance assez faible, de l'ordre de 100 à 150 Ω .

Les deux lectures seront comparées et leur relation doit être de l'ordre de 500/1.

Le tableau 1 résume les essais à effectuer et les indications de l'ohmmètre dans le cas de transistor de faible puissance.

La diode base-émetteur est contrôlée de la même manière que la diode base-collecteur. Les troisième et quatrième lignes du tableau 1 résument les connexions à effectuer et les valeurs approximatives de résistances. La résistance dans le sens direct de la diode base-émetteur est légèrement plus élevée que celle de la diode base-collecteur (140 ou lieu de 120).

Le tableau 2 correspond aux connexions et mesures dans le cas d'un transistor NPN de puissance réduite, tel le type ASY74. Une polarité de sens inverse à celle du tableau 1 est appliquée aux deux diodes ; les valeurs des résistances sont les mêmes.

Nous avons parlé jusqu'alors de transistors de faible puissance, c'est-à-dire dont la puissance est inférieure à 250 mW. Pour une puissance moyenne, entre 250 mW et 3 W, on utilisera les tableaux 3 et 4 (le premier pour transistors PNP du type 2N68 et 2N143 ou correspondant et le second pour les transistors NPN du type 2N144. Remarquons que les valeurs de résistances des diodes dans le sens direct sont plus petites que pour les transistors de faible puissance, ce qui s'explique par la différence d'intensité qui traverse ces diodes.

Les tableaux 5 et 6 correspondent respectivement aux transistors de puissance élevée de type PNP (2N301, 2N458 ou similaire comme ASZ16) et ceux du type NPN type 2N326 ou similaires). Les valeurs de résistance des deux diodes dans le sens direct sont encore plus faibles que pour les transistors de faible puissance, ce qui s'explique par la différence d'intensité de courant qui traverse ces diodes. La caractéristique commune à tous ces essais, malgré des valeurs de résistance différente, est la relation des valeurs dans le sens direct et dans le sens inverse.

Autres essais. — Même si les essais indiqués précédemment ne révèlent rien d'anormal dans un transistor, celui-ci peut tout de même être défectueux.

L'essai suivant, toujours réalisé au moyen d'un ohmmètre s'effectue entre émetteur et collecteur ; la polarité à choisir pour la tension appliquée sera la même que celle qui serait observée si le transistor était en service.

La figure IV-69 A indique le système de connexions à effectuer dans le cas d'un transistor PNP. La cinquième ligne de chaque tableau indique les autres polarités pour les transistors NPN et les différentes résistances suivant la puissance. La base est laissée en l'air. On notera, pour cet essai, une certaine résistance.

Le sixième essai (ligne 6 du tableau) est le même que le cinquième, cependant les polarités sont inversées. La figure IV-69 B montre les connexions pour un transistor PNP. Les valeurs des résistances sont élevées.

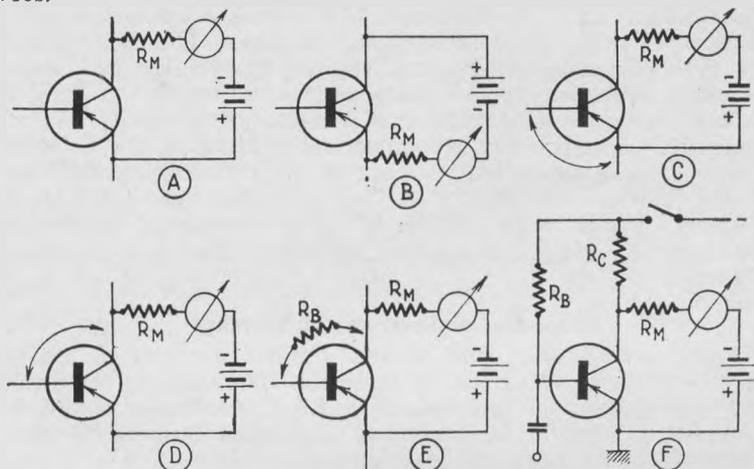


FIG. IV-69

Le septième essai (ligne 7) s'effectue en appliquant une polarité « normale » à l'émetteur et au collecteur, mais en court-circuitant l'émetteur et la base (fig. IV-69 c). Le transistor se trouve ainsi au cut-off parce que sa base n'est pas polarisée par rapport à l'émetteur dans le sens de la conduction et l'on doit lire une valeur de résistance élevée, identique à celle que l'on obtient en appliquant une polarisation de sens inverse. Les valeurs de résistances des lignes 6 et 7 pour les différents types de transistors sont ainsi les mêmes.

Le huitième essai (ligne 8) s'effectue comme l'indique la figure IV-69 D, en réunissant la base et le collecteur et en appliquant des tensions de polarités normales entre émetteur et collecteur.

Le courant est alors important (saturation) et la résistance est plus faible que dans tous les autres essais. On remarquera l'utilité d'une résistance afin de limiter le courant pour éviter de détériorer le transistor ; cette résistance se trouve en service sur les sensibilités moyennes de l'ohmmètre.

Les essais 8 et 5 (schémas IV-69 D et IV-69 A) sont utilisés pour trouver la valeur approximative du coefficient β . Le lecture correspon-

dant à l'essai 5, avec base en l'air, est notée. La base est ensuite reliée au collecteur. Plus la déviation de l'aiguille de l'ohmmètre est importante plus est élevé le coefficient β du transistor. De cette manière, on peut, par des essais comparatifs de transistors de même type, choisir celui qui donne un coefficient β plus élevé. On a également la possibilité, si l'on suppose que le coefficient β du transistor contrôlé est trop faible, de le comparer à un transistor neuf de même type, en interprétant les déviations obtenues.

Pratiquement, la base d'un transistor n'est pas reliée directement au collecteur comme au cours des essais 7 et 8, mais est polarisée par une résistance série ou par un pont de deux résistances. L'essai 9 (ligne 9 et schéma IV-69 E) correspond à l'utilisation d'une résistance série R_B entre base et collecteur au lieu d'un court-circuit entre ces deux électrodes. Les valeurs des résistances à utiliser sont mentionnées à la partie inférieure des tableaux selon les puissances des transistors. Cette résistance série évite la saturation ; le courant qui traverse le transistor est plus faible que celui de l'essai n° 8, la tension appliquée entre émetteur et collecteur étant la tension normale de fonctionnement du transistor.

Les valeurs de résistance lues à l'ohmmètre sont plus élevées que pour l'essai n° 8.

Essais de transistors sur un montage

Lorsque les transistors sont montés sur des supports, il est facile de les retirer et de les vérifier séparément. Le problème est différent dans le cas d'un montage imprimé où les fils de connexion sont directement soudés au circuit. Le transistor doit alors être vérifié sans le déconnecter.

Les méthodes essentielles de contrôle précédemment décrites sont toujours valables ; elles doivent cependant être un peu modifiées pour tenir compte de certains éléments ou circuits associés au transistor dans le montage propre.

On utilise le circuit de vérification schématisé par la fig. IV-69 F, en coupant, bien entendu, l'alimentation de l'appareil dans lequel est monté le transistor. Les deux pointes de touche de l'ohmmètre sont disposées entre émetteur et collecteur.

Cet exemple correspond à un transistor dont la base est polarisée et le collecteur alimenté par une résistance de charge. Les conditions de mesure sont à peu près les mêmes que celles de l'essai n° 9 de la figure IV-69 E. L'essai n° 8 de saturation (fig. IV-69 D) est réalisé en court-circuitant la base et l'émetteur. Pour cet essai, la base et le collecteur sont reliés par deux résistances R_B et R_C du montage, mais leur valeur est assez importante pour qu'on puisse la négliger.

Dans d'autres montages à transistors où la base est polarisée par un diviseur de tension, on peut également négliger ces résistances.

Si l'émetteur est stabilisé par une résistance, la pointe de touche peut être disposée directement sur l'émetteur ou bien on court-circuite provisoirement la résistance d'émetteur.

Rappelons, pour terminer, que les schémas des figures IV-69 A à IV-69 F correspondant aux branchements à effectuer pour les différents essais, concernent les transistors P-N-P. Les polarités des tensions appliquées sont à inverser dans le cas de tensions N-P-N, comme indiqué de façon détaillée sur les tableaux 2, 4 et 6.

Lorsque l'on n'est pas sûr du type de transistor sur un montage, il suffit de vérifier la polarité de tension appliquée entre collecteur et émetteur du transistor pour savoir s'il s'agit d'un n-p-n ou d'un p-n-p. Le même contrôleur universel peut servir pour cette vérification.

TABLEAU 1
Transistors « p-n-p » de faible puissance

Essai n°	Branchement de l'ohmmètre			Lecture	Fig.
	B	C	E		
1	+	—	non	50 k +	
2	—	+	non	120 Ω	
3	—	non	+	140 Ω	
4	+	non	—	50 k +	
5	non	—	+	6 k	A
6	non	+	—	50 k	B
7	+	—	+	50 k	C
8	—	—	+	100 Ω	D
9*	—	—	+	2 k	E

* R_B entre base et collecteur : 100 kΩ.

TABLEAU 2
Transistors « n-p-n » de faible puissance

Essai n°	Branchement de l'ohmmètre			Lecture	Fig.
	B	C	E		
1	—	+	non	50 k +	
2	+	—	non	120 Ω	
3	+	non	—	140 Ω	
4	—	non	+	50 k +	
5	non	+	—	6 k	A
6	non	—	+	50 k	B
7	—	+	—	50 k	C
8	+	+	—	100 Ω	D
9*	+	+	—	2 k	E

* R_B entre base et collecteur : 100 kΩ.

TABLEAU 3

Transistors « p-n-p » de puissance moyenne

Essai n°	Branchement de l'ohmmètre			Lecture	Fig.
	B	C	E		
1	+	—	non	50 k	A B C D E
2	—	+	non	80 Ω	
3	—	non	+	80 Ω	
4	+	non	—	50 k	
5	non	—	+	2 k	
6	non	+	—	20 k	
7	+	—	+	20 k	
8	—	—	+	50 Ω	
9*	—	—	+	200 Ω	

* R_B entre base et collecteur : 10 kΩ.

TABLEAU 4

Transistors « n-p-n » de puissance moyenne

Essai n°	Branchement de l'ohmmètre			Lecture	Fig.
	B	C	E		
1	—	+	non	50 k	A B C D E
2	+	—	non	80 Ω	
3	+	non	—	80 Ω	
4	—	non	+	50 k	
5	non	+	—	2 k	
6	non	—	+	20 k	
7	—	+	—	20 k	
8	+	+	—	50 Ω	
9*	+	—	—	200 Ω	

* R_B entre base et collecteur : 10 kΩ.

TABLEAU 5

Transistors « p-n-p » de puissance élevée

Essai n°	Branchement de l'ohmmètre			Lecture	Fig.
	B	C	E		
1	+	+	non	30 k	A B C D E
2	—	+	non	50 k	
3	—	non	+	50 Ω	
4	+	non	—	100 Ω	
5	—	—	+	50 Ω	
6	non	—	—	5 k	
7	non	—	+	5 k	
8	+	—	+	7 Ω	
9*	—	—	+	10 Ω	

* R_B entre base et collecteur : 1 kΩ.

TABLEAU 6

Transistors « n-p-n » de puissance élevée

Essai n°	Branchement de l'ohmmètre			Lecture	Fig.
	B	C	E		
1	—	+	non	30 k	A B C D E
2	+	—	non	50 Ω	
3	+	non	—	50 Ω	
4	—	non	+	50 k	
5	non	+	—	100 Ω	
6	non	—	+	5 k	
7	—	+	—	5 k	
8	+	+	—	7 Ω	
9*	+	+	—	10 Ω	

* R_B entre base et collecteur : 1 kΩ.

Un procédé très simple, nécessitant seulement un appareil de mesure et deux pointes de touche, permet également de vérifier l'efficacité d'un transistor. Avec un instrument de mesure à résistance interne élevée ($20\,000\ \Omega/V$) on mesure d'abord la tension sur l'émetteur. Celle-ci sera par exemple, de l'ordre de 1 V. Ensuite, à l'aide d'une connexion volante, on réunit l'extrémité froide de la résistance d'émetteur à la base, et l'on procède à une nouvelle mesure. On ne doit alors plus constater de chute de tension à travers la résistance, celle-ci ne devant plus être parcourue par un courant, en l'absence d'une tension de polarisation de base.

On peut encore relier l'extrémité froide de la résistance d'émetteur à la base à travers une résistance ayant une valeur identique à celle qui se trouve en série dans le circuit de base. La tension, mesurée sur l'émetteur, doit alors diminuer approximativement de la moitié.

Vérification des transistors en circuit à l'aide du générateur

Il est souvent difficile de vérifier l'efficacité des transistors que l'on soupçonne d'être défectueux à l'aide d'un transistormètre, car ceux-ci sont, la plupart du temps, soudés directement au circuit. Aussi doit-on très souvent effectuer cette vérification dans le circuit. Dans ce cas, il est nécessaire de posséder un générateur de signaux et un voltmètre à lampe.

Pour les transistors amplificateurs MF, le générateur devra être réglé sur une fréquence non nécessairement égale, mais cependant assez voisine de la fréquence de fonctionnement. Généralement, on choisira une valeur de 450 kHz.

Lorsqu'il s'agit de vérifier un transistor disposé dans un circuit basse fréquence, on utilise la borne de sortie BF du générateur. La valeur

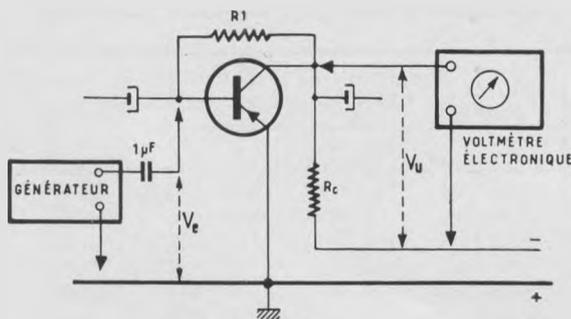
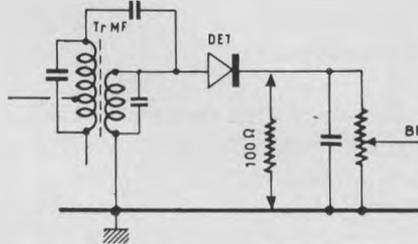


FIG. IV-70

de cette fréquence s'établira autour de 400 ou 1 000 Hz. Cette valeur pourra être considérée trop basse, mais de la sorte, le signal de sortie n'est généralement pas pur, et comporte un certain nombre d'harmoniques qui facilitent l'opération.

Le générateur sera relié au circuit comme l'indique le schéma de la figure IV-70. Soit à contrôler un transistor dans un circuit BF avec un générateur donnant un signal sur 1000 Hz. Le niveau de sortie est réglé à une valeur de 0,01 V environ, d'après les indications du voltmètre à lampe. On mesure la tension de sortie de l'étage entre le collecteur et la masse. Le gain du transistor, pour que ce dernier puisse être considéré en bon état, doit être sensiblement égal au β indiqué par le constructeur à $\pm 10\%$ près. Si la différence est importante, on pourra en déduire que le transistor est défectueux.

Fig. IV-71



Pour mesurer le gain d'un amplificateur HF ou MF, il est nécessaire de supprimer le CAV de manière qu'il n'ait pas d'action sur le gain de l'étage. Pour cela, on introduit une résistance de $100\ \Omega$ entre la cathode de la diode détectrice et la masse comme l'indique la figure IV-71. Dans le cas d'un transistor détecteur, comme sur la figure IV-41, on supprime l'action du VAC en court-circuitant l'enroulement de base du transistor, c'est-à-dire le secondaire du dernier transformateur MF.

On relie ensuite le générateur à l'entrée du transistor, la base dans notre cas, puisqu'il s'agit du type émetteur à la base. On mesure avec un voltmètre l'amplitude du signal qui est maintenu à quelques millivolts. Avec un voltmètre à lampe, on mesure ensuite l'amplitude du signal, à la sortie, sur le collecteur.

La disposition des instruments est indiquée à la figure IV-72. Le gain de tension ainsi obtenu doit être égal ou voisin du β du transistor.

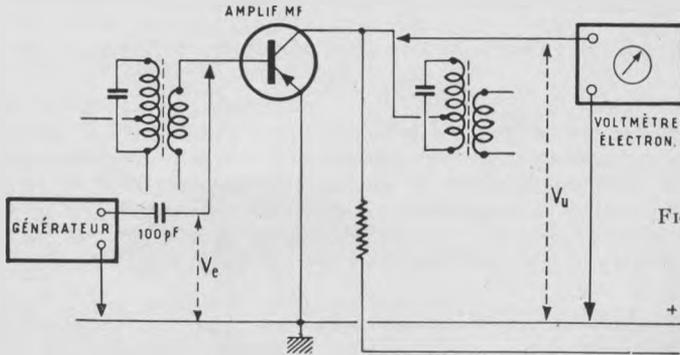


Fig. IV-72

Réglage antenne OC. — Enclencher la touche OC.

Débrancher l'atténuateur MF et court-circuiter la connexion de base à l'aide d'une pince crocodile.

Brancher l'antenne fictive OC.

Régler sur le point de repère de la glace à 6,1 MHz la bobine oscillatrice et la bobine accord, tout en faisant varier le CV très légèrement de part et d'autre de ce point, chercher de cette façon le plus grand maximum.

Maintenir le niveau de sortie constant à 50 mW.

Relever les sensibilités à 6,1 MHz et à 7,5 MHz (point de contrôle).

Cirer les trimmers.

Contrôle général d'un récepteur à l'aide du voltmètre à lampe

La fig. IV-73 montre le schéma classique d'un voltmètre à lampe avec montage en pont, commuté sur la position ohmmètre. Le microampère-mètre de mesure est disposé entre les deux cathodes des deux éléments triodes. Lorsqu'il y a déséquilibre des courants anodiques par suite de l'application d'une tension négative sur l'une des grilles, l'appareil de mesure est traversé par un courant, les deux cathodes n'étant plus au même potentiel.

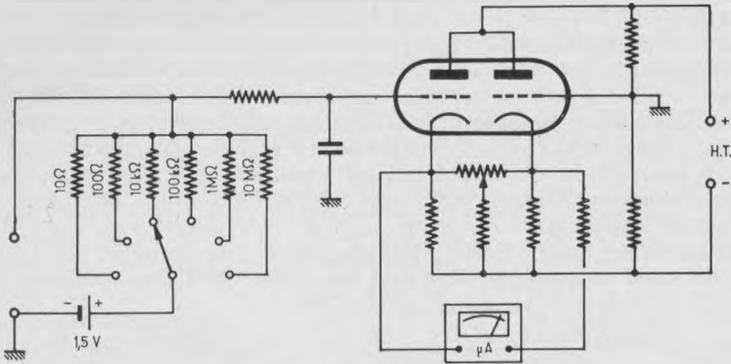


FIG. IV-73

Si l'on branche les pointes de touches de l'ohmmètre aux bornes d'un circuit, la tension de 1,5 V se partage entre le circuit extérieur et les résistances du commutateur de gammes. Les impédances et les résistances d'un circuit à transistors sont faibles ; la résistance interne de 10 k Ω en série avec la pile sur la sensibilité $R \times 1\,000$ de l'ohmmètre permet de n'appliquer au transistor qu'une très faible fraction de la tension de la pile.

On peut remarquer que le pôle négatif de la pile de 1,5 V est relié au châssis de l'ohmmètre. On a donc ainsi un moyen d'appliquer une légère

tension positive au circuit examiné. Cette tension modifiant les conditions normales de fonctionnement de l'étage permet de localiser éventuellement l'anomalie.

Bien entendu, le voltmètre à lampe pourra toujours être utilisé pour les mesures statiques de tensions et de résistances.

Ainsi donc, il est possible d'effectuer une série complète de vérifications avec un seul appareil : le voltmètre électronique. Ce sont ces différentes vérifications que nous allons étudier maintenant.

Essais préliminaires

Mesurons d'abord la tension de la pile du récepteur, celui-ci étant en fonctionnement. Si celle-ci n'est pas inférieure de plus de 20 % à sa tension nominale, la pile pourra être conservée ; dans le cas contraire, il faudra la remplacer.

Il est intéressant de mesurer ensuite le courant d'alimentation. Pour cela, on dispose une résistance de 10 Ω (1 W) dans le circuit d'alimentation, dans la ligne négative par exemple, puis on mesure la chute de tension, provoquée par le passage du courant, aux bornes de la résistance. En appliquant la loi d'ohm, on trouvera le débit. Ainsi, si on lit 0,15 V, c'est que le courant est de 15 mA.

Si l'appareil n'est pas complètement en panne, on mesure le courant sans signal et on compare les indications ainsi obtenues avec le courant minimum indiqué par le constructeur. La différence ne doit pas être supérieure à 20 %.

Si la consommation est excessive, ce phénomène peut être dû à un court-circuit dans le câblage ou l'un des éléments, ou bien dans le courant collecteur trop élevé de l'un des transistors de sortie dont le courant collecteur croît exagérément après avoir subi une avalanche thermique.

Si l'on n'observe aucun court-circuit, on retire les transistors un à un. On coupera toujours l'alimentation avant d'enlever les transistors de leur support.

Si l'on observe une grande chute du courant d'alimentation quand on retire un transistor, il est probable qu'il y a un fort courant de fuite entre collecteur et émetteur. On procédera au remplacement du transistor défectueux. Si le courant reste excessif, il est nécessaire de vérifier les tensions de base et d'émetteur.

Pour remplacer les transistors il n'existe aucun problème dans le cas de transistor avec support. Il en est tout autrement s'il s'agit d'un montage à câblage imprimé. Dans ce cas, il suffit seulement de dessouder la connexion allant au collecteur ou simplement en coupant cette dernière à l'aide d'une lame de rasoir ou d'un canif. Cette connexion est ensuite réparée à l'aide d'une soudure. Cette dernière solution est préférable à la précédente parce qu'on ne risque pas d'endommager le transistor.

Si l'alimentation est normale et s'il n'y a aucun signe de courant excessif, il est nécessaire de procéder à la localisation de l'étage défectueux.

Localisation de l'étage défectueux

Considérons le schéma d'un récepteur classique tel que celui de la figure IV-74 équipé de transistors PNP. Les collecteurs reçoivent une tension négative.

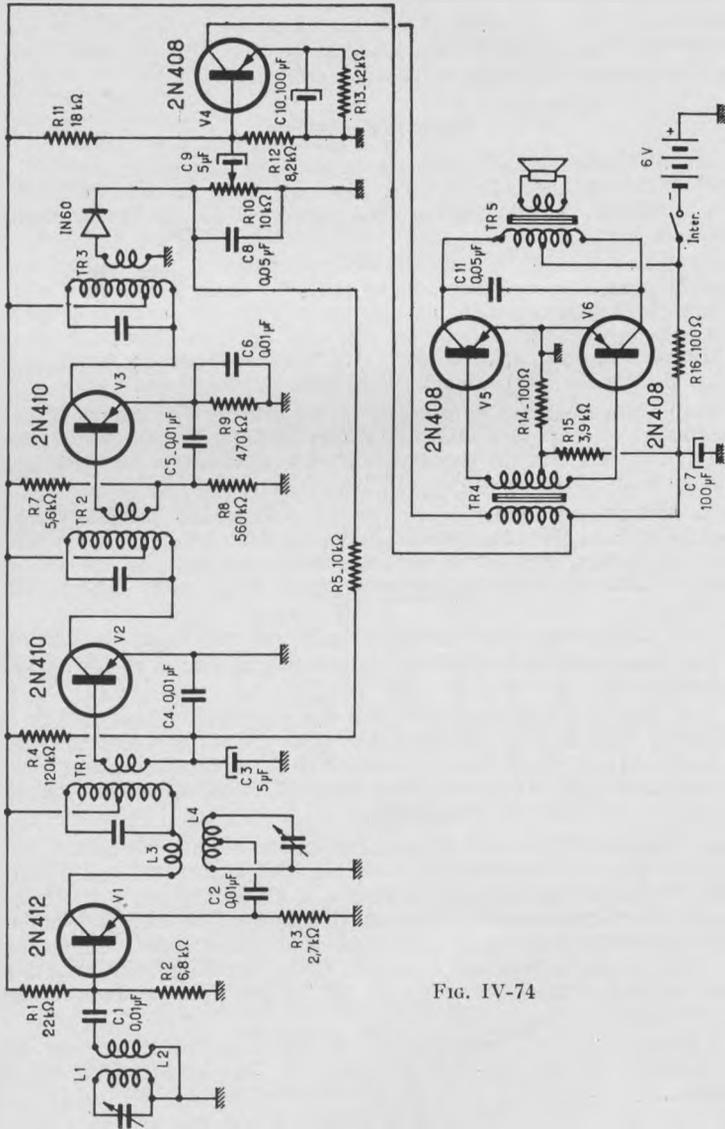


Fig. IV-74

Lorsque le circuit correspondant comporte une résistance de découplage dans le circuit d'alimentation, le plus du voltmètre sera connecté avant ou après cette résistance suivant que l'étage examiné est lui-même situé avant ou après.

Si l'on relie à la masse (châssis du récepteur) le pôle négatif de l'ohmmètre de la fig. IV-73, et si l'on touche avec le probe la base d'un transistor, on diminue la polarisation de sens direct. Il en résulte une brusque variation du courant de collecteur. Pour accroître la polarisation directe, on intervertit les liaisons à l'ohmmètre. Si le récepteur ne comporte pas de châssis métallique, on utilise comme point de masse la borne positive de l'alimentation, ou encore, la cage du condensateur d'accord.

D'abord, le récepteur étant sous tension et l'ohmmètre sur la sensibilité $R \times 1000$, on touche avec le probe la base du transistor V_6 et ensuite celle de V_6 . Chaque fois, on devra entendre un bruit dans le haut-parleur. S'il en est autrement, la panne se situe entre l'étage de sortie et le haut-parleur. On procède alors aux vérifications suivantes : tensions des collecteurs, vérification d'un court-circuit de C_{11} ; coupure du secondaire du transformateur de sortie Tr5.

Si l'étage de sortie produit clairement ce bruit, toucher la base de V_4 avec le probe. L'absence de bruit indique que cet étage doit être vérifié. Le transistor peut être défectueux, le condensateur C_{10} en court-circuit ou bien le primaire de Tr4 coupé. Mesurer les valeurs de R_{21} , R_{12} et R_{13} . Si l'étage driver fonctionne normalement, le bruit entendu dans le haut-parleur sera plus fort qu'au cours de l'essai précédent.

Toucher alors, avec le probe, la base de V_2 . Ici, le bruit doit être normalement moins fort que sur la base de V_4 . Dans le cas contraire, on pourrait supposer qu'il y a court-circuit dans C_6 , C_8 , C_9 ou Tr3, une diode détectrice défectueuse, un changement de valeur de R_7 , R_8 , R_9 ou bien un transistor défectueux.

Si l'étage répond, on déplace le probe sur la base de V_2 ; le bruit doit être plus important que précédemment.

Appliquer ensuite le probe sur la base de V_1 , Si l'on n'obtient pas de bruit, on contrôlera la tension collecteur.

Si la tension est normale c'est que tout est correct entre ce point et l'alimentation. Vérifier la tension d'émetteur. Si celle-ci est normale, un courant normal traverse le transistor.

Vérification de l'étage oscillateur

Si l'étage V_3 répond quand on applique le probe alors que le récepteur est muet, on peut suspecter le circuit oscillateur. Pour le vérifier, on court-circuite le circuit accordé et on mesure la tension émetteur de V_1 . Une modification des tensions d'émetteur indique que l'oscillateur fonctionnait avant le court-circuit. Cette variation sera très faible. Si le voltmètre électronique utilisé possède une sensibilité suffisante, on pourra mesurer la tension d'oscillation. La tension HF mesurée en reliant le probe aux lames fixes du condensateur d'accord est approximativement de 2 V dans la plupart des appareils. Si la réponse en fréquence du voltmètre n'autorise pas une telle mesure, on utilisera un probe HF ou un oscillographe.

Si l'oscillateur fonctionne correctement, on vérifiera la continuité de la self du cadre et on s'assurera que la section accord du CV n'est pas en court-circuit.

S'il n'y a pas d'oscillation, on peut suspecter C_1 , C_2 , L_3 , L_4 , L_6 ou un court-circuit du condensateur oscillateur. Avant de remplacer V_1 , on passera un fer à souder chaud sur toutes les connexions du circuit. Parfois, de mauvaises soudures peuvent occasionner l'absence d'oscillation.

Mesure des tensions des électrodes

Si les essais précédents nous conduisent à suspecter un étage, nous disposons de plusieurs moyens de vérification. L'un d'eux est basé sur le fait qu'il existe trois tensions critiques, sur la base, sur l'émetteur et le collecteur. Leurs valeurs normales sont approximativement connues et si les valeurs mesurées s'en écartent exagérément, leur interprétation peut apporter plusieurs solutions.

Prenons par exemple le schéma de la figure IV-75 A, sur lequel figurent les tensions normales que l'on doit rencontrer sur cet étage. La polarisation directe base-émetteur est normalement de 0,1 V. Puisque cette polarisation commande les courants émetteur et collecteur, elle détermine les tensions émetteur et collecteur. Par la nature des tensions, on peut donc localiser l'élément défectueux.

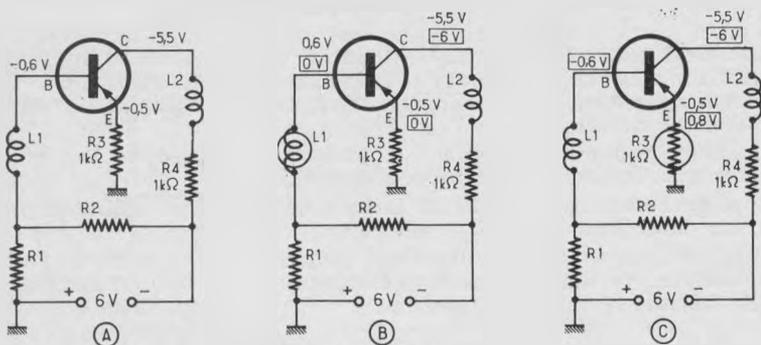


FIG. IV-75

Circuit de base ouvert. — Il existe une coupure dans le circuit de base (cas de la fig. IV-75 B). Comme la résistance interne base-émetteur d'un transistor est petite, la base flottante est au potentiel de l'émetteur. Sans polarisation, il ne passe aucun courant émetteur ou collecteur à travers R_3 ou R_4 . Les tensions ont alors les valeurs encadrées sur la figure IV-75 B. Il est nécessaire d'utiliser un voltmètre ayant une résistance interne élevée (cas du voltmètre électronique). Sinon, avec un appareil ayant une résistance suffisamment basse, la charge de ce dernier peut rétablir des conditions suffisamment voisines de la normale

pour que les variations ne soient pas perceptibles. Une petite augmentation du courant de fuite émetteur-collecteur peut également provoquer une petite différence à partir des valeurs indiquées à la figure IV-75 B.

Circuit émetteur ouvert (fig. IV-75 C). — Le courant collecteur ne peut circuler ; il n'y a pas de chute de tension aux extrémités de R_4 et la tension collecteur est égale à -6 V, c'est-à-dire celle de la pile. L'émetteur reste fixé à la tension de base qui est approximativement de $-0,8$ V dans ce cas. Pratiquement, on constate donc que la tension de collecteur est incorrecte, une diminution de la polarisation base-émetteur, bien que la tension de base soit presque normale.

Circuit collecteur ouvert. — Si le collecteur est flottant (fig. IV-76 A), il ne peut y avoir de courant collecteur. La diminution du courant de base provoque une réduction de la chute de tension aux bornes de la résistance émetteur R_3 ($-0,2$ V). L'élément collecteur en circuit ouvert

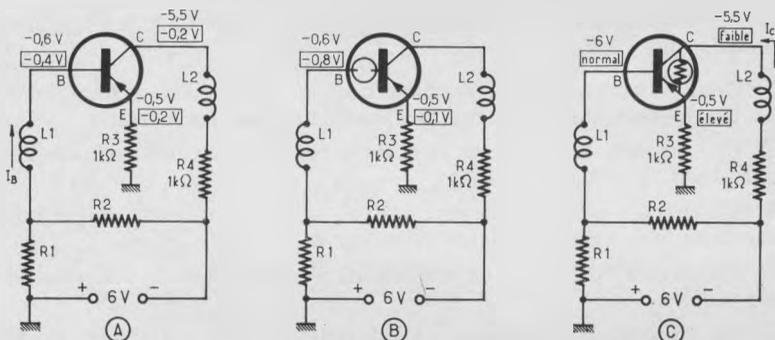


FIG. IV-76

est à la tension émetteur. Bien que la base et l'émetteur ne soient pas éloignés de la normale (la polarisation de base en sens direct est toujours appliquée), la tension collecteur est complètement anormale et sa relation avec la tension émetteur est en dehors des valeurs normales.

Circuit de base ouvert dans le transistor. — Une défectuosité à l'intérieur du transistor peut perturber les tensions des électrodes. Par exemple, si la connexion de base est coupée à l'intérieur du boîtier (figure IV-76 B), la polarisation étant supprimée, le courant collecteur diminue. L'absence de courant normal à travers R_3 et R_4 diminue la tension aux bornes de ces résistances de telle sorte que la tension d'émetteur est voisine de zéro et que la tension collecteur croît jusqu'à une valeur voisine de celle de la source d'alimentation. Remarquez cependant que la tension de base mesurée extérieurement n'est pas normale ($-0,8$ V), ce qui permet de distinguer cette panne du cas de court-

circuit dans le circuit extérieur de base (fig. IV-76 B) pour lequel les valeurs anormales du collecteur et d'émetteur sont comparables. Une vérification à l'ohmmètre est alors à conseiller.

Fuite d'un transistor

Une fuite excessive se produit parfois entre émetteur et collecteur (fig. IV-76 C). Une élévation du courant collecteur émetteur produit une chute de tension supérieure à la normale aux extrémités de la résistance d'émetteur R_e et détermine une élévation de la tension émetteur. En fait, la tension émetteur peut surpasser la tension de base de plusieurs dixièmes de volts (elle sera donc plus négative dans le cas présent de PNP), cette polarisation inverse bloquera le transistor et l'étage est muet. La fuite maintient un courant collecteur I_c élevé qui se traduit par une tension collecteur anormalement basse lorsque le montage comporte une résistance série R_u . Les valeurs que l'on relève dépendent, bien entendu, de celle de la résistance de fuite.

Les règles suivantes sont observées dans le contrôle des tensions sur les transistors.

1° On devra observer si la polarité et les différentes tensions appliquées sur la base, le collecteur et l'émetteur sont correctes.

2° Une tension de base très anormale signifie couramment une défectuosité dans le circuit de base.

3° Un circuit émetteur ouvert provoque la suppression de la polarisation dans le sens direct entre émetteur et base.

4° Un circuit collecteur ouvert amène l'émetteur et le collecteur à la même tension.

5° Un transistor présentant un courant de fuite collecteur émetteur élevé provoque un courant collecteur anormalement élevé qui peut diminuer ou inverser la polarisation dans le sens direct entre émetteur et base.

CHAPITRE V

TABLEAUX ANNEXES



TABLEAU SYNOPTIQUE
DES PRINCIPALES CAUSES DE PANNES CLASSEES PAR ETAGE

Etage changeur de fréquence - oscillateur - mélangeur

Pannes	Causes ou remèdes
Absence de fonctionnement.	Circuits d'antenne, d'entretien ou oscillants coupés. Soudure imparfaite. Capacité en court-circuit. Changement de valeur ou coupure d'une résistance, en particulier de la résistance de polarisation de base. Condensateur variable ou trimmer en court-circuit. Coupure du transformateur MF. Transistor défectueux.
Faible sensibilité sur l'extrémité supérieure de la gamme.	Circuit oscillateur désaccordé. Transistor défectueux.
Faible sensibilité sur l'extrémité inférieure de la gamme.	Noyau de l'antenne cadre en ferrite cassé Déplacement du bobinage antenne. Circuit d'antenne désaccordé ou coupé. Transistor défectueux. Tensions incorrectes.
Interruption des oscillations sur l'extrémité supérieure de la gamme.	Tension d'oscillation trop faible. Tension de batterie insuffisante. Circuit oscillateur désaccordé. Déformation et court-circuit des plaques de CV ou diminution de la capacité.
N'oscille pas en O.C.	Courant oscillateur trop faible par suite d'un transistor défectueux.
Interruption des oscillations sur l'extrémité inférieure de la gamme.	Circuit antenne désaccordé. Condensateur de découplage défectueux. Transfo MF désaccordé. Transistor défectueux. Diminution de la capacité d'accord ou plaques de CV déformées.
Sifflements de superréaction sur les fréquences élevées.	Tension d'oscillation trop élevée.

Pannes	Causes ou remèdes
Une seule station sur toute la gamme.	Absence de fonctionnement de l'oscillateur ou du convertisseur. Transfo MF désaccordé.
Craquements.	Soudure imparfaite. Poussières métalliques. Plaques de CV déformées. Transistor défectueux.
Souffle sur toutes les gammes.	Ferrite cassée. Alignement défectueux.
Accrochage en O.C.	Mettre en parallèle sur l'enroulement oscillateur O.C. une résistance variant de 10 k Ω à 2,2 k Ω .
Accrochage toutes gammes cadre.	Blindages du cadre coupés.
Accrochage toutes gammes cadre et antenne.	Transfo MF désaccordé. Blindage du boîtier non à la masse. Capacité de découplage alimentation section MF défectueuse ou insuffisante.
Mauvaise musicalité sur émetteur puissant fortement modulé.	Constante de temps AVC insuffisante. Augmenter la valeur de la capacité de découplage.

Etage MF (ou FI)

Aucun signal.	Transformateur MF coupé. Fuite primaire-secondaire. Condensateur de découplage de base ou de collecteur en court-circuit. Transistor défectueux. Diode défectueuse.
Signal faible .	Transformateur MF désaccordé. Résistance de polarisation défectueuse. Tension CAG trop généreuse. Transistor défectueux. Tension collecteur insuffisante.
Distorsion sur les signaux forts.	Tension CAG nulle ou insuffisante. Résistance de polarisation de base défectueuse. Tension collecteur trop faible.

Pannes	Causes ou remèdes
Oscillations parasites.	Condensateurs ou résistances de neutralisation coupés ou valeur modifiée. Capacité défectueuse de la ligne CAG.

Diode détectrice (ou transistor)

Signal faible.	Alignement imparfait du transfo MF. Diode défectueuse. Résistance de charge ou condensateur de fuite défectueux.
Signal déformé sur les signaux forts.	Diode défectueuse. Résistance de charge coupée. Capacité de fuite ou capacité de filtre CAG coupée ou diminuée.
Pas de tension CAG.	Diode défectueuse.
Faible tension CAG.	Diode défectueuse. Capacité de découplage coupée ou de valeur insuffisante.
Pas de signal.	Diode défectueuse. Résistance de charge ou volume contrôle défectueux. Capacité électrolytique de couplage BF défectueuse.

Etage préamplificateur ou driver

Pas de signal de sortie.	Coupage de l'enroulement primaire du transfo driver. Résistance de polarisation de collecteur ou de base coupée. Condensateurs de couplage ou de découplage défectueux. Transistor défectueux.
Faible signal de sortie.	Capacité de couplage trop faible. Résistance de charge trop élevée et tension collecteur insuffisante. Capacité de découplage émetteur insuffisante. Transistor défectueux.
Motor-boating.	Capacité de découplage insuffisante.
Distorsion.	Capacité de découplage émetteur en court-circuit. Résistance de base défectueuse. Transistor défectueux.

Pannes	Causes ou remèdes
<i>Etage final</i>	
Pas de signal de sortie.	Haut-parleur défectueux. Coupure des enroulements du transfo de sortie. Condensateur de découplage en court-circuit. Capacité de couplage insuffisante. Volume contrôle défectueux. Jack prise écouteur défectueux. Transistor défectueux.
Signal faible.	Haut-Parleur défectueux. Transistor défectueux.
Distorsion.	Haut-Parleur défectueux. Résistances défectueuses. Capacité de découplage émetteur en court-circuit.
Motor-boating.	Capacité de filtrage insuffisante. Capacité de découplage collecteur insuffisante.

Alimentation à transistors

Pas de tension de sortie.	Enroulement du transformateur coupé. Self de filtrage coupée. Condensateur de filtrage en court-circuit. Résistance coupée. Transistor ou diode défectueuse. Batterie défectueuse. Interrupteur ou contacts de piles corrodés ou oxydés.
Tension insuffisante.	Capacité de filtrage défectueuse. Court-circuit de l'enroulement haute tension. Changement de valeur des résistances de polarisation. Transistor défectueux. Charge excessive.
Ronflements.	Capacité de filtrage défectueuse ou de valeur insuffisante.
Echauffement exagéré des transistors.	Mauvais refroidissement. Boîtier relié électriquement au châssis.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES PANNES LES PLUS COURANTES

Pannes	Causes ou remèdes
Réception intermittente.	Soudure défectueuse. Interrupteur défectueux. Volume-contrôle défectueux. Court-circuit du CV accord. Mauvais contacts du jack. Haut-parleur défectueux.
Affaiblissement après une courte période de fonctionnement.	Batterie épuisée.
Motor-boating, craquements.	Batterie épuisée, résistance interne trop élevée. Capacité de filtrage défectueuse. Capacité découplage BF défectueuse.
Faible sensibilité générale.	Transistor ou diode détectrice, transistor BF défectueux. Batterie épuisée. Condensateurs électrolytiques en circuit ouvert.
Faible sensibilité sur la partie supérieure de la bande.	Transistor des étages convertisseur ou MF défectueux. Etage oscillateur défectueux. Batterie épuisée.
Faible sensibilité sur la partie inférieure de la bande.	Batterie épuisée. Désaccord du circuit antenne. Court-circuit des lames du condensateur variable d'accord ou d'oscillation.
Glissement des stations.	Batterie épuisée.
Hétérodynage sur les stations.	Désalignement MF Capacité défectueuse sur ligne VAC ou circuit MF. Enroulement d'accord d'antenne coupé. Batterie épuisée.
Changement de volume de sortie sur les différentes stations.	Absence ou insuffisance de tension CAG. Diode ou transistor détecteur défectueux. Capacité ligne CAG ou de découplage BF défectueuse.
Distorsion.	Condensateur de couplage défectueux. Condensateur de découplage émetteur défectueux.

Pannes	Causes ou remèdes
Distorsion avec sortie push-pull.	Condensateur ligne VAC défectueux. H.P. défectueux. Batterie épuisée. Désadaptation d'impédance avec la bobine mobile du haut-parleur.
Epuisement rapide de la batterie.	Un côté du circuit primaire du transformateur de sortie ouvert. Transistors défectueux ou mal appariés. Commutateur d'arrêt défectueux. Condensateur de filtrage ayant un fort courant de fuite. Transistor défectueux.
La même émission est toujours entendue.	Oscillateur ne fonctionne plus. Déréglage des circuits MF.
Bruits parasites continuels.	Plaques de condensateur d'accord encrassées ou contacts défectueux dans ce condensateur. Courts-circuits dans les plaques. du transistor oscillateur défectueux.
Poste muet ou réception impossible.	Condensateurs de découplage claqués, ou condensateur de couplage à la base du transistor oscillateur défectueux. Bobinage d'oscillateur coupé. Résistances de polarisation de base défectueuses. Bobinage d'antenne coupé.

BIBLIOGRAPHIE

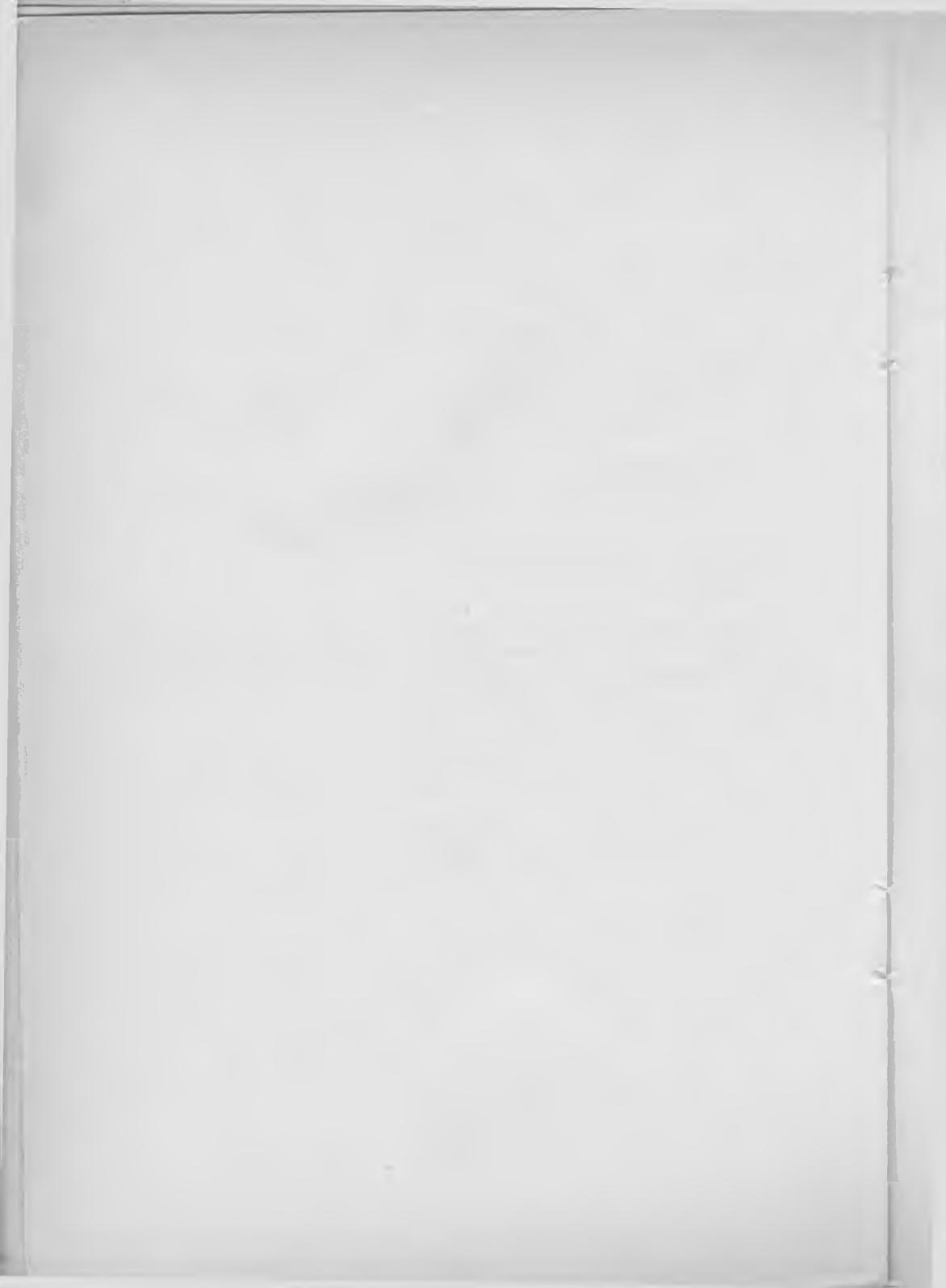
Parmi la documentation ayant servi à l'élaboration de cet ouvrage, il convient de citer les publications suivantes :

- **Le Haut-Parleur ;**
- **Radio Electronics ;**
- **Radio and Television News ;**
- **Wireless World ;**
- **Electronic Application Bulletin ;**
- **Antenna ;**

— **Documentations techniques** aimablement confiées par plusieurs firmes françaises et étrangères : **La Radiotechnique, Schneider, Franceclair, Heathkit (Sté Schlumberger), Retex-Kit Téra-Lec, etc.**



Les schémas sont donnés sans garantie quant à leur protection par des brevets éventuels.



ACHEVÉ D'IMPRIMER
SUR LES PRESSES DE
L'IMPRIMERIE DE SCEAUX
5, RUE MICHEL-CHARAIRE
SCEAUX (HAUTS-DE-SEINE)
— N° IMP. 700.140 —
— DÉPOT LÉGAL —
3^e TRIMESTRE 1970
— N° ÉDITEUR : 6 —
LE 15 septembre 1970

E. T. S. F.

2 à 12, rue de Bellevue
PARIS - 19^e