



TRANSISTORS

Cours de radio par correspondance

Nous étudierons maintenant l'emploi du transistor dans les récepteurs radio, en particulier dans les superhétérodynes, avec la fonction de détecteur et de changeur de fréquence.

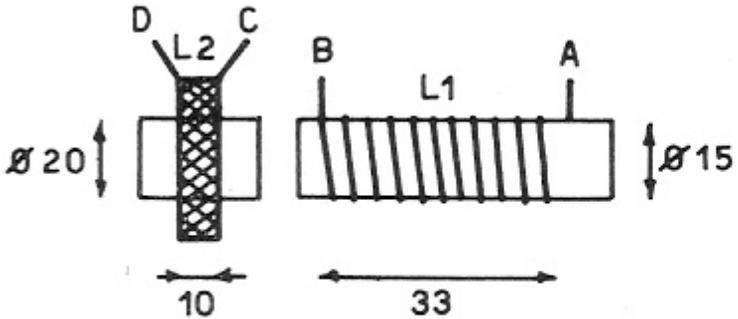
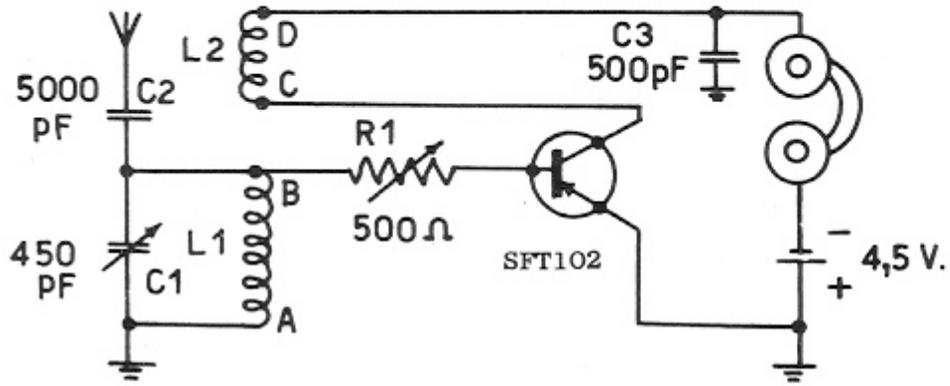
Nous examinerons également quelques schémas complets de récepteurs à transistors.

RECEPTEUR A REACTION AVEC UN TRANSISTOR

Je commencerai tout de suite par un récepteur simple pour petites ondes réalisé avec un transistor du type SFT 102 (Fig. 1).

Le circuit résonnant d'entrée est constitué par une inductance L_1 et un condensateur variable C_1 . L'antenne est raccordée à la borne B de la bobine L_1 , qui est reliée à la base du transistor.

Cette disposition, avec émetteur à la masse correspond à la triode avec cathode à la masse et fournit la meilleure amplification.



Prendre le mandrin
EURELEC Réf. 822

- Fig. 1 -

Il y a réception du signal parce que la jonction base-émetteur agit comme un redresseur, en ne laissant passer le courant du signal que dans un sens.

Ce courant redressé est amplifié par le transistor et le circuit du collecteur, puis il est appliqué à l'écouteur téléphonique, (ou casque).

Une faible partie de la Haute Fréquence est encore présente dans le circuit de collecteur; elle est envoyée dans une bobine L_2 étroitement couplée avec L_1 .

La Haute Fréquence est transférée de L_2 à L_1 en produisant une augmentation du signal qui se trouve sur la base et celle-ci, à son tour, réamplifie le signal sur le collecteur ; les tensions induites en L_1 et L_2 subissent encore une augmentation jusqu'à ce que le transistor entre en oscillation.

Le maximum de réception est obtenu à la limite de l'accrochage; on règle alors exactement le circuit sur ce point, avec le potentiomètre R_1 .

BOBINAGES

Pour réaliser les bobinages indiqués sur la Fig. 1, prenez votre mandrin que vous avez utilisé en émetteur (Ref. 822).

La bobine L_1 constituée de 162 spires de fil émaillé de 0,2 mm de diamètre est bobinée sur deux couches ; L_2 a 350 spires du même fil et est bobinée en nid d'abeilles.

L_2 est enfilée sur L_1 de sorte que le réglage de la réaction ne puisse s'effectuer que par le potentiomètre R_1 .

Le sens de l'enroulement des deux bobines, l'un par rapport à l'autre, a beaucoup d'importance ; il doit être fait de telle façon que l'on puisse accrocher la réaction au moyen du potentiomètre R_1 . Si cela n'arrive pas, il suffit d'inverser le sens de la bobine L_2 en inversant ses liaisons.

Même avec la réaction, la sélectivité reste toujours insuffisante, surtout si elle est comparée à celle d'un circuit analogue avec des tubes électro-

Dans le circuit à réaction, il se produit une compensation des pertes du circuit d'antenne et du circuit résonnant. Dans le cas du transistor, on a toujours une forte absorption de puissance de la part du transistor, même sur le circuit résonnant et par conséquent celui-ci en augmente l'amortissement, c'est-à-dire qu'il diminue sa propriété de résonner avec une bonne sélectivité sur une seule fréquence.

Un circuit trop amorti résonne également sur plusieurs fréquences très proches l'une de l'autre et cela détermine dans un appareil radio une sélectivité insuffisante.

La consommation de courant sur la batterie est très faible, environ 40 à 60 μ A.

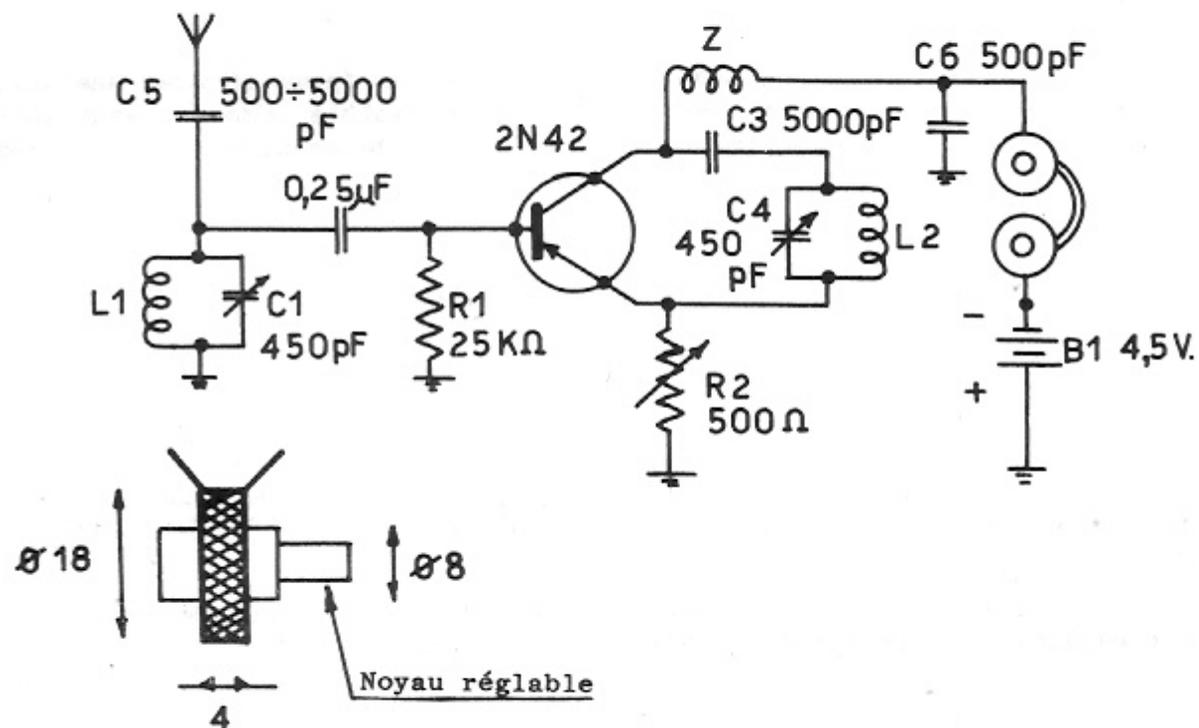
La réception est possible sans prise de terre et avec une antenne de quelques mètres. Elle devient très forte si l'on emploie comme antenne le secteur et comme prise de terre, l'installation d'eau ou de chauffage central : mais attention au pôle du secteur.

RECEPTEUR A UN TRANSISTOR AVEC UNE SELECTIVITE PLUS GRANDE

On obtient une meilleure sélectivité avec le schéma de la Fig. 2- qui est semblable au précédent en ce qui concerne le circuit d'entrée L_1-C_1 ; mais ici, le circuit accordé du collecteur du transistor 2N42 est constitué par une inductance L_2 réalisée avec 110 spires en fil de Litz.

L'inductance Z est une self de choc d'une valeur de quelques mH et sert à empêcher le passage de la H.F. dans les écouteurs du casque.

L'inductance L_2 est pourvue d'un noyau ferromagnétique fileté, ce qui permet l'alignement de L_2 par rapport à C_4 et de n'employer ainsi qu'un C.V. à deux cages pour les deux circuits oscillants.



- Fig. 2 -

Dans ce cas, la mise au point de L_2 a pour but le parfait alignement des deux circuits.

Après avoir sélectionné la station avec les deux circuits résonnants, on vérifiera que la réaction est accrochée. On règle alors la résistance variable R_2 jusqu'à atteindre le seuil de l'accrochage. La valeur du condensateur C_3 a une grande importance ; il peut être nécessaire d'en modifier la valeur, en plus ou en moins, jusqu'à obtenir la meilleure condition d'accrochage.

Ce type de réaction, obtenu avec les deux circuits résonnants s'appelle METHODE ARMSTRONG.

La consommation du courant de la batterie est toujours de l'ordre de $60 \mu A$.

Il est possible d'ajouter des étages d'amplification de basse fréquence et de réaliser des récepteurs radio à plusieurs transistors avec écoute sur haut-parleur.

ETAGE CHANGEUR DE FREQUENCE

Les transistors du type H.F. conviennent très bien comme étages changeurs de fréquence pour récepteur **superhétérodyne** ; leur but est de transformer le signal d'arrivée en un signal dont la fréquence (moyenne ou intermédiaire)

reste constante avec la variation de l'accord de l'antenne.

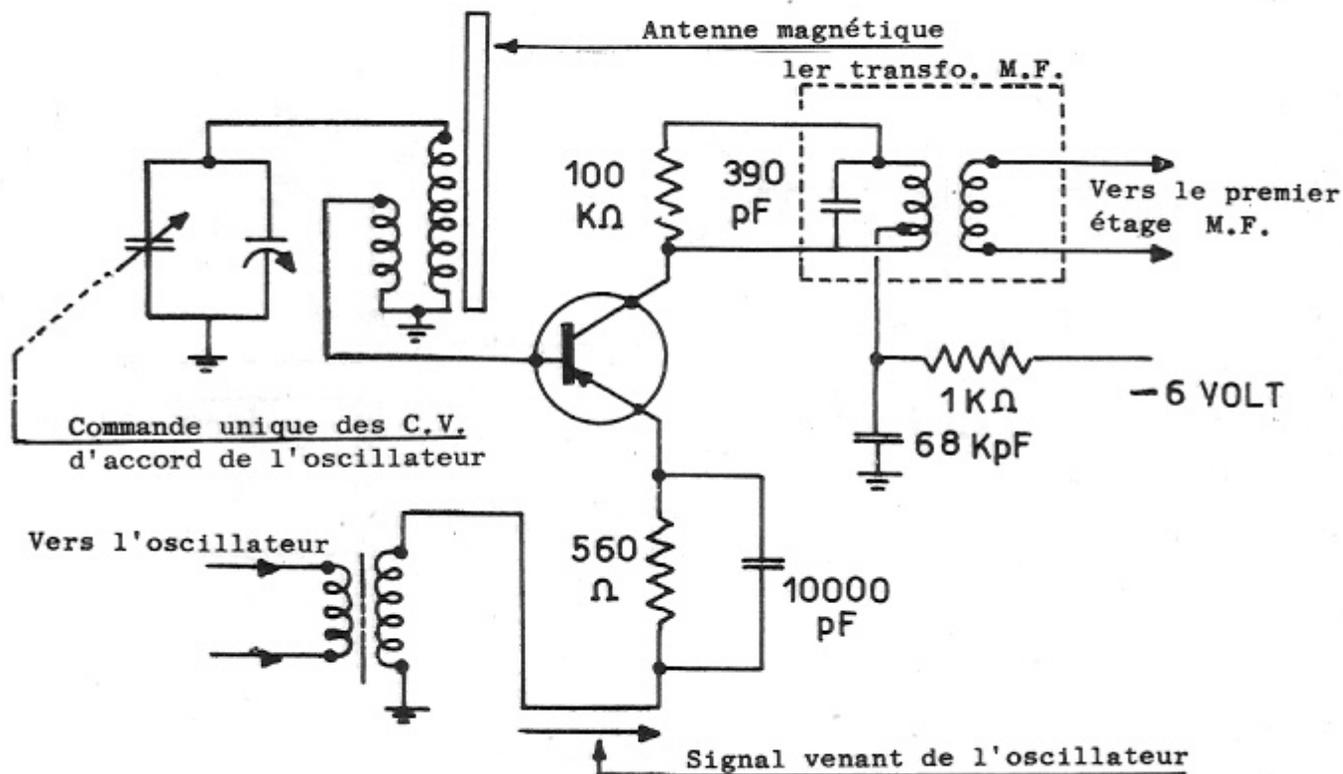
La conversion est obtenue, comme dans les circuits à tubes électroniques classiques, en mélangeant au signal d'arrivée, au moyen d'un transistor spécial changeur de fréquence, le signal produit, soit par un oscillateur séparé, soit par le transistor même.

Dans la leçon précédente, nous avons examiné un oscillateur pour récepteur radio superhétérodyne à transistors.

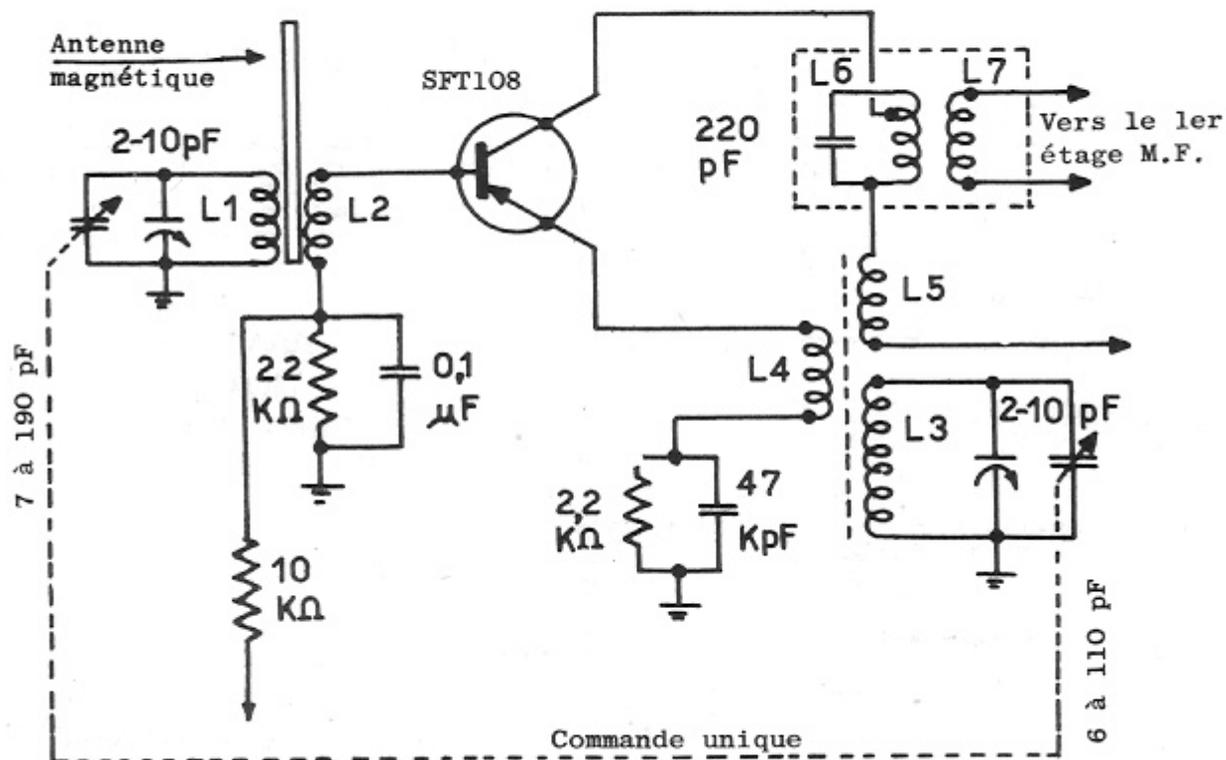
A la Fig. 3- il y a l'étage mélangeur (qu'on appelle alors "avec oscillateur séparé"), qui fonctionne sur le même appareil radio.

L'ANTENNE MAGNETIQUE est un type particulier d'antenne incorporée, très employée aujourd'hui ; l'aérien est enroulé sur un bâtonnet de matériau magnétique spécial, qu'on appelle "ferrite" ; celle-ci est une céramique particulière qui contient des micro-particules de fer isolées les unes des autres.

A la Fig. 4- au contraire, est représenté un étage changeur de fréquence, constitué par un seul transistor qui permet l'oscillation et effectue le mélange du signal obtenu avec le signal d'antenne. Ce changeur de fréquence s'appelle "AUTO OSCILLATEUR" ; il emploie un transistor CSF SFT 108 ayant une fréquence de coupure de 10 MHz.



- Fig. 3 -



- Fig. 4 -

Les caractéristiques approximatives sont les suivantes :

- tension moyenne émetteur-collecteur = 5,1 volts.
- courant moyen " " = 0,4 mA.
- gain de puissance = 600 environ
- tension H.F. recueillie aux bornes du circuit oscillateur (43) = 2 volts.

RECEPTEURS SUPERHETERODYNES COMPLETS

Nous avons étudié dans les leçons précédentes, chaque élément constitutif des récepteurs superhétérodynes à transistor ; nous allons voir maintenant les récepteurs complets à transistors.

La Fig. 5- donne le schéma complet d'un récepteur à transistor Philips.

Nous notons dans ce schéma la présence de 7 transistors.

Le premier un OC 44, est l'étage changeur de fréquence auto-oscillateur très semblable à celui que nous avons décrit ci-dessus.

Les deux étages suivants comprennent 2 transistors du type OC 45 qui constituent l'amplificateur moyenne fréquence.

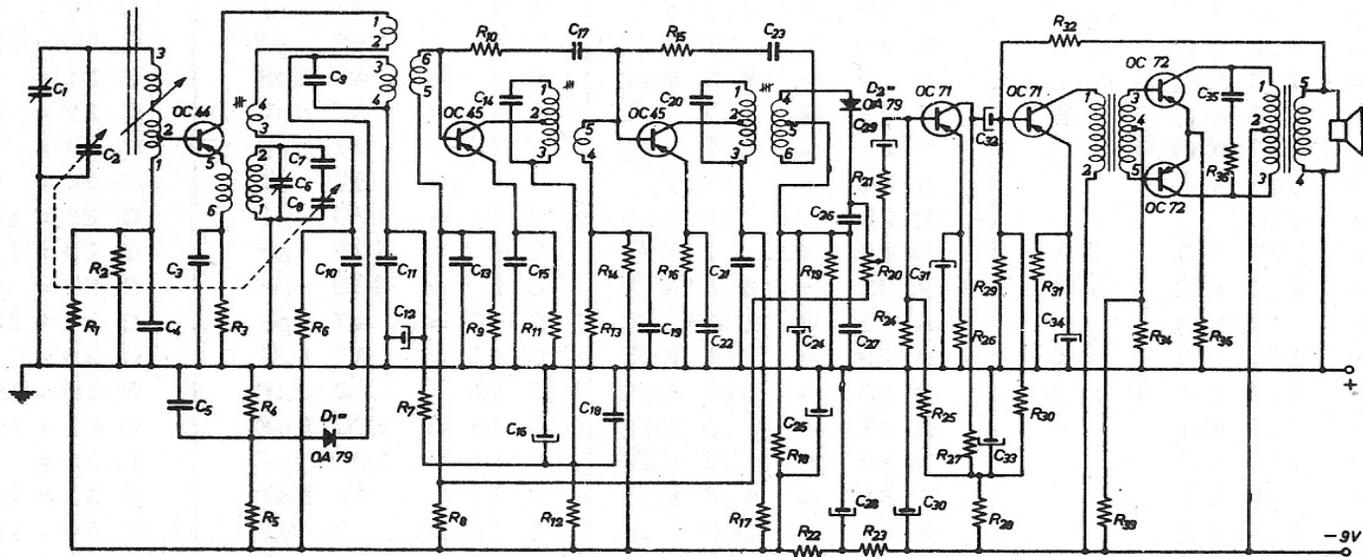
Ensuite il y a une diode à cristal de Germanium, Type OA 79, qui fonctionne comme détecteur et fournit également la tension du contrôle automatique de sensibilité.

Comme vous le savez, le contrôle automatique de sensibilité (appelé aussi C.A.V. Contrôle Automatique du Volume) sert à modifier, au moyen de la polarisation variable des tubes M.F., l'amplification de ces tubes selon l'intensité du signal à l'arrivée.

Plus le signal à l'arrivée est intense, plus la tension de polarisation est élevée, et plus l'amplification des tubes M.F. est réduite. Il en est de même pour les transistors où l'on utilise la tension qui se développe par la détection du signal (effectuée avec la diode OA79) : filtrée correctement, elle est réinjectée sur la base du premier transistor M.F. à travers le transformateur de liaison et règle l'amplification.

Le courant continu de la diode D2, amplifié par le premier OC 45

SCHEMA DE PRINCIPE DU RECEPTEUR EXPERIMENTAL A TRANSISTOR
RELEVÉ SUR LE BULLETIN TECHNIQUE PHILIPS.



- Fig. 5 -

VALEUR DES ELEMENTS DU SCHEMA FIG. 5-

R 1 = 10 K Ω	R 19 = 3,3 K Ω	C 1 = 27 pF	C 19 = 47 KpF
R 2 = 2,2 K Ω	R 20 = 50 K Ω	C 2 = 499 pF	C 20 = 330 pF
R 3 = 2,2 K Ω	R 21 = 8,2 K Ω	C 3 = 47 KpF	C 21 = 47 KpF
R 4 = 12 K Ω $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$ 5 %	R 22 = 47 Ω	C 4 = 47 KpF	C 22 = 47 KpF
R 5 = 3,9 K Ω $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$ 5 %	R 23 = 47 Ω	C 5 = 47 KpF	C 23 = 56 pF
R 6 = 6,8 K Ω	R 24 = 12 K Ω	C 6 = 27 pF	C 24 = 25 μ F
R 7 = 470 Ω	R 25 = 56 K Ω	C 7 = 470 pF	C 25 = 100 μ F
R 8 = 27 K Ω $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$ 5 %	R 26 = 1 K Ω	C 8 = 499 pF	C 26 = 1500 pF
R 9 = 2,2 K Ω $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$ 5 %	R 27 = 5,6 K Ω	C 9 = 220 pF	C 27 = 47 KpF
R 10 = 1 K Ω	R 28 = 150 Ω	C 10 = 47 KpF	C 28 = 100 μ F
R 11 = 470 Ω $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$ 5 %	R 29 = 15 K Ω	C 11 = 47 KpF	C 29 = 10 μ F
R 12 = 2,7 K Ω $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$ 5 %	R 30 = 12 K Ω	C 12 = 3 μ F	C 30 = 100 μ F
R 13 = 2,7 K Ω	R 31 = 1,5 K Ω	C 13 = 100 KpF	C 31 = 100 μ F
R 14 = 12 K Ω	R 32 = 33 K Ω	C 14 = 390 pF	C 32 = 10 μ F
R 15 = 1 K Ω	R 33 = 4,7 K Ω	C 15 = 47 KpF	C 33 = 100 μ F
R 16 = 1,5 K Ω	R 34 = 100 Ω	C 16 = 3 μ F	C 34 = 100 μ F
R 17 = 1,5 K Ω	R 35 = 15 Ω	C 17 = 56 pF	C 35 = 56 KpF
R 18 = 39 K Ω	R 36 = 220 Ω	C 18 = 47 KpF	

produit une variation de tension aux bornes de la résistance du collecteur de ce transistor. Cette variation de tension est appliquée à la diode à cristal de germanium D_1 (une autre OA 79) et en modifie les caractéristiques de conductibilité; une augmentation du signal correspond à une augmentation de la conductance de D_1 ; comme D_1 se trouve en parallèle sur le premier circuit M.F., l'augmentation de la conductance étant comparable à une résistance plus faible, le circuit se trouve amorti et son amplification diminuée.

Le signal de basse fréquence qui apparaît aux bornes du potentiomètre de volume R20, est successivement amplifié par les deux transistors OC 71 et par le push-pull de OC 72 qui alimente le haut-parleur.

Dans ce récepteur, on a utilisé, comme nous l'avons dit, les circuits typiques déjà illustrés précédemment, sauf quelques petites modifications. L'appareil fonctionne avec une tension de 9 Volts fournie par une batterie ; la valeur de la fréquence intermédiaire est de 450 KHz.

AUTORADIO

Une application de grande importance des transistors est leur emploi dans les "autoradio", c'est-à-dire dans ces appareils récepteurs destinés à être placés à bord des voitures.

La raison en est que l'installation électrique à bord d'une

voiture est dotée d'une batterie d'accumulateurs généralement de 12 Volts à partir de laquelle on peut prélever directement le courant qui sert au fonctionnement des transistors.

Les "autoradio" construits avec les tubes classiques sont dotés de survolteurs, généralement du type à vibreur, qui ont pour but d'effectuer la transformation du courant continu à basse tension de la batterie, en courant continu à haute tension de 150 à 300 Volts nécessaire au fonctionnement des tubes électroniques.

Les survolteurs sont d'un prix élevé, ils sont délicats et produisent des parasites à l'écoute etc... leur élimination représente un pas en avant notable dans la simplification des autoradio.

L'autoradio doit être très sensible ; en effet, il utilise une antenne qui, en général, est de très petites dimensions, et il doit être en mesure de fournir un signal de basse fréquence suffisant, même à des distances importantes de la station émettrice.

L'autoradio RCA (Radio Corporation of America) est doté de 9 transistors, qui ont les fonctions suivantes :

- 1- Prémplification H.F.

- 2- Mélangeur.
- 3- Oscillateur.
- 4- 1er amplificateur de moyenne fréquence.
- 5- 2 ème amplificateur de moyenne fréquence.
- 6- Détecteur.
- 7- 1er amplificateur de basse fréquence.
- 8- Push-pull amplificateur de basse fréquence.
- 9- Push-pull préamplificateur de basse fréquence.

Il a une sensibilité de 2 μ Volts pour une puissance de sortie de 1 Watt à la fréquence de 1 MHz ; la distorsion en basse fréquence est inférieure à 10 % pour un signal de sortie de 2 Watts ; la tension de fonctionnement est de 6 Volts.

APPAREILS MIXTES

Une application intéressante des transistors est leur emploi dans des appareils portatifs dans lesquels, comme changeur de fréquence et amplificateur de moyenne fréquence, on emploie des tubes électroniques, tandis que les transistors sont utilisés en basse fréquence.

L'avantage de cet emploi mixte est que, sans recourir à l'emploi

des transistors pour la H.F., qui coûtent généralement très cher, on réalise d'une manière économique les conditions d'une longue durée des batteries d'alimentation.

En effet, dans un appareil portatif, 75 % de la capacité de la batterie (très chère) de haute tension et 40 % de la capacité de la batterie pour les filaments, (relativement moins chère) sont consommés par les tubes de basse fréquence.

Souvent, on a recours aux générateurs de haute tension à transistors (comme celui que nous avons vu dans la leçon précédente) pour éliminer la batterie de haute tension (généralement de 45 à 90 Volts).

Ces générateurs fournissent la haute tension pour les tubes électroniques H.F. en prenant l'énergie nécessaire sur l'unique batterie qui existe et qui sert déjà à alimenter les transistors de basse fréquence.

On jugera de l'économie réalisée, en n'utilisant que des transistors dans un récepteur.

La Fig. 6- représente le schéma complet d'un récepteur Philips mixte équipé d'un tube DK 96, d'un tube DF 96 (tous les deux du type "miniature"), de deux transistors OC 71, de deux OC 72, d'un transistor OC 76, de trois diodes

à cristal de germanium et d'un indicateur d'accord du type DM 70.

L'alimentation est faite à partir d'une simple batterie de 6 Volts ; la consommation de courant est d'environ 90 mA au total.

La sensibilité en H.F. du récepteur est de 50 μ Volts pour un signal de sortie de 50 mW à la fréquence de 1 MHz

Le même appareil peut être construit en n'utilisant pas le convertisseur et en le remplaçant par une batterie de 45 Volts.

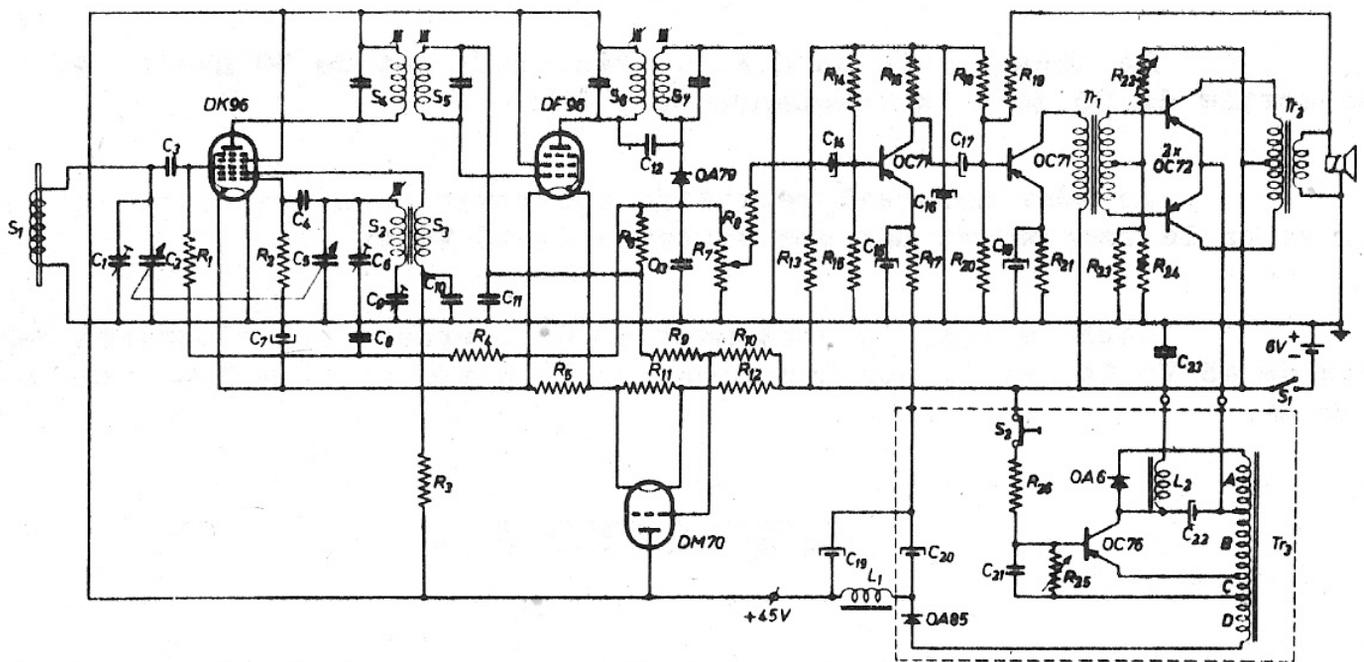
Dans ce cas, la consommation du courant sera d'environ 3mA sur la batterie de 45 Volts, et la consommation sur la batterie de 6 Volts descendra à environ 50 mA.

EXERCICE PRATIQUE

Le présent exercice consiste dans le montage très simple d'un récepteur avec une diode à cristal.

L'audition peut être faite sur casque ou bien à travers un amplificateur de basse fréquence sur un haut-parleur.

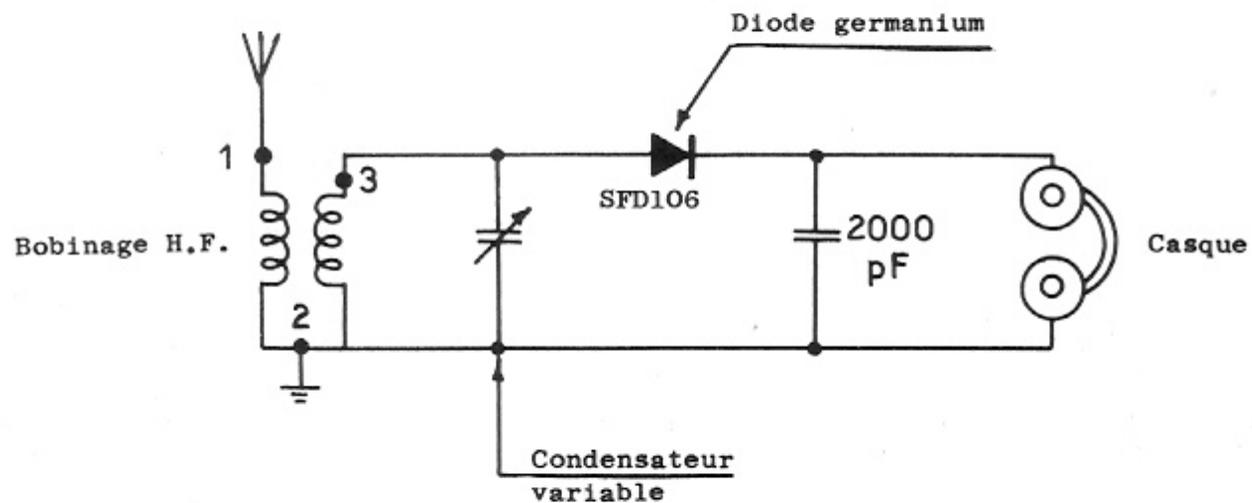
RECEPTEUR MIXTE A TUBES ET TRANSISTORS



- Fig. 6 -

VALEURS DES ELEMENTS DU SCHEMA FIG. 6-

R 1 = 1 M Ω	R 18 = 39 K Ω	C 9 = 470 pF trimmer
R 2 = 27 K Ω	R 19 = 100 K Ω	C 10 = 0,047 μ F papier
R 3 = 12 K Ω	R 20 = 18 K Ω	C 11 = 0,047 μ F papier
R 4 = 1 M Ω	R 21 = 470 K Ω	C 12 = 1,8 pF céram.
R 5 = 820 Ω	R 22 = 1-3 K Ω var.	C 13 = 0,001 μ F céram.
R 6 = 3,9 M Ω	R 23 = 82 Ω	C 14 = 10 μ F 6 V
R 7 = 50 K Ω var.	R 24 = 130 Ω à 25° C (résist. compens.)	C 15 = 32 μ F 6 V
R 8 = 8,2 K Ω	R 25 = 1 K Ω var.	C 16 = 100 μ F 12,5 V
R 9 = 2,7 M Ω	R 26 = 2,2 K Ω	C 17 = 32 μ F 3 V
R 10 = 1,8 M Ω	C 1 = 6-30 trimmer pF	C 18 = 100 μ F 12,5 V
R 11 = 420 Ω	C 2-5 = 2x500 pF var.	C 19 = 0,1 μ F papier
R 12 = 68 Ω	C 3 = 120 pF céram.	C 20 = 3,2 μ F 70 V
R 13 = 150 Ω	C 4 = 47 pF céram.	C 21 = 0,05 μ F
R 14 = 82 K Ω	C 6 = 6-30 pF trimmer	C 22 = 100 μ F 12,5
R 15 = 15 K Ω	C 7 = 8 μ F 6 V	C 23 = 0,068 μ F
R 16 = 5,6 K Ω	C 8 = 0,047 μ F papier	
R 17 = 1,8 K Ω		



- Fig. 7 -

Vous pouvez utiliser votre micro à bobine, à la place du casque.

Le récepteur est, en quelque sorte, la version moderne des anciens récepteurs à galène, un moment si répandus.

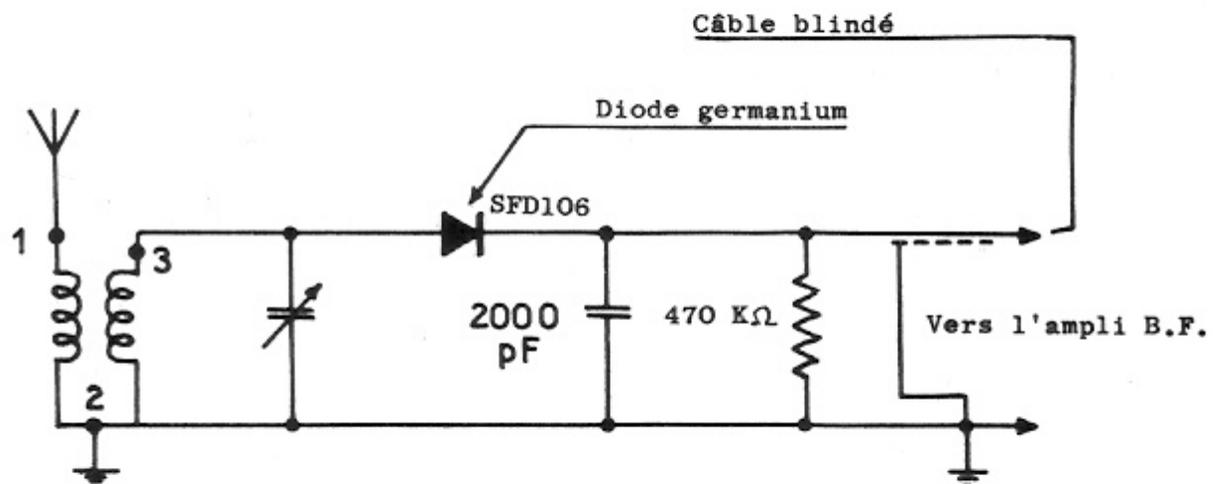
Le cristal de galène (sulfure de plomb) a été remplacé avantageusement par le cristal de germanium ; on évite ainsi la recherche du point sensible de la galène et on obtient aussi une sensibilité plus grande.

Avec une bonne prise de terre et une antenne efficace, l'appareil peut encore capter de façon satisfaisante des stations relativement lointaines (quelques dizaines de kilomètres).

Le schéma est représenté Fig. 7-, où l'on a prévu l'écoute sur le casque.

Si, au contraire, on désire écouter sur haut-parleur, il faut remplacer le casque par une résistance de $470\text{ K}\Omega$ à brancher en parallèle sur l'entrée de l'amplificateur comme nous l'indiquons Fig. 8-.

L'amplificateur peut être celui que vous avez réalisé dans la Leçon Pratique 23 du 26 ème Groupe. La liaison doit être effectuée avec un câble blindé.



- Fig. 8 -

Si l'on n'a pas d'amplificateur B.F., on peut raccorder le câble blindé à la prise P.U. d'un récepteur radio normal ; le commutateur de gammes devra être dans ce cas, mis sur la position "P.U."

Il faut alors faire attention à bien raccorder le conducteur interne du câble blindé à la borne sensible de la prise (point chaud) et la gaine métallique à la borne masse (point froid).

Le choix est très facile, il suffit de toucher avec un tournevis les deux bornes : le point chaud sera celui qui, au contact du tournevis, vous donnera le ronflement caractéristique dans le haut-parleur.

La bobine est celle que vous avez déjà réalisée et employée dans les exercices du Cours de Radio ; vous n'utiliserez pas l'enroulement de la réaction qui aboutit aux bornes 4 et 5.

Cette bobine est constituée par un premier enroulement d'antenne de 50 spires et d'un deuxième d'accord de 90 spires, tous les deux en fil émaillé de 0,30 mm, bobinés sur un support en bakélite de 25 mm de diamètre.

La distance entre le début du deuxième enroulement (d'accord) et la fin du premier est d'environ 4 mm ; l'antenne sera raccordée au début du premier enroulement, la diode et une extrémité du condensateur variable seront connectées au début de l'enroulement d'accord ; les deux autres extrémités des enroulements seront raccordées à la masse.

Le condensateur variable d'accord a une valeur de 500 pF ; le condensateur de 2000 pF, qui sert à court-circuiter la H.F sera, de préférence, du type céramique.

Le seul soin à avoir est de monter le condensateur variable avec les lames mobiles raccordées à la masse, pour ne pas entendre l'effet produit par la main lors de la recherche d'une station.

La diode à cristal, est du type SFD 106 et n'a d'autre fonction que celle de détecter le signal H.F. qui se produit dans le circuit oscillant lorsqu'il est raccordé sur la fréquence de la station que l'on écoute. Le casque doit être du type électromagnétique (non pas à cristal) et il doit avoir une impédance d'au moins 2.000 Ω : votre micro correspond bien à un tel usage.

Le récepteur permet l'écoute des stations en petites ondes avec fidélité, parce que, n'altérant absolument pas le signal capté, il présente aux bornes d'entrée de l'amplificateur, un signal de basse fréquence homogène, pour toute la bande passante.

Au cours du prochain exercice, vous monterez un récepteur avec détecteur à diode au germanium et étage amplificateur à transistor.

Un tel récepteur ne permet que l'écoute sur casque.

Ses dimensions sont très réduites et son alimentation est prise à partir d'une pile sèche de 4,5 Volts.

REPONSES AUX EXERCICES DE REVISION SUR LA 8ème LECON TRANSISTORS

- 1- La persistance des oscillations est obtenue par la réinjection sur le circuit oscillant, d'une partie de la tension de sortie. Ce retour est réalisé par le circuit de réaction, qui doit être en mesure de reporter une partie du signal avec la phase appropriée. La phase qui détermine la persistance des oscillations est celle qui correspond à la réaction positive.
- 2- La grille des tubes oscillateurs est normalement autopolarisée par une résistance connectée entre la grille et la masse.
- 3- Dans le circuit oscillateur, il faut adapter la basse impédance base-émetteur à la haute impédance du collecteur. Cette adaptation est obtenue par un transformateur qui travaille nécessairement en abaisseur, c'est-à-dire avec le secondaire sur le circuit de la base et le primaire sur celui du collecteur.
- 4- La fréquence de coupure d'un transistor employé comme oscillateur H.F. doit être supérieure à la fréquence de travail la plus élevée.

- 5- Pour obtenir, à partir d'une basse tension, une tension plus élevée, l'on emploie un transistor monté en oscillateur et une diode germanium en redresseuse.

Le fonctionnement est le suivant : le transistor oscille par impulsions; ces impulsions sont appliquées à un autotransformateur sur l'ensemble duquel on perçoit une tension plus élevée, de même forme que celle qui lui a donné naissance. La diode germanium redresse cette tension et la rend continue pulsée.

EXERCICE DE REVISION SUR LA 9ème LECON TRANSISTORS

- 1- Par quel principe obtient-on la détection du signal dans un récepteur à un transistor ?
- 2- Comment le circuit de réaction est-il connecté dans le même récepteur?
- 3- Comment améliore-t-on la sélectivité dans un récepteur à un transistor ?
- 4- Qu'est-ce que l'antenne magnétique (antenne incorporée) ?
- 5- L'étage changeur de fréquence oscillateur peut-il être constitué par un seul transistor ? Comment s'appelle ce circuit ? Quel transistor pourrait servir ?
- 6- Dans un étage M.F. à transistor, pourquoi ne prend-on qu'une partie du bobinage M.F. et non pas tout le circuit oscillant ?
- 7- Dans un récepteur à transistors comment obtient-on normalement la détection ?
