
SUR UN RÉCEPTEUR UNIVERSEL (1)

Par M. R. VILLEM,

Chef du service Études à la Société française radioélectrique.

Le récepteur universel, type R.U. 93, a été établi par la Société française radioélectrique pour satisfaire à de nombreux besoins des Services radioélectriques. Dans ce but, il dispose de possibilités très étendues, non seulement au point de vue gamme de longueur d'onde, mais également par des dispositifs complémentaires qui permettent de satisfaire aux exigences de trafics très divers.

Il permet l'écoute dans la gamme de 5 m à 6000 m qui est couverte d'une façon continue, avec une grande sensibilité, et d'excellentes qualités de sélection obtenues en faisant appel aux très récents développements techniques.

Les conditions d'établissement d'un tel récepteur sont fort complexes, parce que, dans toute la gamme, les performances essentielles varient d'une façon considérable et doivent être très poussées sans recourir à des solutions exigeant un matériel important.

C'est ainsi que, sur ondes courtes, on doit s'attacher à réaliser une amplification très élevée, permettant pour des signaux faibles le fonctionnement des dispositifs antifading, tandis que sur ondes longues, cette même amplification est inutile en raison du niveau des parasites.

En ce qui concerne la sélectivité, bien qu'il soit désirable dans tous les cas de limiter la bande passante juste à celle qui est nécessaire au trafic à assurer, la séparation d'émetteurs à ondes longues dont les fréquences ne diffèrent que de 200 à 300 cycles présente des difficultés qui n'étaient résolues que dans des récepteurs de grand trafic munis de circuits volumineux et extrêmement soignés.

Par ailleurs, on doit considérer qu'un récepteur d'emploi général est destiné à fonctionner avec une antenne quelconque, souvent peu développée. Dans ce dernier cas, l'intensité des signaux et des parasites à l'entrée de l'appareil est faible et, pour obtenir tout le bénéfice possible du rapport signal à parasites, il est nécessaire que, malgré l'amplification importante, le bruit de souffle de la première lampe reste négligeable vis-à-vis du niveau des forces électromotrices recueillies. On peut observer que cette condition est secondaire pour les appareils de trafic international fonctionnant en liaison avec des antennes très développées, donnant à l'entrée du récepteur des tensions beaucoup plus élevées que dans le cas précédent.

Enfin, dans la constitution même de l'appareil, nous avons cherché à obtenir des groupements d'organes facilement accessibles, permettant une construction en série tout en conservant une grande simplicité de manœuvre pour l'exploitant.

(1) Communication présentée à la Réunion mensuelle du 6 juin 1942, sous la présidence de M. PICAULT.

CONDITIONS GÉNÉRALES D'EMPLOI.

Le R.U. 93 permet l'écoute des transmissions téléphoniques et des signaux télégraphiques entretenus et modulés; l'enregistrement rapide de ces derniers est possible en adjoignant à l'appareil un ensemble comprenant un régulateur de tension, un redresseur et un relais connecté lui-même à un onduleur.

Gamme. — La gamme de 5 m à 6000 m est réalisée en 10 sous-gammes.

Antenne. — En principe, on emploie une antenne de faibles dimensions et une terre. Des prises spéciales permettent également l'emploi d'une grande antenne et d'une antenne symétrique.

Sortie. — Elle s'effectue, soit sur un haut-parleur, soit au casque. Une prise par jack permet le renvoi sur une ligne de faible impédance.

Alimentation. — Elle se fait par secteur alternatif 50 p. s., 110 V, ou à partir de sources à courant continu.

L'ensemble du récepteur proprement dit, son alimentation et le haut-parleur, sont

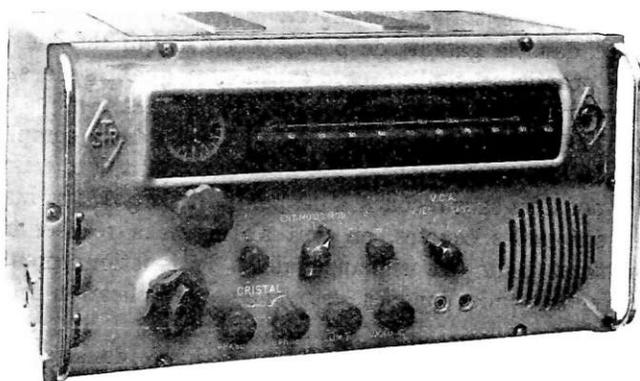


Fig. 1. — Récepteur R. U. 93.

contenus dans un seul coffret représenté sur la figure 1 et dont les dimensions sont :

- largeur, 570 mm;
- hauteur et profondeur, 300 mm;

Le poids total de l'appareil est de 26 kg.

COMPOSITION DU RÉCEPTEUR.

Le R.U. 93 est un superhétérodyne à simple changement de fréquence. Il est équipé avec 10 lampes dont une valve et un tube cathodique; il comprend trois parties principales :

1. Un bloc d'amplification haute fréquence et de changement de fréquence;
2. Un bloc renfermant un filtre à quartz;
3. Un ensemble d'amplification moyenne et basse fréquence dont le châssis supporte également l'alimentation et le haut-parleur.

Nous indiquerons les particularités essentielles de ces différentes parties dont la disposition schématique et l'ensemble sont représentés sur les figures 2 et 3.

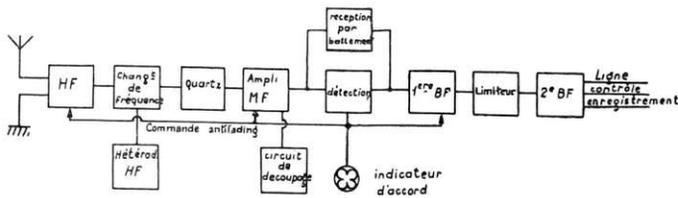


Fig. 2. — Disposition schématique du R. U. 93.

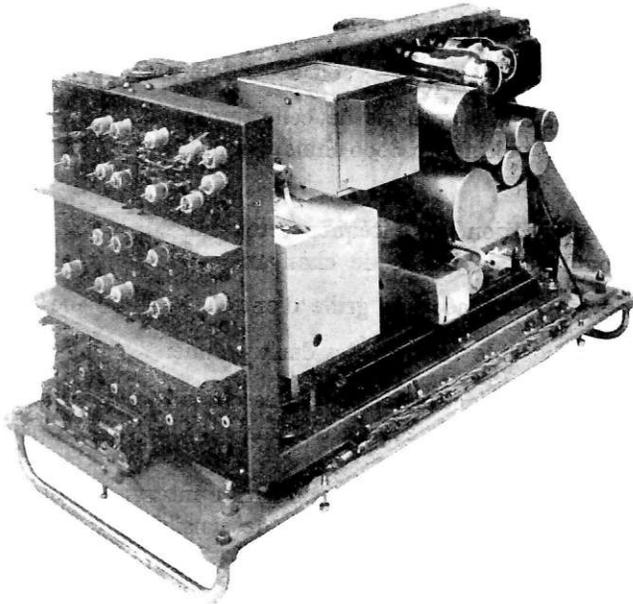


Fig. 3. — Dispositions d'ensemble du R. U. 93.

1. Bloc haute fréquence.

Il comprend pour chaque sous-gamme :

— deux circuits d'accord, dont l'un, couplé à l'antenne à travers l'enroulement du circuit d'entrée, est d'autre part relié à la grille de la lampe haute fréquence, et l'autre est disposé dans la plaque de cette dernière;

— un circuit d'oscillation de la lampe de changement de fréquence en commande unique avec les précédents.

L'adaptation des circuits d'entrée est réalisée au mieux pour des impédances d'antenne de 200 ohms dans la gamme de 5 à 170 m, et pour une antenne fictive du type standard sur les ondes supérieures à 170 m.

Pour permettre de compenser le désaccord produit par des antennes de caractéristiques très différentes, on dispose en parallèle sur le premier circuit accordé en condensateur variable d'appoint.

La lampe utilisée pour l'amplification haute fréquence est du type 1851 qui est récemment développé en France et présente deux avantages importants :

D'une part, son coefficient d'amplification permet, avec un seul étage, une amplification comprise entre 15 et 25 comparable à celle que l'on réalisait autrefois avec deux étages.

Pour obtenir ce résultat, et particulièrement sur ondes courtes, il a été nécessaire d'apporter une grande attention dans la disposition du câblage et des circuits.

D'autre part, la résistance de souffle de la lampe, qui est en moyenne de 1200 ohms, est très inférieure à celle des lampes normales.

Il est d'ailleurs facile de voir que, dans les conditions indiquées, le niveau du bruit de fond du récepteur est assez voisin des limites théoriques imposées par l'impédance des circuits.

Si l'on remarque qu'une résistance de souffle de 100 000 ohms correspond à une tension de bruit de $4 \mu\text{V}$ pour une bande de 10 Kc, on voit que :

a. La tension de bruit donnée par la lampe (proportionnelle à la racine carrée de la résistance de souffle) est de $4\sqrt{\frac{1200}{100000}}$, soit sensiblement $0,4 \mu\text{V}$.

b. Cette tension reste faible vis-à-vis de celle imposée par les circuits dont l'impédance sur ondes courtes voisine de 6000 ohms, donne à elle seule une tension de bruit d'environ $1 \mu\text{V}$.

c. Enfin, pour l'amplification haute fréquence minimum de 15 réalisée sur ondes courtes, la résistance de souffle de la lampe de changement de fréquence, qui est de l'ordre de 50 000 ohms, devient, ramenée à la grille d'entrée, $\frac{50000}{15^2} \cong 200$ ohms, et correspond à un bruit de fond négligeable vis-à-vis des deux premiers.

Ainsi, le récepteur peut fonctionner dans des conditions favorables pour de faibles forces électromotrices obtenues avec une antenne de faibles dimensions souvent seule utilisable en service courant.

Par ailleurs, le gain donné par les circuits d'entrée intervient pour améliorer le signal par rapport au bruit de souffle, et les seuils de sensibilité obtenus pour un rapport $\frac{\text{signal de sortie} + \text{bruit de fond}}{\text{bruit de fond}} = 10$ décibels et une bande passante de 4 Kc sont donnés par le tableau suivant :

Longueurs d'ondes en mètres.	Signal injecté dans l'antenne.	Sensibilité en microvolts.	
		Max.	Min.
5 à 8,20.....	Onde modulée à 30 %	2,2	à 2,5
8,20 à 120.....	Onde entretenue pure	0,15	à 0,35
120 à 500.....	"	0,2	à 0,9
500 à 3000.....	"	0,9	à 1
3000 à 6000.....	"	0,9	à 2,5

L'ensemble du bloc haute fréquence comprend un plateau supportant :

a. Les lampes, le condensateur variable muni d'une double démultiplication de rapports 15 et 200, ainsi que les échelles de lecture des longueurs d'onde; celles-ci sont tracées suivant les génératrices d'un tambour éclairé tournant derrière une ouverture pratiquée dans le panneau avant.

Les positions du tambour sont commandées en même temps que le changement de sous-gamme, de façon à ne faire apparaître que l'échelle de lecture correspondant à la sous-gamme utilisée.

b. Un bâti latéral, facilement amovible, et portant les self-inductances d'accord et leurs condensateurs d'alignement, sauf celles correspondant aux sous-gammes inférieures.

c. Le combinateur de changement de sous-gamme, portant lui-même les self-inductances d'accord des ondes les plus courtes et qui peut être également séparé de l'ensemble.

Nous insisterons un peu sur cet organe qui a fait l'objet d'une étude approfondie. L'expérience a en effet montré que, pour le cas envisagé, les combinateurs normalement employés dans les récepteurs courants ne présentent pas une sécurité de contacts suffisante, soit parce qu'il est nécessaire de les graisser pour éviter le grippage des pièces frottantes, soit par suite d'une usure rapide lorsqu'ils fonctionnent à sec.

La qualité des contacts et leur régularité dans le temps est particulièrement importante pour les circuits à ondes courtes, dont la résistance est très faible. On constate qu'une modification de la résistance de contact de l'ordre du dixième d'ohm entraîne, particulièrement sur les circuits d'oscillation de l'hétérodyne de changement de fréquence,

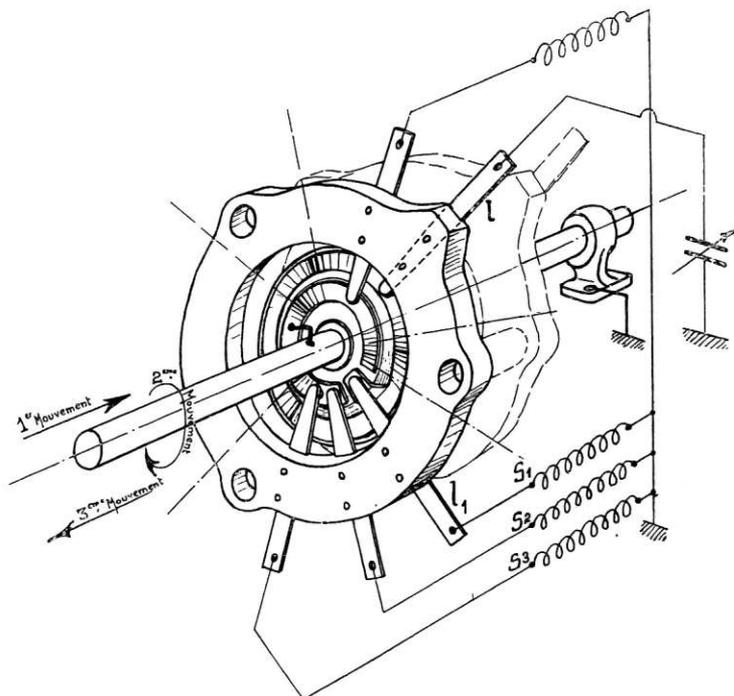


Fig. 4. — Élément du combinateur H. F.

des variations de fréquence suffisantes pour donner à la sortie des bruits parasites importants.

Par ailleurs, lorsque l'usure entraîne une légère rugosité des parties frottantes accompagnée d'une production de limaille très fine, les contacts conservent une faible résistance moyenne, mais deviennent microphoniques. Le récepteur est alors bruyant et sensible aux moindres chocs.

Le combinateur du R.U. 93 est établi pour fonctionner avec des contacts absolument secs, en alliages spéciaux inoxydables; les essais ont montré que, même après cent mille manœuvres, l'usure des contacts était négligeable et leur qualité n'était pas modifiée.

Nous avons représenté sur la figure 4 le schéma d'un des éléments du combinateur.

Chaque self-inductance haute fréquence à commuter aboutit à des lames flexibles, fixées sur une couronne en stéatite et qui sont munies d'une pastille d'alliage à leur extrémité la plus voisine du centre de l'ensemble.

Sur l'axe de commande, sont clavetées des rondelles isolantes, portant chacune un

disque muni d'un plot et un secteur métallique qui, en venant s'appuyer sur les lames flexibles, permettent d'assurer les contacts nécessaires.

On voit, sur le schéma, que le condensateur variable est fermé sur la self-inductance en service S_1 au moyen de la lame d'entrée commune l et de la lame de distribution l_1 , tandis que les autres self-inductances S_2, S_3 , etc., sont court-circuitées à la masse pour éviter les absorptions. En faisant tourner la partie centrale suivant des angles convenables, on peut mettre en service les différentes self-inductances.

La manœuvre du combinateur est réalisée en deux temps au moyen de deux commandes concentriques, dont l'une permet la rotation de l'axe pour le choix des sous-gammes, tandis que l'autre opère une translation qui, en fin de course, établit les contacts et bloque la première.

Sur la figure 5, on remarque, à l'arrière du combinateur, les contacts auxiliaires

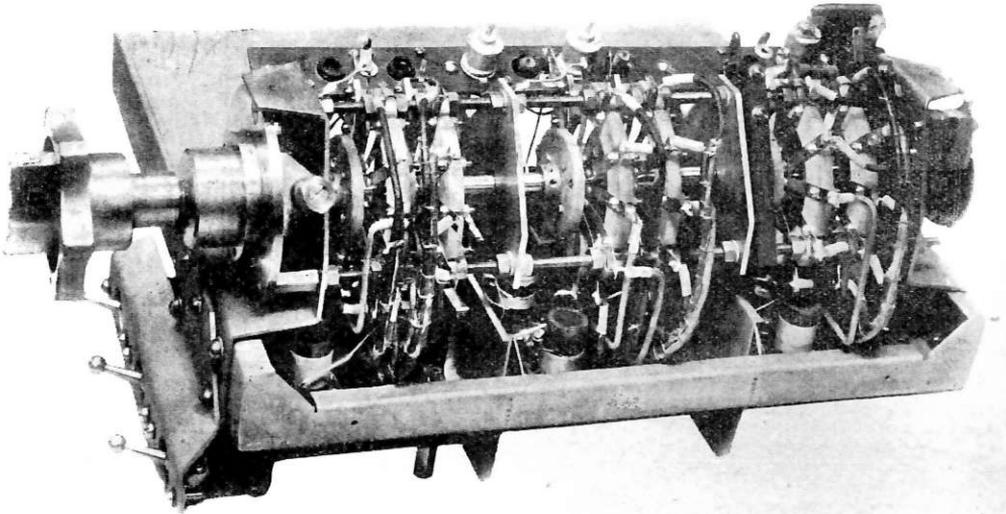


Fig. 5. — Ensemble du combinateur et des self-inductances H. F.

permettant d'éviter les bruits de commutation dans le casque au moment du changement de sous-gamme et, latéralement, la barrette supportant les deux jeux de selfs qui correspondent aux ondes les plus courtes.

2. Filtre à quartz.

A la sortie de la lampe de changement de fréquence est disposé un filtre à quartz accordé sur la moyenne fréquence à 472 Kc.

Nous rappellerons les dispositions de principe de ce filtre pour permettre de mieux comprendre les propriétés très intéressantes que sa réalisation confère au récepteur.

La disposition schématique est indiquée sur la figure 6 où le quartz est représenté par l'impédance Z comprenant les éléments de résonance série LC et sa capacité statique C_0 .

L'ensemble du quartz et de sa capacité de compensation C_1 est attaqué en symétrique par le transformateur de sortie de la lampe de changement de fréquence.

Les courbes de filtrage sont déterminées par les variations de la tension entre A et B et transmise à la grille de la lampe moyenne fréquence en fonction de la fréquence appliquée au système.

Nous chercherons d'abord l'influence de la valeur de C_1 sur la forme de ces courbes, sans tenir compte du circuit $L_2 C_2$.

Les variations d'impédance du réseau équivalent au quartz en fonction de la fréquence sont représentées par la figure 7 où f_r et f_a désignent respectivement la fréquence de

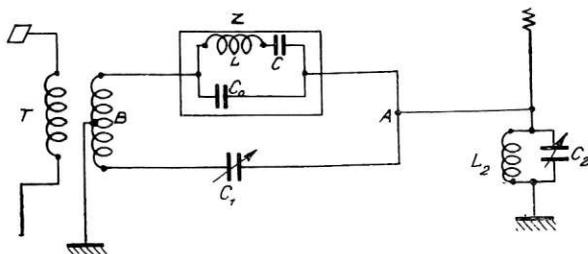


Fig. 6. — Schéma de principe du filtre à quartz.

résonance des éléments série LC et celle correspondant à l'antirésonance de l'ensemble.

Suivant sa valeur, la capacité C_1 pourra compenser cette impédance dans les deux régions où elle est négative.

Lorsque cet équilibre est atteint, la tension entre A et B passe par un minimum.

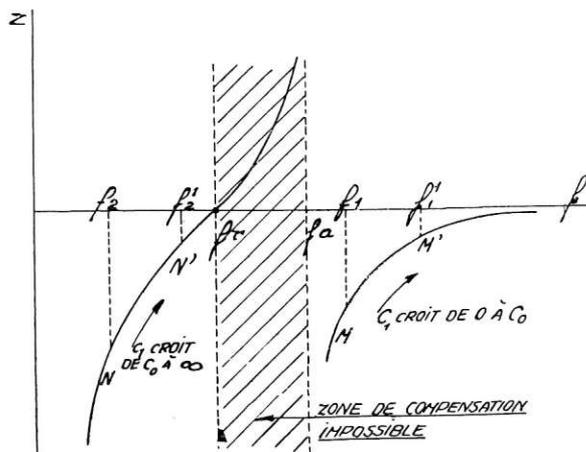


Fig. 7.

Si la capacité C_1 a une valeur nulle, ce minimum, appelé généralement « crevasse du quartz », a lieu pour la fréquence f_a ; il s'en éloigne vers les fréquences croissantes à mesure que l'on augmente C_1 . On passe ainsi successivement par l'équilibre des réactances aux points M, M', etc.; lorsque C_1 est égal à C_0 , la crevasse disparaît (rejetée de l'infini) et seul reste le maximum observé dans tous les cas et qui correspond à la résonance des éléments série LC du quartz.

Pour une des valeurs de C_1 comprise dans ces limites, la courbe de filtrage est donnée par l'enveloppe de l'oscillogramme situé à droite de la figure 8_a où les amplitudes sont en ordonnées et les fréquences en abscisses. La crevasse est à droite du maximum très effilé correspondant à la résonance du quartz.

Si l'on continue à augmenter C_1 , on retrouve la crevasse correspondant à l'équilibre dans la partie située à gauche de f_r .

La crevasse est obtenue pour la fréquence f_2 , puis pour f'_2 , et tend vers f_r pour des valeurs

très grandes de C_1 . Sur la courbe de filtrage indiquée par l'oscillogramme représenté sur la figure 8 *b*, on remarque que la crevasse est, par rapport au cas précédent, située de l'autre côté de la fréquence de résonance de quartz.

En ce qui concerne le circuit L_2C_2 , suivant ses conditions d'accord, il réagit sur

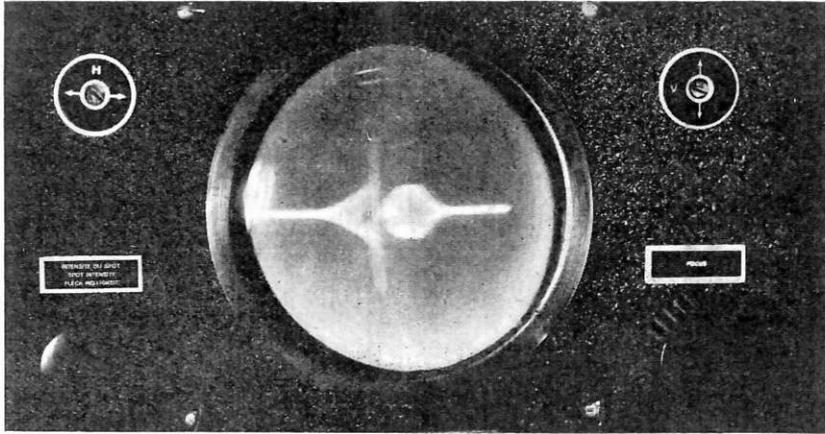


Fig. 8 *a*.

l'amortissement du circuit du quartz et permet de faire varier la largeur de la bande passante, celle-ci étant maximum lorsque le circuit est accordé sur f_r .

On conçoit les avantages d'une courbe de filtrage susceptible d'être déformée à volonté ainsi que nous venons de l'indiquer. En particulier, indépendamment du réglage de

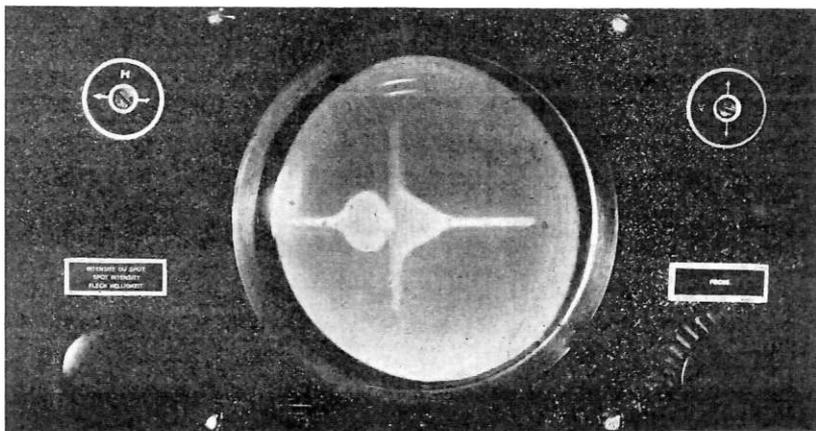


Fig. 8 *b*.

la bande passante, la possibilité de faire apparaître en un point quelconque de ses frontières, un affaiblissement considérable, permet une élimination efficace d'un brouilleur très voisin de l'émission à recevoir.

Nous avons représenté sur la figure 9 la disposition réalisée sur le R.U. 93 et qui permet de tirer tout le parti possible des propriétés précédentes et de conserver la possibilité de travailler sur bandes plus larges ne faisant pas intervenir le quartz.

Lorsque les interrupteurs sont sur la position « avec quartz », on remarque que pour

Dans ces conditions, les parasites qui traversent la bande moyenne fréquence produisent dans le détecteur des fréquences d'intermodulation. Il est clair que les fréquences d'intermodulation, dont l'écart est inférieur à celui de la bande passante basse fréquence, ne peuvent pas être éliminées, et leur nombre sera d'autant plus grand que la bande moyenne fréquence sera elle-même plus élevée.

b. Dans le cas du R.U. 93, les valeurs de bandes passantes moyenne fréquence peuvent être réglées juste à celles nécessaires pour la vitesse de trafic à réaliser. Les fréquences d'intermodulation produites par le détecteur sont ainsi réduites au minimum et leur nombre décroît en même temps que la bande moyenne fréquence.

Pour le trafic télégraphique en ondes entretenues pures à l'aide de l'oscillateur de battements et pour la téléphonie, les considérations précédentes ne sont plus valables, la détection étant rendue linéaire par suite de la présence, soit de l'onde porteuse, soit de l'hétérodyne de battements, et dans d'assez larges limites, on trouve des résultats équivalents en opérant la sélection la plus poussée avant ou après le détecteur.

3. Bloc moyenne fréquence, basse fréquence et alimentation.

a. *Amplificateur moyenne fréquence.* — Il est attaqué par le circuit du filtre à quartz et comprend deux étages équipés respectivement avec une ECH 3 et EBF 2 et munis chacun de deux circuits accordés. Par variation du couplage des circuits, on peut obtenir — indépendamment de la bande variable obtenue par le quartz — deux bandes passantes fixes.

Sélectivité. — Cet amplificateur ne comportant pas de dispositions particulières, nous nous bornerons à indiquer ses possibilités de sélection intrinsèques et celles obtenues en liaison avec les parties précédentes.

La bande dite « large » s'étend sur 10 Kc au niveau de 6 db et sa largeur est de 30 Kc à 60 db.

La bande dite « étroite » s'étend sur 4 Kc au niveau 6 db et 20 Kc au niveau 60 db. Sur cette bande, l'amplification est environ deux fois plus grande que sur la précédente.

L'ensemble haute et moyenne fréquence permet d'obtenir sur l'onde image les protections suivantes :

Onde en mètres.	Affaiblissement de l'onde image (décibels).	Onde en mètres.	Affaiblissement de l'onde image (décibels).
13.....	20	260.....	70
28.....	40	1000.....	72
50.....	52	2100.....	90
120.....	60	4700.....	100

Il est clair que le bénéfice donné par l'emploi de la crevasse du quartz pour l'atténuation d'un brouilleur, ne différant que de quelques centaines de périodes de l'onde veillée, est conservé, lorsque celui-ci présente les mêmes écarts vis-à-vis de l'onde image. Dans le dernier cas, cette atténuation s'ajoute à celles indiquées sur le tableau précédent et l'on dispose, en pratique, d'une protection très efficace.

On trouve ensuite :

b. *Un étage assurant la détection et une première amplification basse fréquence* équipé avec une lampe EBF 2.

Une des diodes de cette lampe est utilisée pour l'antifading et le trèfle cathodique; l'autre diode n'est employée que pour la détection des signaux modulés télégraphiques ou téléphoniques.

L'amplificateur basse fréquence est à résistance.

c. *Un étage de puissance* équipé avec une lampe EL 3 N qui alimente, soit un haut-parleur, soit un casque ou une ligne que l'on branche à l'aide d'une fiche. Dans ce cas le haut-parleur est mis hors circuit. Il est également possible de brancher des écouteurs en contrôle sur le départ de ligne.

La puissance de sortie maxima, dans le cas du fonctionnement sur haut-parleur, est de l'ordre du watt.

Une prise spéciale sur le circuit plaque de la lampe de puissance est réservée à la liaison avec les dispositifs d'enregistrement.

d. *Un étage permettant la réception des ondes entretenues pures* et qui est substitué à cet effet au détecteur basse fréquence par un commutateur.

Il est équipé avec une lampe mélangeuse ECH 3. On utilise les battements entre les signaux moyenne fréquence transmis à la grille de contrôle de cette mélangeuse et une tension obtenue à l'aide de ses éléments oscillateurs.

La fréquence de l'oscillation locale peut être modifiée de façon à obtenir une fréquence de battements comprise entre 0 et 1200 p. Elle peut ainsi être ajustée d'une façon beaucoup plus précise que par la variation de la fréquence de l'hétérodyne haute fréquence et sans modifier les conditions de sélection.

DISPOSITIFS ANNEXES.

Le récepteur comporte en outre :

a. *Un limiteur*, comprenant un dispositif à valves connectées en dérivation sur les circuits basse fréquence et auxquelles on applique une polarisation réglable pour modifier la tension de démarrage du courant anodique et ajuster ainsi le seuil de limitation.

Ce limiteur, qui agit par écrêtage des parasites, est intéressant en trafic auditif lorsque ces derniers sont d'amplitude très supérieure au signal.

Dans de nombreux cas, l'emploi du limiteur, conjugué avec celui d'une bande très étroite, permet d'améliorer dans de grandes proportions le rapport signal à parasites.

b. *Un indicateur d'accord* constitué par un trèfle cathodique à double sensibilité.

c. *Un réglage d'amplification* par un seul bouton. Suivant la position d'un commutateur, deux modes de réglage peuvent être utilisés. Dans l'un des cas, le bouton commande l'amplification des lampes haute fréquence, moyenne fréquence et première basse fréquence.

Dans le deuxième cas, on met en service le régulateur automatique de niveau qui agit sur les quatre lampes précitées et le bouton permet de doser l'amplification basse fréquence.

Le régulateur automatique de niveau peut être utilisé sur les émissions télégraphiques entretenues ou modulées et sur la téléphonie.

Il présente une constante de temps très faible, de l'ordre de $1/100^{\text{e}}$ de seconde à la désensibilisation. A la sensibilisation, la constante de temps a deux valeurs : l'une est de l'ordre de quelques dixièmes de seconde et sert pour l'enregistrement à grande vitesse, l'autre est de l'ordre de la seconde et sert pour l'écoute des transmissions lentes et la téléphonie. L'action sur la lampe basse fréquence est différée pour éviter les distorsions.

Le changement de constante de temps est obtenu au moyen de deux inverseurs placés sur le panneau avant.

L'efficacité de l'antifading est telle, qu'une variation du signal de 10 à 10 000 μ V n'entraîne à la sortie qu'une variation de niveau d'environ 3 db.

d. *Un oscillateur à 1000 p : s*, permettant de musicaliser les ondes entretenues et dont l'emploi peut être intéressant pour le trafic avec des stations peu stables, ou dont l'émission ne permet pas d'obtenir par interférence une note suffisamment pure. Cet oscillateur est constitué par des circuits branchés sur l'élément triode de la lampe ECH 3 amplificatrice moyenne fréquence.

Réception au voisinage de la moyenne fréquence.

Lorsque la fréquence du signal à recevoir est égale à celle de la moyenne fréquence ou en diffère très peu, on pourrait être gêné par les battements entre le signal incident et la moyenne fréquence produite par celui-ci, surtout pour l'écoute des transmissions téléphoniques. Pour éviter cet inconvénient, un interrupteur permet de couper les circuits de l'hétérodyne haute fréquence.

Dans ces conditions, la lampe de changement de fréquence fonctionne en amplificatrice haute fréquence, et l'onde du signal est amplifiée directement jusqu'à la détectrice.

Le récepteur R.U. 93 que nous venons de présenter est le premier exemplaire auquel sera conforme la construction de série. Sa disposition générale et ses possibilités actuelles ont été déterminées après essais de maquettes dans plusieurs centres de trafic; elles tiennent compte des demandes essentielles formulées par différentes Administrations et par des Compagnies d'exploitation pour un appareil d'emploi courant.

Par ailleurs, nous nous sommes efforcés de donner satisfaction à toutes les exigences secondaires, dans la mesure où elles n'entraînaient pas des complications importantes susceptibles de changer la destination même de l'appareil.

Enfin, les dispositifs complémentaires dont il est muni sont susceptibles de répondre à des besoins d'usagers très différents.

Nous désirons, en terminant, remercier tous ceux qui ont contribué à l'étude de ce récepteur, et en particulier M. DE CHAMPS qui s'est particulièrement distingué dans l'étude des circuits du quartz.