

NOUVEAU RECEPTEUR FM DE RADIO-COMMANDE

Il y a un peu plus de dix ans naissait le RX7, récepteur à modulation de fréquence. C'est en effet dans le cadre de l'article sur le "F6/76 que cet excellent récepteur fut décrit pour la première fois ! Pendant cette décade, de nombreux RX7 ont été construits, et les réalisateurs n'eurent jamais à se plaindre de ce montage ! Excellente sensibilité en 72 MHz, réalisation facile, avec absence totale d'aléas de fonctionnement, accrochages ou autres.

Bref, le RX7 n'a pas démerité et fait encore voler de nombreux avions, à commencer par ceux de l'auteur !

Seul reproche fait à ce récepteur : ses dimensions un peu généreuses ! Le RX7 mesure en effet, hors tout, dans son boîtier d'aluminium : 58 x 40 x 35 mm, et ce qui était acceptable il y a quelques années encore peut sembler gênant en 1986 !

Dépendant, depuis quelques années, les récepteurs « Thobois » sont passés à un standard un peu plus compact. C'est le Minitéf, décrit en 1979, qui inaugura cette nouvelle série. Les dimensions extérieures tombent à 53 x 32 x 26 mm, soit quelques millimètres en moins sur chacune des dimensions, mais réduction qui donne un volume final égal à 54 % du volume de RX7, à très peu près, donc, la moitié du volume de ce récepteur ! C'est presque incroyable, mais faites le calcul et vous constaterez que c'est vrai.

Dans cette nouvelle série, nous avons déjà décrit :

– Le **Minitéf**, cité ci-dessus. Il s'agit d'un très bon récepteur à modulation d'amplitude, prévu normalement pour le 27 MHz (devenu 26 MHz), mais son adaptation au 41 MHz est facile. Idéal pour les réalisateurs débutants, il permet d'obtenir un résultat impeccable sans appareil de mesure particulier !

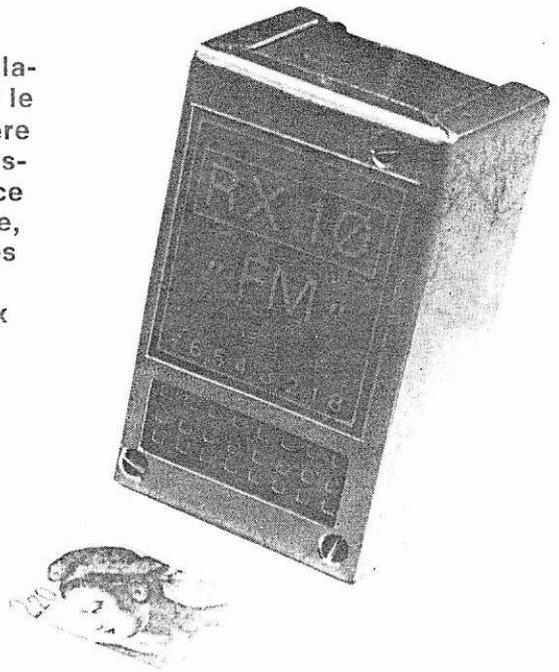
C'est un point qui mérite d'être signalé ou rappelé. Malheureusement, les modélistes ayant tâté de la FM en 72 MHz avec le RX7, répugnent, on les comprend, à revenir en 27 ou 26 MHz et en AM de surcroît, même si les dimensions réduites du Minitéf les intéressent.

– Le **RX9**, décrit plus récemment (1982). C'est une autre affaire ! La grande classe. Double changeur de fréquence, toutes bandes. Pas plus difficile à réaliser que le Minitéf, mais par contre bien plus délicat à régler, car sa sélectivité, obtenue à l'aide d'un filtre céramique non réglable, impose des oscillateurs à quartz très précis, tant à l'émission qu'à la réception. Il faut en effet obtenir les fameux 455 kHz à 1 ou 2 kHz près, ce qui rend le fréquence-

metre numérique indispensable. Le réglage du discriminateur FM impose, quant à lui, l'usage de l'oscilloscope.

Le RX9 est, par ailleurs, d'une très grande sensibilité, plus élevée que celle du RX7. Il rejette la fréquence image, double changement de fréquence oblige. Nous ne sommes pas seuls à penser que c'est presque le récepteur idéal ! Bien sûr, il lui faut deux quartz et un SO42E un peu coûteux. Comme quoi la perfection n'est pas de ce monde !

– Le **RX9 S/F**. Version du précédent à synthèse de fréquence. Chacun sait le prix et la difficulté de trouver un jeu de quartz à la fréquence désirée. Quand il s'agit de disposer de plusieurs fréquences possibles de manière à s'adapter aux difficultés de coexistence sur le terrain, l'affaire devient vite un gouffre à



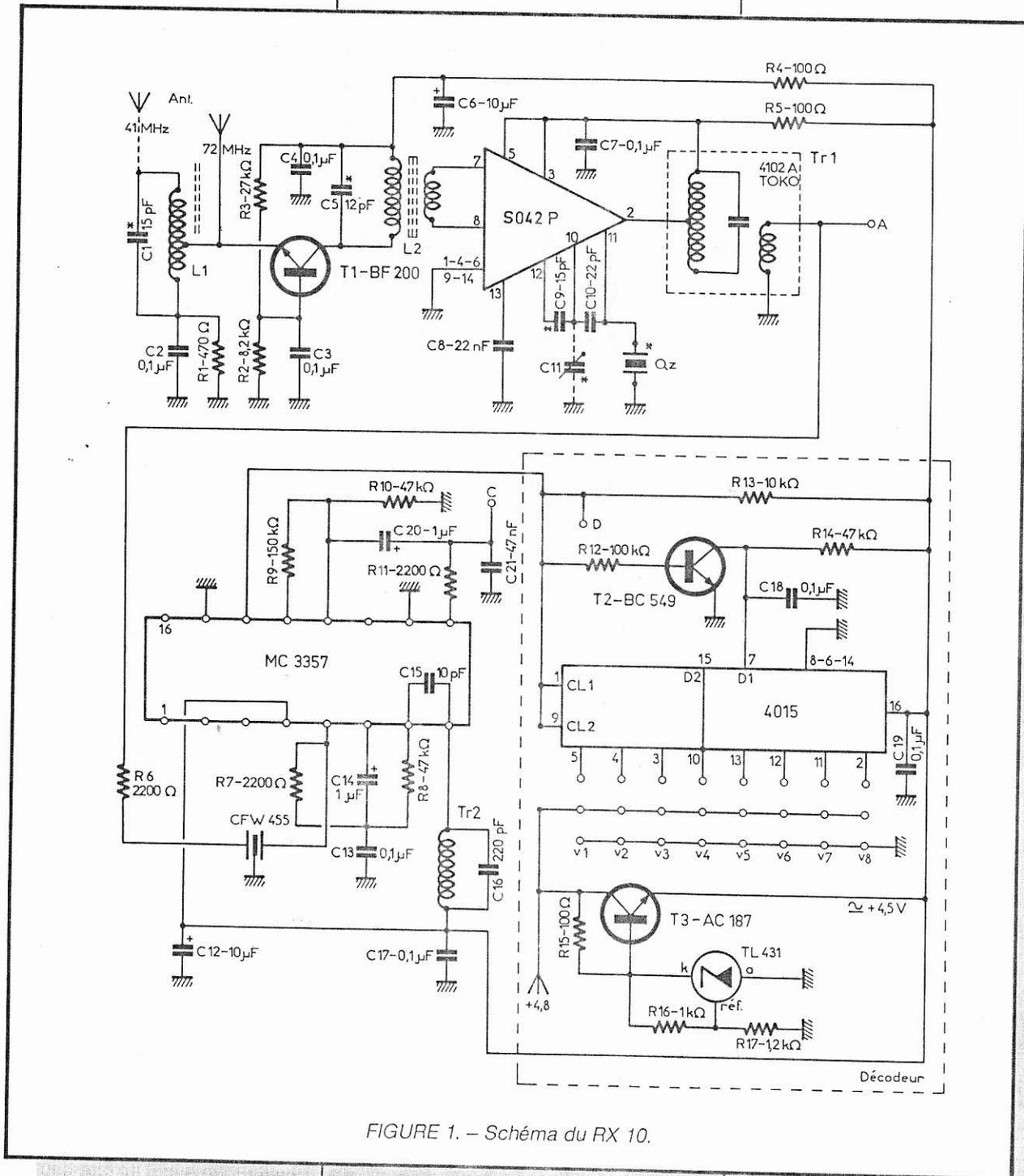


FIGURE 1. - Schéma du RX 10.

économies ! D'où la description du RX9 S/F, lequel, avec deux quartz, permet d'avoir tous les canaux d'une bande, au pas de 5 kHz. Plus de 100 canaux en 72 MHz. C'est le pied, tout de même !

Mais le RX9 S/F est relativement coûteux, il ne peut être réalisé que par des amateurs avertis et équipés. Bref,

ce n'est pas le récepteur de « tout le monde » !

En somme, dans cette belle série, il y a un « trou ». On sent qu'il manque quelque chose entre le Minitel et le RX9. Bien sûr, il manque tout simplement l'équivalent du RX7, en version réduite. Eh bien, rassurez-vous ! Ce « trou » est désormais comblé, car le

RX10 est arrivé. Sans se presser, d'ailleurs, mais l'essentiel est bien sa réalité présente. Qu'est-il exactement ?

- Un récepteur comparable au RX7 :

- Simple changeur de fréquence.
- A modulation de fréquence.
- De sensibilité identique à celle, très bonne, du RX7.

- Dimensions du Minitel ou RX9 : 53 x 32 x 26 mm !
- Sélectivité bien meilleure que celle du RX7, donnée par un filtre céramique performant de Murata.
- Stabilisation parfaite de l'alimentation, par adoption du montage développé pour le RX9 S/F.
- Petit revers de la médaille lié à la FM et à la grande sélectivité : oscilloscope et fréquencemètre sont indispensables pour la réalisation.

I. Analyse du schéma

Se reporter à la figure 1.

Au risque d'être accusé de « broder sur le thème », les réalisateurs de nos montages vont se retrouver en pays de connaissance. En effet, le RX10 s'avère être tout simplement un RX9 simplifié ! On y remarque donc la même tête d'entrée, la même partie FI et le même décodeur. Tout cela simplement parce que ces montages se sont avérés excellents et que, par conséquent, il n'y a aucune raison d'inventer autre chose ! La simplification évoquée plus haut

consiste à supprimer le second changement de fréquence. Il s'ensuit l'économie visible d'un quartz et, autre économie qui l'est moins, celle d'un SO42E coûteux qui peut être remplacé par un modèle SO42P, plus volumineux, mais plus économique.

Mais voyons tout cela en détail.

Les signaux HF captés par l'antenne sont mis en évidence par l'accord de L₁. Noter les deux branchements de l'antenne, selon la bande reçue. Transmis à T₁, un BF200 monté en base commune, ils sont amplifiés et, via L₂, attaquent le changeur de fréquence. La présence de l'étage HF détermine la grande sensibilité du montage. Dans ces conditions, une portée au sol de 1 km, en 72 MHz, n'est pas surprenante !

Le changement de fréquence est assuré par l'excellent SO42 de Siemens. L'oscillateur interne de ce circuit est ici monté en asymétrique. Nous avons retenu ce montage, choisi par Lextronic, de manière que les amateurs puissent utiliser les quartz distribués par cette maison. En effet, l'approvisionnement en cristaux est toujours un problème difficile. Ou bien le fabricant ne veut

plus fournir aux amateurs (Matel), ou bien ses délais sont très longs ou ses prix sont trop élevés.

L'oscillation s'obtient ici très simplement, sans inductance. Noter la présence éventuelle de C₁₁, permettant un léger décalage de la fréquence du quartz : celle-ci diminue en augmentant C₁₁. On ne peut pas aller très loin dans cette voie, sans risquer un décrochage de l'oscillateur (- 10 pF).

La différence entre la fréquence reçue et celle de l'oscillateur apparaît sur la sortie 2 du SO42, et elle est mise en évidence par la résonance de Tr₁. Le point test A permet l'observation à l'oscilloscope du 455 kHz ainsi que la mesure de cette fréquence au fréquencemètre numérique.

La FI 455 kHz traverse alors un filtre céramique Murata, type CFW455, de bande passante réduite (- de 10 kHz à - 6 dB). Ainsi n'entrent dans le MC3357P que les signaux 455 kHz utiles, alors que tous les autres sont fortement atténués. L'atténuation atteint 50 dB à 10 kHz de la fréquence centrale. Les résistances R₆ et R₇ assurent l'adaptation d'impédance à l'entrée et à la sortie. Dans le MC3357P

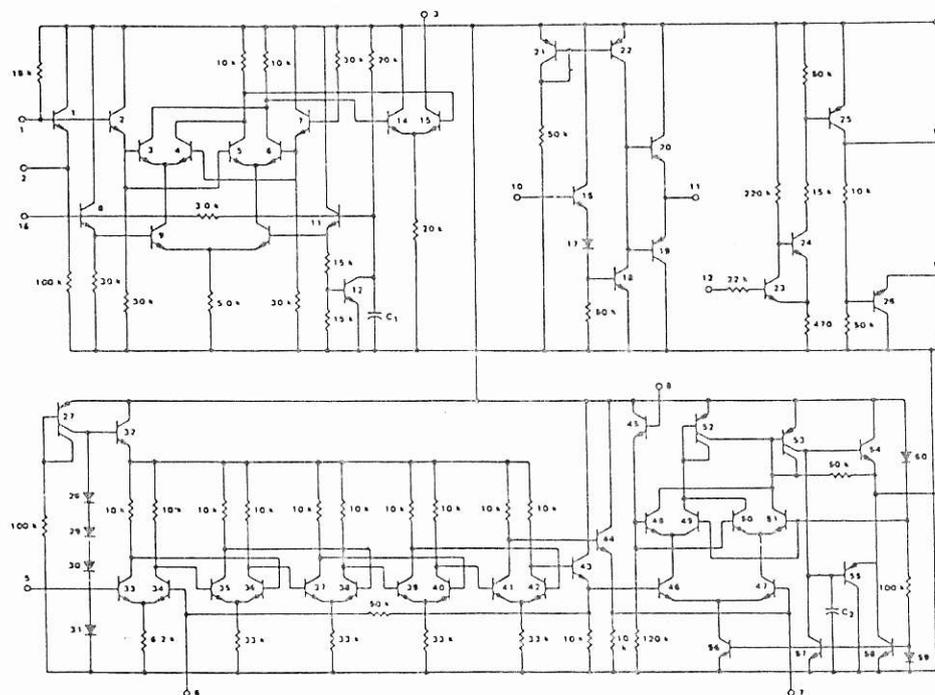


FIGURE 2. - Le MC 3357P.

(voir fig. 2), le signal est amplifié par cinq étages différentiels en cascade dont le gain très important permet d'avoir une très bonne sensibilité globale : 50 μ V suffisent sur l'entrée 5 pour amener la sortie à la saturation. Les tensions FI ainsi écrêtées sont soumises au démodulateur à coïncidence du 3357. Le montage est asymétrique et requiert une simple inductance accordée sur 455 kHz : c'est Tr_2 associée à C_{16} .

Nous avons préféré conserver ce réglage plutôt qu'adopter la solution à filtre céramique plus rigide. Nous pensons qu'il est ainsi plus facile de bien câbler le récepteur. Mais attention ! Le réglage en question est très pointu. Une fraction de tour du noyau de Tr_2 produit de gros effets ! De plus, il faut que le tandem Tr_2/C_{16} ait une très bonne tenue en température. Les bobinages Toko sont absolument à proscrire. Le

test de la bombe givrante est catégorique : un coup de givrant et... le signal disparaît ! Nous fournissons un bobinage Tr_2 fabriqué avec des ferrites Noesid convenant parfaitement. Mais attention encore : le condensateur C_{16} doit être un Styroflex et non un vulgaire céramique, même NPO ! Nous allons essayer de faire approvisionner des modèles Siemens subminiatures, mais ce n'est pas facile ! A noter cependant que tout Styroflex de taille raisonnable trouve facilement sa place sur le circuit imprimé dessiné.

Moyennant ces précautions, un signal démodulé de 1 Vcc environ apparaît en sortie 9 du MC3357. R_{11} et C_{21} assurent un filtrage des résidus 455 kHz.

Cette BF est alors appliquée sur l'un des amplis internes du MC3357, qui en contient deux. Les impulsions positives injectées à l'entrée 12 se retrouvent

écrêtées aux niveaux de l'alimentation, mais toujours positives sur la sortie 14. Attention ! le transistor 26 de cette sortie est à collecteur ouvert. Sa résistance de charge est R_{13} , et elle se trouve dans le décodeur.

Notons pour conclure que le gros avantage du MC3357 est bien de contenir des amplis BF indépendants, ce qui évite toute la partie analogique à transistors du décodeur RX7. Le décodeur, associé au MC3357, peut alors être d'une remarquable simplicité. Bien sûr, pour le RX10, nous n'employons pas l'intégralité du 3357. Outre le deuxième ampli BF non retenu, toute la partie « second mixer » n'est pas sée ! Les picots 1, 2, 3, 16 restent donc non connectés. La remarque précédente justifie cependant le choix d'une remarquable circuit de Motorola !

Le décodeur du RX10 reprend la technologie parfaitement sûre des Mini-

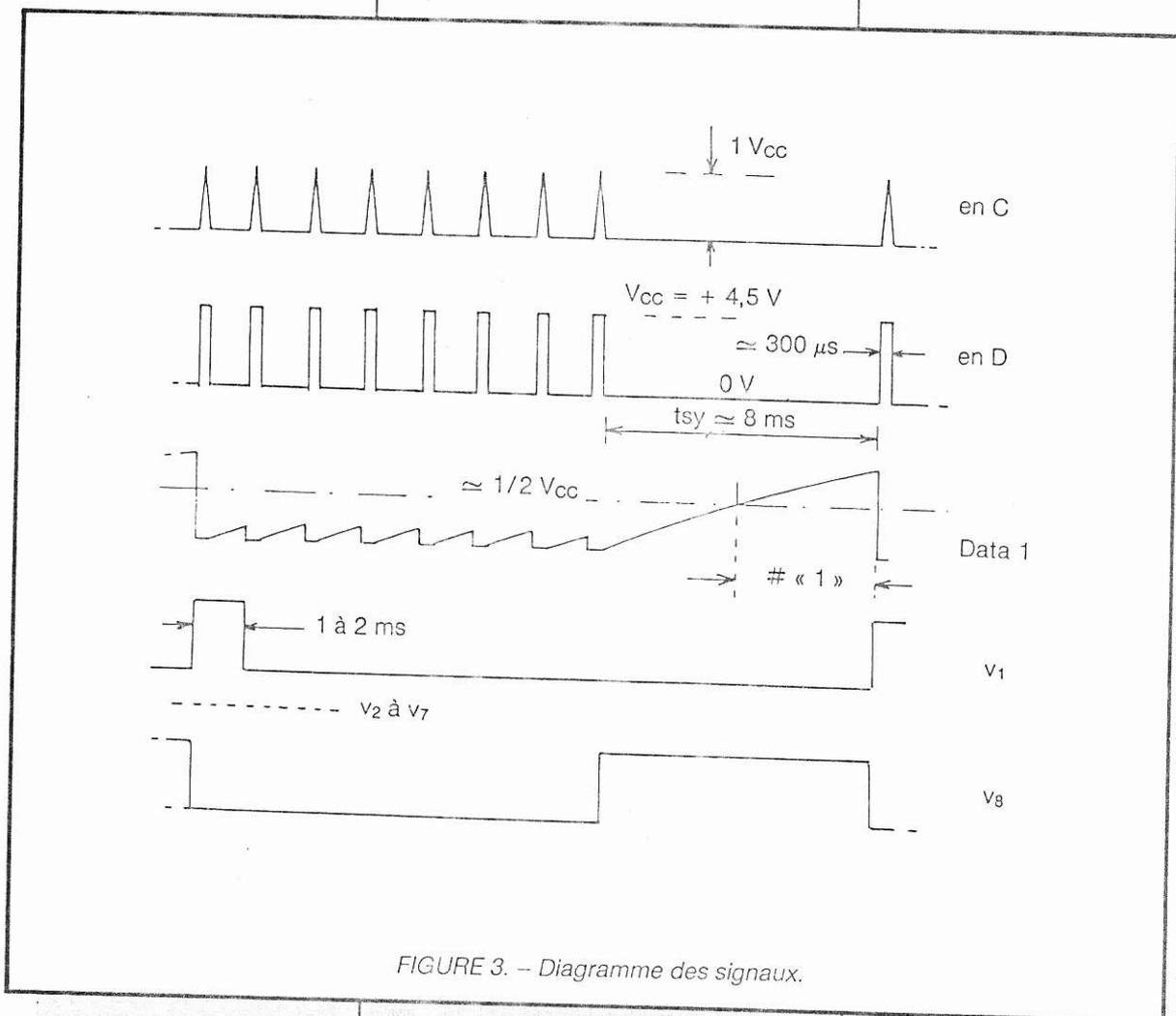


FIGURE 3. - Diagramme des signaux.

tef et RX9. Un simple registre à décalage 4 + 4 bits, soit 8 bits : le 4015.

Rappelons que, dans un registre à décalage, tout niveau 1 appliqué à l'entrée DATA (ici D₁) passe successivement de basculeur en basculeur, à chaque front montant du signal d'horloge (Cl₁/Cl₂). La technique de décodage de la séquence consiste donc à placer un « 1 » en début de séquence, et en début seulement. Ce « 1 » passant de sortie en sortie à chaque impulsion de la séquence va créer sur ces sorties les différents créneaux de voies. Pour obtenir le « 1 » initial, les créneaux d'horloge sont inversés par T₂ et intégrés par C₁₄/C₁₈. Le niveau de D₁ n'atteint donc le seuil haut (plus que 1/2 V_{cc}) que si le condensateur C₁₀ a eu le temps de se recharger suffisamment. Cela ne peut se produire que pendant la période de synchro t_{sy}. La figure 3 illustre tout cela et montre les signaux à obtenir aux différents points du montage.

Le fonctionnement est indépendant du nombre de voies transmises. Ainsi pour un émetteur transmettant quatre voies, celles-ci seront décodées sur les sorties V₁ à V₄. Normalement, les émetteurs TF7 décrits dans ces colonnes transmettent sept voies, lesquelles seront disponibles de V₁ à V₇. La sortie

suivant la dernière voie effective (V₅ en 4 voies et V₈ en 8 voies) restitue la durée t_{sy} de synchronisation des séquences. Ce signal n'est pas utilisable normalement, mais il est par contre très utile pour associer au récepteur un détecteur de défauts. C'est ainsi que fonctionne le Securitef décrit dans le n° 1697 de cette revue, sécurisant la voie GAZ et quatre autres voies.

Terminons en jetant un coup d'œil vers l'alimentation. Les servos sont évidemment connectés directement à la batterie de 4,8 V. En revanche, une régulation efficace est retenue pour l'électronique. Mise au point pour le RX9 à synthèse de fréquence, sa simplicité, son faible coût et ses performances nous l'ont fait retenir pour tous les récepteurs à venir. Elle est donc présente sur le RX10. Grâce à elle, la tension batterie peut varier des 5,4 V de la fin de charge à moins que 4,8 V, indiquant l'état de décharge, sans que la tension régulée de 4,5 V bouge d'un dixième de volt !

2. Les circuits imprimés

Ils sont à faire en époxy 15/10, par méthode photo... ou autre ! Se reporter aux figures 4, 5 et 6.

- Figure 4 : platine récepteur verso.
- Figure 5 : platine récepteur recto.

- Figure 6 : platine décodeur.

Comme d'habitude, nous fournirons volontiers des films orange de ces circuits à ceux qui nous en feront la demande, avec enveloppe timbrée et adressée pour réponse. Les CI ne seront pas disponibles tout faits, sauf évolution d'ici à la parution de cet article. Nous consulter éventuellement.

Tirer les plaques aux UV, avec les films fournis (3 mn suffisent).

Développer, rincer, sécher.

Graver au perchlorure. Nettoyer. Enlever la résine à l'acétone. Passer à l'éponge abrasive fine. Couvrir d'une pellicule de pâte à souder. Etamer au fer et soudures ordinaires. Pour le plan de masse, prendre un fer à panne large et bien chaude. Travailler par passes continues. Re-nettoyage pour éliminer la graisse oxydante.

Percer tous les trous à 8/10. Agrandir ensuite selon la nécessité des composants (quartz, pattes de masse des bobines, vis de 1,5 ...). Souder les écrous de 1,5 mm.

3. Le boîtier (voir fig. 8)

Le réaliser tout de suite, ce qui va vous faciliter les perçages divers. Notre livre « Construction d'ensembles de RC » montre, pages 218 et 219, com-

II - Réalisation

Liste des composants

1 SO42P
1 MC3357P
1 4015
1 BF200
1 BC549
1 AC187
1 TL431
R₁ : 470 Ω
R₂ : 8 200 Ω
R₃ : 27 kΩ
R₄ : 100 Ω
R₅ : 100 Ω
R₆ : 2 200 Ω
R₇ : 2 200 Ω
R₈ : 47 kΩ
R₉ : 150 kΩ
R₁₀ : 47 kΩ
R₁₁ : 2 200 Ω
R₁₂ : 100 kΩ
R₁₃ : 10 kΩ
R₁₄ : 47 kΩ
R₁₅ : 100 Ω
R₁₆ : 1 000 Ω
R₁₇ : 1 200 Ω

C₁ : 15 pF (72) 22 pF (41) cér./5
C₂ : 0,1 μF mc/5
C₃ : 0,1 μF mc/5
C₄ : 0,1 μF mc/5
C₅ : 12 pF (72) 27 pF (41) cér./5
C₆ : 10 μF pt/16 V
C₇ : 0,1 μF mc/5
C₈ : 22 nF mc/2,5
C₉ : 15 pF (72) 22 pF (41) cér./5
C₁₀ : 22 pF cér./2,5
C₁₁ : 1 à 10 pF cér./5
C₁₂ : 10 μF pt/16 V
C₁₃ : 0,1 μF mc/5
C₁₄ : 1 μF pt/16 ou 35 V
C₁₅ : 10 pF cér./2,5
C₁₆ : 220 pF Styroflex
C₁₇ : 0,1 μF mc/5
C₁₈ : 0,1 μF polyester ou MKH
C₁₉ : 0,1 μF mc/5
C₂₀ : 1 μF pt/16 ou 35 V
C₂₁ : 47 nF mc/5
N.B. :
cér./5 = céramique au pas de 5 mm
mc/5 = céramique multicouches au pas de 5 mm

pt/16 V = perle tantale 16 V
L₁, L₂, Tr₂ : à commander à l'auteur
Tr₁ : FI Toko 7 x 7, 4102A noir
CFW455 H ou HT ou I ou IT, dans l'ordre de qualité.
Le modèle H convient déjà très bien.
Quartz : Lextronic, type FM14SP. Fréquence au choix, pour réception 72 ou 41 MHz
Support de quartz ou douilles
Bloc connecteur type SLM, nouveau modèle, 8 voies (ou 9 voies coupé à 8)
4 vis de 1,5 mm et écrous
2 circuits imprimés
1 boîtier alu
Fil extra-souple

N.B. : Les lecteurs qui rencontreraient quelques difficultés pour se procurer l'un de ces composants chez leur revendeur habituel pourront s'adresser à : Electronique Diffusion, 62, rue de l'Alouette, 59100 Roubaix.

Nous consulter pour une réalisation éventuelle en 26 MHz.

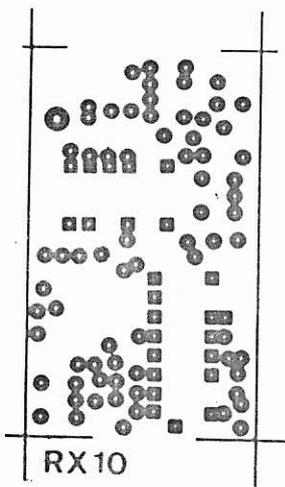


FIGURE 4. – Verso du circuit imprimé récepteur.

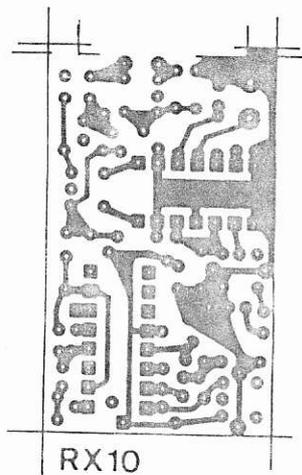


FIGURE 5. – Négatif du recto du circuit imprimé récepteur.

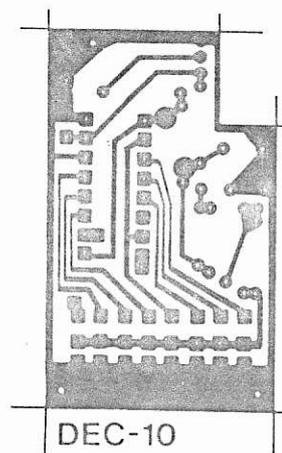


FIGURE 6. – Circuit imprimé du décodeur.

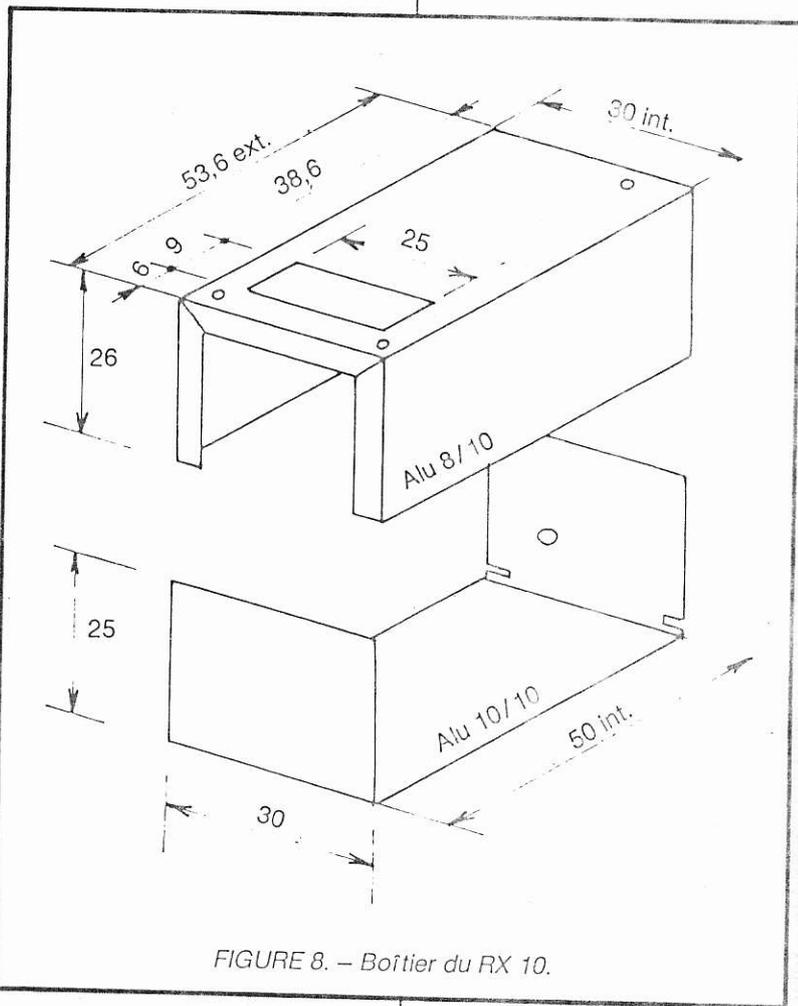


FIGURE 8. – Boîtier du RX 10.

ment s'y prendre pour réaliser un tel boîtier. S'y reporter.

Dans le fond du boîtier, découper à la scie fine les deux encoches de fixation du CI récepteur. Ce dernier doit se placer en laissant un vide de 1,5 mm entre époxy et alu, ceci pour loger les soudures et le carton d'isolement. Engager le circuit imprimé et s'en servir pour tracer la position du trou de fixation.

Dans le couvercle, placer le CI décodeur, en le centrant haut/bas avec cales d'alu de 1 mm. Tracer les trois trous de fixation, puis les quatre trous d'angles du connecteur de voies. Percer ces trous. Les quatre derniers permettent de définir exactement la position de la découpe du connecteur, à faire à la scie Aбраfil. Finition à la lime douce.

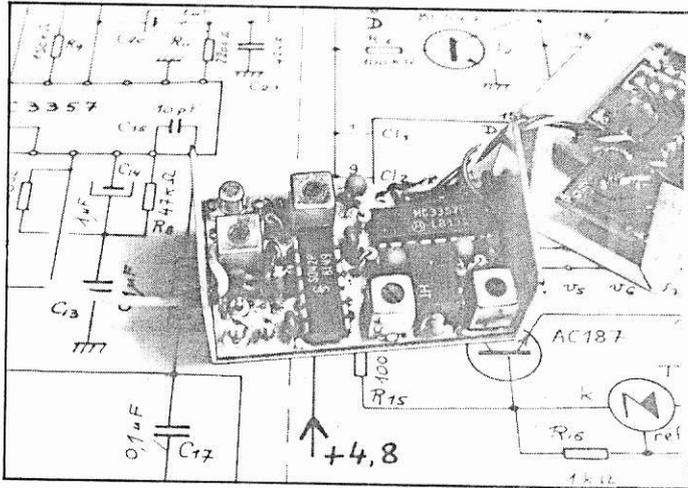
4. Montage (voir fig. 7)

a) Le récepteur

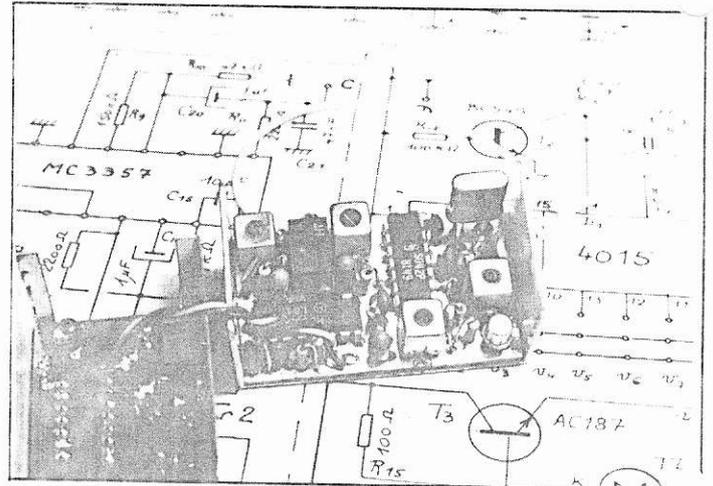
Commencer par poser toutes les résistances et condensateurs ayant un pôle à la masse recto, ce qui est repéré par une croix sur la figure (*). La plupart de ces soudures sont aussi à faire au verso. Certaines assurent des liaisons recto-verso indispensables.

Pour ce qui concerne les bobines blindées :

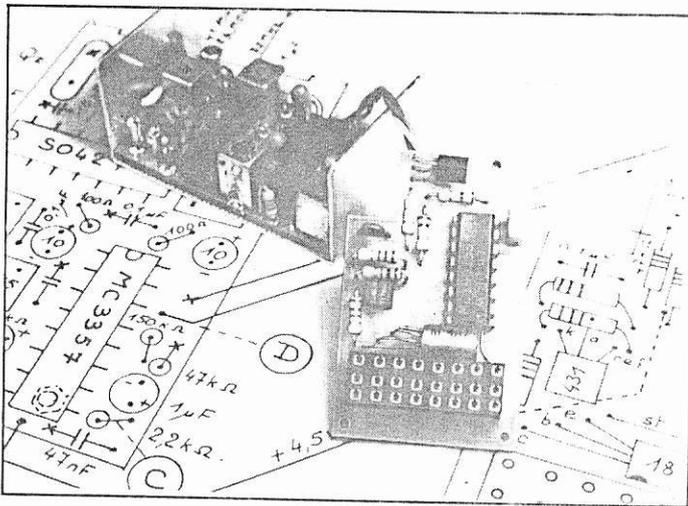
– Tr₁ et Tr₂ gardent leurs pattes de masse. Celles qui se trouvent au bord



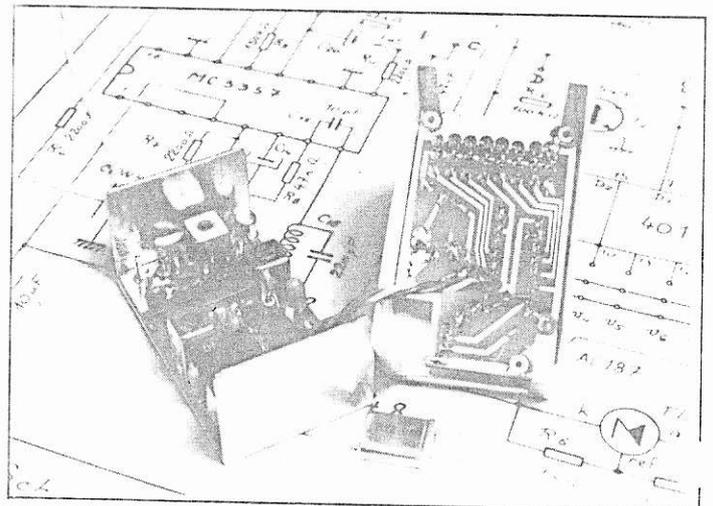
Vue du récepteur, côté quartz.



Vue du récepteur, côté BF200 et sorties.



Gros plan sur le décodeur, toujours très simple.



Le décodeur est monté dans le couvercle du boîtier.

b) Le décodeur

C'est encore plus simple !

Monter et souder le bloc connecteur.

Tous les composants sont plaqués sur le circuit et ne doivent, en aucun cas, dépasser la hauteur du bloc. Le condensateur C_3 doit être choisi en conséquence. Les straps + 4,5 V et v_e sont en petit fil isolé. Le strap des picots 6/14 du 4015 est en fil nu fin. Il doit être placé en même temps que le 4015.

Les deux plaquettes terminées, poncer légèrement les soudures verso. Net-

toyer à l'acétone pour faire disparaître le flux de soudure. Inspecter soigneusement à la loupe pour dépister toute anomalie.

Réaliser la liaison entre les deux plaquettes avec un cordon torsadé, juste assez long pour une ouverture aisée du boîtier.

Souder le fil d'antenne de 1 mètre de long.

5. Mise en service. Réglages

Procéder tout d'abord à une minutieuse vérification du travail. Contrôler

la valeur des résistances et condensateurs, la polarité des tantales, le sens des circuits intégrés et des transistors.

Nous supposons maintenant que vous disposez d'un émetteur en état de marche et de fréquence exacte, correspondant à celle prévue pour le récepteur.

Mettre cet émetteur en marche, à rayonnement réduit (antenne rentrée ou, mieux, remplacée par une ampoule 12 V, 0,1 A) à quelques mètres du récepteur.

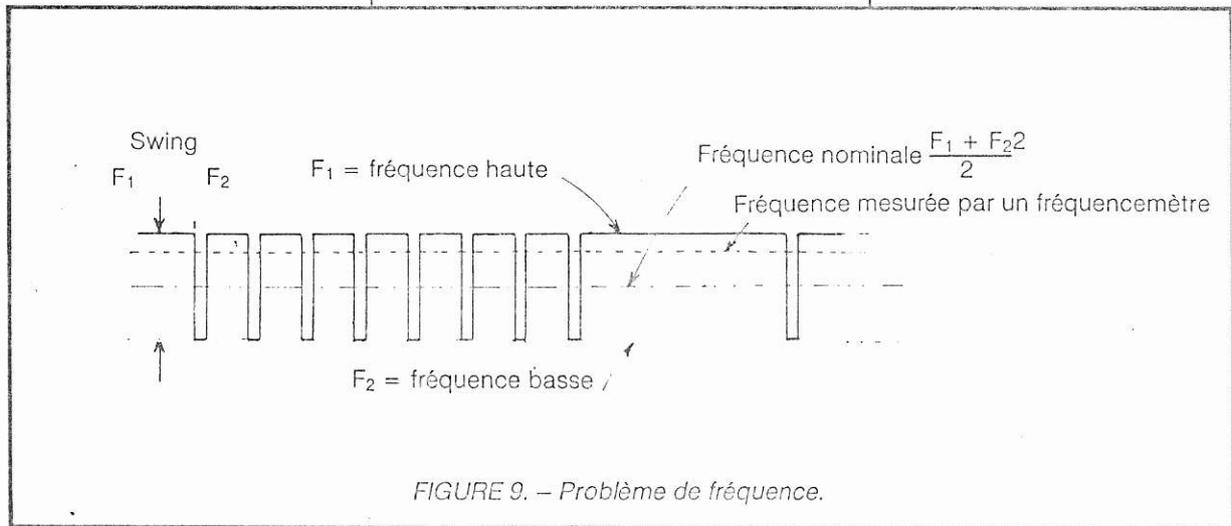


FIGURE 9. — Problème de fréquence.

Connecter l'oscilloscope entre le point test A et la masse. Mettre sous tension.

Régler successivement L_1 , L_2 et Tr_1 pour une amplitude maximum du 455 kHz. Observer ce signal à une vitesse de balayage permettant de distinguer les traces de modulation parasite en amplitude : soit donc une vitesse de l'ordre de 2 ms/div. Au meilleur réglage de Tr_1 , ces résidus sont quasi nuls, si l'émetteur est correct. Avec l'émetteur à proximité, sur thermique HF, l'amplitude en A peut atteindre 500 mVcc.

Passer l'oscilloscope en C. Régler pour obtenir le signal BF dont l'amplitude doit être de 1 Vcc. Attention ! si vous avez plus, il est probable que le swing est trop fort à l'émission. Le réduire alors, et refaire le réglage de Tr_2 jusqu'à résultat correct.

Vérifier les signaux en D et aux points importants du décodeur.

N.B. — Si vous en disposez, connectez le fréquencemètre entre A et masse. Vérifiez que la fréquence FI est correcte. Mais attention ! En modulant avec le signal typique de la figure 9, classique de la séquence RC, on constate que la fréquence basse d'émission (donnée par les niveaux hauts du signal) n'existe que pendant les impulsions de 300 μ s, tandis que la fréquence haute est produite bien plus longtemps ! Dans ces conditions, le fréquencemètre indique une valeur moyenne qui n'est pas du tout la moyenne arithmétique des fréquences haute et basse. Voyons mieux cela sur un exemple chiffré.

Fréquence haute : $F_1 = 72\,051,5$ kHz.

Fréquence basse : $F_2 = 72\,048,5$ kHz.

Swing = $F_1 - F_2 = 3$ kHz.

Fréq. Moy. Arithm. = $0,5 (F_1 + F_2) = 72\,050$ kHz
(C'est la fréquence nominale d'émission !)

Durée $F_2 = 8 \times 300 \mu s = 2,4$ ms par séquence.

Durée $F_1 = (7 \times 1,5) + 8 = 18,5$ ms par séquence.

Fréq. Moy. Fréquencemètre :

$$\begin{aligned} & [(2,4 \times 72\,048,5) \\ & + (18,5 \times 72\,051,5)] / (2,4 + 18,5) \\ & \approx 72\,501,1 \text{ kHz} \end{aligned}$$

Ce qui signifie que la fréquence mesurée au fréquencemètre est très voisine de la fréquence haute d'émission. Il en est de même pour la FI, mesurée en A. Ainsi, si vous mesurez 456,5 kHz, avec modulation normale et manches aux neutres, le swing émission étant de 3 kHz, la vraie valeur de la FI moyenne est de $456,5 - (0,5 \times 3) = 456,5 - 1,5 = 455$ kHz, ce qui est parfait !

Tout ceci n'est valable que pour le sens de modulation que nous avons adopté sur les TF6 et TF7, à savoir les impulsions de 300 μ s du codeur, négatives et donnant la fréquence basse de l'émission. Dans ce cas, d'ailleurs, le RX10, et autres donnent un signal démodulé à impulsions positives. Si vous utilisez un émetteur qui module à l'envers, vos signaux le seront aussi, et le RX10 ne fonctionnera pas ! Nous consulter dans ce cas.

6. Réglages fins

Procéder à la mise en boîtier. Un isolant mince mais solide évite les contacts entre la platine de réception et l'aluminium. Le décodeur est fixé dans le couvercle, avec interposition de mousse pour caler les transistors. Des entretoises de 7 à 8 mm assurent l'écartement.

Ce travail mécanique effectué, refaire un réglage complet et minutieux, en plaçant cette fois l'émetteur, antenne déployée, à une bonne centaine de mètres (du moins, si vous le pouvez !). Coller les noyaux à la cire.

Conclusion

Nous espérons que la description de ce nouveau récepteur retiendra votre attention et peut-être vous incitera à entreprendre sa réalisation !

Bien entendu, nous restons à votre disposition pour tout renseignement complémentaire et pour la fourniture des films et des bobines spéciales.

Et puis, si vous êtes satisfait de ce récepteur, n'hésitez pas à nous le faire savoir ! Cela nous fera toujours plaisir et nous incitera à ne pas abandonner ce type de description !

F. THOBOIS