

EMETTEUR 100 W TOUTES BANDES SSB ET CW

La réalisation d'un émetteur-récepteur décourage souvent les amateurs par sa complexité et la difficulté de sa mise au point. Or, si l'on veut bien analyser le schéma de principe d'un tel ensemble et le diviser en autant de sous-ensembles qu'on y trouve de fonctions distinctes, la compréhension en est grandement facilitée et la construction, pouvant suivre la même démarche, devient alors, contre toute attente, accessible à l'amateur averti. En effet sans être un tout débutant, le lecteur, nanti de quelque expérience pourra entreprendre et mener à bien la construction de cet ensemble,

qui n'a rien à envier aux appareils commerciaux, pour une dépense modique, et qui délivre une puissance PEP de 100 W HF.

Le diagramme de la figure 1 montre bien qu'il s'agit d'un montage de conception classique: le signal, comportant deux bandes latérales, est produit par le générateur de porteuse à fréquence fixe (9 MHz), associé à l'amplificateur microphonique 2, aboutissant conjointement sur le modulateur équilibré 3 destiné à supprimer la porteuse. Le filtre à bande étroite 4 ne laisse passer qu'une bande latérale. L'intervention simultanée du VFO, d'un oscillateur fixe et de

deux mélangeurs, dont le fonctionnement sera décrit en détail dans les lignes qui suivent, conduit à un signal SSB de faible amplitude sur les cinq gammes. Et là s'arrête la partie transistorisée. En effet, le préamplificateur-driver et l'amplificateur final à deux tubes en parallèle sont munis de lampes, pour une raison d'économie.

La construction s'effectuera étage par étage dont on vérifie le fonctionnement au fur et à mesure. Mise à part la section amplificateur final, chaque étage sera réalisé sur une carte imprimée ce qui donne beaucoup d'aisance, pour la mise au point aussi bien que pour le

dépannage éventuel. Et c'est par étape que nous allons passer en revue les différentes sections.

Amplificateur BF et oscillateur de porteuse (fig. 2)

L'amplificateur microphonique, comportant une entrée à haute impédance, se compose de trois étages: un FET, MPF 102, suivi d'un amplificateur opérationnel $\mu 741$ et finalement d'un 2N 3053 qui fournit un signal BF plus que suffisant pour attaquer le

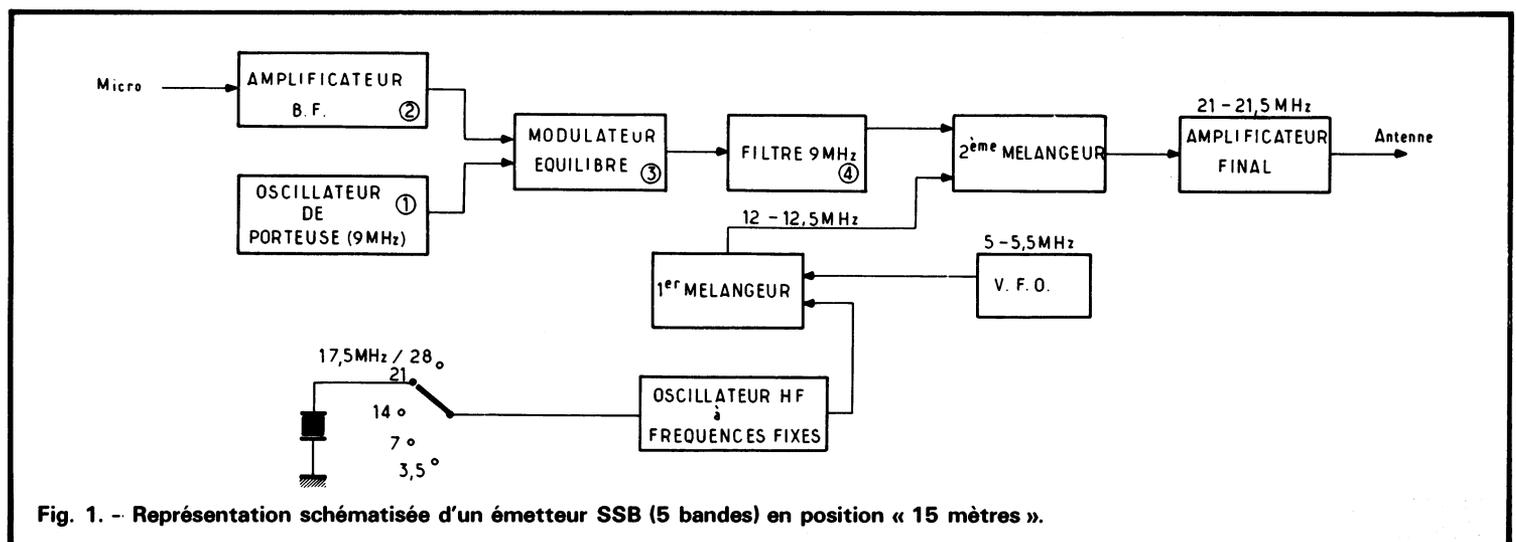


Fig. 1. - Représentation schématisée d'un émetteur SSB (5 bandes) en position « 15 mètres ».

modulateur équilibré. La vérification du fonctionnement est facile : il suffit d'appliquer un signal BF à l'entrée, d'écouter en branchant un casque derrière la capacité de $33 \mu\text{F}$ et de vérifier le fonctionnement du potentiomètre de gain BF. Les éléments sont assemblés sur du circuit imprimé double face dont la face postérieure est maintenue intacte et sert de plan de masse.

L'oscillateur de porteuse comporte deux quartz, fournis avec le filtre, de 8998,5 et 9001,5 kHz, respectivement, commutés par diode afin de sélectionner, bande latérale supérieure (BLS) ou bande latérale inférieure (BLI). Chaque quartz comporte en parallèle un condensateur ajustable de grande stabilité, permettant de caler la fréquence du quartz avec grande précision et par conséquent d'éliminer totalement la bande latérale non délivrée. Le transistor unique utilisé est un HEP 53.

La vérification du fonctionnement est également très

facile puisque, la dernière soudeure refroidie, il est possible de déceler l'oscillation des quartz sur un récepteur recevant la bande 9 MHz.

Le modulateur équilibré est l'aboutissement de la tension HF à 9 MHz et des tensions BF amplifiées issues du microphone. Il se limite à un circuit intégré MC 1496 complété par un potentiomètre extérieur de $50 \text{ k}\Omega$ qui permet le réglage fin de la suppression de porteuse. La mise à la masse, à travers une résistance de 680Ω de l'une des branches, entraîne le déséquilibre voulu du système et fait réapparaître la porteuse. Cette position correspond au régime de fonctionnement en télégraphie.

Les tensions BLS et BLI apparaissent au point A de la platine de la figure 2 et peuvent être mesurées au voltmètre électronique. On peut également apprécier la qualité de la modulation en double bande latérale sur un récepteur OC muni d'un BFO.

Le filtre

C'est la partie inférieure de la figure 3. Le transistor 2 N 2222 joue, à la fois, le rôle de tampon, de driver et d'étage de manipulation pour le trafic en télégraphie par coupure de l'alimentation en continu du transistor-série 2 N 5323. Le filtre utilisé est le plus répandu de tous : c'est un KVG X F9A, fourni avec ses deux quartz Y_1 et Y_2 . La bande passante est telle qu'il ne laisse passer que l'une ou l'autre des deux bandes latérales. Un mosfet double porte 40841 compense les pertes d'insertion du filtre et permet d'introduire la tension d'ALC, prélevée à l'entrée de l'étage final (point E - fig. 5).

Les valeurs des éléments figurant directement dans les schémas, il convient cependant de préciser que le relais K_1 est un modèle miniature 12V, normalement ouvert en position repos. Quant à la bobine L_1 , elle est réalisée sur un mandrin de 6,5 mm de diamètre, à

noyau magnétique et comporte au primaire un enroulement de 23 tours de fil émaillé de 25/100 mm, jointives. La prise de collecteur est effectuée à 10 tours du côté froid, c'est-à-dire du point d'arrivée du +12V. Le secondaire ne comporte que 2 tours de fil également émaillé de 6/10 mm autour de L_1 . On notera que le contacteur S_1 est présenté en position « écoute » ou « attente ». La bobine L_2 , qui suit le filtre, est réalisée sur un tore de ferrite Amidon T50-6 et comporte 20 spires de fil émaillé de 25/100 mm, sensiblement jointives. L_1 et L_2 résonnent sur 9 MHz.

Les bobines d'arrêt de $500 \mu\text{H}$, 1 mH, 2,5 mH sont d'un modèle commercial. Les bobines de 2,5 mH sont, soit les anciennes et très fameuses National R 100, bien encombrantes, ou mieux des bobines sur bâton de ferrite, moitié moins grosses et longues.

Ces circuits sont établis sur du copper clad, simple face, en prenant toutefois bien soin

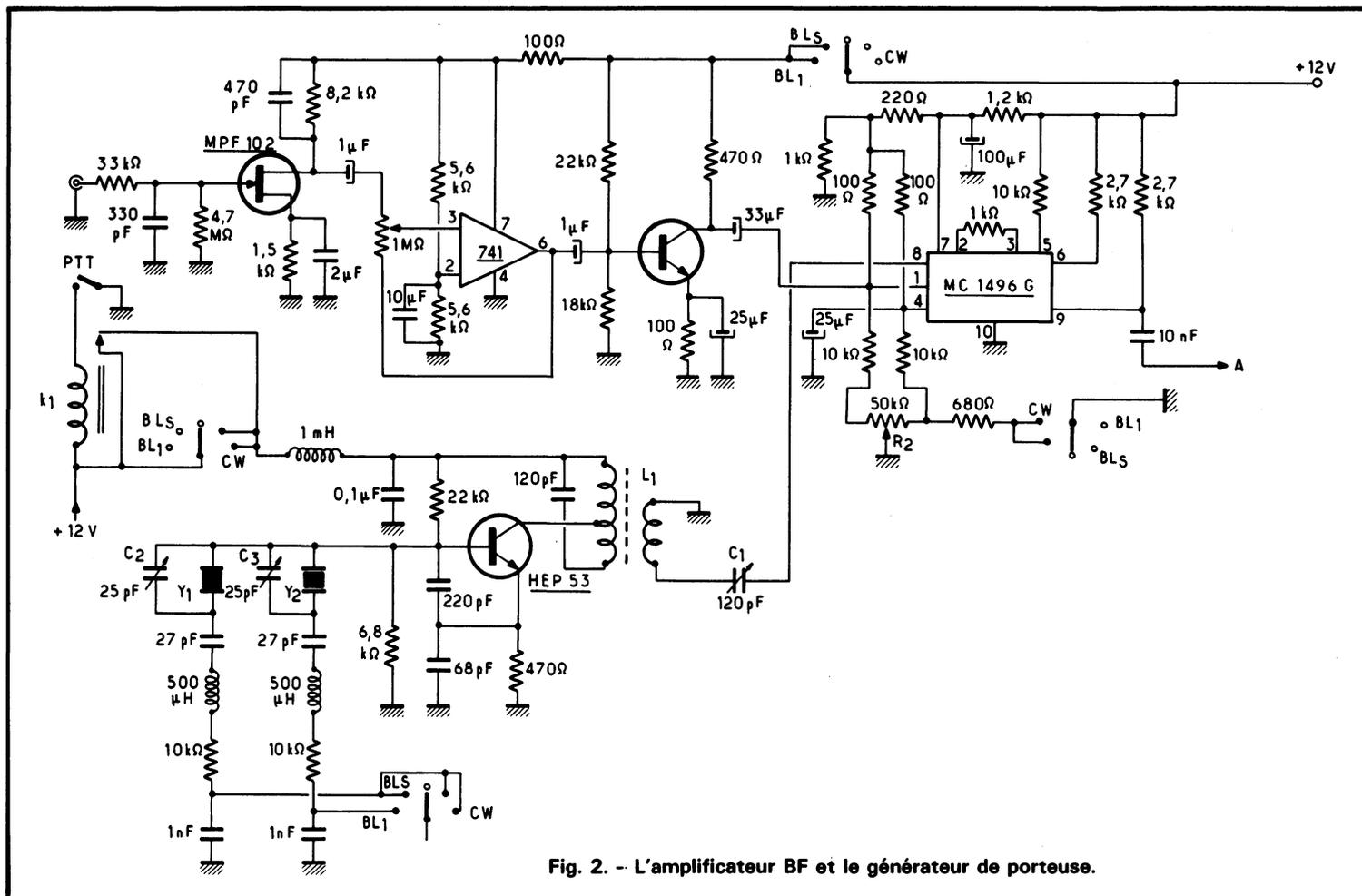


Fig. 2. - L'amplificateur BF et le générateur de porteuse.

qu'aucune fuite HF ne puisse nuire à la suppression de la porteuse et de la bande latérale opposée.

Lorsque les réglages sont opérés au mieux, il est possible de se servir encore une fois d'un récepteur 9 MHz, à la fois pour vérifier la suppression affinée de la porteuse en jouant sur le potentiomètre R_2 de 50 k Ω du modulateur équilibré et pour régler C_1 , L_1 et L_2 au maximum, en position CW.

Par ailleurs les ajustables C_2 - C_3 puis C_4 et C_5 sont réglés pour obtenir la meilleure qualité de reproduction possible de la voix.

Les mélangeurs

Ils sont au nombre de deux. Le deuxième est à la partie supérieure gauche de la figure et se compose essentiellement d'un autre mosfet double porte auto-protégé, recevant sur la première porte, le signal SSB à

fréquence fixe (9 MHz) et sur la seconde, en B, celui du premier mélangeur, qui est un signal HF pur, de fréquence variable avec chaque bande.

Il s'ensuit que les cinq circuits C_6 - L_3 à C_{10} - L_7 sont préaccordés respectivement sur les fréquences de travail soit 3,5, 7, 14, 21, 28 MHz et qu'il convient d'en fixer les éléments comme suit :

$C_6 = C_7 = 250$ pF

$C_8 - C_9 - C_{10} = 120$ pF.

$L_3 = 38$ tours, fil 3/10 mm émaillé sur tore Amidon T50-6 (3,5 MHz)

$L_4 = 22$ tours, fil 3/10 mm émaillé sur tore Amidon T50-6 (7 MHz)

$L_5 = 14$ tours, fil 6/10 mm, émaillé sur tore Amidon T50-2 (14 MHz)

$L_6 = 12$ tours, fil 6/10 mm, émaillé, sur tore Amidon T50-2 (21 MHz)

$L_7 = 9$ tours, fil 6/10 mm, émaillé, sur tore Amidon T50-2 (28 MHz)

Mais ces fréquences ne peuvent être obtenues que par un

battement avec une fréquence auxiliaire variable qui est, elle-même, le résultat du mélange d'un signal à fréquence fixe, selon l'ordre de grandeur de la fréquence de travail, avec une fréquence variable (5 à 5,5 MHz) toujours la même pour toutes les bandes. Il s'ensuit que nous allons voir apparaître figure 4, associé au premier mélangeur, un oscillateur piloté par différents quartz commutés et un VFO. La plage de fréquence de celui-ci étant imposée, en quelque sorte, il est facile de déduire la fréquence des quartz à prévoir. En effet, si l'on ajoute ou rebranche 5 à 5,5 MHz à 9 MHz, on obtient d'une part $9 + (5 \text{ à } 5,5) = 14 \text{ à } 14,5$ MHz ce qui couvre la bande 20 mètres en entier sans le concours d'un quartz, et d'autre part $9 - (5 \text{ à } 5,5) = 3,5 \text{ à } 4$ MHz ce qui correspond plus que largement à la totalité de la bande 80 mètres. C'est une solution de facilité que d'employer un filtre à 9 MHz qui se situe à mi-che-

min entre 4 et 14 MHz, ce qui permet de n'utiliser que le signal du VFO. C'est pourquoi, pour couvrir cinq bandes, trois quartz seulement sont nécessaires. Il en résulte que sur 3,5 et 14 MHz, l'oscillateur ne fonctionne pas et le drain du mélangeur qui fonctionne en tampon, est accordé sur 5 MHz.

Les éléments commutés pour les différentes bandes, avec les fréquences d'accord sont les suivants :

$L_{12} = 12$ tours, fil émaillé 6/10 mm, sur tore T37-2 (16 MHz) Accord : 120 pF

$L_{13} = 31$ tours, fil émaillé 3/10 mm, sur tore T50-6 (5 MHz) Accord : 260 pF

$L_{14} = 16$ tours, fil émaillé 6/10 mm, sur tore T50-2 (12 MHz) Accord : 120 pF

$L_{15} = 12$ tours, fil émaillé 6/10 mm, sur tore T50-2 (19 MHz) Accord : 120 pF.

Comme on le voit, toutes les inductances sont bobinées sur des tores (Amidon) ce qui présente l'avantage d'un moindre

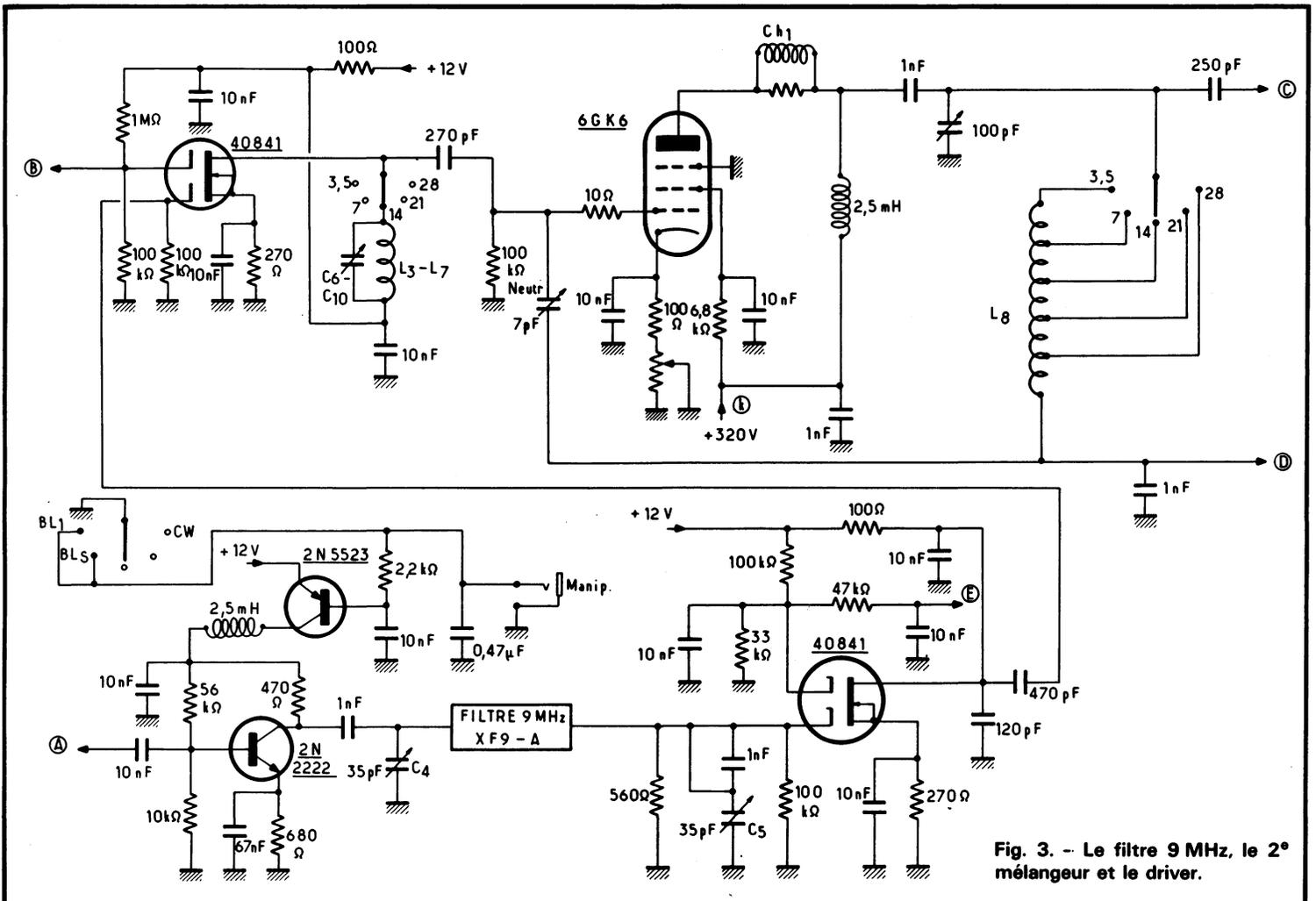


Fig. 3. - Le filtre 9 MHz, le 2^e mélangeur et le driver.

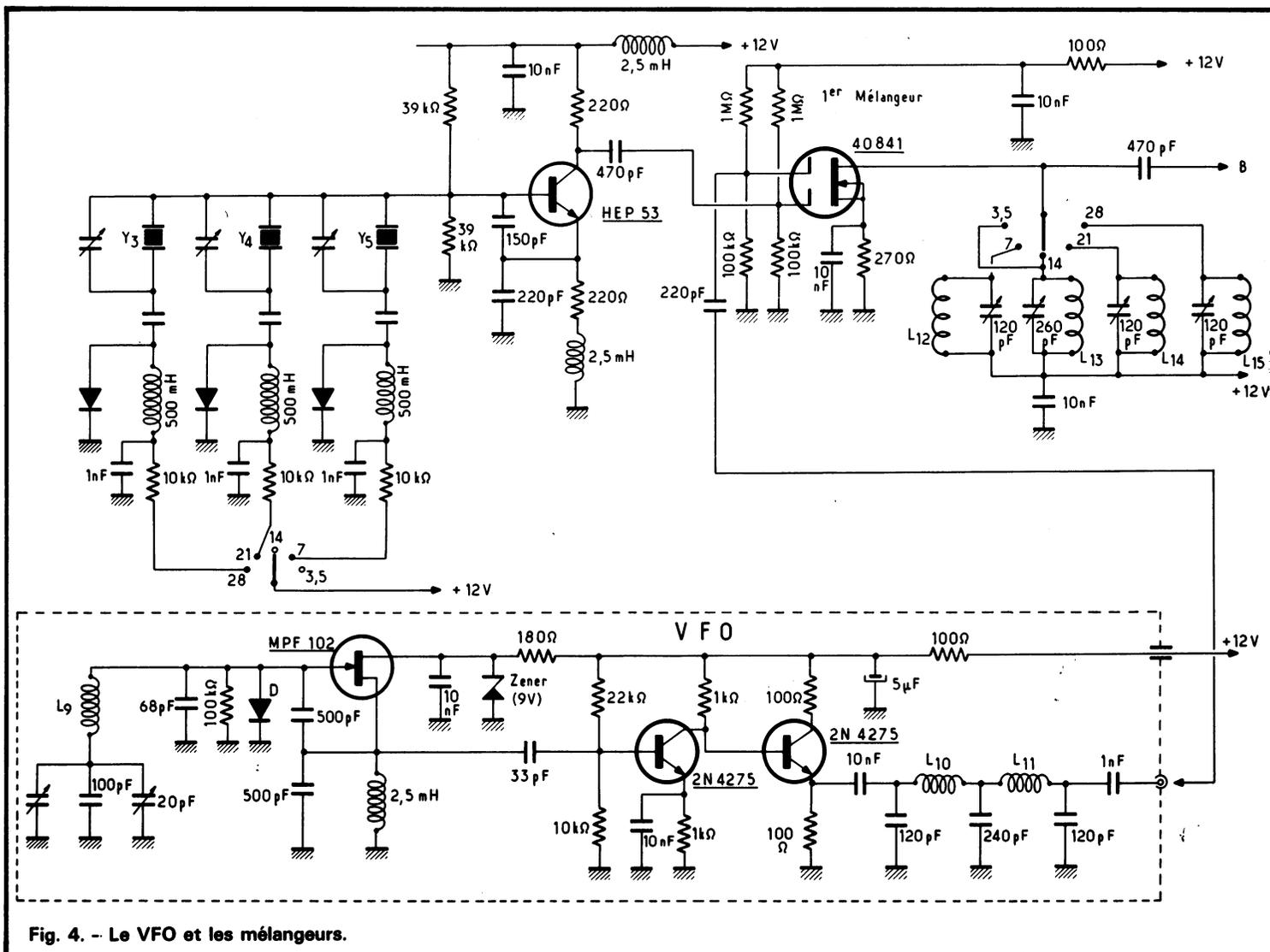


Fig. 4. - Le VFO et les mélangeurs.

rayonnement et d'un encombrement minimum. Le fil y est espacé régulièrement de telle façon que l'ensemble de la surface soit couverte par le fil. Chaque bobine torique et son accord sont soudés directement sur la paillette du contacteur et leur accord, une fois en place, est dégrossi au dipmètre.

Le VFO

Le VFO est un oscillateur du type Clapp à accord-série, réputé pour sa très haute stabilité pour peu que la tension d'alimentation soit régulée, ce qui est ici atteint au moyen d'une diode zéner. Il se termine par un étage tampon-amplificateur à deux transistors 2N4275 à liaison directe, prolongé par un filtre, passe-bas à deux sections L₁₀-L₁₁ consistant chacune en un

enroulement de 38 tours de fil émaillé de 20/100 mm sur un tore Amidon T37-2 qui délivre un signal très pur. L'ensemble doit être complètement enfermé dans un boîtier métallique étanche, de même que l'oscillateur à quartz qui l'accompagne. La commutation des quartz y est également électrique et, compte tenu des impératifs énoncés plus haut, la fréquence des trois quartz sera :

- Y₃ = 14 MHz (bande 28 MHz)
- Y₄ = 17,5 MHz (bande 21 MHz)
- Y₅ = 11 MHz (bande 7 MHz)

La bobine L₉ du VFO est constituée par 35 tours de fil émaillé de 3/10 mm, jointifs, sur un mandrin de 6 mm à noyau. Notons que le quartz Y₃ (14 MHz) ne permet de couvrir que les 500 premiers kilocycles de la bande 28 MHz puisque le signal local issu du premier mélangeur s'étend de

14 + 5 = 19 à 14 + 5,5 = 19,5 MHz. On voit tout de suite que pour couvrir la deuxième segment de la bande, il faudrait un autre quartz Y_{3B} de 14,5 MHz et le troisième segment (29 - 29,5 MHz) un quartz Y_{3C} de 15 MHz.

Étage driver

Avec cet étage, représenté dans la partie supérieure droite de la figure 3, nous abandonnons les semi-conducteurs pour pénétrer dans le domaine des tubes. Ici on utilise une 6GK6, pentode de puissance miniature, assez semblable à la 6CL6 ou à la 6AG7, mais plus puissante, puisque acceptant 12 W input avec un très bon rendement HF en raison de ses caractéristiques et de sa grande sensibilité. L'étage est stabilisé contre toute velléité

d'emballlement par une résistance d'amortissement de 10 Ω, insérée au ras de la cosse de grille. De même, une cellule Z₁, formée de 4 tours de fil 8/10 mm sur une résistance 47 Ω - 1 W est insérée au ras de la cosse de plaque. Moyennant ces précautions indispensables avec des tubes à grand gain, ajoutées au neutrodynage (condensateur ajustable « Neut » de 7 pF) cet étage est parfaitement stable et il ne saurait en être autrement puisque tous les sous-produits indésirables seraient repris et amplifiés par l'étage final. L'alimentation est assurée en continu à travers une bobine d'arrêt de 2,5 mH (National R 100) et si le circuit d'entrée est aperiodique, le circuit plaque est accordé sur chaque bande. Le commutateur de gammes sélectionne l'inductance qui convient et l'accord fin s'effectue par un petit

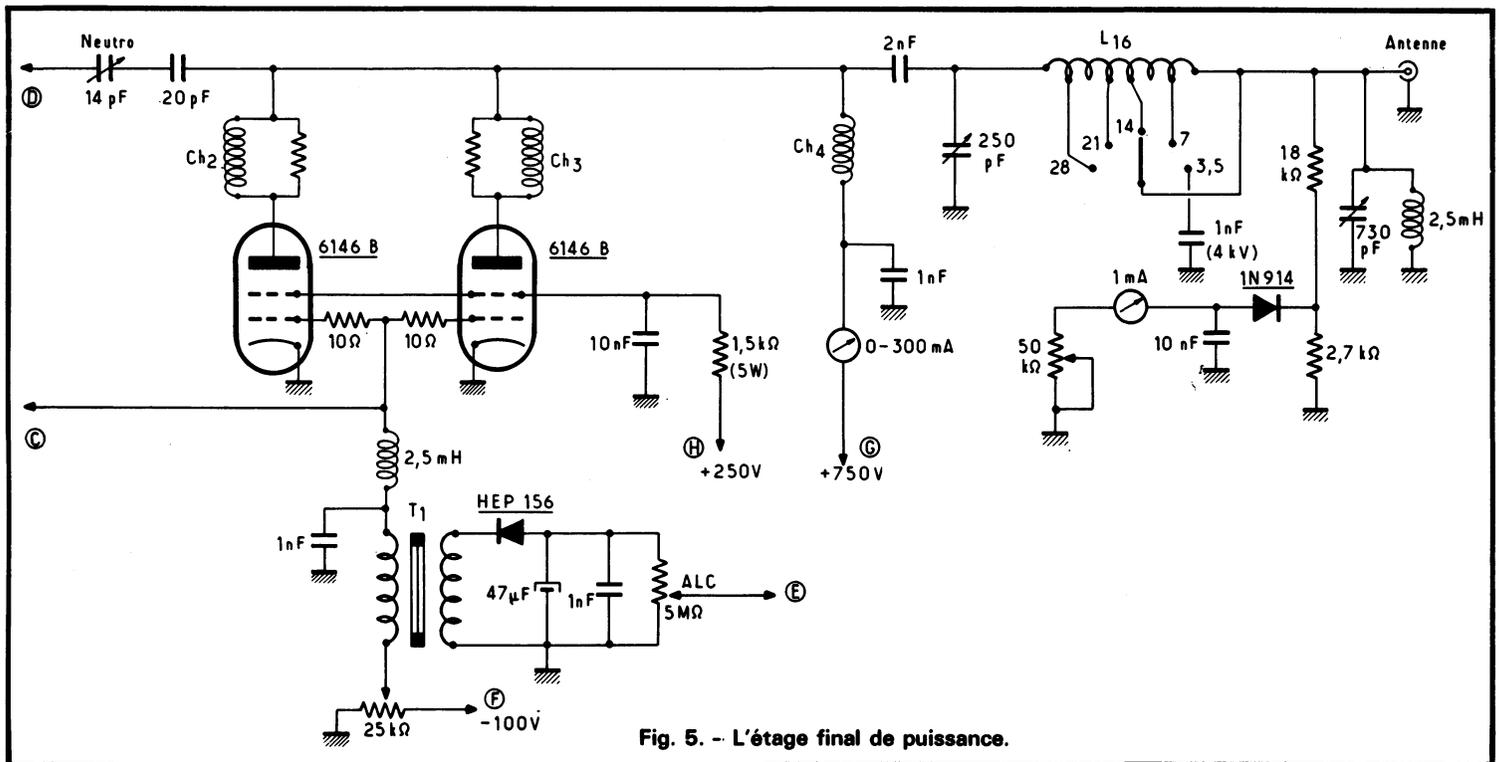


Fig. 5. - L'étage final de puissance.

condensateur variable de 100 pF, en parallèle. La bobine L_8 est également réalisée sur un tore Amidon T68-2 de plus grande dimension avec 60 tours de fil de 3/10 mm émaillé, avec prises à 30 tours (7 MHz), 12 tours (14 MHz), 6 tours (21 MHz) et 3 tours (28 MHz) à partir du côté froid. Par ailleurs, un potentiomètre, en série dans la cathode, permet d'ajuster la puissance HF donc de doser l'excitation à appliquer aux grilles de l'étage final.

par redressement de la tension de polarisation. Un potentiomètre permet d'en ajuster l'amplitude par contrôle à l'oscilloscope, tandis qu'un autre (25 k Ω) sert à fixer la tension de polarisation qui limite le courant de repos à 40 mA environ pour les deux tubes. Le courant plaque maximum, également pour les deux tubes, atteint 220 mA. Le transformateur T_1 est un petit transformateur BF (primaire 600 Ω - secondaire 2 k Ω).

La bobine L_{16} , qui appartient au circuit de sortie, constitue l'élément inductif du circuit

final en pi. Elle est réalisée également sur un tore Amidon T200-2 en fil 2 mm, argenté ou émaillé dont on a bobiné 38 tours, régulièrement répartis sur l'ensemble de la couronne de ferrite, avec prises à 4 tours (28 MHz), 6 tours (21 MHz), 11 tours (14 MHz) et 22 tours (7 MHz). L'accord sur 3,5 MHz nécessite non seulement la totalité de la bobine mais encore l'appoint d'un condensateur fixe de 1 nF en parallèle sur le condensateur variable de sortie.

L'alimentation des divers éléments requiert deux sour-

ces distinctes : La première à basse tension part d'un transformateur T_2 de 24 V - 2 A dont la tension est redressée par un pont de quatre diodes débouchant sur un condensateur de filtrage de 3000 μ F suivi par un système de stabilisation commandé par un circuit intégré μ 723. La tension une fois ajustée à 12 V est remarquablement stable quelle que soit l'importance des appels de courant. (fig. 6).

La seconde, qui répond aux besoins de la partie « tubes », fournissant la puissance, est bâtie autour d'un transforma-

Étage final et alimentation en haute tension et basse tension

L'étage final est un classique montage en parallèle de deux 6146 B en classe AB, dont le courant plaque est mesuré par un milliampèremètre (0 - 300 mA) en série avec la bobine d'arrêt CM_4 qui assure la liaison en continu. Les mêmes précautions précédemment expliquées pour l'étage driver ont été prises pour chaque tube de l'étage final dans le même souci de parfaite stabilité.

La tension d'ALC est obtenue à partir du circuit de grille

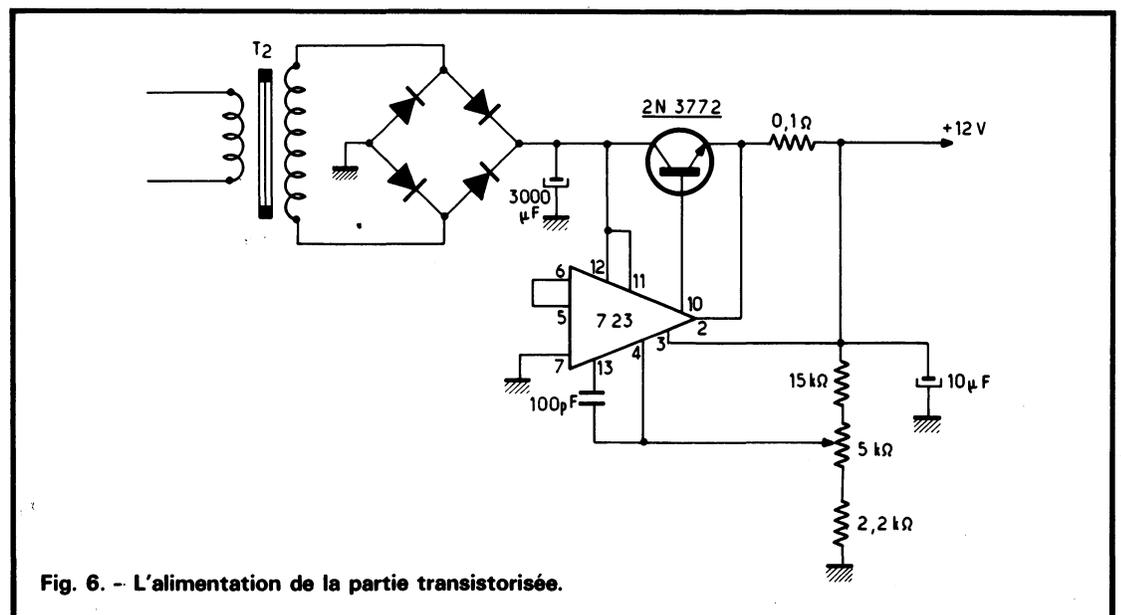


Fig. 6. - L'alimentation de la partie transistorisée.

teur, T_3 , de récupération de télévision qui présente les caractéristiques suivantes :
 secondaire filaments = 6,3 V
 - 6A

Haute tension = 2 x 350 V
 - 300 mA.

Le redressement est effectué par un pont de quatre diodes à fort PIV et on utilise le maximum de la haute tension redressée et filtrée pour l'alimentation des anodes. La valeur n'est pas critique et peut atteindre sans dommage 800 ou 900 V.

La demi-tension prélevée au point milieu comporte une cellule de pilotage à self en tête ce qui donne un peu plus de 300 V convenablement filtrés qui alimentent à la fois la 6 GK6 ainsi que deux stabilisateurs néon en série OA2 et OB2 aux bornes desquels on prélève une tension stabilisée de 250 V pour les écrans des deux 6 146 B. La commutation « Tune » donne la possibilité de n'appliquer aux écrans qu'une tension réduite pendant la période des réglages et à l'occasion des changements de bande. Cette précaution évite, hors résonance, de dépasser la dissipation des tubes du PA et leur assure une durée de vie prolongée.

La tension négative de polarisation des grilles est fournie par un petit transformateur d'alimentation filements (110V/6,3V), également de récupération dont l'enroulement 6,3 V est réuni à la ligne des filaments ce qui fait apparaître aux bornes de ce qui était, à l'origine, le primaire une tension alternative d'une centaine de volts qui, redressée en monoalternance, devient une tension de 100 V environ dont le plus (+) est mis à la masse. Le potentiomètre de 25 k Ω auquel elle aboutit, permet de régler la tension de polarisation des tubes ce qui limite le courant de repos aux environs de 50 mA pour les deux tubes.

Réglages

La plupart des réglages jusqu'à l'entrée de l'amplificateur final peuvent être effectués avec pour seul moyen de contrôle, un récepteur cou-

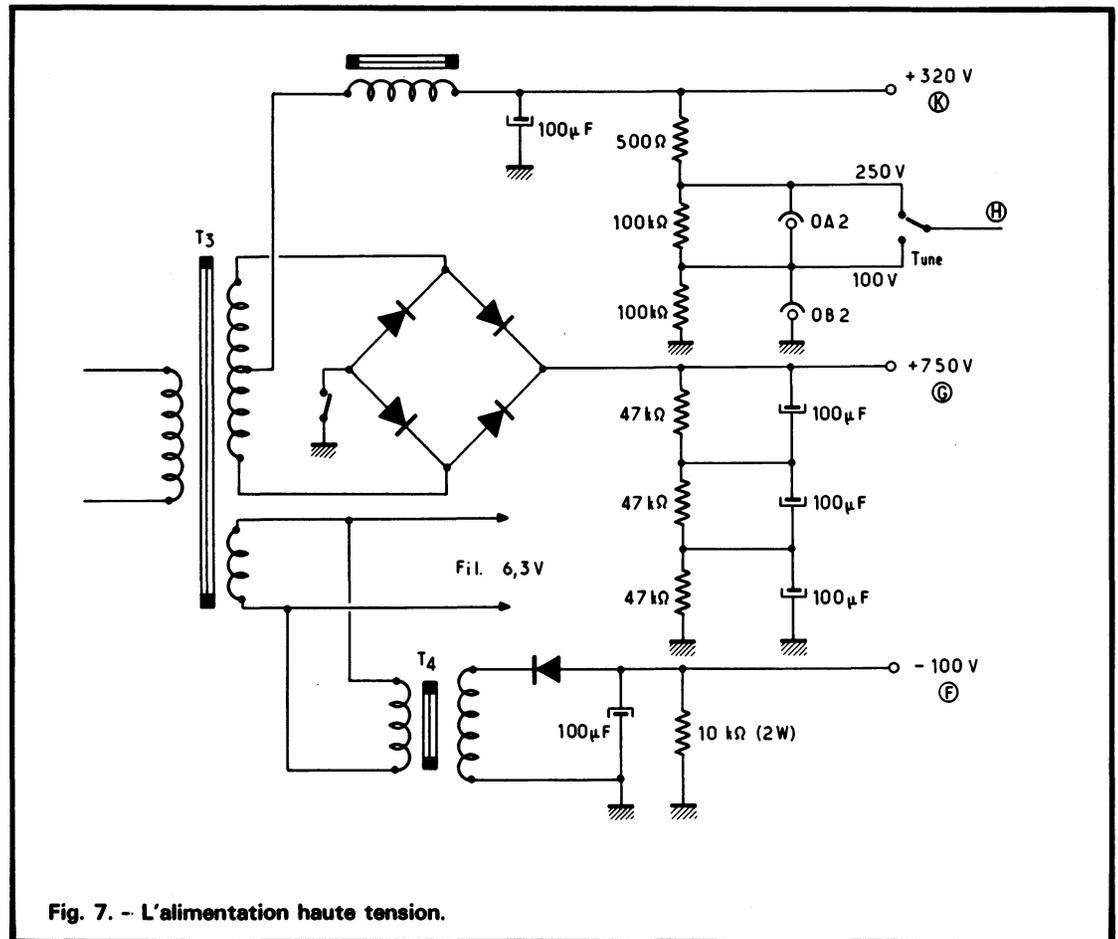


Fig. 7. - L'alimentation haute tension.

vrant sans trou de 3,5 à 28 MHz, muni d'un S-mètre fournissant une lecture quantitative, ce qui signifie qu'il n'a même pas besoin d'être étalonné. Le seul point délicat est le réglage du circuit d'ALC qui doit être effectué au moyen d'un oscilloscope et d'un générateur à deux tons. Le gain BA est augmenté progressivement jusqu'à ce que l'écrêtage des sinusoïdes commence à apparaître ; on joue alors sur le potentiomètre de 5 M Ω du circuit pour corriger le défaut, lequel ne peut-être décelé auditivement.

Reste le réglage du filtre en π de l'étage final. Ne pas manquer d'effectuer cette dernière opération en position « Tune » et s'assurer que l'excitation appliquée aux grilles est convenable, sans excès. On aura remarqué que l'étage final, en plus de la mesure du courant anodique est muni d'un contrôleur HF incorporé. Ce circuit est indispensable pour le réglage du circuit de sortie et infiniment plus précis que la lecture du courant plaque. Il s'agit tout simplement

d'un pont résistif tendu entre « antenne » et masse. Le rapport des deux résistances détermine le potentiel HF au point commun et c'est cette tension qui, redressée et sommairement filtrée, fait dévier l'appareil de mesure jouant le rôle de voltmètre. Le potentiomètre-série permet de jouer sur l'échelle de lecture de l'appareil.

A partir de là, tout devient simple : appliquer la haute tension, le CV de sortie étant complètement fermé et chercher par celui de tête à obtenir une lecture de l'appareil de mesures. Si faible soit-elle, on en trouvera une en même temps que se produira un creux dans le faible courant plaque. En ouvrant le condensateur de sortie du filtre en π , le courant va à nouveau monter et le courant anodique également. On trouvera par le premier condensateur un nouveau maximum de tension HF correspondant à un autre minimum de courant anodique et ainsi de suite. Et c'est ainsi que de proche en proche on arrivera au réglage optimum c'est-

à-dire celui pour lequel la lecture de la tension HF est le plus élevée possible. Le PA est alors réglé. En abandonnant la position « Tune » pour appliquer la pleine tension sur les écrans, il est probable que l'aiguille du milliampèremètre sera envoyée vivement en butée si on n'a pas pris la précaution de désensibiliser au moyen du potentiomètre. Le courant plaque doit être de 220 mA et la puissance HF est de l'ordre de 100 watts, sur la porteuse. C'est la position télégraphie et il n'y a pas lieu de s'y attarder trop longtemps. En SSB, le courant tombe comme prévu et monte sur les points de modulation jusqu'à 150 mA (apparents). Le contrôle HF indique 0 en l'absence de modulation BF et monte aux 3/4 de l'échelle sur les forte. S'il en est bien ainsi, notre émetteur est complètement et parfaitement réglé et prêt à donner toute satisfaction.

Inspiré de Ham-Radio (WN 3
 WTG)
 Robert PIAT
 F3XY