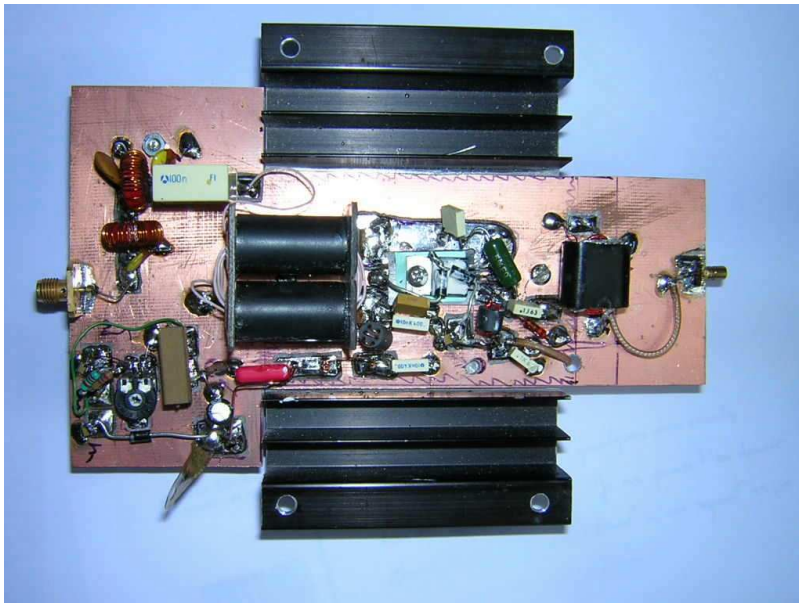


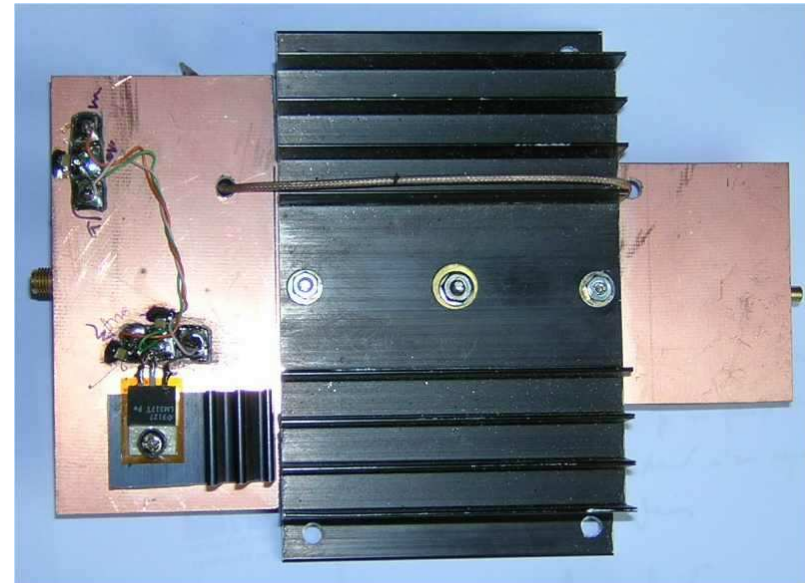
LES RÉALISATIONS DE LA » **LIGNE BLEUE** »
LE SAVOIR-FAIRE RADIOAMATEUR

**AMPLIFICATEUR LINÉAIRE 20/25 WATTS HF
BANDE 80 METRES**

Par F6BCU—Bernard MOUROT—Radio-Club des constructeurs de la Ligne bleue



Vue de dessus du PA



Vue de dessous du PA

INTRODUCTION

Dans la majorité de nos descriptions actuelles, nous travaillons avec des puissances ne dépassant pas 5/6 watts HF. Si les 10 watts HF sont facilement accessibles avec quelques bonnes descriptions, il existe un certain vide technique entre 10 et 100 Watts HF. Sortir une vingtaine de Watts puissance encore raisonnable, permet néanmoins de bonnes liaisons ; pour certains radioamateurs, c'est « la pointure en-dessous ». Cette description est le fruit de la pure expérimentation de l'auteur et de quelques recherches bibliographiques et techniques vers l'ARRL et sur Internet classées d'infructueuses.

PROJET

En septembre 2003 nous avons un projet celui de participer au QSO de l'amitié avec une station de 100% construction Home made. Etait opérationnel le récepteur de trafic K5IRK version OM n°2 de juillet 2003, le PA avec nos 4 x 807 version 1992 en triode zéro bias, il nous manquait l'émetteur 80m. Nous possédions un transceiver QRP SSB 80 m de 2.5 W fabriqué en 2003, mais de puissance trop petite pour faire QSO régulièrement avec des QRK raisonnables. Donc vint la seule solution : fabriquer un émetteur seul SSB 80 m d'une puissance de 20 watts HF pour exciter notre PA et sortir plus de 200 Watts HF.

La construction de l'émetteur mono-bande 80 m SSB 20 watts fut achevée début mai 2004, nous sommes le 4 août 2004 et depuis bientôt 3 mois notre station Home made permet la liaison quotidienne avec les stations du QSO de l'amitié dans la France entière.

Voici dont en avant première sous forme d'article séparé l'amplificateur linéaire de 20 /25 W 80m.

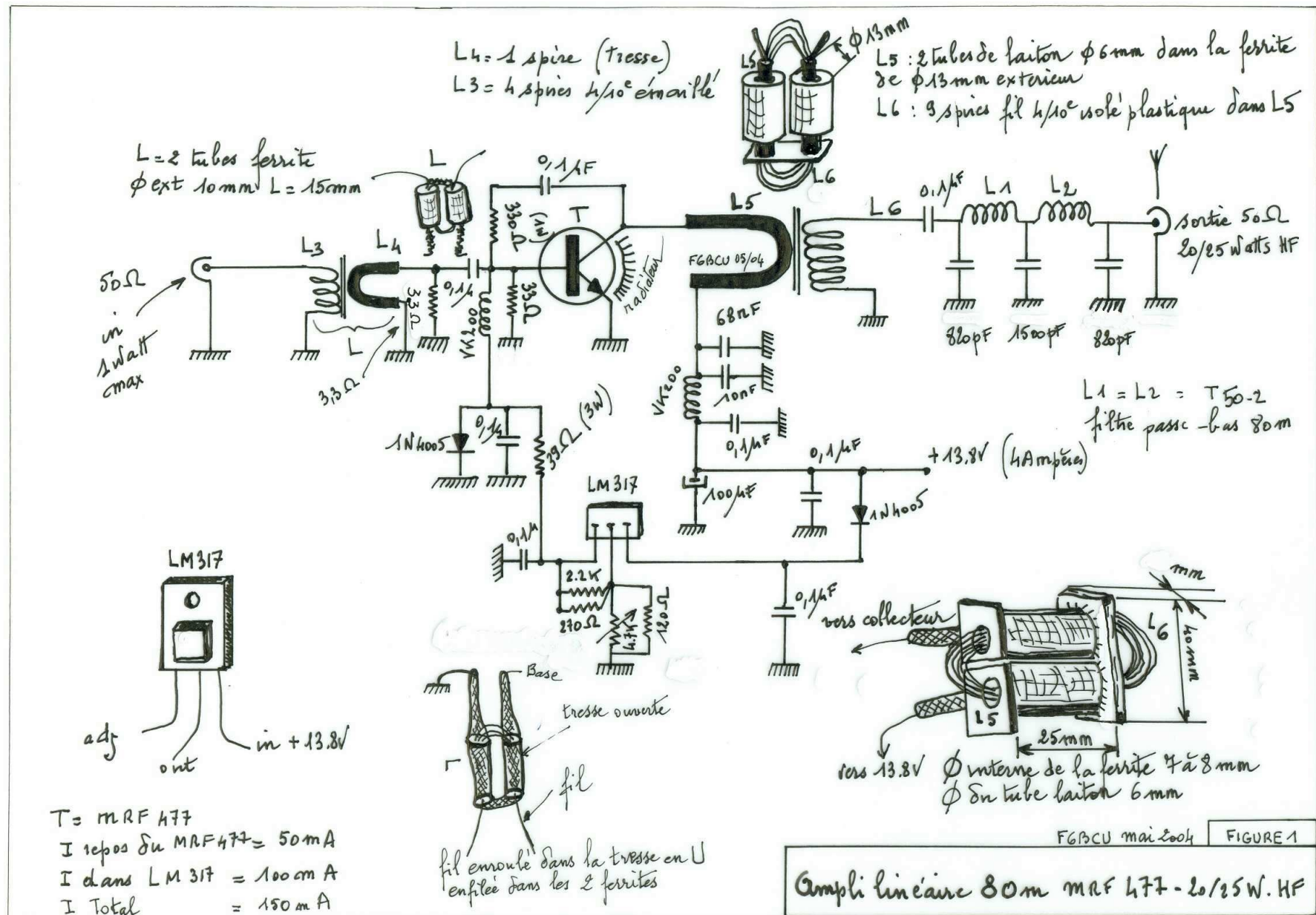
AMPLIFICATEUR LINÉAIRE TRANSISTORISÉ

La CITIZEN BAND est encore une source inépuisable de composants électroniques et nous avons eu la possibilité de récupérer sur des épaves de postes de CB quelques transistors intéressants dont un modèle relativement courant le MRF 477 qui équipe le « Lincoln » de PRESIDENT et le « Cleantone » de EURO-CB et autres Super-Star. Sous 13.5 V avec ce MRF477 la puissance SSB de sortie dépasse 30 Watts en SSB sur 27 ou 28 MHz.

D'après le Radio Amateur Hand-Book de l'ARRL le MRF 477 est donné pour 40 W pep sous 12.5 Volts, un gain de 15 dB pour une excitation de 1.5 W pep. Ces données sont très intéressantes car avec peu de Watts à l'entrée, la puissance de sortie est plus que confortable.

Notre première construction s'est portée sur un montage Push-pull de MRF 477 suivant une notice de QST de l'ARRL. Ce fut notre premier échec avec 40 watts en sortie suivi de la destruction d'une branche du Push-pull par 2 reprises. Notre provision de transistors étant limitée nous avons repensé le montage nous limitant à notre expérience. Le montage choisi ne comprend plus qu'un seul transistor, les essais ont commencé à puissance QRP, en élevant progressivement la puissance, au fur et à mesure des modifications effectuées. Le passage de 10 Watts à plus de 20 W à nécessité une longue expérimentation, au grès d'un long voyage dans l'inconnu qui a duré deux longues semaines en mars 2003. Mais à force de persévérer, nous sommes arrivés à contourner les obstacles et dépasser les 20 Watts HF de puissance de sortie sur 80 m.

SCHÉMA DE BASE



ÉTUDE ET COMMENTAIRES SUR LE SCHÉMA

Nous avons fait le choix du transistor d'émission qui sera un MRF 477. Ce que nous savons :

- C'est que le signal HF disponible pour le Driver est généré dans la bande des 80 m sous 50 Ω ,
- que la puissance disponible peut excéder 2 watts HF,
- que l'injection de ce signal HF est réglable de zéro à deux watts.
- Côté sortie nous aurons impérativement 50 Ω pour s'adapter aux filtres passe bas de sortie et attaquer un aérien sous 50 Ω .

Première expérimentation :

Nous devons nous assurer de certaines réactions du transistor MRF 477. Nous allons le câbler sur une platine, qui sera en fait déjà notre futur implantation.

- Le transistor y sera polarisé en classe C, base reliée à la masse à travers une self de choc de 60 à 100 μ H sur la bande 80 m.
- L'impédance d'entrée de la base fixée à 10 Ω en // sur le self de choc de 60 à 100 μ H
- Nous attaquons la base par un transformateur de 4/1 pour aller de 50 à 10/12 Ω
- Côté collecteur sortie sur un transfo ferrite de rapport 1 à 4.
- Insertion d'un filtre passe-bas en sortie le même que le modèle définitif chargé sur antenne réelle dipôle 80 m ou partie privilégiée de notre W3DZZ avec ROS de 1/1 vers 3550 MHz.
- Injection d'un signal progressif sur la base du MRF477

Résultats : ils sont positifs on retrouve quasiment les mêmes valeurs qu'avec le **2SC1969** ; la puissance de sortie n'excède pas 7/8 watts HF au-delà de cette puissance tout est désadapté le R.O.S. monte en flèche. L'intensité collecteur dépasse 1 ampère (en charge normale on tire 4 A)

Conclusion : nous sommes sur la bonne voie, si le R.O.S. au-delà de 8 watts monte rapidement c'est que l'intensité collecteur augmente, l'impédance collecteur baisse le rapport de transformation de $\frac{1}{4}$ n'est plus correcte, il faut changer le système d'adaptation en sortie.

Deuxième expérimentation :

Dorénavant l'amplificateur rentre dans la catégorie des amplificateurs de puissance moyenne nous sommes dans la tranche 10 à 100 watts HF quelques observations s'imposent sur les caractéristiques de ces amplificateurs :

- L'impédance de la base est très faible selon la puissance elle varie de 5 à 0.5 Ω .
- L'impédance collecteur varie dans le même sens de 5 à 0.5 Ω parfois elle est en dessous de 0.5 Ω

- Le transformateur d'adaptation d'impédance côté base varie dans un rapport 9/1 à 16/1 et plus.
- Le transformateur d'adaptation de sortie côté collecteur varie dans des rapports de 1/9 à 1/100 (l'expérimentation nous réserve des surprises de taille)
- La construction des transformateurs de sortie fait appel à un concept spécial considérant le rapport de transformation qui est très faible d'une part et très élevé de l'autre.
- Concernant la qualité de la ferrite utilisée, dans la période actuelle, reine de l'informatique, l'approvisionnement en tore de ferrite n'est plus un problème. L'expérimentation a encore son mot à dire. Il a été remarqué que la majorité des tores ferrites sur cordons d'ordinateurs ont un spectre HF large en ondes courtes, pratiquement sont exploitables de 1 à 30 MHz et bien souvent accessibles en récupération ou chez les revendeurs de composants électroniques ou autres fournisseurs en accessoires informatiques.
- Le transformateur d'entrée côté base fait un rapport de spires de fil de 1 à 4 tours (valeur définitivement adoptée pour le meilleur rendement d'excitation) schéma figure 1.

Discussion :

Dorénavant nous quittons la classe C pour aborder le fonctionnement en linéaire classe AB1 avec un léger courant de repos collecteur de l'ordre de 50 mA. Le système de polarisation est classique nous avons adapté quelques valeurs en fonction de nos besoins. La résistance ajustable de 4.7 K Ω qui contrôle la tension de sortie du régulateur LM317 joue sur la polarisation du transistor fixée aux alentours de 0.67 V qui est définie par l'effet Zener aux bornes de la 1N4005 en contact thermique avec le transistor.

Si nous insérons un contrôleur dans l'alimentation du transistor, après ajustage de la résistance de 4.7 K Ω , nous mesurons 150 mA de courant. Ce courant est la somme de :

$$100 \text{ mA (régulateur)} + 50 \text{ mA (courant de repos collecteur)} = 150 \text{ mA.}$$

Une résistance de 33 ohms entre base et masse fixe le courant du système de polarisation.

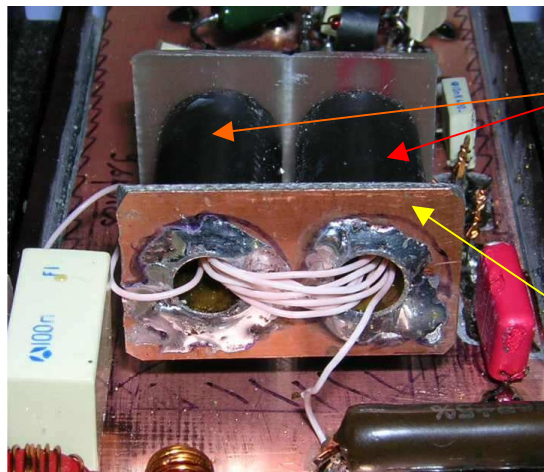
Quant à l'impédance de la base elle est forcée par une résistance de 3.3 Ω qui n'est pas solidaire électriquement du circuit de polarisation.

REMARQUE : Dans un système de polarisation pour des puissances inférieures à 10 W HF ou bien souvent l'impédance de base est fixée pour 10 Ω ou des valeurs supérieures jusqu'à 50 Ω , cette résistance est incluse dans le système de polarisation et véhicule le « courant de polarisation » à ne pas confondre avec le courant de « repos collecteur » qui détermine le point de fonctionnement du transistor en linéaire.

Normalement si nous prenons de la rare littérature, le transformateur de sortie va comprendre au primaire côté collecteur la spire classique composée de 2 tubes en laiton soudés entre eux par une plaquette ajourée de 2 trous qui permet de voir au travers des tubes.

Mais le plus explicite de ce « **Mécano** » sera de vous détailler le montage avec quelques photographies en gros plan.

Photographies du circuit de sortie



Les 2 tubes en ferrite
Ø 13mm L= 25 mm

L5

Transformateur de sortie côté antenne



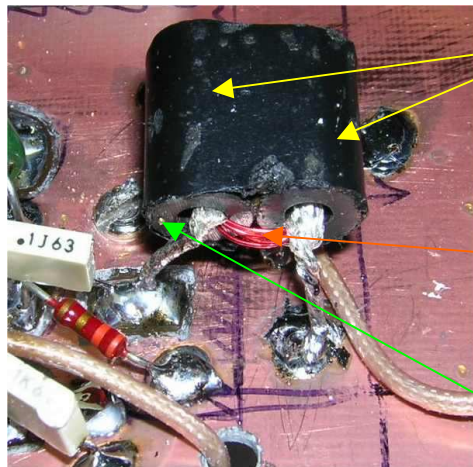
Trait de scie

L6

Transformateur de sortie côté PA

Sur la photographie du transformateur de sortie côté antenne nous observons le fil blanc qui identifie la bobine **L6**. Les 2 tubes intérieurs soudés sur la plaquette en époxy cuivrée simple face, correspondent à **L5**. Côté PA l'autre partie de **L** (transformateur) visible avec un trait à la scie sur le cuivre de la plaquette isole les 2 tubes en laiton. L'ensemble **L5** forme un **U** qui d'un côté va au collecteur et de l'autre au plus (+) 13.8 V.

Photographies du circuit d'entrée



2 tubes ferrite
Ø 10mm L= 15mm

Tresse L4 une spire
en U qui contient L3
en rouge

Transfo L côté Base MRF477



L3 rouge est enroulé à
l'intérieur de la tresse L4

Transfo L côté antenne

Vous avez pris connaissance de la configuration des transformateurs d'entrée et de sortie de l'amplificateur il resta à savoir ce qui va se passer à différents stades de l'expérimentation.

Troisième expérimentation

Nous considérons le transformateur L d'entrée de rapport 16/1 comme conforme à nos besoins et nous mettrons le même rapport 1/16 sur le tranfo de sortie. Nous aurons sur L5 la spire en U et sur L6 l'équivalent de 4 spires (isolant plastique blanc).

Voici ce que nous remarquons (L5 sera inchangé et définitif)

- Avec L6 = 4 spires la puissance HF de sortie = 12 Watts au delà si l'excitation augmente Le ROS augmente et la désadaptation d'impédance est totale (sur antenne)

Remarque de l'auteur : Sur charge fictive la mesure est fausse car le ROS se maintient à 1/1, la charge de 50 Ω force l'adaptation d'impédance.

****Seule la mesure sur antenne de ROS 1/1 permet d'avoir l'exacte mesure et le comportement réel de l'amplificateur MRF 477**

Contre-réaction :

L'amplificateur est instable lorsque l'on monte progressivement l'excitation et il n'est pas linéaire car trop de gain. IL faut donc insérer par nécessité une contre réaction entre base et collecteur composée par d'une résistance de 330 Ω en série avec un condensateur de 100nF. La contre-réaction en place tout rentre dans l'ordre.

Poursuivons notre expérimentation

- | | |
|----------------------|--|
| • Avec L6 = 5 spires | La puissance de sortie HF = 14 Watts au-delà le ROS monte en flèche |
| • Avec L6 = 6 spires | La puissance de sortie HF = 16 watts |
| • Avec L6= 7 spires | La puissance de sortie HF = 17/18 watts |
| • Avec L6 = 8 spires | la puissance de sortie HF = 19 /20 watts |
| • Avec L6 = 9 spires | la puissance de sortie HF = dépasse les 20 /22 watts le ROS de 0 à 22 Watts HF reste à 1/1
L'excitation de l'ordre de 1.5 Watts HF, I collecteur de l'ordre de 4 Ampères sous 13.5 Volts. |

Conclusions sur la 3^{ème} expérimentation :

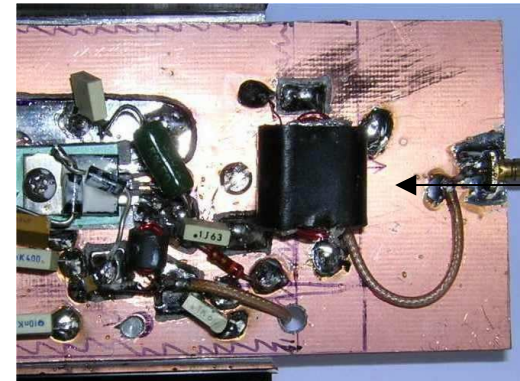
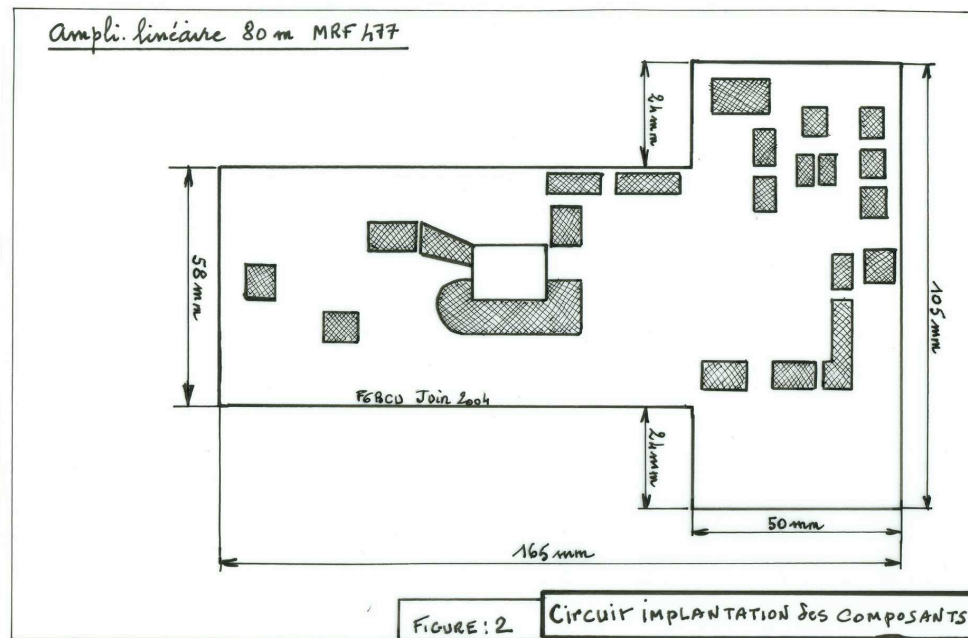
Nous nous tiendrons à ces dernières valeurs le radiateur est tiède, le rendement de l'ordre de 50 % valeur honorable pour une version linéaire de fabrication radioamateur. Après 3 mois d'utilisation le PA se comporte toujours correctement, la modulation jugée d'excellente qualité.

(nous avons volontairement simplifié la description de l'expérimentation et ce qui compte désormais se sont les résultats)

Nous ne pourrions que constater le rapport énorme de transformation de l'ordre de 1/80 qui présume d'une impédance de sortie de l'ordre de 0.6Ω du PA côté collecteur. Par précaution la puissance du P.A est limitée à 20 watts ce qui nous laisse une marge de sécurité en cas de fausse manœuvre et de désadaptation d'impédance de sortie sur antenne mal réglée. Nous rappelons que nos mesures sont faites avec le filtre passe-bas de sortie 50Ω inclus.

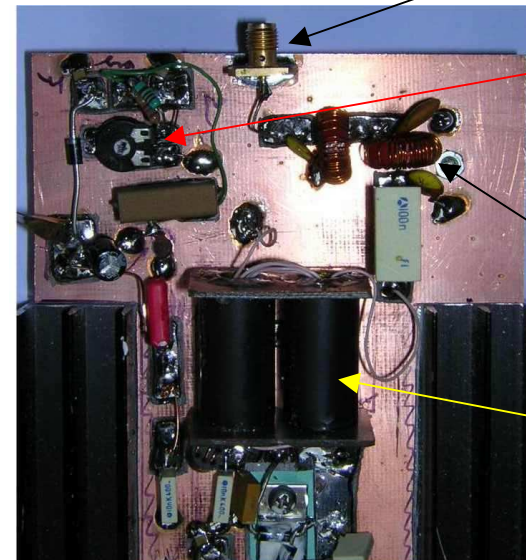
CONSTRUCTION DE L'AMPLIFICATEUR

Schéma d'implantation des composants



Dispositions des composants sur le circuit d'entrée

Prise antenne

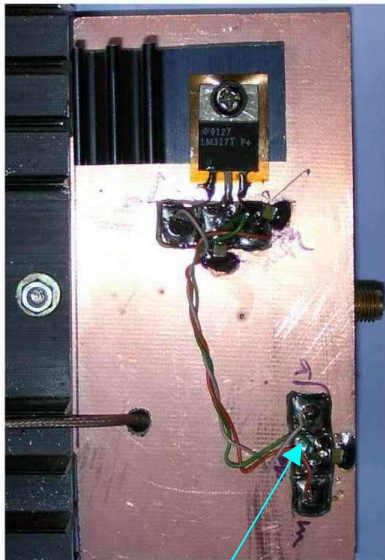


Le potentiomètre de 4.7K commande du courant de repos

Filtre passe bas

Transformateur de sortie

La figure 2 donne les dimensions du circuit d'implantation des composants ; pour plus de détails vous reporter aux différentes photographies. Voici la dernière vue qui est le détail du circuit de polarisation côté LM 317



**Les connexions sont transférées
au travers du circuit vers la
face composants**

Nomenclature des composants

L1, L2 : 24 spires de fil 4/10^{ème} émaillé sur tore T50/2 rouge Amidon
 L3 : voir dans la description 1 spire —L5 voir dans la description 1 spire
 L3 : 4 spires de fil émaillé 4/10^{ème} émaillée dans le tube formé par la tresse de L2
 L6 : 9 spires fil isolé sous plastique (PTT) de 4/10^{ème} enroulé dans les tubes de L5 (voir figure 1)
 P : potentiomètre ajustable de 4.7 K
 Les condensateurs du filtre passent bas de 2 x 820 pF et 1500 pF = qualité céramique
 La résistance de 3.3 Ω = 1 watt
 * * de 330 Ω de la boucle de contre réaction = 1Watt
 * * de 33 Ω entre base et masse = 1 de Watt
 * * de 39 Ω dans la branche polarisation = 3 watts
 toutes les autres valeurs de résistances sont ¼ de Watt
 VK200 = 2
 Diodes 1N4005 =2
 Alimentation à prévoir : 1.8 Volts 10 A
 Fusible dans l'alimentation = 5 A

Quelques conseils :

- Concernant la polarisation avec les valeurs données les réglages sont souples et on est limité dans le courant de repos donc pas de fausse manœuvre à craindre.
- Ne pas dépasser la puissance antenne de 20 Watts HF c'est notre meilleure zone de fonctionnement et de sécurité.
- Lorsque vous travaillez en SSB la puissance moyenne au wattmètre tourne au alentour de 10 W HF (cycle moyen à 50 %)
- Toujours sur-dimensionner le radiateur il doit-être tiède en fonctionnement normal
- Travailler sur une antenne avec un ROS n'excédant 1.5 à 2.

CONCLUSION

Cet amplificateur n'a pas été une mince affaire à mettre au point, il faut le reconnaître mais il permet avec 20 Watts de faire tous les QSO sur la bande 80 m. Ce n'est plus du QRP et il fonctionne depuis plus de 3 mois à notre station avec son driver de 2 Watts HF. Nous lui réservons d'autres applications. Par exemple c'est un excellent PA pour un QRP et nous allons le tester sur d'autres bandes radioamateurs. Quant à sa construction elle est relativement simple, c'est un montage traditionnel avec de la place disponible pour bien disposer ses composants.

Information de l'auteur :

Cette description qui forme un article indépendant sera rattachée ultérieurement, à la description du Driver 80 m (futur article en préparation), 2 watts HF SSB et de son pilotage par Super VXO à mélange ; l'ensemble formera un émetteur complet SSB mono-bande 80 m de 20/25 Watts HF.

**Bernard MOUROT F6BCU—Radio-club des constructeurs de la Ligne bleue
9, rue des Sources 88100 REMOMEIX VOSGES
16 août 2004**