Réalisation d'un émetteur à tubes en modulation d'amplitude pour les bandes 40 et 80 mètres

Par F6BFK – Jean-Pierre

Voici l'histoire d'un projet qui a vu le jour il y a une dizaine d'années environ. Il traite d'un sujet devenu de nos jours peu courant voire obsolète pour certains, principalement pour les plus jeunes qui n'ont pas connu les tubes électroniques. Aussi pour ma part, ayant été bercé dès mon plus jeune âge dans le milieu de la « TSF », j'ai depuis toujours été passionné par ces vieilles lampes encore largement utilisées de nos jours dans les montages d'amplificateurs linéaires assez QRO. Par conséquent, c'est un émetteur à tubes qui va faire l'objet de cet article, construction relativement simple et qui ne nécessite qu'un outillage assez restreint tant au niveau mécanique qu'au niveau électronique. Pour la partie mécanique, une perçeuse électrique, une scie à métaux, quelques limes, un bon étau et surtout beaucoup d'huile de coude suffiront. Par contre, quelques composants ne sont plus courants de nos jours pour un appareil d'une telle puissance (400 watts input soit 300 watts HF environ) et certains d'entre eux nécessitent des fabrications spéciales parfois quelque peu onéreuses. Mais pour celui qui apprécie ce genre de montage, le coût cependant raisonnable ne doit pas être un obstacle. Bien ! Assez de bla-bla et passons aux choses sérieuses.

L'appareil en question se dénomme **« BGV-2013 MKII » .** Pourquoi une telle appellation ?

« BGV » parce que le concepteur du schéma n'est autre que Jean-Pierre (encore un) dont l'indicatif est F6BGV. Et pourquoi « 2013 MKII » ? Parce que le premier montage que j'ai réalisé date de 2013 et ensuite je l'ai modifié totalement à deux reprises d'où dénomination MKII, tout simplement.

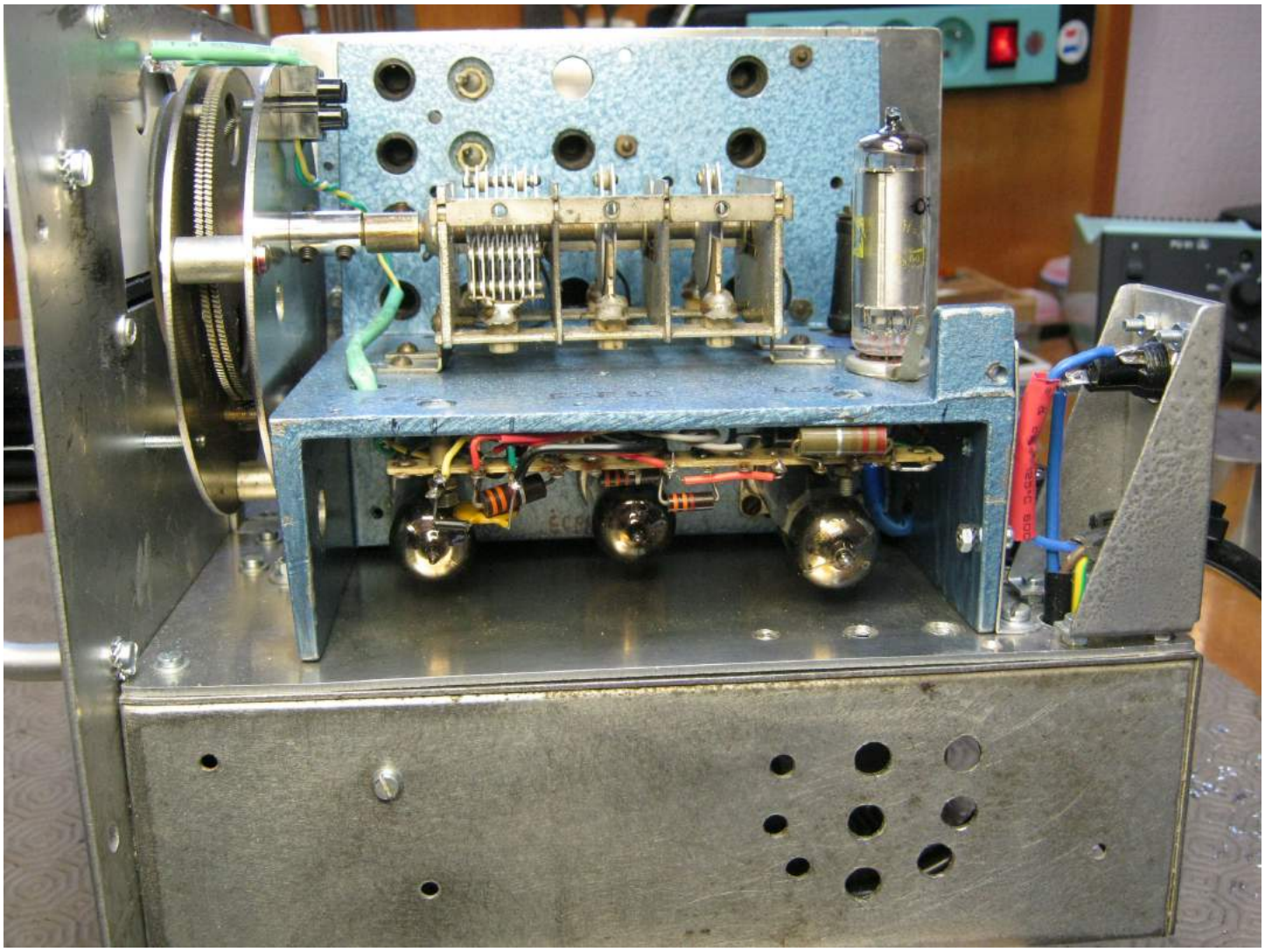
Vous trouverez en fin d'article les schémas des différents étages avec référencements et valeurs des composants. Les deux éléments principaux de cet émetteur (les plus onéreux) sont le transformateur d'alimentation hautes tensions **(1250 volts et 2000 volts)** ainsi que le transformateur de modulation QRO car cette modulation est de type plaque / écran avec une tension crête de l'ordre de **4000 volts.**

BGV-2013 MKII partie HF seule (avec fréquencemètre numérique externe pour lecture précise de la QRG)

Comme vous pourrez le constater sur les photos ci-après, le VFO utilisé (module de couleur bleue) n'est pas de fabrication maison mais c'est un VFO commercial de fabrication Mics-Radio, société très connue au cours des années 1960 – 1970 et aujourd'hui disparue. Il comporte 4 étages, soit :

- Un tube EF80 fonctionnant en oscillateur CLAPP,
- Un tube ECF80 fonctionnant en étage séparateur / doubleur,
- Un tube EL84 fonctionnant en étage doubleur / driver.

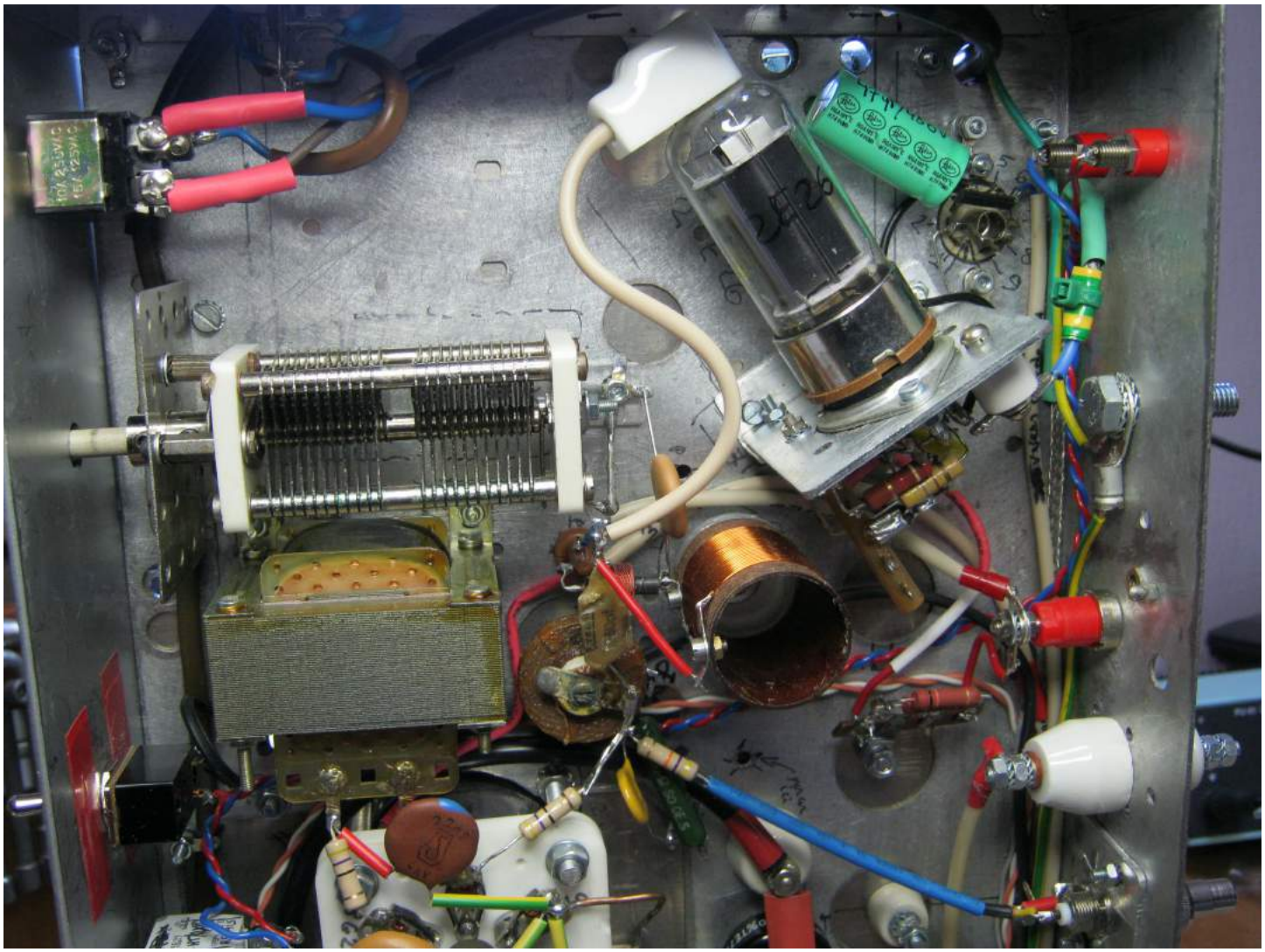
Il a été construit pour fonctionner sur les 5 bandes décamétriques mais mon montage ne me permet qu'une utilisation sur les bandes 80 et 40 mètres et ce, pour des raisons de commodité.
Il est à noter que n'importe quel VFO pourrait convenir pour ce TX. J'ai utilisé par le passé des VFO de chez GELOSO sans problème. Actuellement je suis entrain de tester des VFO / DDS achetés en kit et les premiers essais réalisés semblent très concluants. Mais là, je m'écarte du sujet car dans cette configuration les tubes électroniques sont abandonnés, du moins au niveau de l'oscillateur, ce qui ne correspond plus à mes objectifs initiaux. La commutation des bandes s'effectue par un seul commutateur. Le condensateur variable est largement démultiplié et permet un calage précis sur la QRG désirée. Je n'ai pas inséré le schéma de ce VFO dans cet article mais éventuellement, si certains OM sont intéressés je pourrai le publier sur demande.



BGV-2013 MKII – Le VFO équipé de ses 3 tubes sous châssis et d'un tube OA2 régulateur de tension sur le dessus.

Puis en sortie du premier étage driver (tube EL84), il a été nécessaire d'intercaler un second étage driver plus puissant afin d'exciter correctement le tube du P.A. Ce second étage driver comporte un tube 2E26 (pentode) avec accord de la self L2 du circuit de sortie par un simple CV de 200 pF. Afin de gagner de la place et de faire des liaisons inter étages assez courtes (indispensable en HF), ce tube driver a été installé sous châssis et ceci ne pose pas de problème au niveau de la ventilation. La haute tension nécessaire est de 375 VCC délivrée par un transformateur bobiné spécialement avec cellule de redressement et filtrage (voir schéma). La résistance d'écran RG2 a été remplacée par un potentiomètre linéaire de 25 Kohms / 3 watts avec résistance de 4,7 Kohms côté masse et résistance de 10 Kohms côté haute tension (diviseur de tension).

Il n'y a pas de commutation à prévoir au niveau du circuit de sortie de cet étage driver lors d'une utilisation sur 80 ou sur 40 mètres ce qui est un grand avantage. Seul le réglage du CV de 200 pF est nécessaire dans ce cas de figure.



BGV-2013 MKII – Etage driver avec tube 2E26. Vue de la self L2 et du CV de 200 pF.

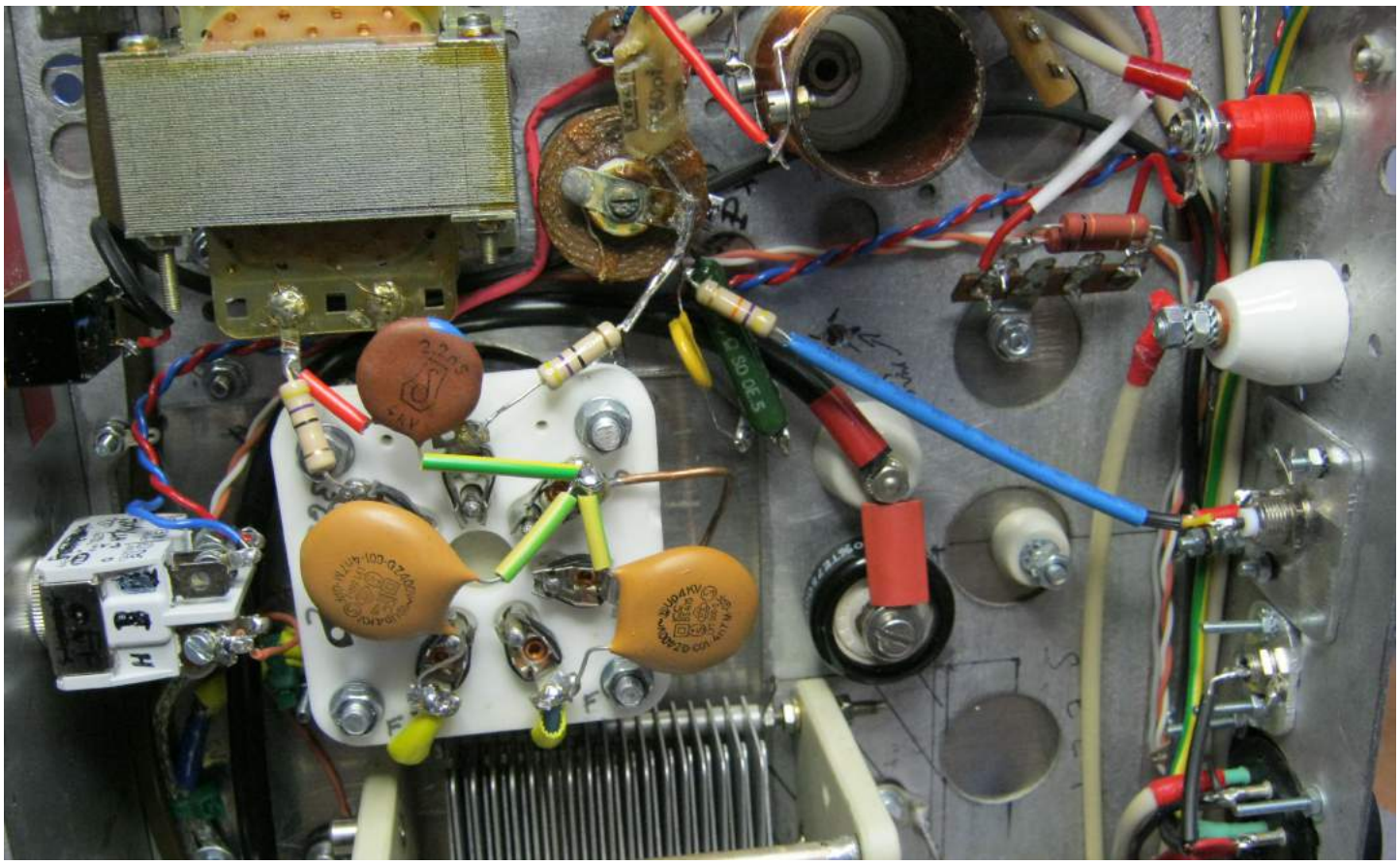
Vient ensuite l'étage PA équipé d'un tube 813, tube « increvable », longtemps employé dans les émetteurs de l'US ARMY et encore facilement trouvable de nos jours à petits prix. Ce tube nécessite une tension de chauffage filament de 10 VCA sous 5 ampères. Prévoir une alimentation chauffage de 2 x 5 VCA avec point milieu à la masse, ceci afin d'éviter les problèmes de ronflette. Il en est de même pour tous les autres tubes équipant ce TX et chauffés sous 6,3 VCA. Donc prévoir 2 x 3,15 VCA. C'est préférable et cela vous évitera de nombreux désagréments.

La tension négative de polarisation de la G1 / 813 doit avoisiner – 175 VCC par l'intermédiaire d'une résistance de 10 Kohms / 7 watts. Faire bien attention au niveau de ce PA. Il faut utiliser des condensateurs prévus pour des tensions élevées, plus particulièrement au niveau du circuit d'anode et de sortie (condensateurs mica, céramique et des « doorknob » isolés à 5000 volts pour la sortie du PA.

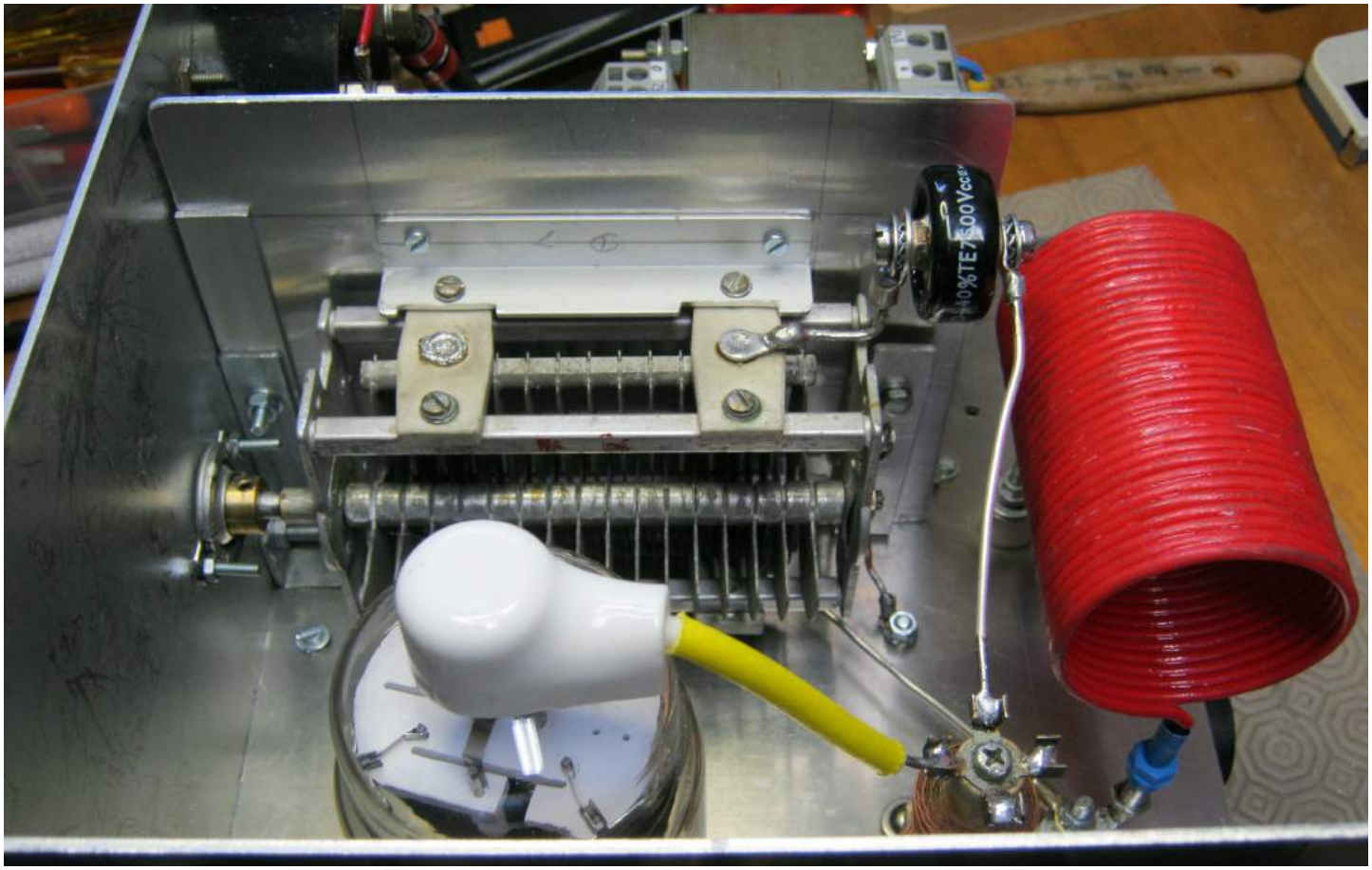
ATTENTION : HAUTE TENSION DE 2000 VCC – DANGER DE MORT

L'interlames du CV de sortie d'anode doit être de 4 mm minimum avec isolement sur stéatite. L3 est bobinée sur un tube PVC d'électricien standard. Cette self L3 est enfichable sur douilles bananes et il faut 2 selfs pour utilisation du TX sur les bandes 80 et 40 mètres. Le CV de sortie de PI fait 500 pF avec interlames de 1 mm environ. Ce dernier est également utilisable sur les deux bandes. Ne pas oublier que cet étage fonctionne en classe C et par conséquent il faudra obtenir un « creux de plaque » à l'aide de CV1 (36 à 120 pF). Faire attention car bien souvent le creux de plaque peut être assez pointu. Terminer le réglage à l'aide de CV2 afin d'obtenir le courant de charge normal du tube 813 qui est de 200 mA environ. Ne pas oublier

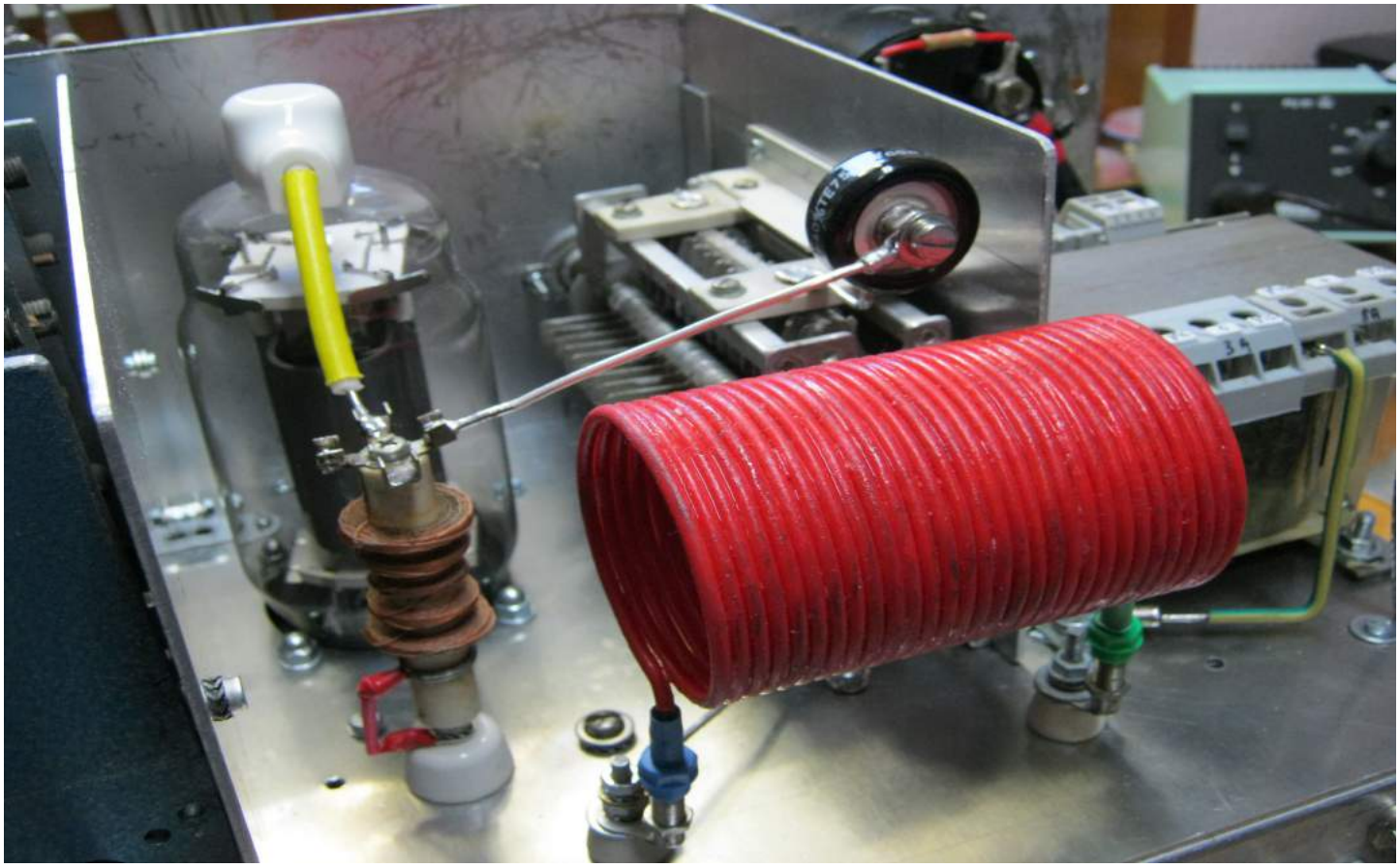
d’insérer un appareil de mesure avec shunt si besoin, appareil comportant une échelle graduée de 0 à 250 mA environ. Tout est noté sur le schéma plus bas.



BGV-2013 MKII – Câblage à « l’africaine » du socket tube 813

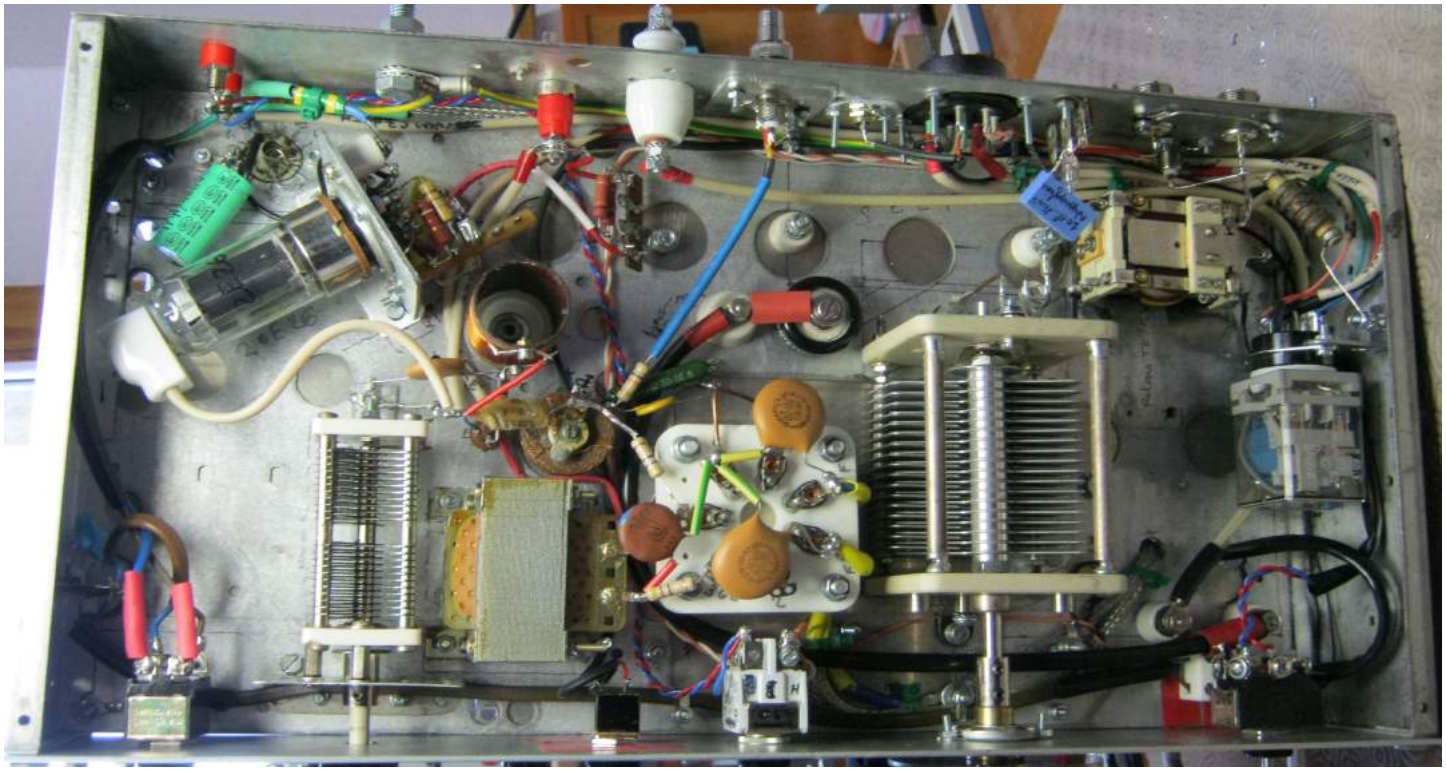


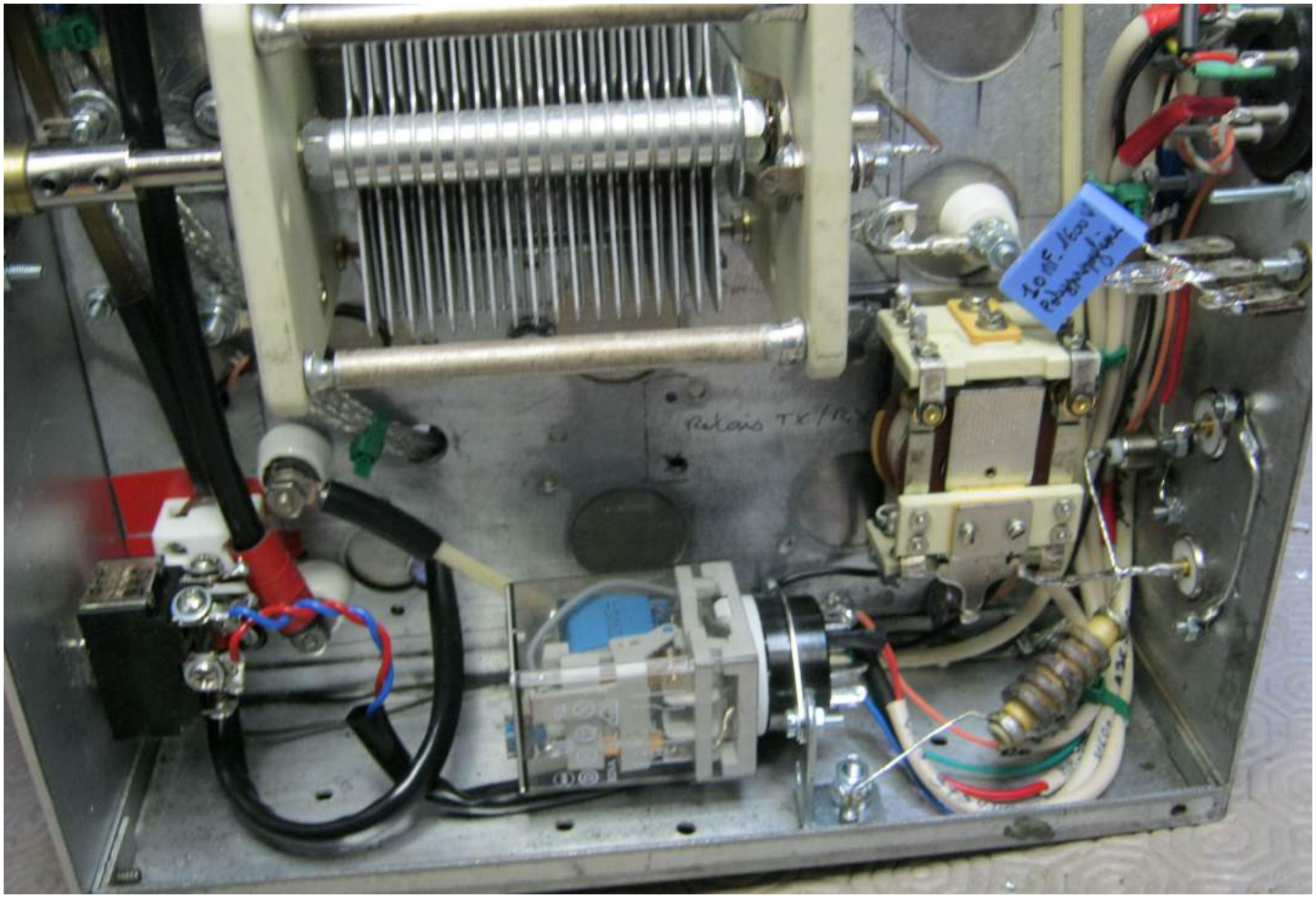
BGV-2013 MKII – Tube 813 / CV1 / Self de PI référencée L3 interchangeable.



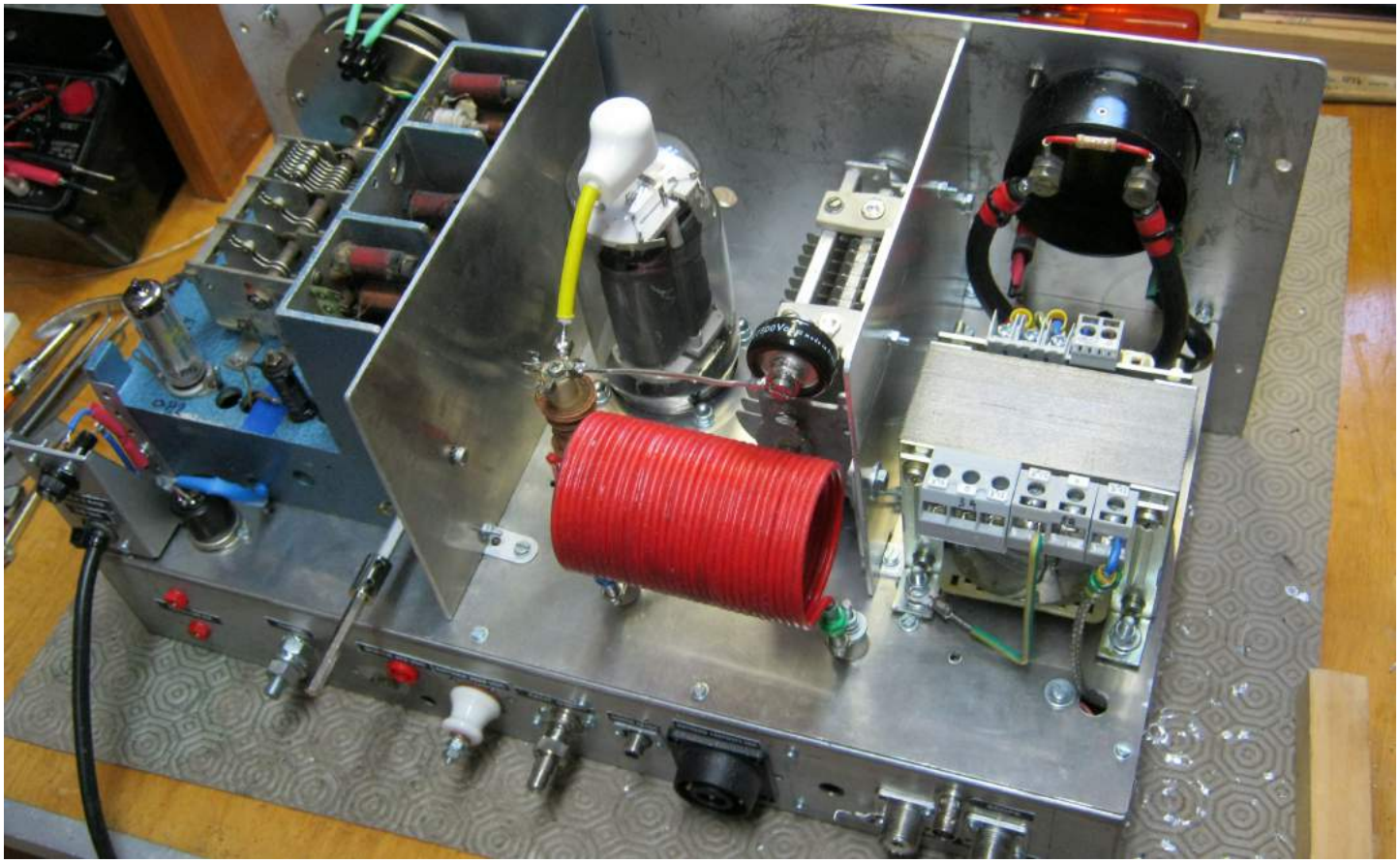
BGV-2013 MKII – Dessus PA avec self de choc en nid d'abeille.

En sortie du filtre en PI et avant connexion à l'antenne, vient s'intercaler le système de commutation émission / réception, montage relativement simple, toutefois il faut prendre quelques précautions afin d'éviter certains déboires. Pour la commutation d'antenne il est fortement recommandé d'utiliser un relais avec contacts fixés sur stéatite sous peine d'apparition de fusion, fumée ou arcs qui entraîneront irrémédiablement détérioration des contacts. Il peut être utile par mesure de sécurité d'installer une self de choc type R-100 de chez National entre la sortie antenne et la masse. Ceci, en cas de claquage du condensateur de liaison situé en sortie d'anode 813 et entrée de PI, ainsi la haute tension n'ira pas dans l'antenne.





BGV-2013 MKII – CV de sortie de PI (CV2) – A droite relais de commutation E/R sur stéatite et self de choc de protection.



BGV-2013 MKII – A gauche le VFO – Au centre le PA – A droite le transformateur de chauffage des filaments – A l'arrière le galvanomètre.

Pour conclure sur cet étage HF, ce dernier est contenu dans un coffret comportant le VFO (4 tubes), le driver (1 tube), le PA (1 tube) suivi de son circuit en PI de sortie. Comme visible sur la photo ci-dessus, est installé le transformateur de chauffage filaments des tubes. Celui-ci comprend trois enroulements secondaires :

- **Enroulement N° 1 :** 2 x 3,15 VCA / 8 Ampères pour les tubes du VFO et du driver.
- **Enroulement N° 2 :** 2 x 3,15 VCA / 3 Ampères (non utilisé).
- **Enroulement N° 3 :** 2 x 5 VCA / 5 Ampères pour tube 813 du PA.

Dans un autre coffret séparé mais de dimensions identiques et selon la même infrastructure, a été installé **l'étage BF modulateur** essentiel dans tout montage AM. De suite, lorsque l'on observe le châssis, un élément imposant domine. Il s'agit du fameux transformateur de modulation indispensable pour un système de modulation de type « plaque / écran ».

BGV-2013 MKII – Coffret étage BF / Modulateur

Ce modulateur BF fonctionne en classe B et se compose de six tubes. Il comporte 3 entrées micros car il peut être utilisé selon trois variantes, à savoir :

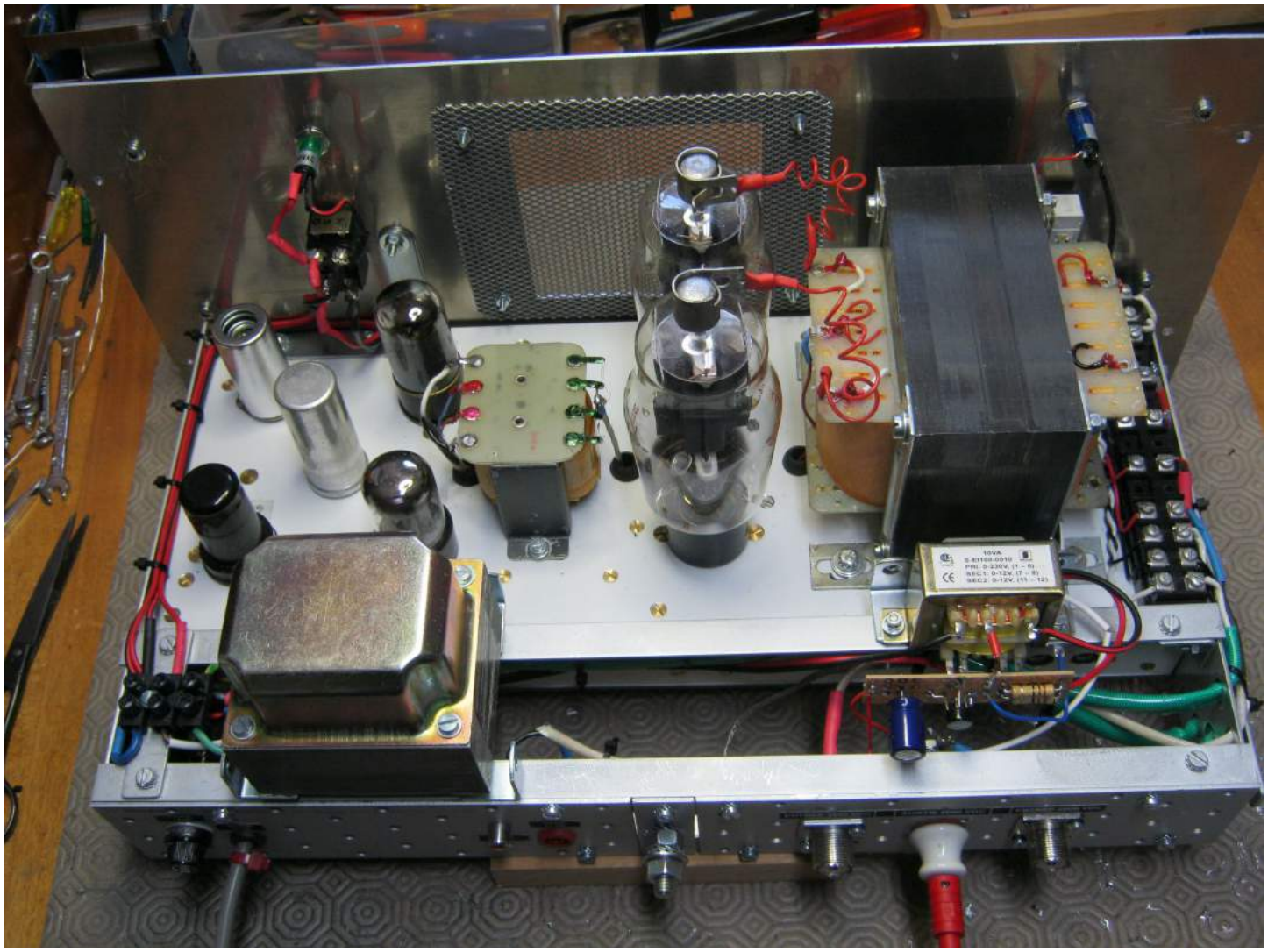
- Entrée micro 2 : pour utilisation d'un micro dynamique classique suivi d'un étage préamplificateur avec tube 6SJ7 et réglage de niveau indépendant.

- Entrée micro 1 : pour utilisation d'un micro dynamique ou céramique équipé d'un compresseur de modulation (genre Turner + 3B) et réglage de niveau indépendant.

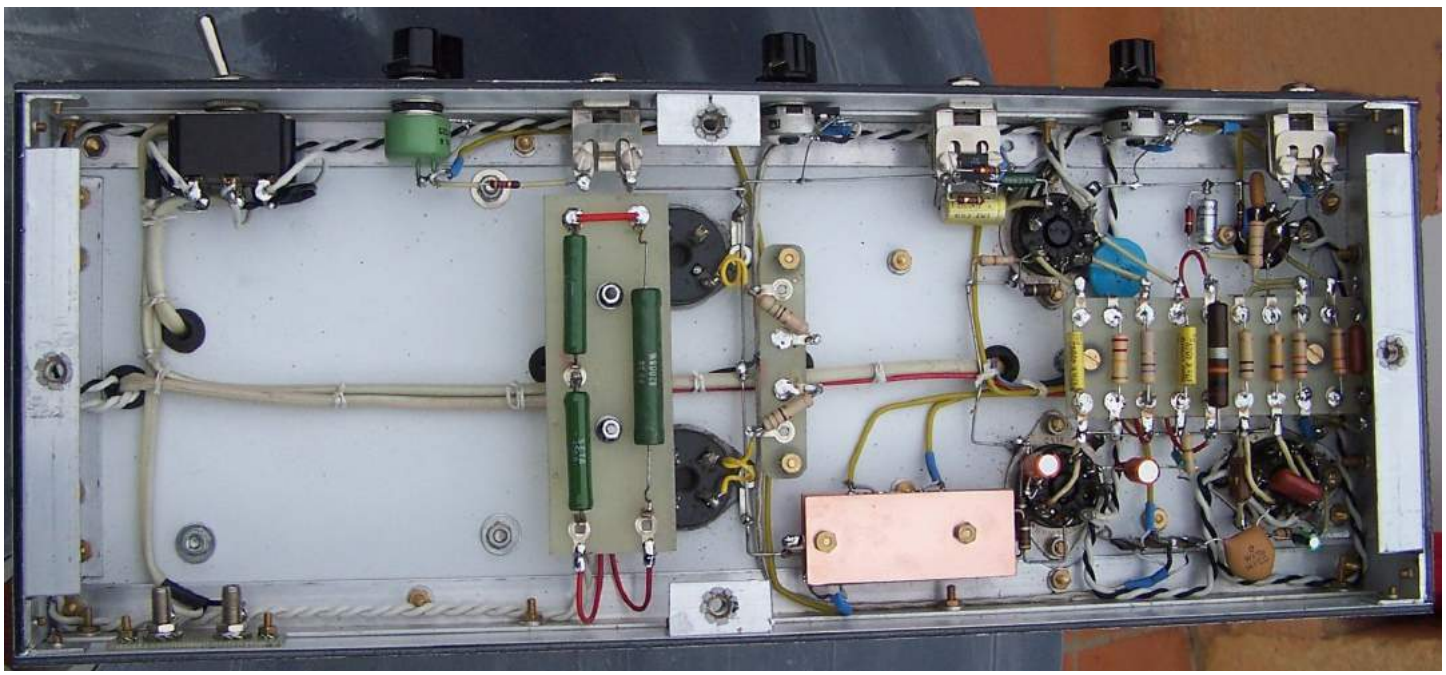
- Entrée 3 - CD / K7 / MP3 : pour utilisation musicale que j'utilise souvent avec mes correspondants AM'istes lorsqu'il n'y a pas trop de QRM, avec réglage de niveau indépendant.

Le schéma indique la valeur de chacun des composants. Les tubes sont de type octal à l'exception du montage push-pull équipé de 2 tubes 811A dont la haute tension est référencée à 1250 VCC. En annexe vous trouverez les impédances des transfos driver et de modulation dont les fabrications seront réalisées par des entreprises spécialisées. J'attire particulièrement l'attention du lecteur car l'isolement du transformateur de modulation devra être réalisée de façon très soignée compte tenu des tensions engendrées en pointe de modulation (environ 4000 volts). J'ai rencontré ce problème à deux reprises (incendie du transfo) car l'isolement entre enroulements était nettement insuffisant. La puissance de ce modulateur est de l'ordre de 150 watts, puissance indispensable pour obtenir une modulation proche des 100 %.

Comme pour l'étage HF, ici également le transformateur de chauffage filaments est monté à même le châssis afin d'éviter toute ronflette. Les 2 x 811A nécessitent une tension de chauffage de 6,3 VCA / 8 Ampères. Les autres tubes nécessitent une tension de chauffage de 6,3 VCA / 4 Ampères. Un petit transformateur 230 V / 12 V suivi d'un système de redressement et de filtrage a été rajouté afin d'alimenter les différents relais de commutation ainsi que les ventilateurs des coffrets HF et BF car la 813 et les 2 x 811A dégagent pas mal de calories.



BGV-2013 MKII – En bas à gauche le transfo de chauffage filaments. A centre le transfo étage driver (6V6). A droite les 2 x 811A et le gros transfo de modulation. A ses côtés le petit transfo d'alimentation relais et ventilateurs. En bas à droite, un isolateur stéatite blanc pour passage de la tension crête de modulation d'environ 4000 volts.



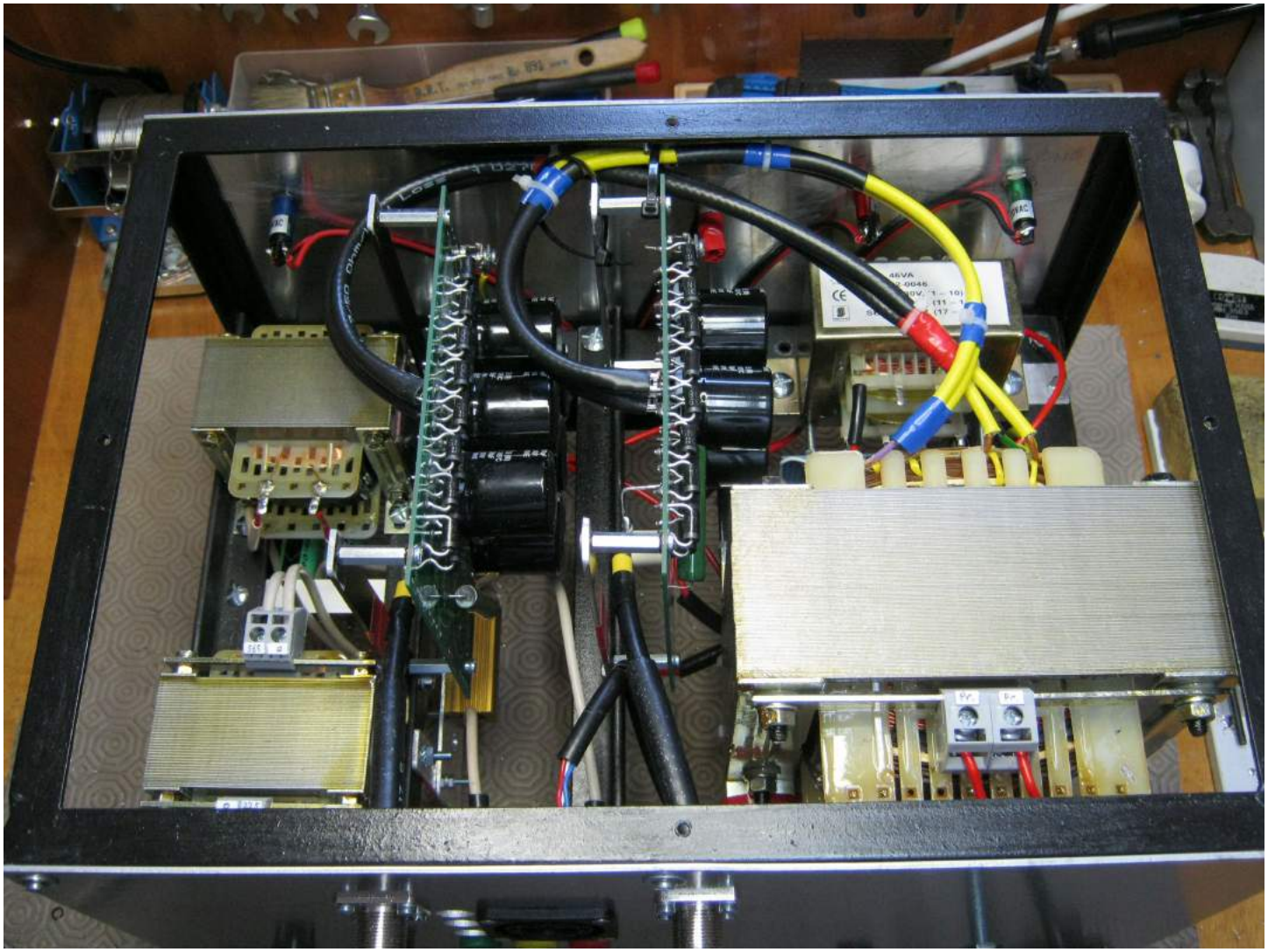
BGV-2013 MKII – Câblage étage modulateur. En haut à gauche, inverseur pour écoute sur HP en sortie de l'étage driver (6V6).

Cet étage BF permet l'utilisation d'une table de mixage bien utile lorsque l'on veut parler simultanément dans un micro tout en envoyant de la musique sur l'air.

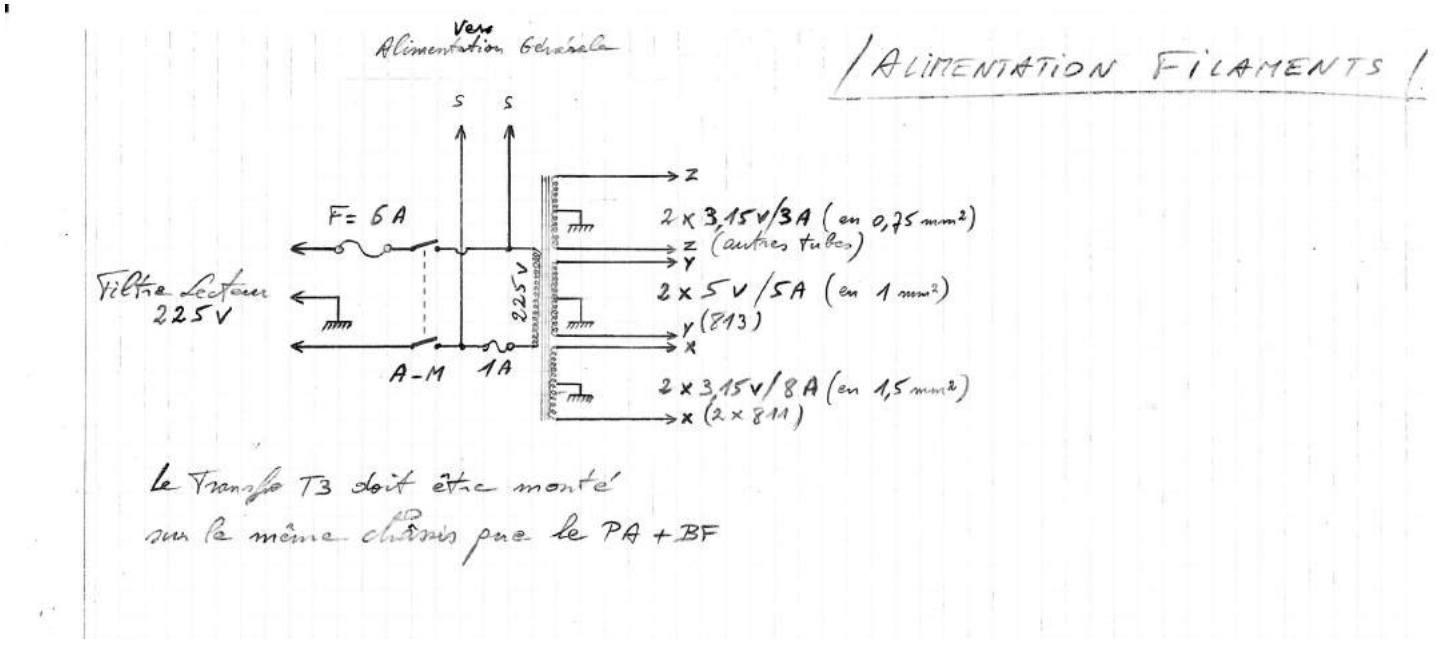
Un ultime coffret (ouf, enfin !) contenant les différentes alimentations a été construit selon une infrastructure différente des deux autres avec armature en cornière acier. Cela, afin de rigidifier au mieux l'ensemble comportant parmi d'autres, un transformateur d'alimentation hautes tensions (T1) assez lourd.Ce transformateur comporte deux secondaires dont un produit une HT de 2000 VCC / 200 mA pour le tube HF 813 et un autre produisant une HT de 1250 VCC / 250 mA pour les tubes BF 811A. L'enclenchement des ces HT lors du passage en émission se fait à l'aide d'un relais Finder 250 V / 10 Ampères par coupure de la phase et du neutre du primaire 230 VCA. Lors de la réalisation d'un tel transformateur il faut surtout ne pas prévoir d'autres enroulements secondaires comme par exemple pour le chauffage des filaments car, lors du passage en réception ces mêmes filaments ne seraient plus alimentés. Un second transformateur d'alimentation (T2) sert à alimenter les étages intermédiaires HF et BF et fourni en sortie après redressement et filtrage une tension de 375 VCC / 100 mA ainsi qu'une tension de 275 VCC / 100 mA à l'aide d'une résistance chutrice de 1000 ohms / 20 watts. Les différents schémas n'apportent pas de mentions particulières.

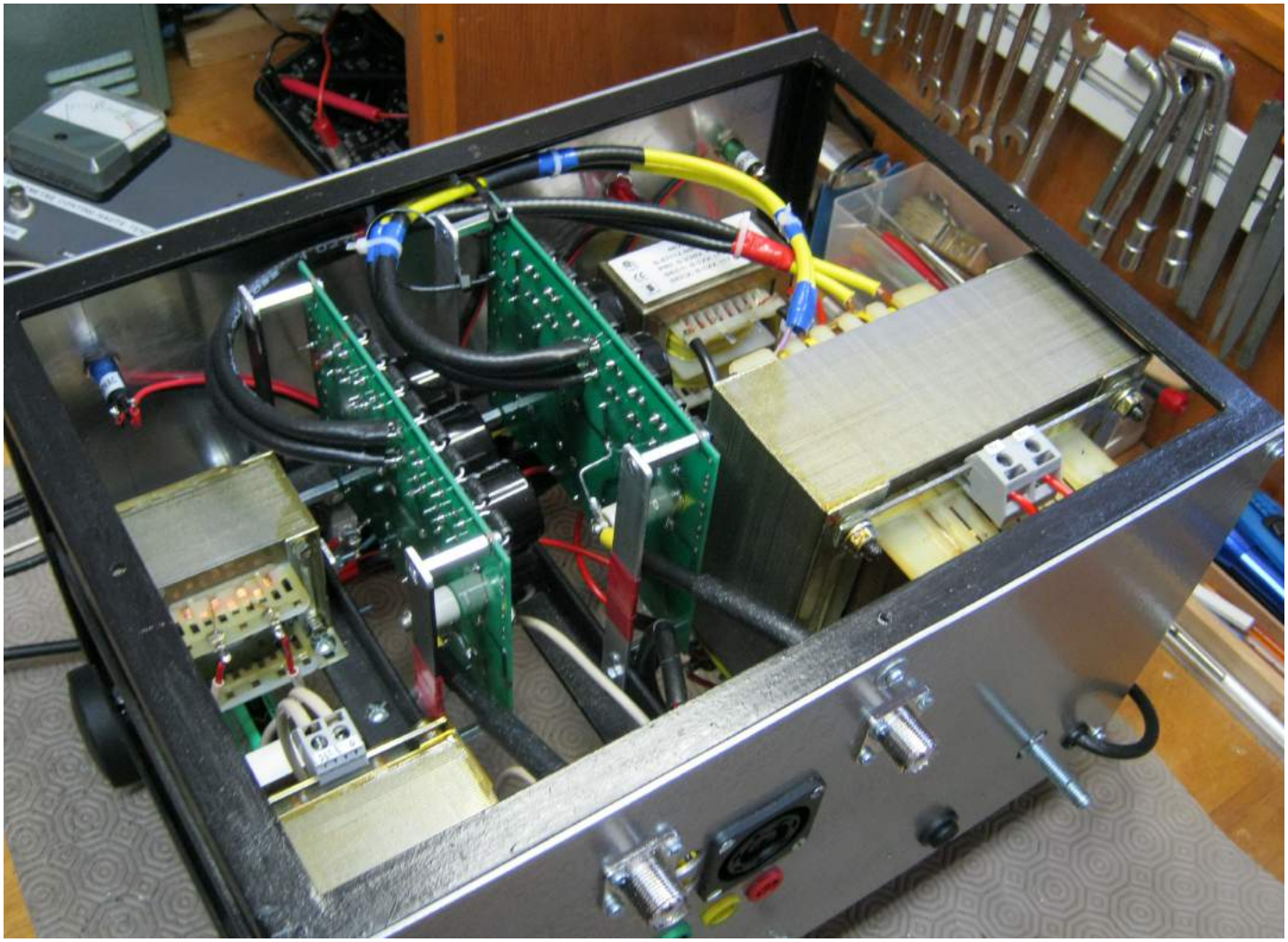
BGV-2013 MKII – Le coffret alimentation monté sur roulettes pour installation au sol.

Les câblages des circuits de redressement et de filtrage des hautes tensions 1250 / 2000 volts ont été montés sur circuits imprimés achetés avec les composants nécessaires aux USA. C'était préférable compte tenu des tensions engendrées et ce, par mesure de sécurité. Les liaisons de ces HT entre les différents coffrets sont faites à l'aide de connecteurs SO-239 en **TEFLON** de même que les fiches PL259. Le câble est du RG213. Seul, le cordon de liaison entre la sortie BF du modulateur (4000 volts en pointe de modulation) et l'entrée 2000 volts de l'émetteur, est fait avec du câble isolé à 15000 volts. De même la sortie et l'entrée châssis de ces deux étages utilisent des isolateurs stéatite ou porcelaine car les fiches SO239 en téflon ne tiennent pas la route. Par sécurité, ne pas oublier de monter des résistances d'équilibrage en parallèle avec les condensateurs chimiques de filtrage, afin de permettre une décharge rapide de ces mêmes condensateurs. Cette décharge s'effectue en à peine une minute sur mon installation. Une bonne prise de terre est indispensable. Ne jamais laisser une main contre le châssis lors d'interventions. Une main tiendra la pointe de touche de votre appareil de mesure et l'autre main restera dans votre poche. **SECURITE OBLIGE.**

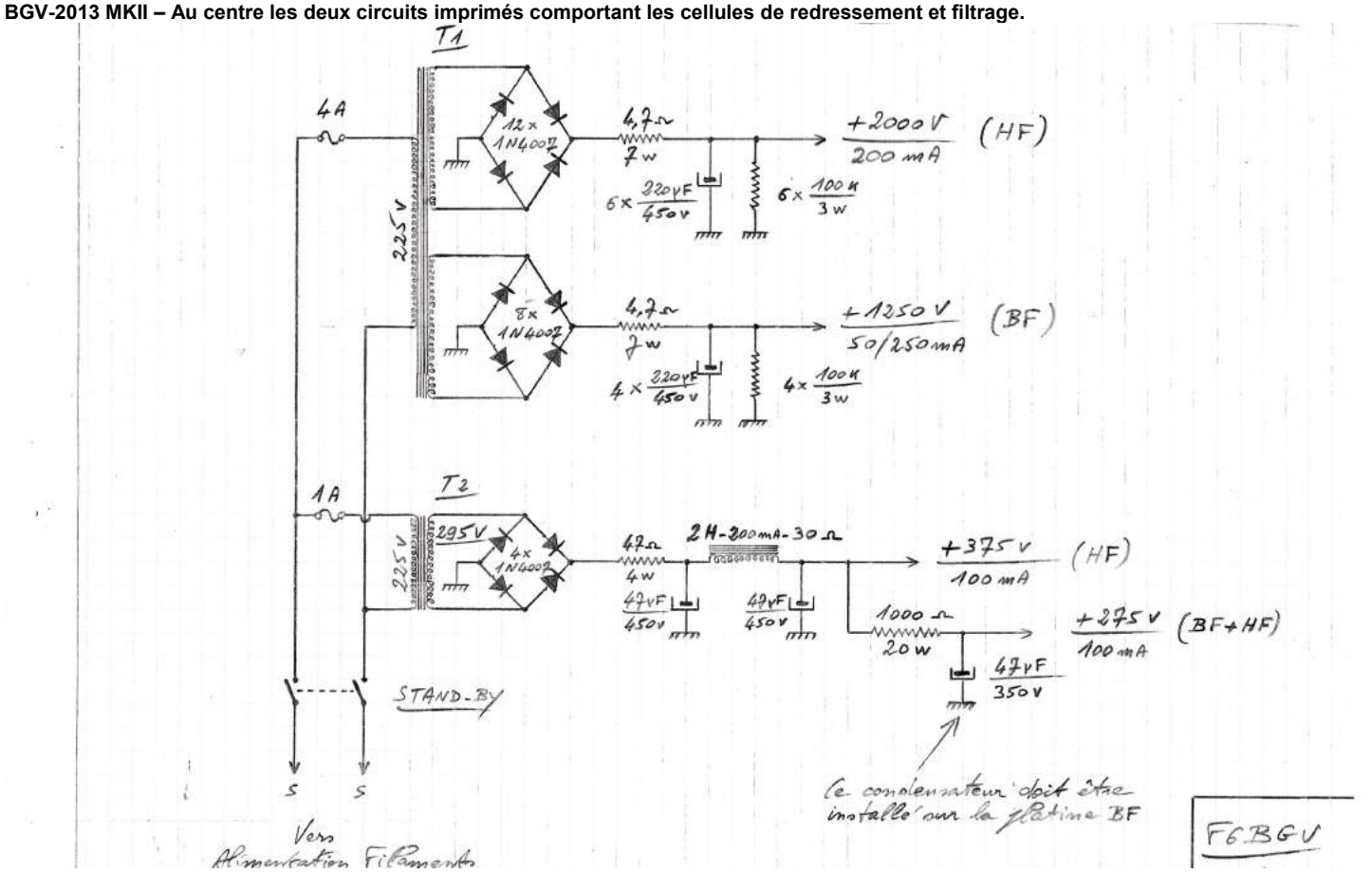


BGV-2013 MKII – En bas à droite TA 1250 / 2000 volts – A gauche TA & self filtrage étages intermédiaires – Au centre les 2 circuits imprimés montés verticalement avec cellules de redressement & filtrage.

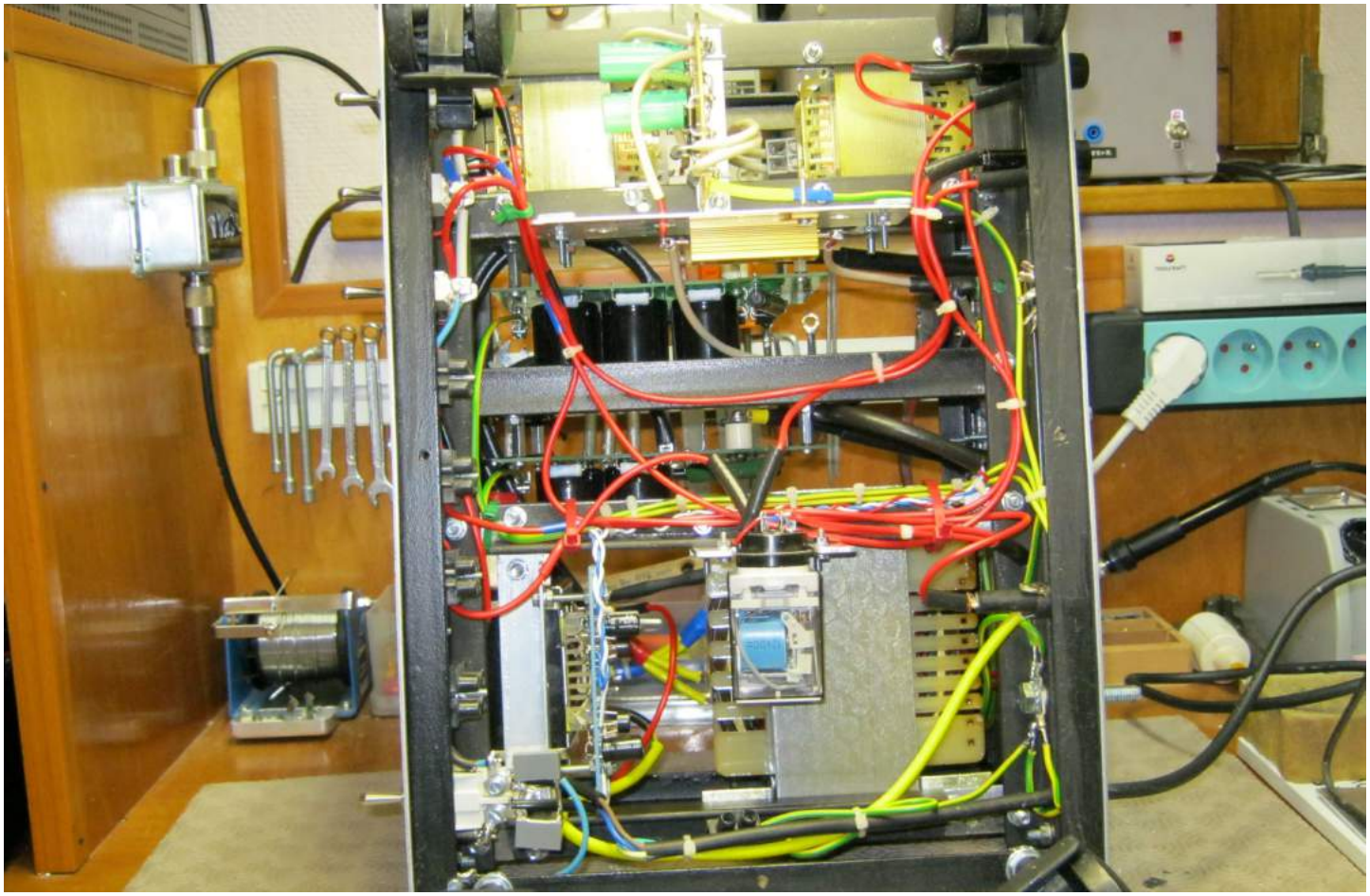




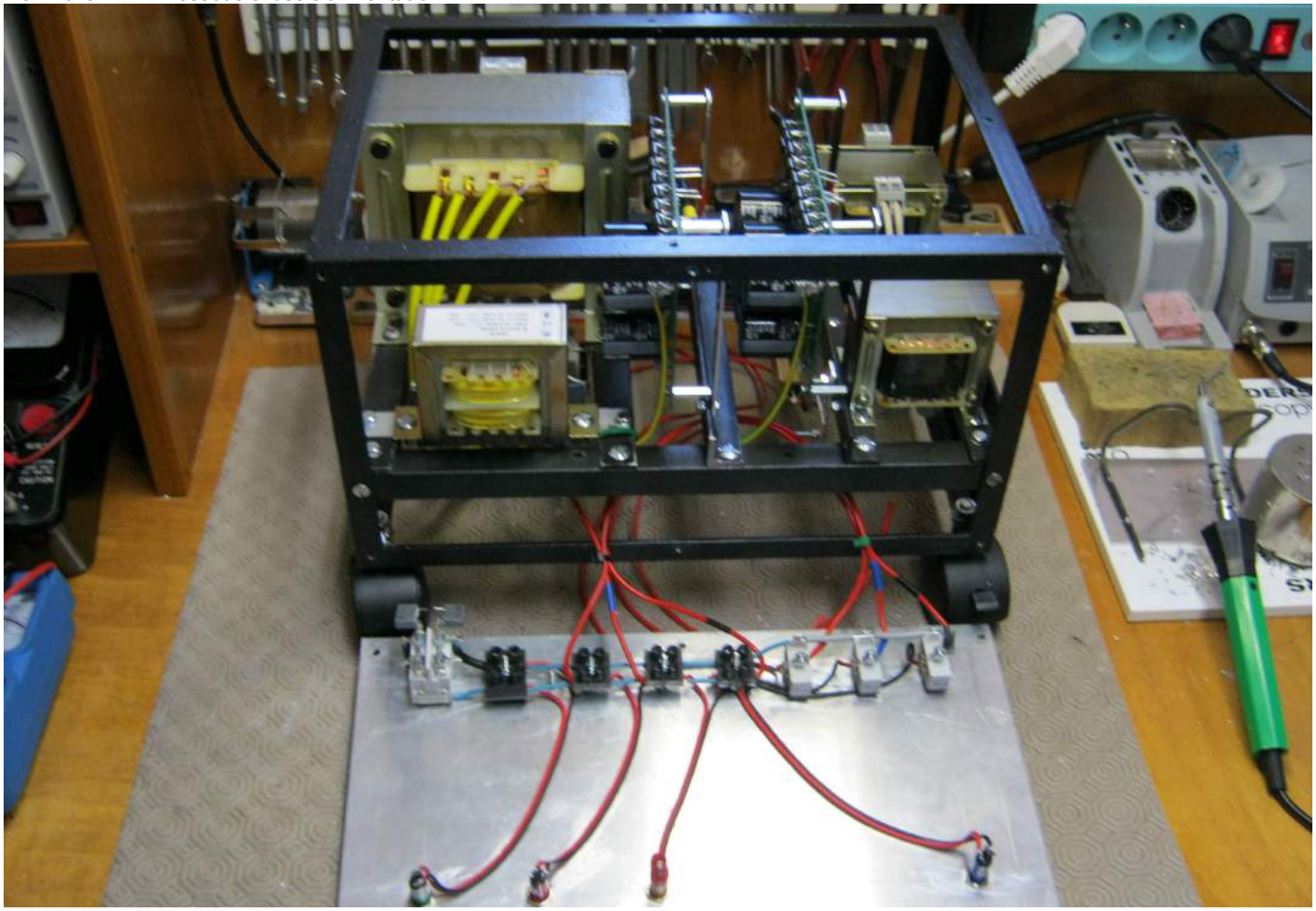
BGV-2013 MKII – Au centre les deux circuits imprimés comportant les cellules de redressement et filtrage.



BGV-2013 MKII – Schéma alimentation générale.

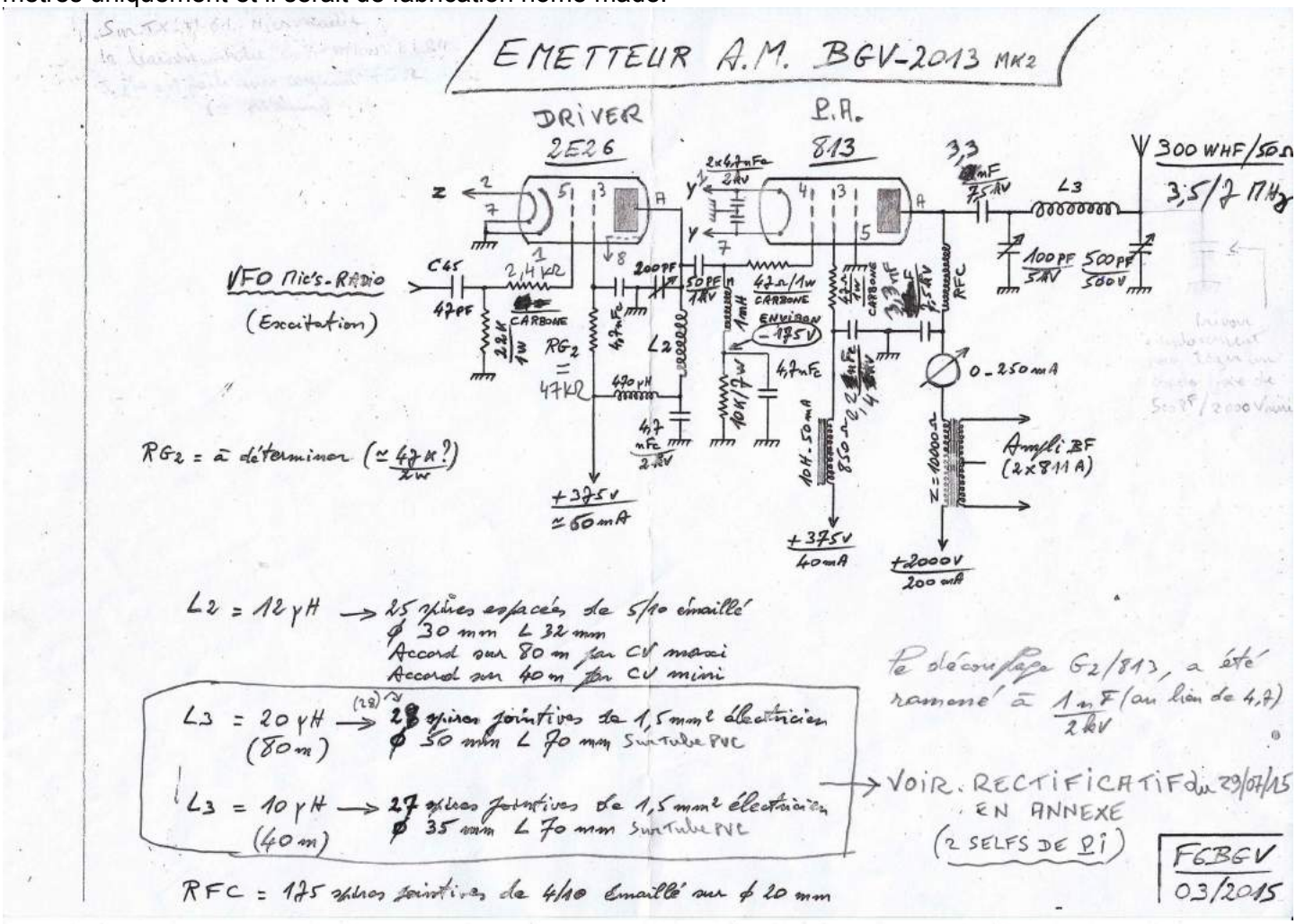


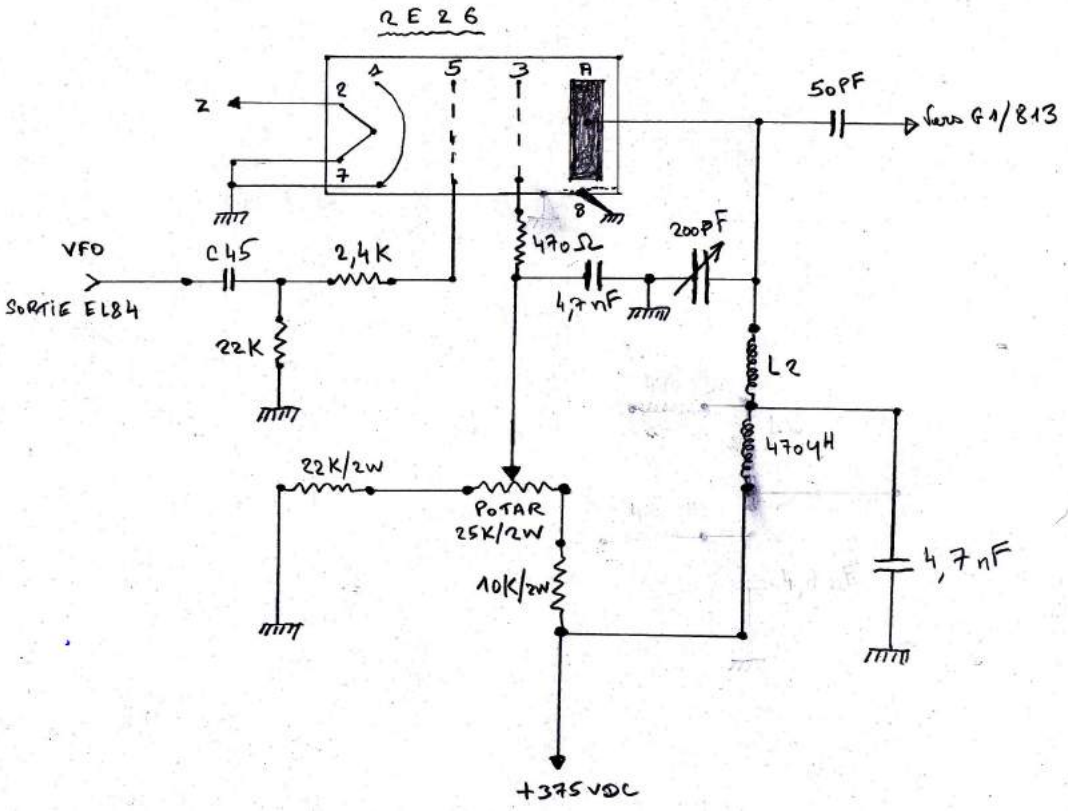
BGV-2013 MKII – Dessous châssis alimentation.



BGV-2013 MKII – L'alimentation et sa face avant détachée.

Ci-dessous le schéma de l'étage HF (driver & PA) mais sans le VFO. Comme indiqué plus haut, je peux fournir un schéma de VFO à tubes commercial comme celui utilisé pour mon montage. J'ai également la possibilité de fournir un autre schéma de VFO à tubes mais, dans ce cas ce serait un VFO pour la bande 80 mètres uniquement et il serait de fabrication home made.

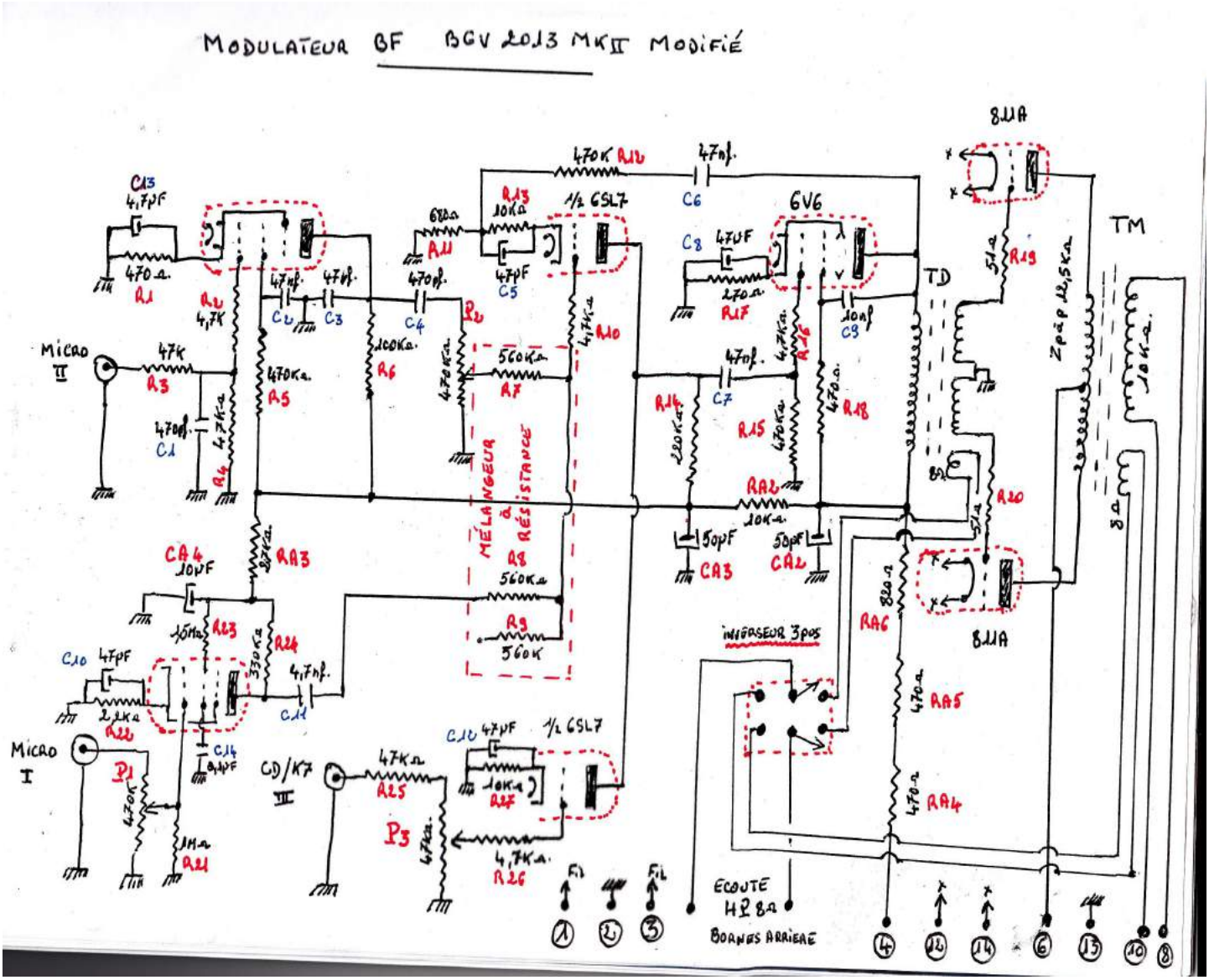




BGV-2013 MKII – Remplacement de RG2 par potentiomètre de 25K/2 watts & résistance de 22 K côté masse et R de 10 K côté HT.

Ci-après schéma de l'étage BF modulateur comportant 5 tubes, puissance 150 watts avec modulation plaque / écran à 100 %.

Le tube suivant l'entrée MICRO 1 est une EF86. Le tube suivant l'entrée MICRO 2 est une 6SJ7. Tous les tubes comportent des culots de type octal à l'exception des 811A qui comportent des sockets à 4 broches.



Vous trouverez sur la page suivante les relevés des différentes tensions de l'étage BF modulateur.

Egalement les caractéristiques (impédances) des transformateurs driver (TD) et de modulation (TM). Il est à noter que cet étage BF pourrait très bien être utilisé en tant qu'amplificateur BF monophonique pour sonorisation. Dans ce cas, il faudrait prévoir les enceintes adéquates (150 watts) sous peine de « fusiller » les haut - parleurs.

Si j'ai choisi l'option de séparer en trois coffrets différents cet ensemble, c'est en premier lieu à cause du poids élevé des appareils (environ 60 Kgs au total), d'une part, et d'autre part, cela me permet d'utiliser chaque étage éventuellement accouplé à d'autres types d'appareils ce qui peut parfois s'avérer très intéressant.

Je n'ai pas inséré les différents schémas des circuits de commutation émission / réception et d'enclenchement / coupure des alimentations. Sur simple demande je pourrais les transmettre à quiconque qui pourrait être intéressé.

Pour informations complémentaires, cette construction a été réalisée sur tôle d'aluminium épaisseur de 1,5 mm. Les châssis et coffrets des étages HF et BF sont identiques en tous points car ils proviennent d'ensembles émission / réception de récupération de la marque GELOSO bien connue des radioamateurs dans les années 60 / 70. Ces coffrets permettent une bonne ventilation par le dessus et sur les faces latérales. L'extraction des châssis se fait à l'aide de poignées situées en face avant ce qui est bien pratique. La lecture des fréquences d'émission se fait sur le cadran circulaire visible en face avant mais je préfère utiliser un

fréquencemètre numérique bien plus précis. Cette lecture se fait sans liaison, uniquement par rayonnement de la HF.

Relevé des Tensions sur l'Amplificateur

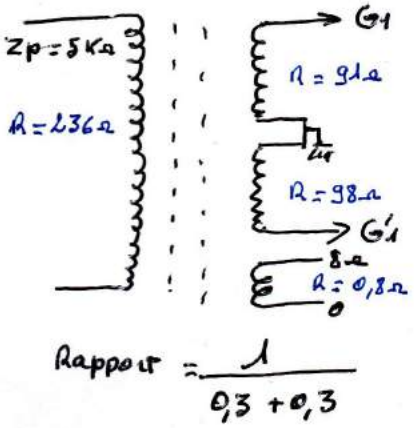
- HT Entrée sur borne n° ⑭ → 375 volts
- HT Après les Resistances RA4 - RA5 - RA6 → 275 volts sur CA2
- HT Après la Resistance RA2 (10 KΩ) → 245 volts sur CA3
- HT Après la Resistance RA3 (27 KΩ) → 224 volts sur CA4
- Intensité consommée sur la ligne 375 volts **I = 56 mA**

Tensions Relevées sur les Tubes

EF86 VP = 52,9 V VG2 = 63,6 V VK = 1,3 V	**6 SJ7** VP = 85,6 V VG2 = 39,4 V VK = 0,9 V VG1 relié à la cathode
1/2 6SL7 VP = 153,8 V VK = 2 V	**1/2 6SL7** VP = 153,8 VK = 2 V
6 V6 VP = 262,9 V VG2 = 274 V VK = 14,8 V	Resistances chutrices de Tension de 375 volts aux 275 volts ≈ 1800 Ω. RA4 + RA5 + RA6 = 1760 Ω

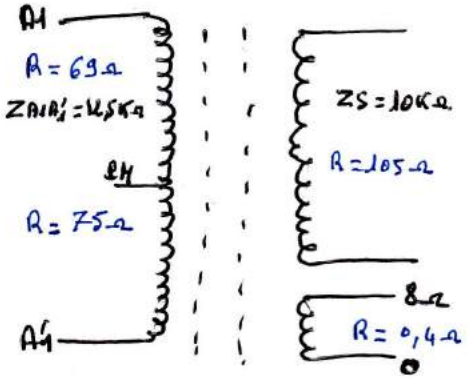
Transformateurs

TD



Rapport = $\frac{1}{0,3 + 0,3}$

TM



Sur la photo qui précède, nous pouvons observer l'ensemble de l'appareillage décrit dans cet article, appareillage parfaitement opérationnel. Au centre sur la partie supérieure sont le coffret HF et le coffret BF à sa droite. En dessous un récepteur Geloso G 4/215 et à sa gauche un émetteur Geloso G 4/222. A droite du récepteur Geloso il y a un petit oscilloscope connecté sur la sortie antenne de l'émetteur afin de contrôler s'il n'y a pas d'écrêtage au niveau de la modulation. Tout à fait à gauche de la photo se trouvent un autre récepteur Geloso plus récent, G 4/216, une boîte de couplage AT-1200 assez QRO ainsi qu'un wattmètre / TOS mètre Daïwa récent. Le coffret alimentation de l'ensemble se trouve en dessous de la table ce qui est intéressant pour gagner de la place dans une station à espace assez restreint.

Je reste à la disposition de toutes celles et ceux qui pourraient trouver un quelconque intérêt à cette fabrication et je les invite à participer aux différents QSO en modulation d'amplitude dont vous trouverez ci-après les QRG et les horaires.

Cordiales 73 à tous de Jean-Pierre – F6BFK (f6bfk@ymail.com).

- *QSO en modulation d'amplitude tous les matins sur 3550 KHz à partir de 7 heures locales et tous les soirs sur 3600 KHz à partir de 18 heures locales.*
- *Tous les jeudi soirs sur 3600 KHz à partir de 21 heures locales. Si QRM, QRG de 3610 KHz.*

*Visitez le site de L'ARACCMA dédié à la modulation d'amplitude. **(ARACCMA.com)**. « Une merveille » pour les constructeurs / rénovateurs de vieux « trusquins ».*

Remerciements à F6BGV Jean-Pierre, auteur des schémas HF, BF, alimentation ainsi que de ses précieux conseils.
Remerciements à F6HSB André, auteur du schéma définitif de la partie BF et pour la fabrication des transformateurs driver et de modulation de très haute qualité.