

Un PA 144 MHz a tubes de 200 Watts HF

Par Eric Olivier – F0ERO



Désireux d'augmenter un peu la puissance de sortie de mon transceiver 144 Mhz, je me suis mis à la recherche d'un PA à lampes puis sous l'insistance de Michel (F6GPU), je me suis lancé finalement dans la réalisation d'un petit ampli à triodes de type 2C39 que je pourrais utiliser lorsque j'aurai ma F4 en poche.

Ce montage dont la description a été publiée dans une revue d'électronique des années 90 je crois, est aussi disponible sur le net sur le site de F1AFZ. F6GPU l'a réalisé, il y a 20 ans ce qui m'a permis d'avoir un bon support visuel pour cette réalisation.

Les tubes utilisés sont des 7289, version militaire plus robustes que les 2C39. Deux triodes sont montées en parallèle, grille à la masse. Ce montage présente toutes les qualités puisque le taux d'intermodulation est faible, puissance d'entrée de 10/12 W, compatible avec les transceivers actuels, alimentation très simplifiée (pas de tension d'écran à générer), fonctionnement très stable. On peut espérer d'un tel montage une puissance hf de 180/200 W en ssb pour 11 W en attaque. On trouve les tubes facilement sur Ebay ou dans les brocantes radioamateur. Comptez environ 10 euros la lampe de surplus, neuve, dans l'emballage d'origine. J'ai trouvé les miennes au salon

de Clermont de l'Oise sur le stand de Bernard(F6GYH).

Le point le plus délicat concerne l'approvisionnement du transformateur HT. Même chose que pour les lampes, il faut se tourner vers les petites annonces ou vers les salons. Il devra être en mesure de sortir environ 500 mA sous 800 V pour être tranquille. Redressé, la tension fournie au montage tournera autour de 1100 V continu, une fois celle-ci redressée et filtrée.

Personnellement, j'ai réussi à convaincre Michel (F6GPU) de me céder un transfo qu'il gardait précieusement depuis 20 ans pour construire un ampli UHF. Il faut dire que je n'est pas eu à beaucoup insister, trop content qu'il était de voir un « jeune » radioamateur F0, se lancer dans une telle réalisation.

Le montage

La cavité est assemblée avec des plaques de circuit imprimé double face. On peut utiliser du circuit simple face mais c'est moins pratique, on ne peut rien souder sur l'extérieur de la cavité. Je pense notamment au métal déployé servant de cage de Faraday qui doit recouvrir les ouvertures de ventilation. Si l'on utilise du CI double face (à éviter pour des fréquences supérieures aux VHF), les deux faces cuivrées de chaque plaque doivent être court-circuitées pour éviter les capacités parasites.



J'ai commencé par positionner les tubes sur la plaque servant de séparation entre le circuit d'entrée et de sortie. Les supports de tubes 2C39 sont quasi introuvables, il faut donc faire preuve d'un peu d'inventivité et résister à la tentation de les souder.

Pour réaliser le support, j'ai utilisé des manchons de plomberie en cui-



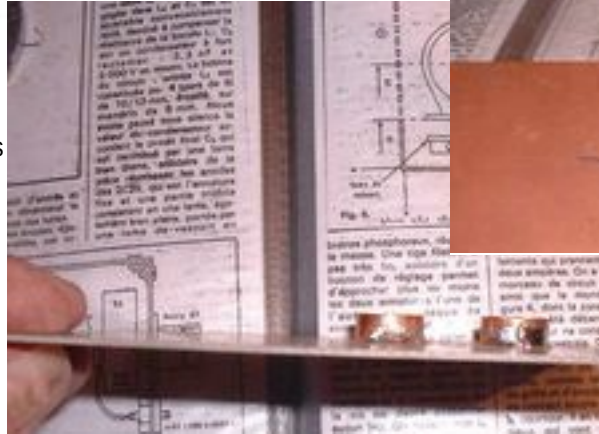
vre à souder pour tube 14/16. Le manchon est fendu à la meuleuse

d'angle avec un disque fin pour la coupe de l'inox puis taillé à la longueur préconisée (11mm) pour d'une part servir de support à la lampe et assurer un bon contact de grille. L'élasticité du cuivre écroui convient parfaitement, ce qui n'est pas le cas du recuit.

La plaque supportant les tubes est percée de deux trous diamètre 18mm à l'aide d'un foret à bois. Les



manchons sont soudés au circuit sur un tiers de leur circonférence, coté opposé à la fente. Le positionnement doit être très précis et correspondre au plan. Ah oui, c'est vrai, j'ai oublié de vous préciser qu'il ne faut pas



prendre de liberté avec les cotes indiquées sur le plan, il faut les suivre à la lettre, et travailler au mm, voire au $\frac{1}{2}$ mm de précision. C'est la clé du succès et dans le cas contraire, le rende-

ment sera désastreux, croyez moi sur parole, j'en ai fait la triste expérience.

Une fois les supports réalisés, il faut s'attaquer au circuit anode. On perce un bout de CI de 2 trous de D30mm à la scie cloche ou avec un foret à bois puis on le découpe aux cotes indiquées sur le plan. Ensuite on réalise deux petits colliers qui viendront se serrer sur les collerettes d'anode. Pour ce faire j'ai utilisé du tube de plomberie en cuivre 26/28. Les colliers sont soudés sur la plaque d'anode et celle-ci est positionnée à 25 mm de la plaque de grille et les colliers sont serrés. Pour les finitions, que ce soit des colliers ou des autres pièces constitutives, je me suis servi d'un disque à poncer monté sur une meuleuse d'angle. C'est rapide et



pratique.

A ce stade, on peut souder les faces avant et arrière de la cavité.



Maintenant, il est temps de se coller à la partie la plus délicate à mon sens, le circuit cathode.



Il faut être minutieux. Une plaque de CI simple face servant de support aux languettes de connexion de la cathode et du filament est fixée à la cloison de la grille grâce à des entretoises isolantes. Cette plaque de CI ne doit comporter que le minimum de surface cuivrée nécessaire à la fixation par soudure des languettes de contact et ceci, pour éviter les effets capacitifs. Ce support doit être disposé à 13 mm de la cloison de la grille comme indiqué sur le plan. Les connexions sont dans mon cas réalisées en finger-stock mais on peut aussi utiliser des languettes de piles plates 4.5 V. Les photos, dans ce cas, seront bien plus parlantes qu'un long discours.

Une fois les supports de tubes terminés, on peut s'attaquer à l'implanta-



tion des composants.

Nous allons donc câbler le circuit d'entrée. C'est un circuit en Pi classique, C4 est un ajustable à piston de 25 pF, C5 et C6 sont des ajustables à piston ou céramique de 25 pF également. L3 comporte 4 tours de fil argenté ou cuivre de 1.5mm de diamètre et cette bobine est réalisée sur un mandrin de 6mm. La fiche d'entrée est une « N », c'est tout ce dont je disposais mais on peut la remplacer par une BNC ce qui limite un peu son encombrement. Toutes les connexions sont regroupées sur la face arrière, qui

accueille les fiches N d'entrée et de sortie HF, les 2



by-pass du potentiomètre de polarisation, les 2 by-pass du circuit de chauffage des tubes, et le by-pass d'alimentation haute tension. Les by-pass sont soudés coté intérieur de la cavité et servent de traversée de cloison tout en assurant un découplage. Les selfs de choc CH1, CH2 et Ch3 sont des VK200. Le transistor de polarisation est un BDY72 et il est monté sur un kit d'isolation à l'extérieur de la cavité sur le coté droit ou gauche, peut importe...

Dans la partie supérieure de la cavité, on peut fixer le condensateur assiette de 1.5 nF. La bobine de coulage L2 comporte 1 spire de fil argenté 1.5 mm de diamètre. Elle est soudée d'un coté au circuit d'anode et de l'autre au condensateur assiette. L'alimentation HT est amenée depuis le by-pass d'alim au condensateur assiette à travers une self de choc. Celle-ci est réalisée en enroulant 52 cm de fil de cuivre de 1.5mm² sur un mandrin 8mm. Attention à bien respecter une distance minimale de 8 mm entre la self de choc et la cavité sous peine de provoquer de jolis arcs électriques. Le couplage antenne est



réalisé par une spire de fil de cuivre argenté de 1.5mm² reliant la fiche N au condensateur variable C1 de 30 à 50 pF max dont l'axe de commande doit être isolé.

Le condensateur d'accord de plaque C2 est un disque en CI simple face de 30mm de diamètre soudé sur une tige filetée M6. Un demi disque de CI simple face est quand à lui soudé en regard sur le circuit plaque. Un écrou soudé à l'extérieur de la cavité permet en tournant la tige filetée de faire varier la distance entre les deux disques et donc du même coup de faire varier la capacité.



Il est nécessaire de souder une languette souple qui viendra frotter contre le disque mobile pour assurer un bon contact avec la masse de la cavité. Une fois les composants implantés, on peut souder les cotés de la cavité en respectant bien toutes les cotes et les équerrages. Les cotés auront été préalablement percés à la scie cloche D50 au regard des tubes pour assurer le passage du





flux d'air de refroidissement. On soude du métal déployé sur les ouvertures de refroidissement pour faire cage de Faraday. On s'assurera que les vis des colliers du circuit plaque sont bien démontables en passant un tournevis au travers du métal déployé pour faciliter un remplacement ultérieur des tubes. On peut fermer la partie supérieure de la cavité en soudant par quelques points du métal déployé, le ventilateur se fixant par-dessus. C'est un ventilateur 220 Vac 120x120x38mm de type informatique.

Il ne reste plus qu'à fixer la

cavité dans le boîtier moyen tour d'un PC et de ramener les commandes de CV en face avant. Des tubes en pastique peuvent faire office d'axes et des morceaux de tuyaux ou d'isolant de câbles électriques, serrés par des petits Colson, font de très bon flectors.



L'alim HT

L'alim HT est fixée sur une plaque métallique qui accueillait en son temps la carte mère du PC. Elle est câblée « composants en l'air », les condensateurs de filtrage, serrés ensemble par un collier Colson servant de support au pont de diodes. Les condensateurs au



nombre de 4 sont des électrochimiques 470 μ F 400V. Quatre résistances d'équilibrage de 470 k 3W sont soudées en parallèle aux bornes des condensateurs. Les 4 diodes sont des BY255 avec en parallèle des résistances de 470Kohms 3w également. Une résistance de protection R9 de 10 Ohms 3w Carbone est insérée dans la ligne positive de l'alim et est suivie par un fusible de 500mA dont le support est accessible en façade. (Prévoir des résistances de protection de secours car elle claque en cas d'amorçage accidentel). L'inter S2 est un relais dont les contacts sont très espacés pour assurer une bonne isolation. Dans mon cas, c'est un relais 24 V que l'on m'a gracieusement offert (merci Fifou-F1GMA) et qui m'a obligé à prévoir une alimentation 24 V en plus de celle en 12V pour les relais coaxiaux de commutation HF. Un fusible, accessible en façade également est inséré dans le circuit primaire du transfo HT. Je ne rentrerai pas dans le détail en ce qui concerne l'intégration de la cavité et de ses accessoires (Alim HT, Alim 12V et 24 V, ampèremètre et milliampèremètre, inter, porte fusible, voyants, etc.) dans le boîtier du PC. C'est à la portée de tout radioamateur qui se respecte. Soyez juste très soigneux dans les câblages MT et HT. Respectez une distance minimale de 1 cm entre tout ce qui véhicule de la HT et le châssis. On pourra prévoir une temporisation réglée à 3 minutes sur le relais d'alimentation HT évitant ainsi d'appliquer par mégarde la haute tension sur des tubes froids.

Le circuit de chauffage est alimenté en 5.9V AC. Il faudra peut être insérer un rhéostat si votre transfo débite plus que cette tension. J'ai glissé un fusible et un ampèremètre ferromagnétique dans la ligne d'alimentation. C'est préférable, je pense.



Mise en service.

Tout d'abord, il faut s'astreindre à quelques règles de base et bien se rappeler que si l'on touche la HT, on est mort.

- Couper le secteur et décharger les condensateurs à la masse avant toute intervention sur la cavité.
- Les réglages sont faits avec des outils isolés de qualité et toujours avec une main dans le dos, jamais les deux mains en même temps.
- Maintenir un plan de travail propre et rangé, pas comme sur les photos HI.
- Rien ne doit se trouver en équilibre précaire, que ce soit l'ampli ou l'OM.

Si vous respectez bien le plan et les photos, cela devrait fonctionner du premier coup.

On insère une petite charge non rayonnante sur le circuit HF d'entrée et une charge supportant au moins 200W sur le circuit HF de sortie.

On commence par chauffer les tubes pendant une journée puis on applique une HT réduite en utilisant le point milieu du transfo, s'il en est doté bien sûr.

On règle la polarisation à l'aide de P1 de façon à obtenir un courant de repos de 60mA et on vérifie que le montage n'oscille pas.

On coupe la HT.

On remplace la charge d'entrée par un transceiver ou un MFJ et on règle C4, C5, C6 pour obtenir le moins de ROS en entrée.

Une fois le circuit d'entrée accordé, on peut appliquer la haute tension de nouveau.

On injecte progressivement de la HF, 1 ou 2 W et on cherche un



accord avec C1 et C2.

Lorsque le maximum de puissance HF est obtenu, on augmente progressivement la puissance d'entrée jusqu'à 10 W et on reprend l'accord au fur et à mesure si nécessaire.

Ce réglage est à effectuer par période 5 secondes en porteuse, 20 secondes de refroidissement.

Une fois les réglages d'accord bien maîtrisés, on peut appliquer toute la tension soit 1000V à 1150 V.

Il faudra régler à nouveau le courant de repos.

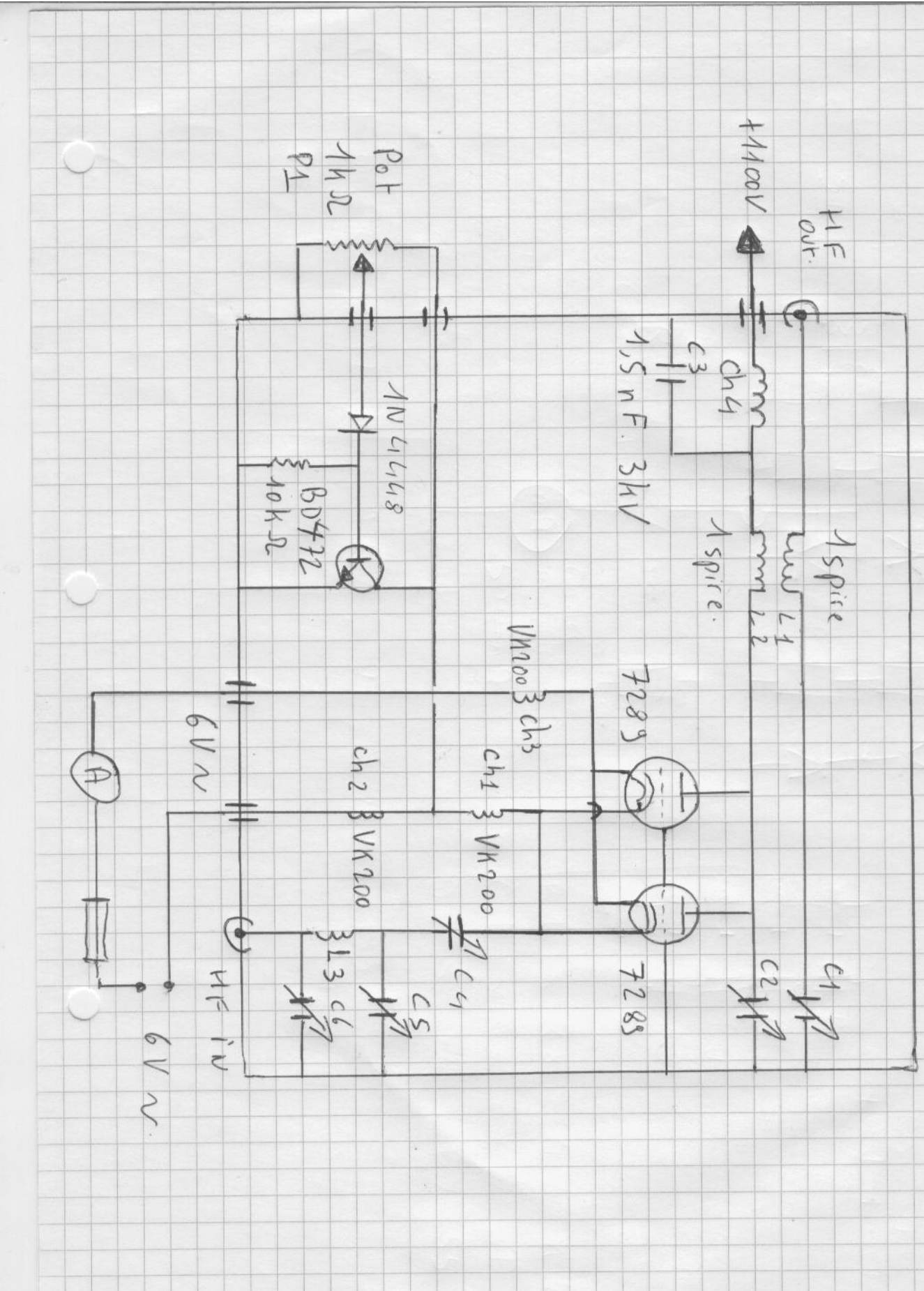
On peut recommencer à injecter une HF réduite en entrée et monter doucement jusqu'à 11 à 12W. On devrait trouver 180 à 200W HF en sortie.

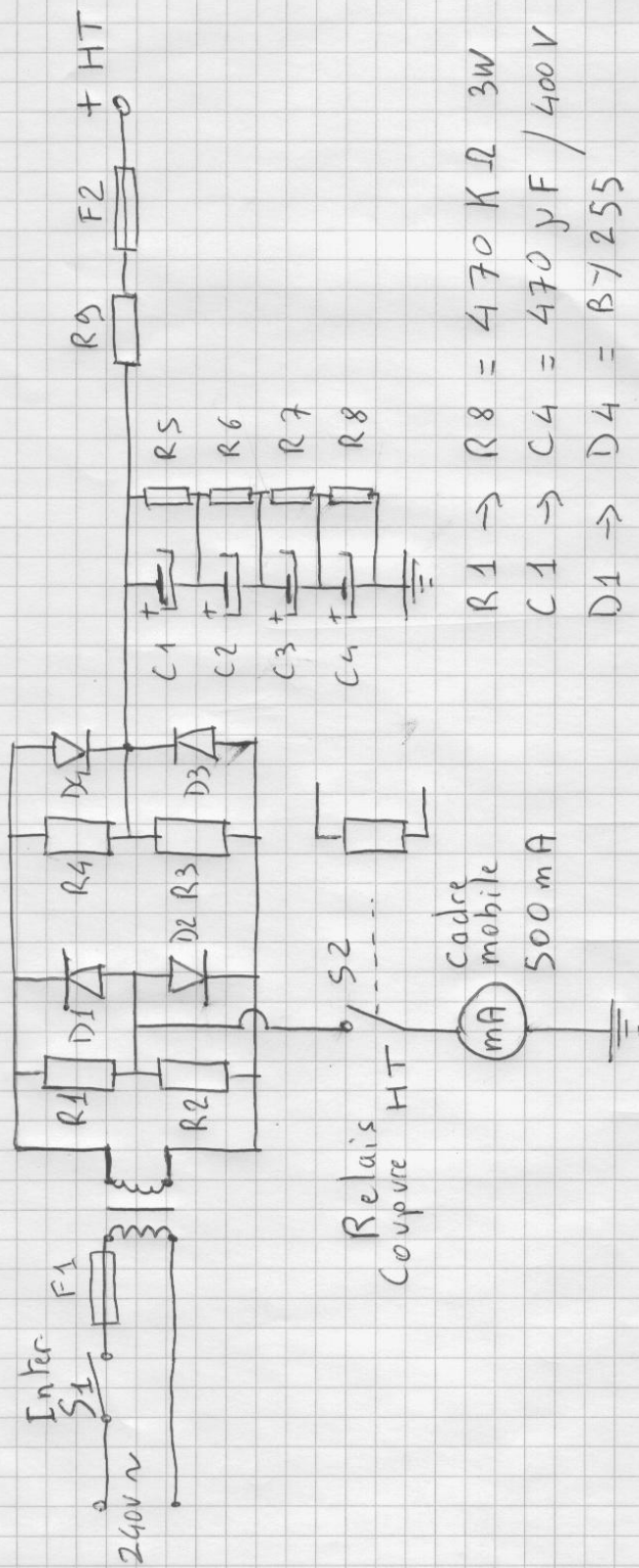
Cet ampli est prévu pour fonctionner en SSB et pour un fonctionnement en FM, il faudra appliquer une haute tension réduite de moitié et se limiter à une centaine de Watts.

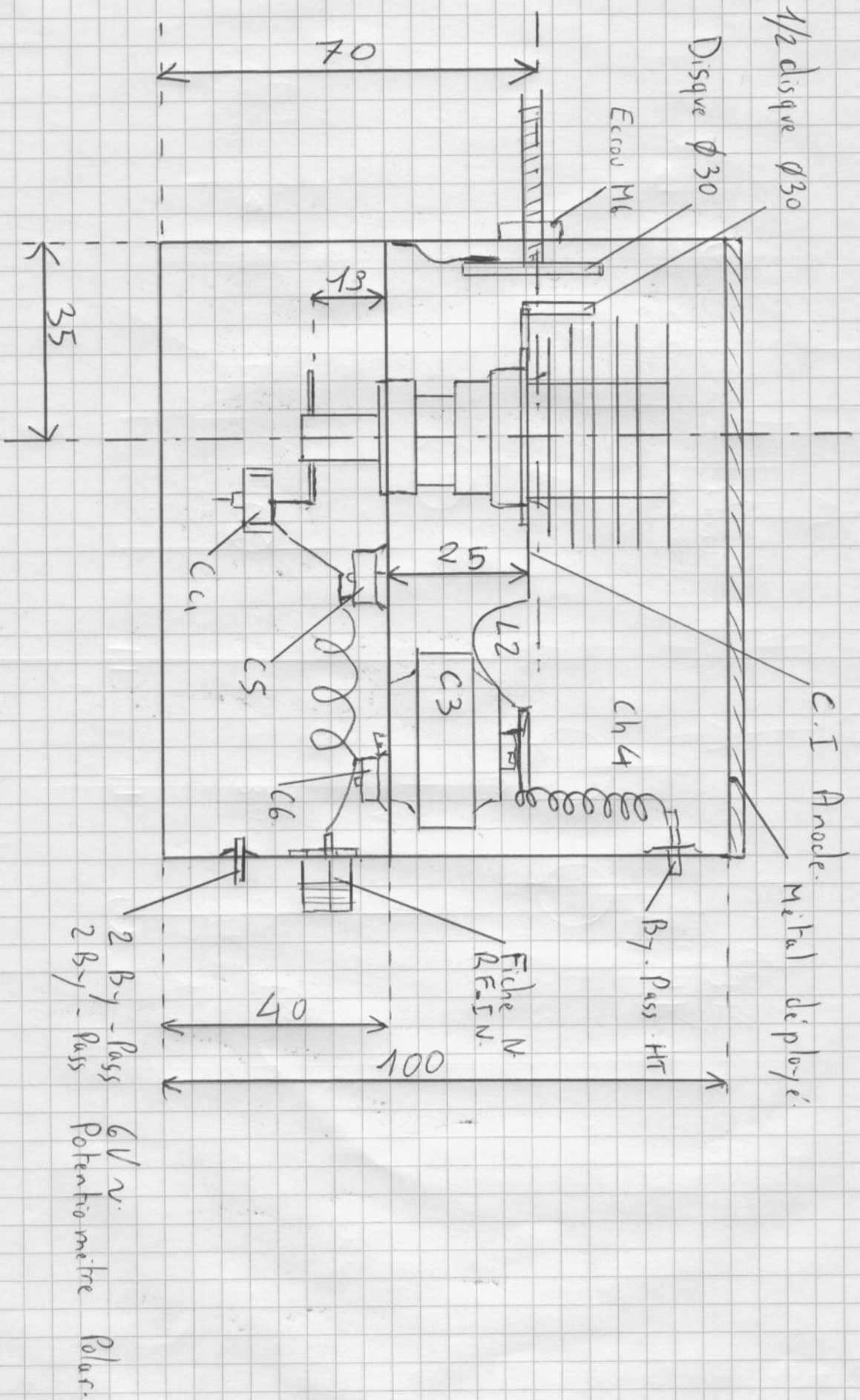
La liste des composants

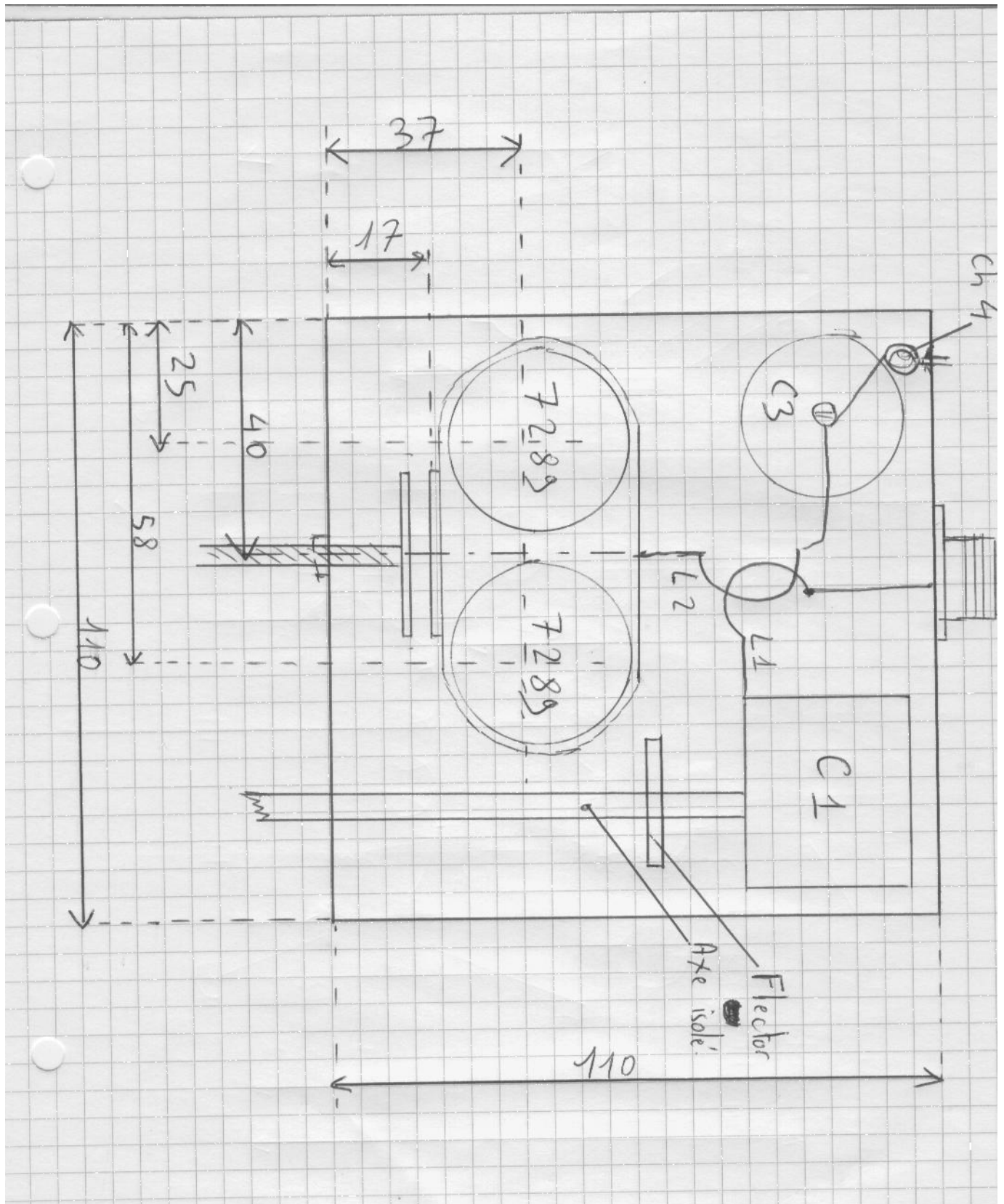
Alim :	Prix
8 Résistances 470KOhms / 3W	2.8
1 Résistance 10 Ohms / 3W	0.35
4 Diodes BY255	0.8
2 Porte-fusibles 6x32	1.8
1 Fusible 3.15 A	0.3
1 Fusible 0.5 A	0.3
4 Condensateurs 400V-470UF	42
1 Galvanomètre 500 mA	5.9
1 Galvanomètre 3A-AC	20
1Transfo HT	100
Alim Auxiliaire	
1Tranfo torique 2x18V-50VA	23.5
1 Régulateur 7812-2A	0.9
2 Condensateurs chimiques 1000UF/50V	2.6
2 Porte fusibles 5x20 sur CI	0.4
2 Fusibles 2A	0.3
2 Porte fusible 5x20	1.1
2 Fusible 0.5A	0.3
Cavité	
2 Tubes 7289	20
5 By-pass	*
3 Condensateurs ajustables	*
2 Fiches N chassis	4
1 Condensateurs assiette 1.5nF	*
1 Diode 1N4448	*
1 Transistor BD472	*
1 Résistance 10KOhms ¼ W	*
1 Potentiomètre 1KOhms	1
3 VK200	1.8
2 Relais coaxiaux CX520D	180
Total :	393.50 Euros

Les Plans




$$\begin{aligned} R1 &\rightarrow R8 = 470 \text{ K}\Omega & 3W \\ C1 &\rightarrow C4 = 470 \mu F & / 400V \\ D1 &\rightarrow D4 = B7255 \end{aligned}$$





Bon montage et soyez très prudent.