

**Par Marc CHAMLEY F 3 Y X**  
**Aidé de F1BHY pour les dessins**  
**et les circuits imprimés**

Edition 1 du 1<sup>er</sup> mars 2009

## **Conversion de fréquence pour émetteur ATV ou DATV**

**Qui ne s'est un jour trouvé dans le besoin de convertir une émission d'une fréquence vers une autre, aussi bien vers le haut que vers le bas, et ceci avec un taux de résidus indésirables aussi faible que possible, et un niveau de sortie proche de la centaine de milliwatts permettant d'attaquer ensuite à peu près n'importe quel ampli de puissance?**

**Comme la plupart d'entre vous, je me suis de très nombreuses fois trouvé devant ce problème, et ai finalement décidé de le résoudre de la façon la plus universelle possible, en utilisant trois petits modules indépendants et un filtre. Ce n'est pas un mouton à cinq pattes, mais plutôt quelque chose du genre « bonne à tout faire » pour la conversion d'émissions ATV, DATV, mais pourquoi pas aussi fm ou ssb.**

**Les trois modules ont les fonctions suivantes : 1 module filtre passe-haut ou passe-bas et un mélangeur 10 ou 13 dBm. Un deuxième module oscillateur local pouvant aussi bien être construit à base de DRO, qu'à base de quartz et multiplicateurs, et permettant de sortir 13 dBm entre 350 et 2000 MHZ, permettant à peu près toutes les combinaisons possibles depuis la Fi (35 ou 70 MHZ) jusqu'à 2450 MHZ. Le troisième module est un amplificateur large bande, qui peut couvrir de 20 à 2500 MHZ avec un gain entre 33 et 25 dB et pouvant sortir par exemple un signal DATV de 100 Milliwatts avec les épaules à mieux que 50 dB sur 1255 MHZ. Ces trois modules sont complétés par un filtre qui peut aussi bien être de récupération que de fabrication perso. (filtres hélicoïdaux à 3 cellules en 435, ou filtres de récup à 5 ou 7 lignes de largeur 100 MHZ pour le 1240 à 1300 ou le 2300 à 2450 MHZ.**

**C'est après avoir fait l'acquisition d'un émetteur DATV de type Minimod version 70 Cm, et afin de pouvoir aussi l'utiliser sur 24 Cm et sur 13 Cm que je me suis lancé dans cette étude, et l'ai finalement complétée par une conversion supplémentaire permettant de sortir du 10400 à 10500 MHZ, toujours avec épaules à -45 dB, et qu'il me reste à présent à amplifier jusqu'à en obtenir quelques watts.**

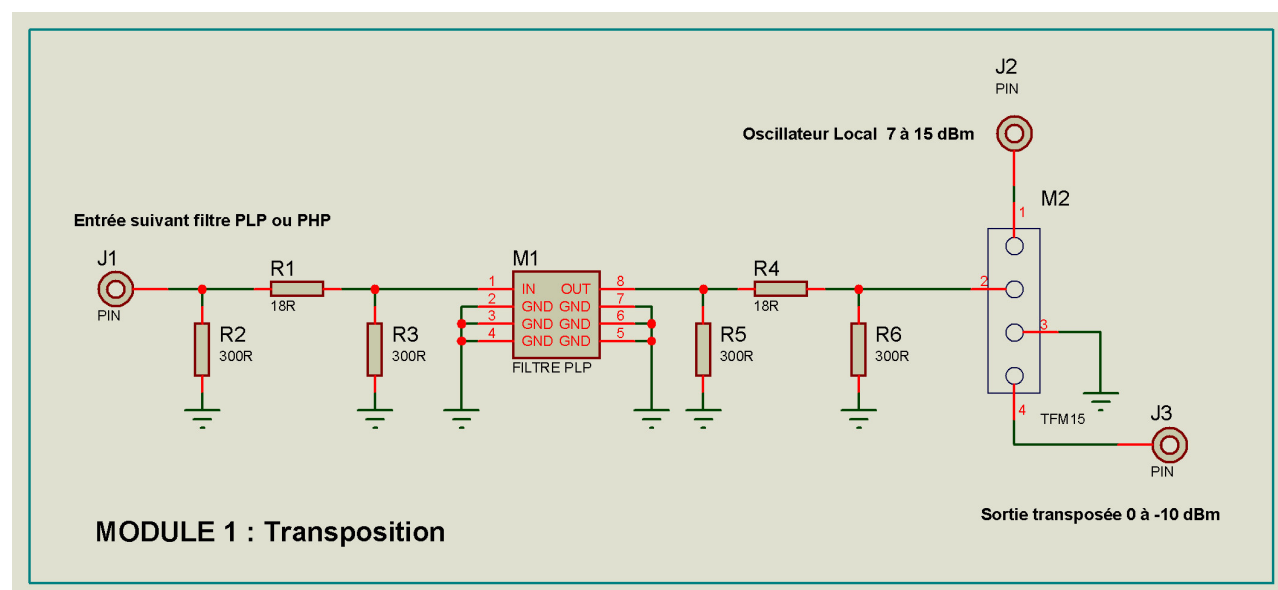
## Premier module : Conversion de fréquence.

Ce module se compose d'un filtre passe-haut ou passe-bas destiné à supprimer tous harmoniques ou sous-harmoniques, ce qui est entre autres indispensable avec un TX Minimod 70 Cm de SR-Systems. En effet la sortie de ce type d'émetteur n'étant pas filtrée, on constate lors de l'utilisation sur 70 Cm, un important niveau aux environs de 870 MHz qui serait très gênant après conversion vers du 24 Cm. D'où l'utilisation d'un filtre passe-bas coupant au-dessus de 500 MHz.

De même lors d'une conversion de 800 à 950 MHz vers 2300 à 2450 MHz, il est nécessaire de prévoir un filtre passe-bas ne laissant passer que les fréquences inférieures à 1000 MHz.

Le même cas se présente pour convertir du 35 ou 70 MHz vers du 70 ou 24 Cm : les harmoniques de la fréquence à convertir s'ajoutent à la fréquence de l'OL et produisent un tas de résidus indésirables qui risquent ensuite d'être amplifiés et rayonnés, quand en plus ils ne brouillent pas les réceptions locales.

Ce filtre passe-bas ou passe-haut peut bien sûr être court-circuité par un simple strap si vous estimez ne pas en avoir besoin. Il est de plus précédé et suivi par une atténuateur de 3 dB destiné à améliorer les adaptations d'impédance, aussi bien du filtre, que du mélangeur, ce qui en améliore les isolations. Le filtre utilisé est un produit standard de Mini-Circuits en boîtier relais similaire aux mélangeurs du genre MD-108, ou encore ML1. Cependant on trouve aussi, du même fabricant, des filtres en boîtier cms 1206 de références LFCN490, 1000, ou 1200. Dans ce cas il faut redessiner le circuit imprimé.

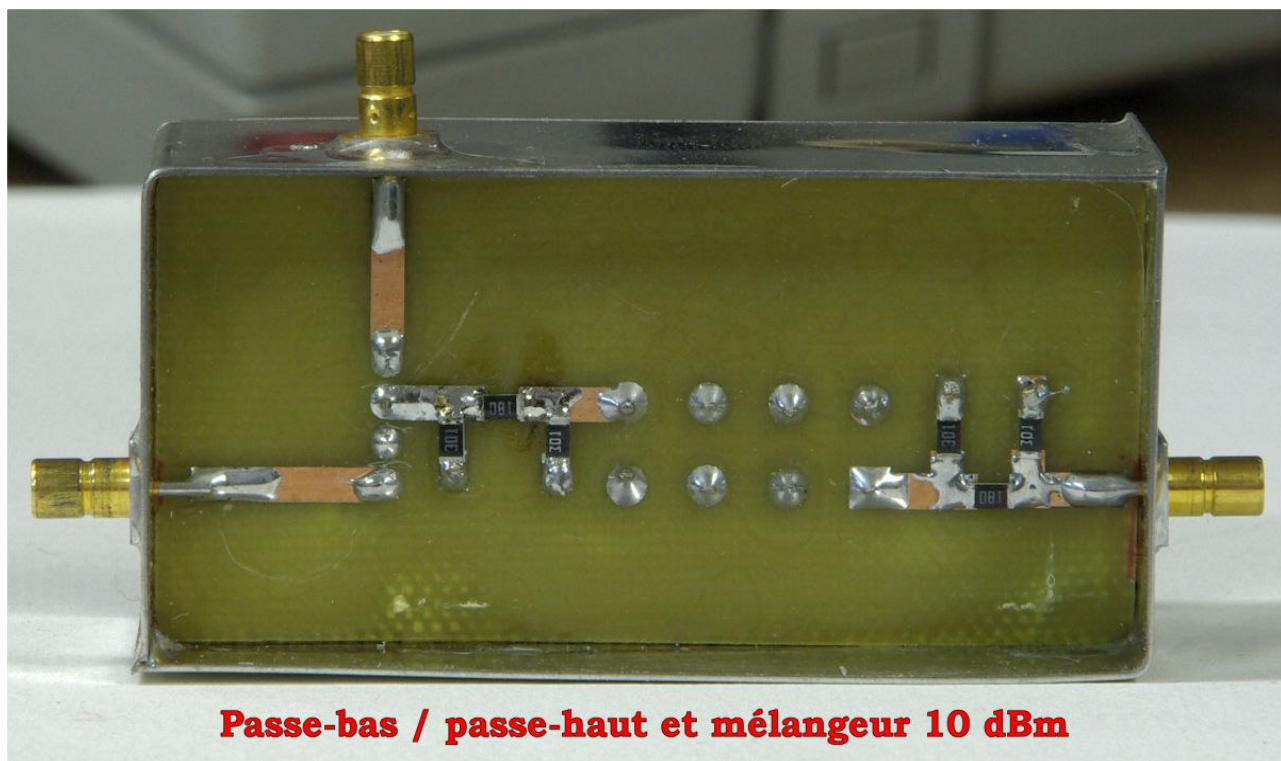
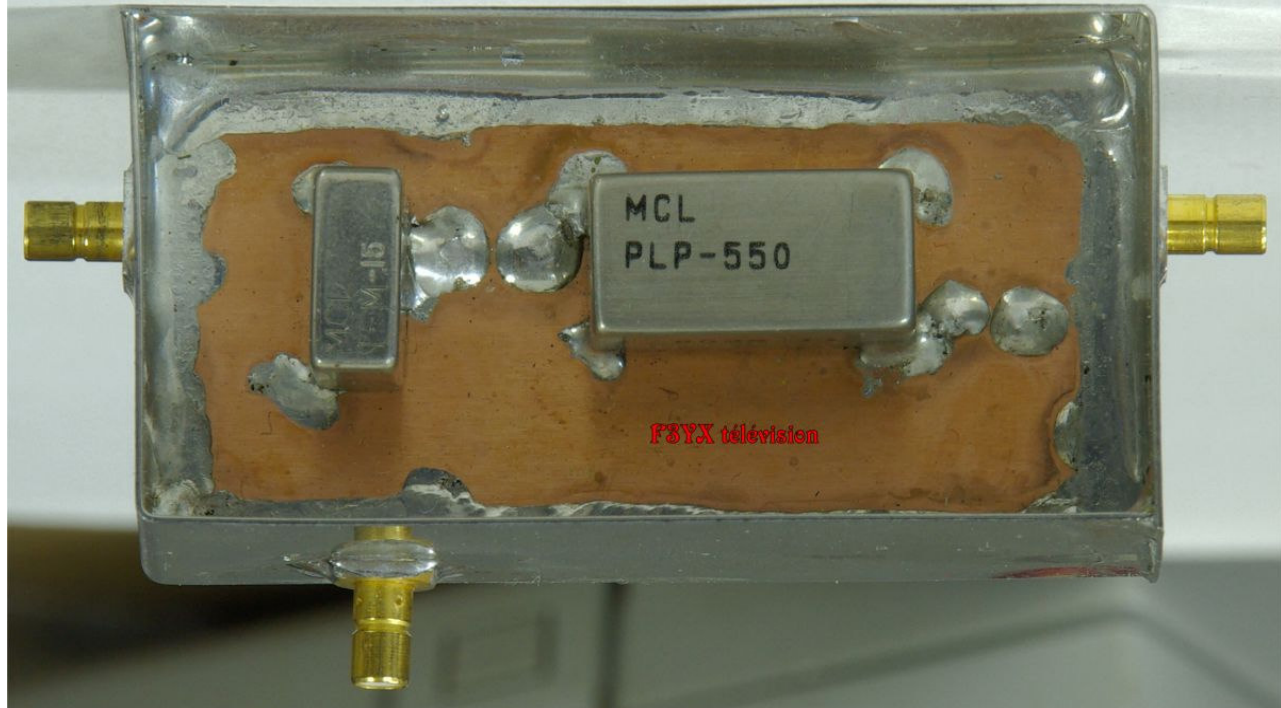


Lorsque la transposition se fait d'une fréquence plus basse vers une plus haute, il suffit que le mélangeur ait une plage de couverture FI au moins égale à la fréquence d'entrée. Par contre si l'on veut convertir par exemple du 2330 MHz vers du 437 MHz, il sera nécessaire que le mélangeur utilisé puisse accepter une valeur de FI supérieure à 2450 MHz, mais on peut aussi utiliser le module à l'envers. A titre d'exemple un TFM-5 accepte jusqu'à 1 GHz en FI et 1,5 GHz en RF et OL.

Avec un TFM-150 qui est un 10 dBm on peut aisément convertir du 437 vers du 1255, et même vers du 2350 MHz, mais à l'inverse on peut aussi convertir du 1255 vers du 437. Le TFM-15 qui est aussi un 10 dBm mais ne monte en FI qu'à 800 MHz permet par contre en RF et OL jusqu'à 3GHz, ce qui est encore plus favorable pour une conversion descendante de 13 Cm vers 70 Cm ou plus bas. Il en existe bien d'autres comme le TFM-42 qui monte à 4200 MHz en RF et OL et 1GHz en FI, et est de plus un +13 dBm pour l'OL ce qui permet de lui injecter jusqu'à + 15 dBm d'OL, le maximum qui sort de mon oscillateur local à quartz. Chacun peut choisir le mélangeur qui lui convient (ou disponible en fond de tiroir) en fonction des résultats à souhaités. Le seul critère impératif est le boîtier du mélangeur en fonction du circuit imprimé que l'on aura réalisé.

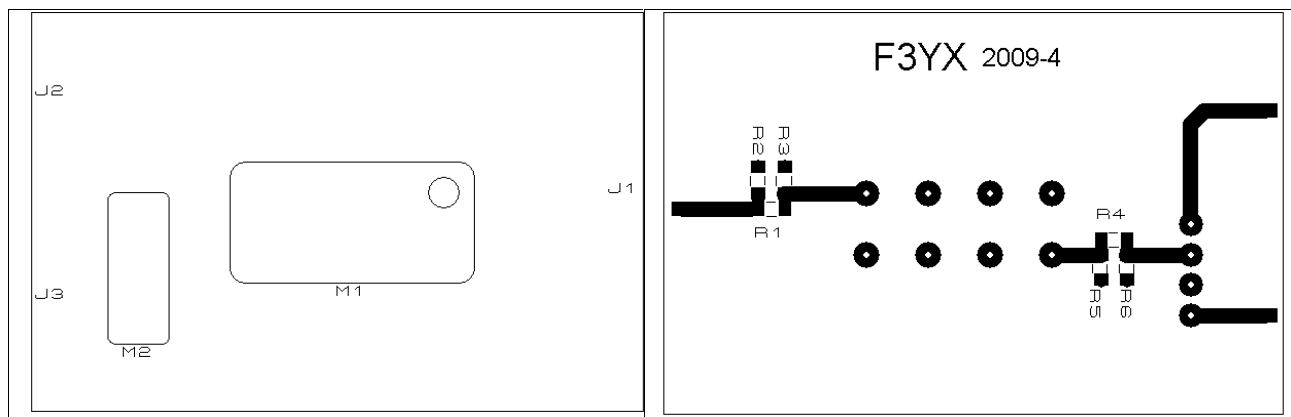
Un dernier mot sur le filtre passe-bas ou passe-haut utilisé (et conseillé suivant la source à convertir) J'ai personnellement utilisé des filtres d'origine Mini-Circuits PLP-50, PLP-70, et PLP-100 pour de la conversion à partir de FI, des PLP-450 ou PLP-550 pour du 70CM vers le 24 Cm, et des PLP-1000 pour la conversion du Minimod 70 Cm en mode 800...950 MHz vers la bande des 13 CM. Vous trouverez plus loin les mesures et photos résultant de ces diverses combinaisons.

### **Passe-bas et mélangeur**



### **Passe-bas / passe-haut et mélangeur 10 dBm**

**Exemple pour conversion 437 vers 1255 MHZ avec mélangeur TFM-15  
Etant donné la simplicité du module et de son circuit, les instructions de câblage  
semblent superflues .....**



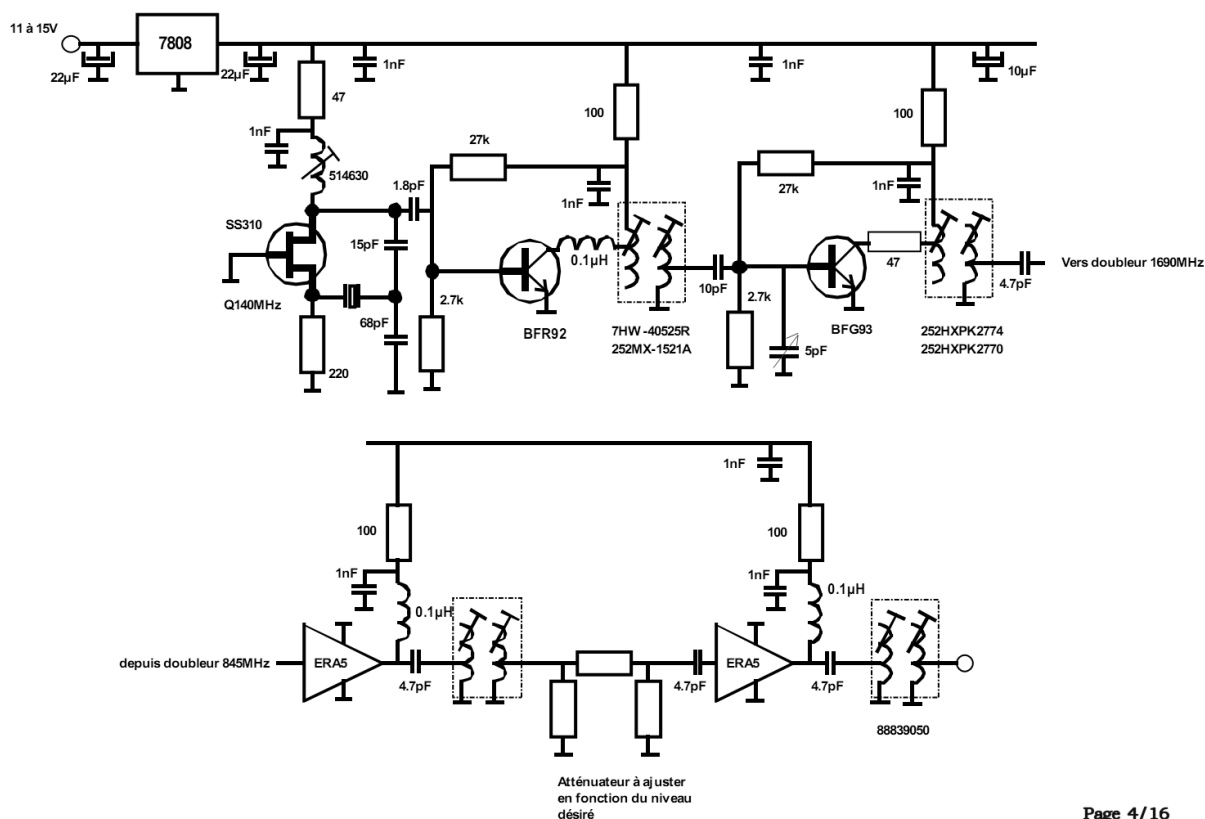
## Circuit final en boîtier Schubert 37 x 55 (connecteurs sma ou subcliq)

### Deuxième module : Oscillateur local.

Deux solutions ont été expérimentées pour réaliser un oscillateur local au bruit de phase et à la stabilité suffisante pour permettre une transposition de signal DATV sans perte de qualité.

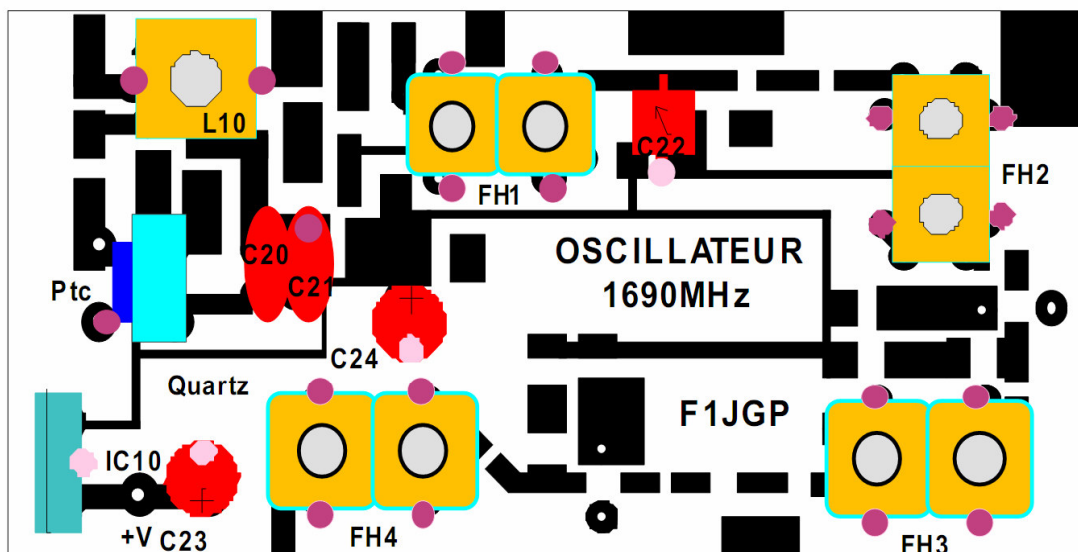
Le premier, qui a déjà été décrit dans le convertisseur réception DATV ou dans l'OL 367 MHz fait appel à un résonateur diélectrique à ajuster sur 818 MHz qui convertit du 437 MHz en 1255 MHz ou sur 806 MHz pour sortir du 1243 MHz. Le schéma et le circuit imprimé sont identiques à l'OL 600 MHz du convertisseur DATV. Pour sortir plus de niveau on a intérêt à remplacer le mmic par un ERA-5. Je ne m'étendrai pas sur ce montage qui permet aisément de réaliser un OL sur 367 (conversion du 70 MHz vers 437) ou sur 471,2 (conversion de 32,7 MHz vers 438,5 MHz). Je n'ai pas expérimenté ce type d'oscillateur sur 1692 ou sur 1500 MHz permettant les conversions DATV d'un Minimod 70 Cm vers 1240...1300 MHz et 2300...2450 MHz. Pour cet usage j'ai préféré l'oscillateur local à quartz dont plusieurs versions ont été réalisées en coopération avec F1JGP qui est à l'origine des circuits imprimés suite à mes diverses demandes. En voici la version qui couvre de 1400 à 1800 MHz.

### Schéma de principe :



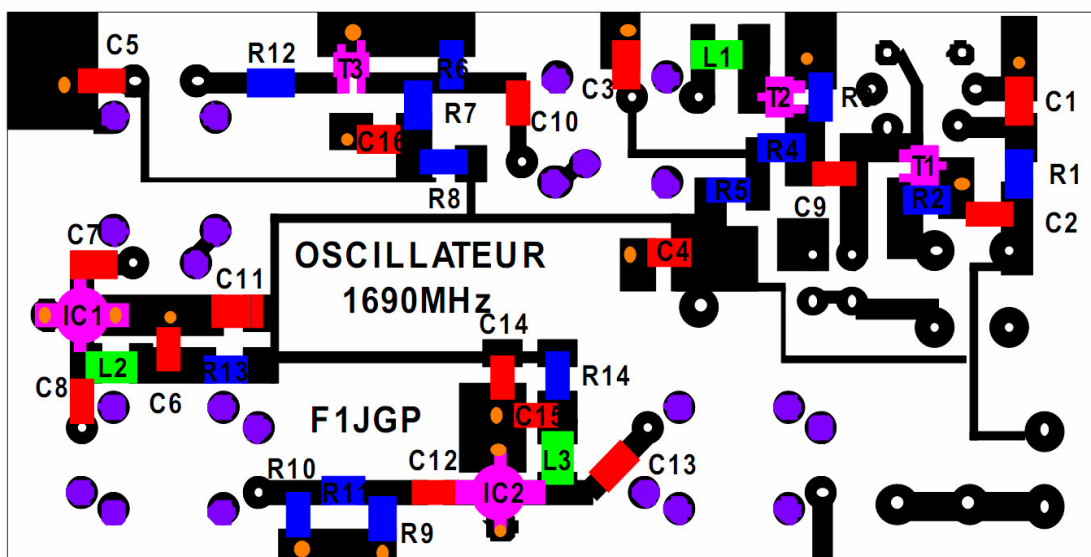
On part d'un quartz sur 141 MHz qui oscille avec un Fet SS310. Il est suivi d'un tripleur sur 423 MHz avec un BFR92, puis d'un doubleur à l'aide d'un BFG93. Le 846 MHz est ensuite encore doublé avec un ERA5 lui-même suivi d'un ampli final également à ERA5. Tous les composants sont en cms, sauf le régulateur, le quartz et les divers filtres en hélice d'origine Néosid ou Toko. Il en va de même pour le bobinage de l'oscillateur, et pour le chimique tantale goutte de 10 $\mu$ .

Tous les accords sont réalisés à partir de filtres du commerce ce qui évite la réalisation toujours fastidieuse de ceux-ci. L'utilisation de doubles filtres hélicoïdaux permet une bonne réjection des sous-harmoniques ainsi que des harmoniques comme on pourra le voir sur les diverses analyses spectrales présentées dans cet article. Ces photos sont suffisamment explicites pour ne pas nécessiter de commentaires additionnels.



● soudure coté plande masse

● Patte de composant soudée coté cms via rivets



● Traversée de masse via fil rigide

● Rivet de traversée

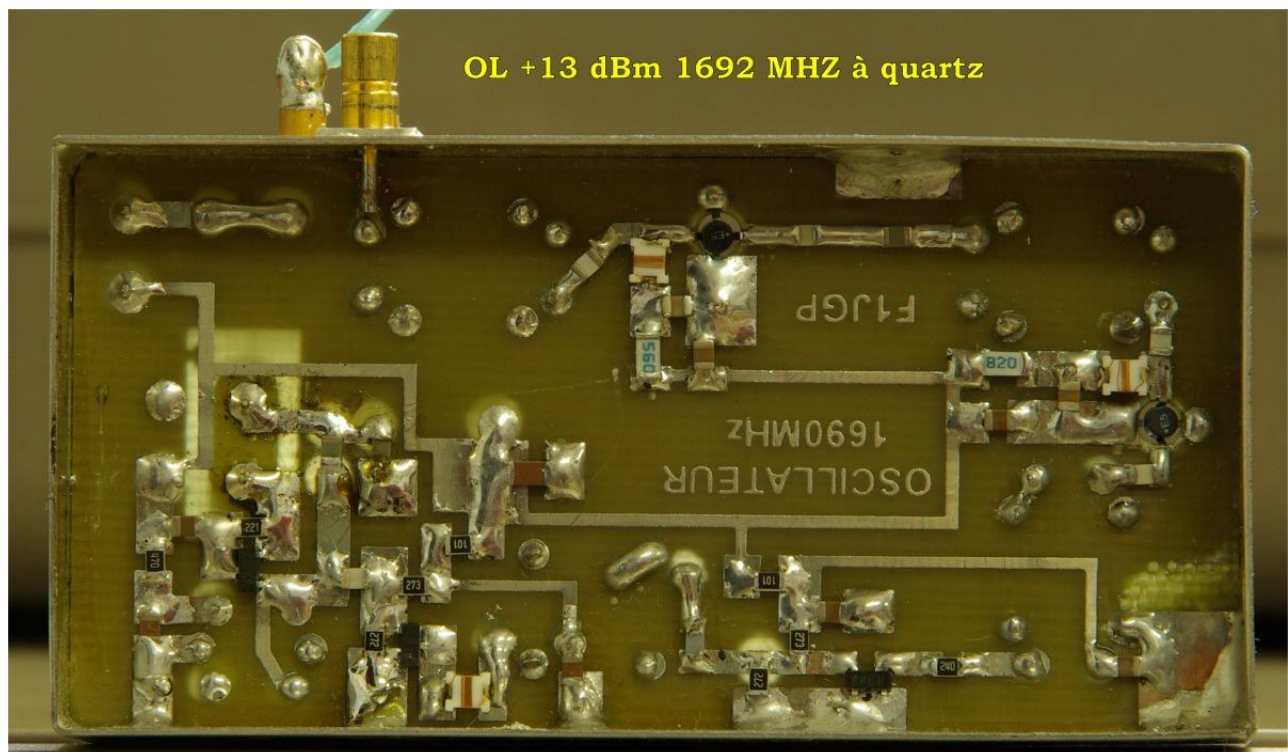
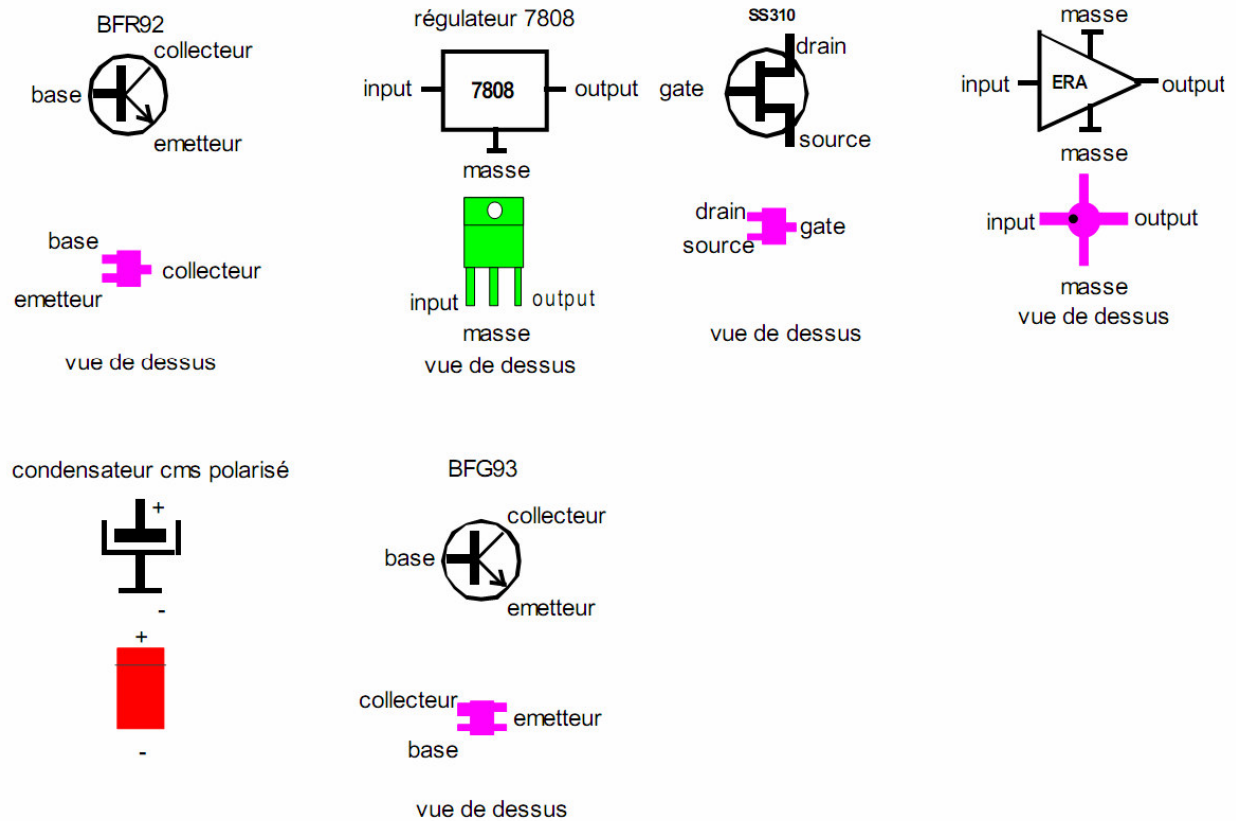


### **3 Liste des composants :**

| <b>Désignation</b>        | <b>valeur</b> | <b>remarques</b>                  |
|---------------------------|---------------|-----------------------------------|
| C1 C2 C3 C4 C5 C6 C14 C15 | 1nF           | CMS 805                           |
| C16                       | 1nF           | CMS 805                           |
| C7 C8 C12 C13             | 4,7pF         | CMS 805                           |
| C9                        | 1,8pF         | CMS 805                           |
| C10                       | 10pF          | CMS 805                           |
| C11                       | 10µF          | CMS tantal                        |
| C20                       | 15pF          | NPO 2,54                          |
| C21                       | 68pF          | NPO 2,54                          |
| C22                       | 5pF           | ajustable sky                     |
| C23 C24                   | 22µF          | Chimique radial                   |
|                           |               |                                   |
|                           |               |                                   |
|                           |               |                                   |
| R1 R12                    | 47            | CMS 805                           |
| R2                        | 220           | CMS 805                           |
| R3 R6                     | 2,7k          | CMS 805                           |
| R4 R7                     | 27k           | CMS 805                           |
| R5 R8                     | 100           | CMS 805                           |
| R9 R10                    | 100           | CMS 805 ou 1206 atténuateur 10dB  |
| R11                       | 68            | CMS 805 ou 1206 atténuateur 10dB  |
| R13 R14                   | 100           | CMS 1206                          |
| PTC                       | 40°           | Clips (option, pas utile en DATV) |
|                           |               |                                   |
|                           |               |                                   |
| T1                        | SS310         |                                   |
| T2                        | BFR92         |                                   |
| T3                        | BFG93         |                                   |
|                           |               |                                   |
|                           |               |                                   |
| Quartz                    | 140MHz        | overtone 5 résonance série        |
|                           |               |                                   |
|                           |               |                                   |
| L1 L2 L3                  | 100nH         | CMS 1210                          |
| L10                       | 514630        | Neosid                            |
|                           |               |                                   |
|                           |               |                                   |
| IC1 IC2                   | ERA5          |                                   |
| IC10                      | 7808          | régulateur 8V 7808                |
|                           |               |                                   |
| FH1                       | Filtre hélice | 7HW-40525R ou 252MX-1521A         |
| FH2                       | Filtre hélice | 252HXPk2774 ou 252HXPk2770        |
| FH3 FH4                   | Filtre hélice | 88839050                          |
|                           |               |                                   |
| BOITIER FER ETAME         |               | shubert 74 x 37 x 30              |
| Connecteurs smc CI        |               | à souder sur le boîtier           |
| 1 condensateur bypass     | 1nF           |                                   |
| CIRCUIT EPOXY             |               | FR4 0.8mm                         |

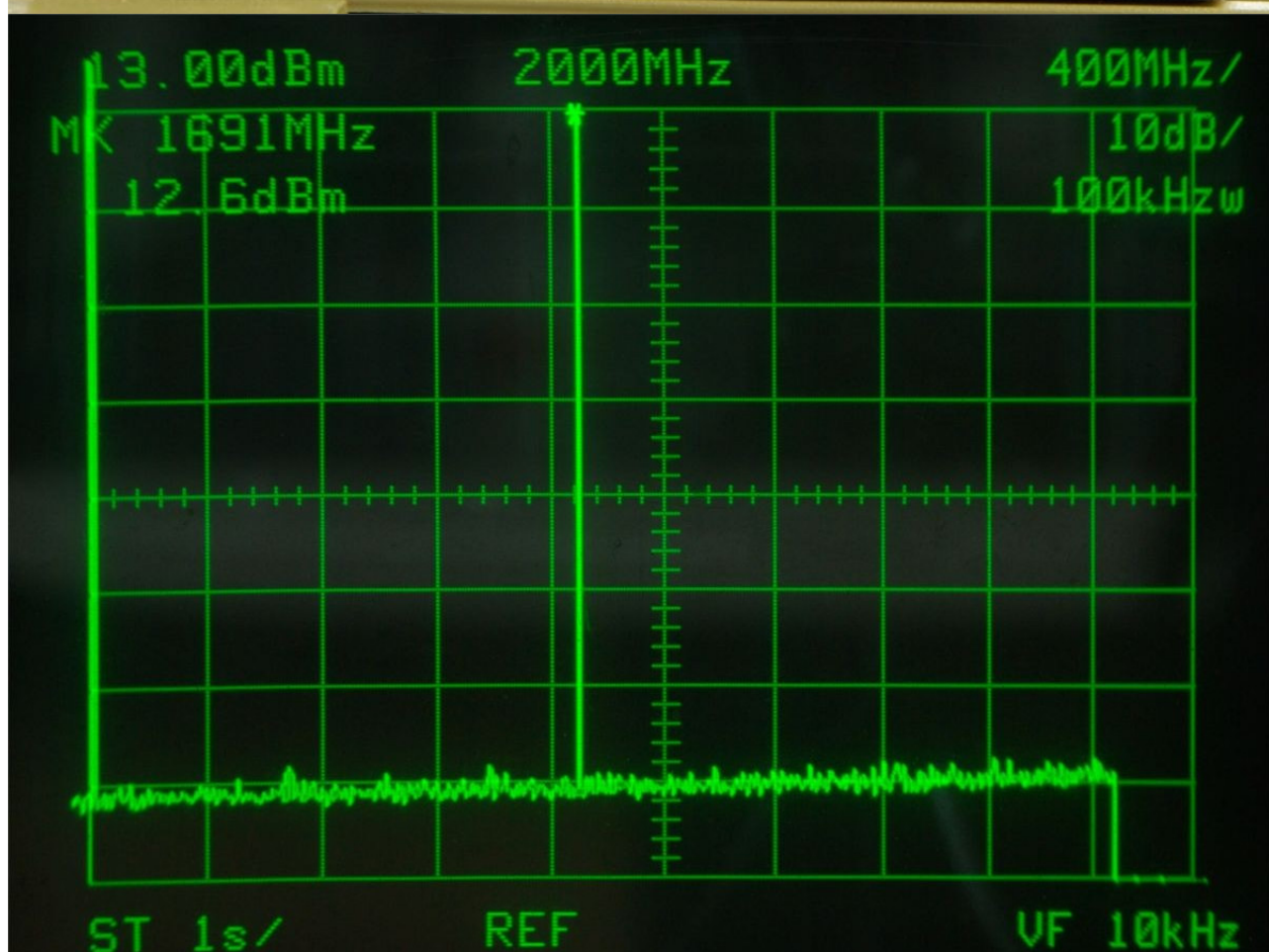
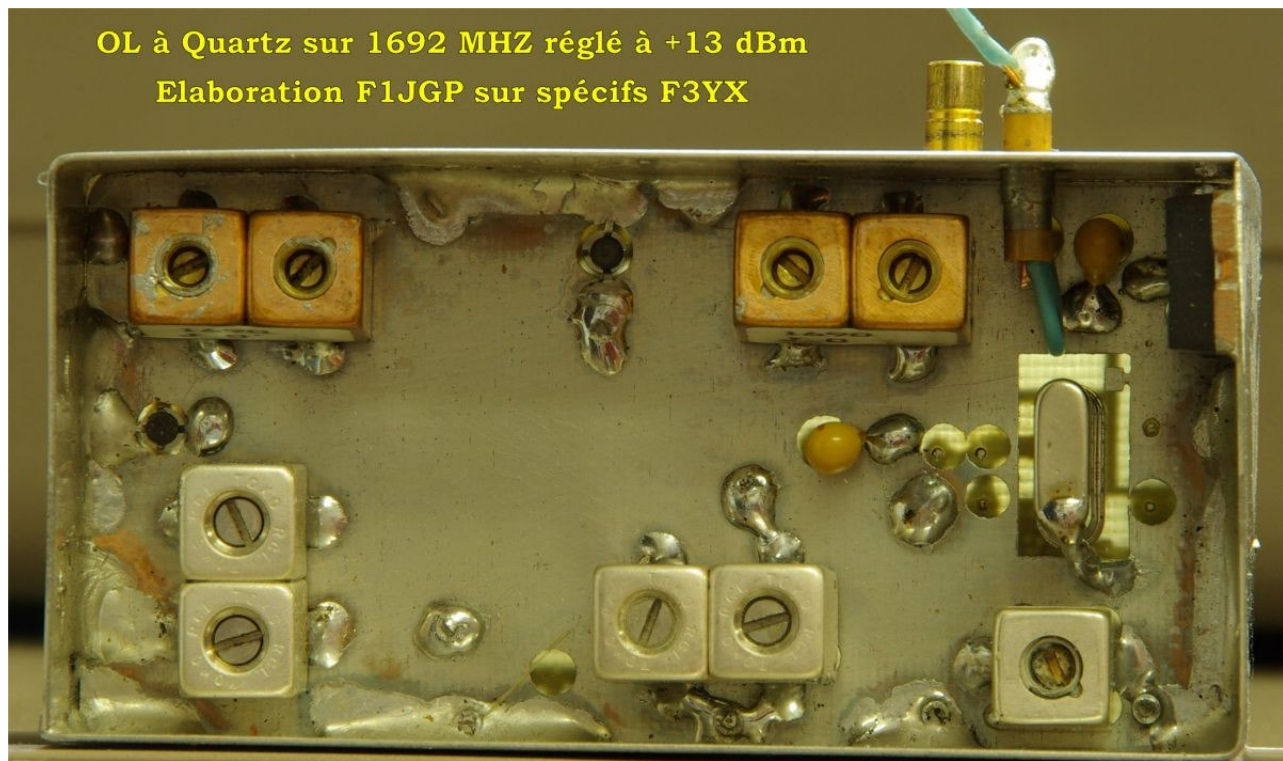
Si on est très courageux...on redessinerait peut-être ce circuit pour le rendre plus «industriel » .... ! Avec trous métallisés.

#### 4 Brochages des composants:



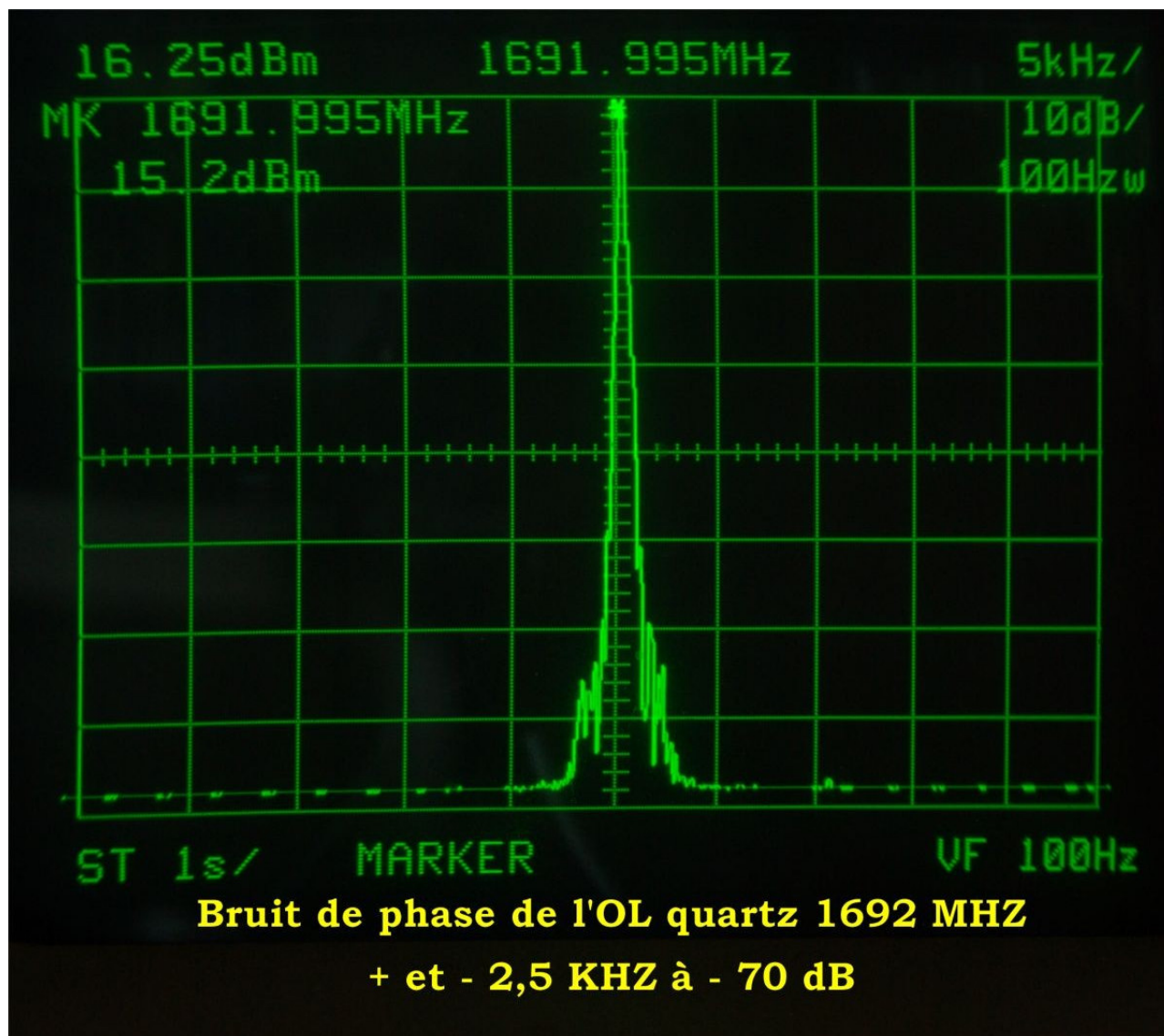
OL à Quartz sur 1692 MHz réglé à +13 dBm

Elaboration F1JGP sur spécifs F3YX



Spectre de l'OL à Quartz 141 MHz sur 1692 MHz entre 0 et 4 GHz

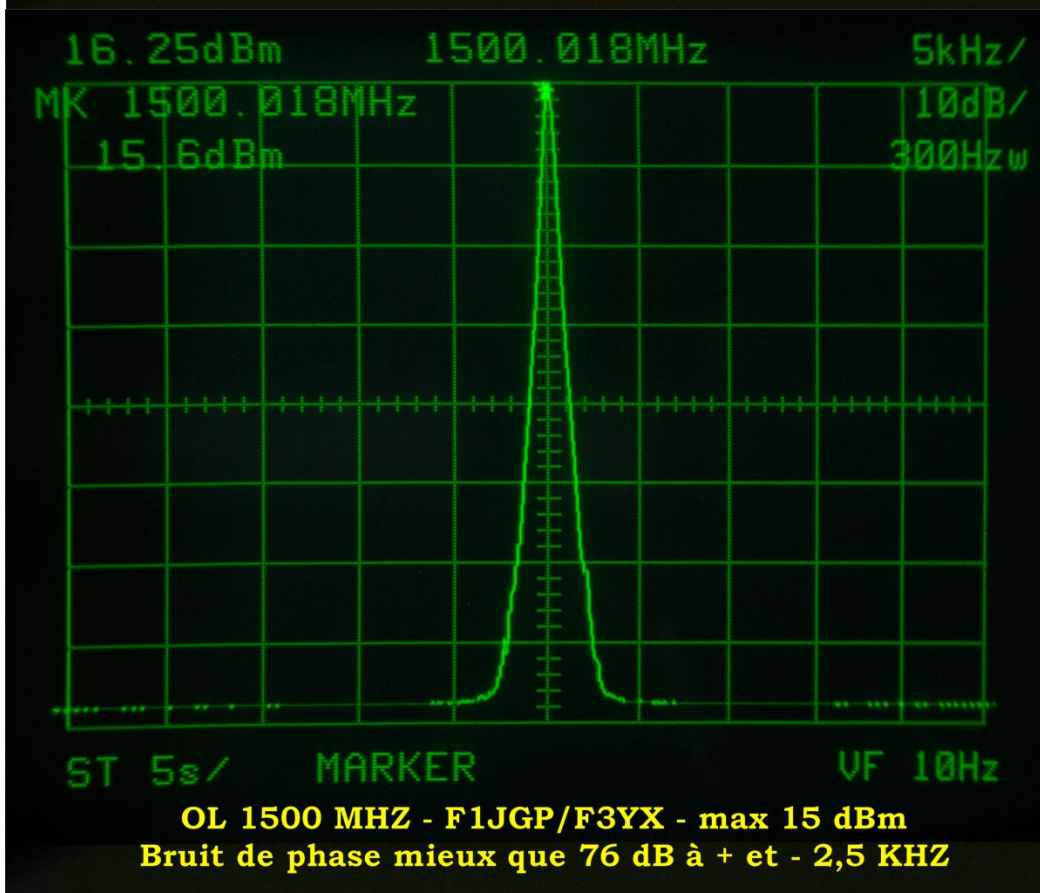
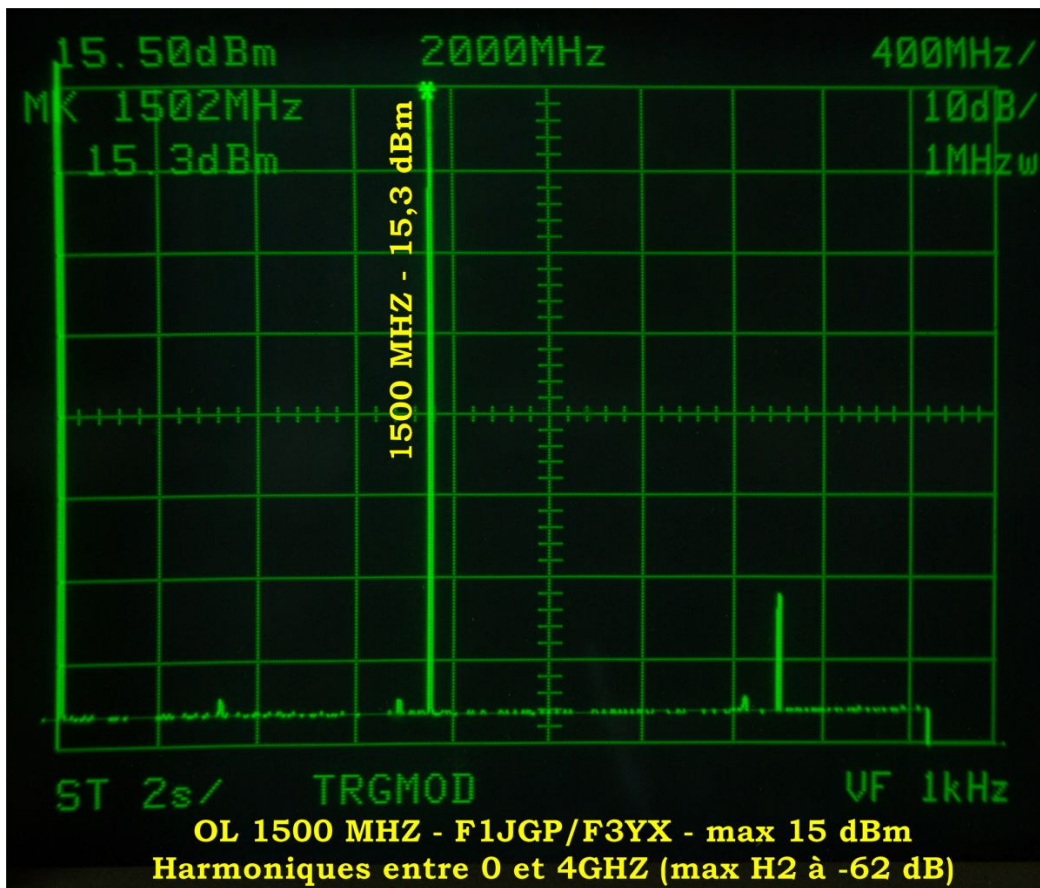




Le même oscillateur local a été réalisé à partir d'un quartz sur 125 MHz qui permet de sortir jusqu'à 15 dBm sur 1500 MHz. Il est utilisé avec le Minimod 70 Cm entre 800 et 950 MHz pour sortir de 2300 à 2450 MHz. Les performances sont similaires à l'OL 1692. Les filtres Toko et Néosid n'ont bien sûr pas les mêmes références. Ainsi sur 375 MHz la référence Toko est 252MX1546A. Pour le 750 MHz la référence Toko est 252HA1564F, et pour les deux filtres sur 1500 MHz, la référence Néosid est 88839080/510239. La seule valeur de capa à changer est C20 qui passe à 22p.

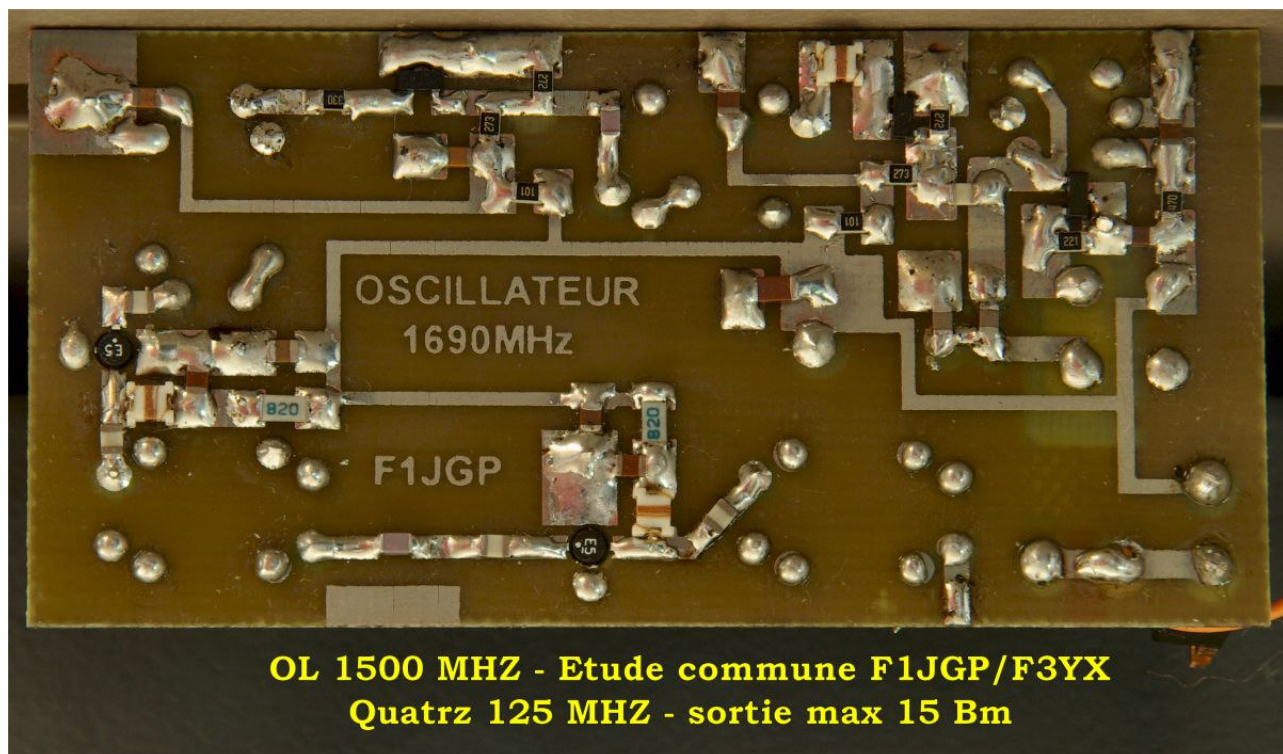
Comme pour la version 1692 MHz, tous les réglages se font au maximum de niveau de sortie, et si celui-ci est jugé trop élevé en fonction du mélangeur qui sera utilisé, il y a plusieurs solutions pour baisser le niveau. La plus simple étant un léger dérèglement des accords du mmic de sortie. On peut aussi insérer un atténuateur entre les 2 ERA5, mais dans mon cas j'ai remplacé cet atténuateur par deux capas de liaison de 10p pour avoir 15 dBm en sortie. On a tout intérêt à surcharger de deux, voire de trois décibels l'entrée OL du mélangeur, car cela améliore le niveau d'intermodulation, et permet de gagner quelques décibels sur les «épaules» en DATV. Cela ne présente aucun risque de détérioration ainsi que cela est mentionné dans la documentation des fabricants.

Pour information, voici les résultats sur analyseur de l'OL à 1500 MHz : à noter qu'à 15 dBm de sortie, l'harmonique H2 est un peu plus important qu'à 13 dBm comme sur le 1692. Cela provient de l'ERA5 qui approche de ses limites, mais 62 dB c'est mieux que bien des équipements professionnels, alors keep cool !





**OL 1500 MHZ - F1JGP/F3YX - max 15 dBm - Côté composants**



**OL 1500 MHZ - Etude commune F1JGP/F3YX  
Quartz 125 MHZ - sortie max 15 Bm**

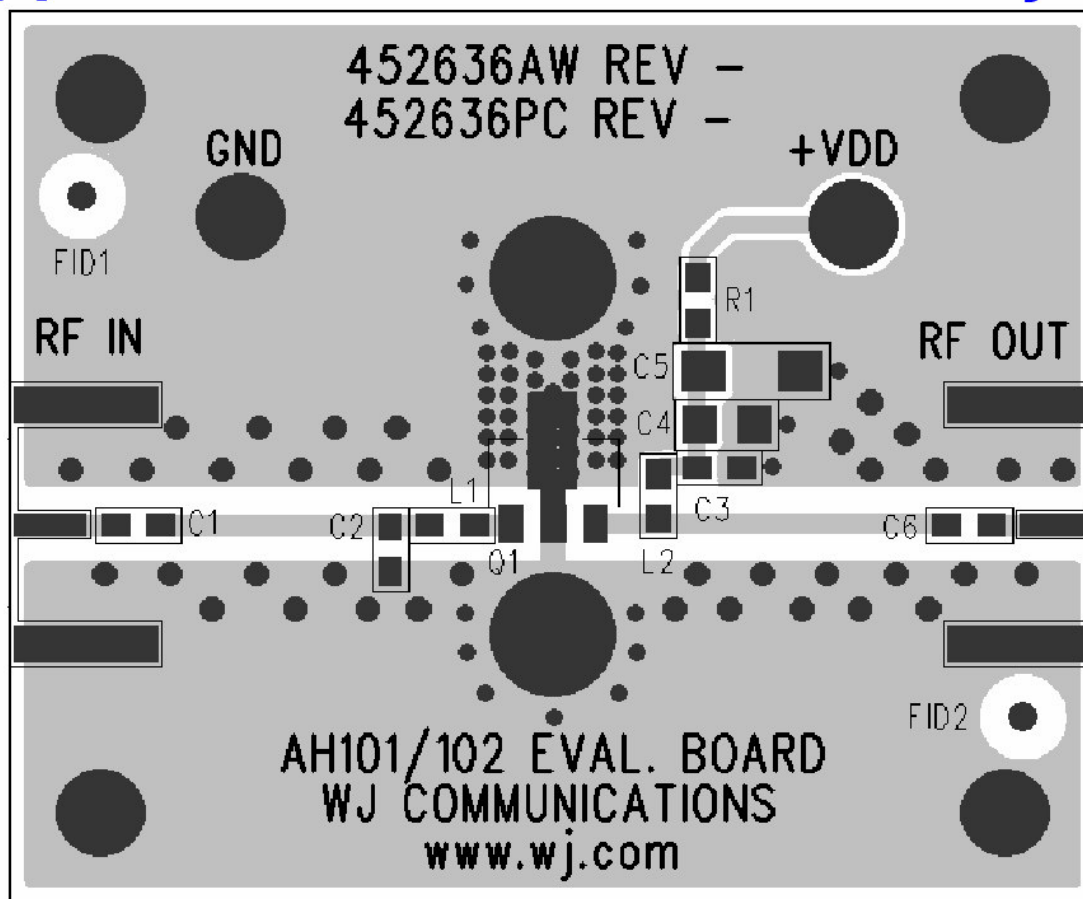
Pour compléter la description d'un OL piloté quartz, il faut savoir que F1JGP, toujours à ma demande, a aussi réalisé des circuits imprimés pour toutes fréquences entre 500 et 1 GHz. Celui-ci comprend moins d'étages. J'en ai personnellement construit plus de cinq exemplaires sur des fréquences comme 540 MHz, 575 MHz, 806 MHz, et 818 MHz qui servent à diverses conversions de 437 vers 1243 ou 1255 en émission ou 437 vers 1 GHz en réception. Tous sortent des niveaux égal ou supérieur à 10 dBm en fonction des mmic employés (ERA2, ERA3, ou ERA5). Certains utilisent des filtres de la série 5mm et d'autres des filtres de la série 7mm. Je n'en ferai pas ici la description qui alourdirait trop cette étude. Sachez cependant que la doc est disponible chez F1JGP comme chez moi.

### Troisième module : l'amplificateur 20 dBm.

Cet amplificateur, dont la bande passante va de 100 MHz à 2450 MHz a un gain de 32 dB aux fréquences les plus basses qui décroît à 25 dB au-dessus de 2300 MHz. Il peut sortir 20 dBm sur la bande 24Cm avec une intermodulation de l'ordre de 50 dB, et jusqu'à 17 dBm sur 2300 MHz avec la même intermodulation. En DATV les épaules sont à -50 dB ce qui est pour le moins très honorable. On peut donc l'utiliser aussi bien sur 70 Cm, sur 24 Cm et sur 13 Cm, et aussi bien en ATV qu'en DATV. La puissance disponible en sortie permet ensuite d'attaquer votre ampli de puissance préféré dans les meilleures conditions possibles. On pourrait même l'utiliser sur 145, 432, 1296, ou 2320 MHz pour un transverter partant de 28, voire de 144 MHz comme cela se faisait couramment il n'y a pas si longtemps (et se pratique d'ailleurs toujours).

Cet amplificateur est composé de deux mmic, un ERA5, et un AH-102A de WJ/TriQuint. Le schéma d'utilisation type conseillé par le fabricant s'étant avéré difficile à mettre en œuvre à cause d'une multitude de trous métallisés et l'emploi d'un circuit imprimé de 0,4mm d'épaisseur, j'ai expérimenté plusieurs solutions pour aboutir finalement à l'utilisation d'un circuit en époxy de 8/10<sup>e</sup> dans lequel on découpe un petit rectangle qui servira à une mini plaque de cuivre sur laquelle sera soudé le mmic, plaque elle-même fixée sur le radiateur de refroidissement en même temps que le circuit imprimé. Vous trouverez la documentation de ce mmic sur [www.wj.com](http://www.wj.com) ou [http://www.triquint.com/prodserv/more\\_info/download.aspx?file=/docs/Datasheets/A/AH102A.pdf](http://www.triquint.com/prodserv/more_info/download.aspx?file=/docs/Datasheets/A/AH102A.pdf)

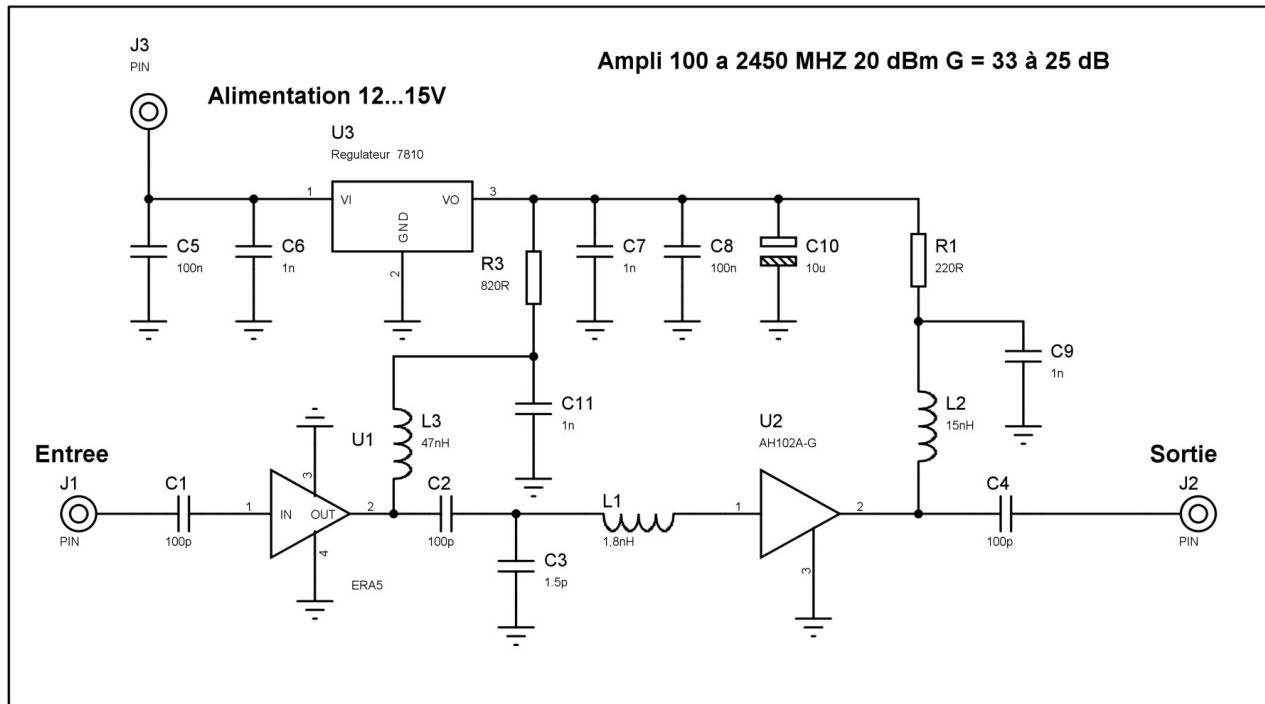
## Application Circuit PC Board Layout



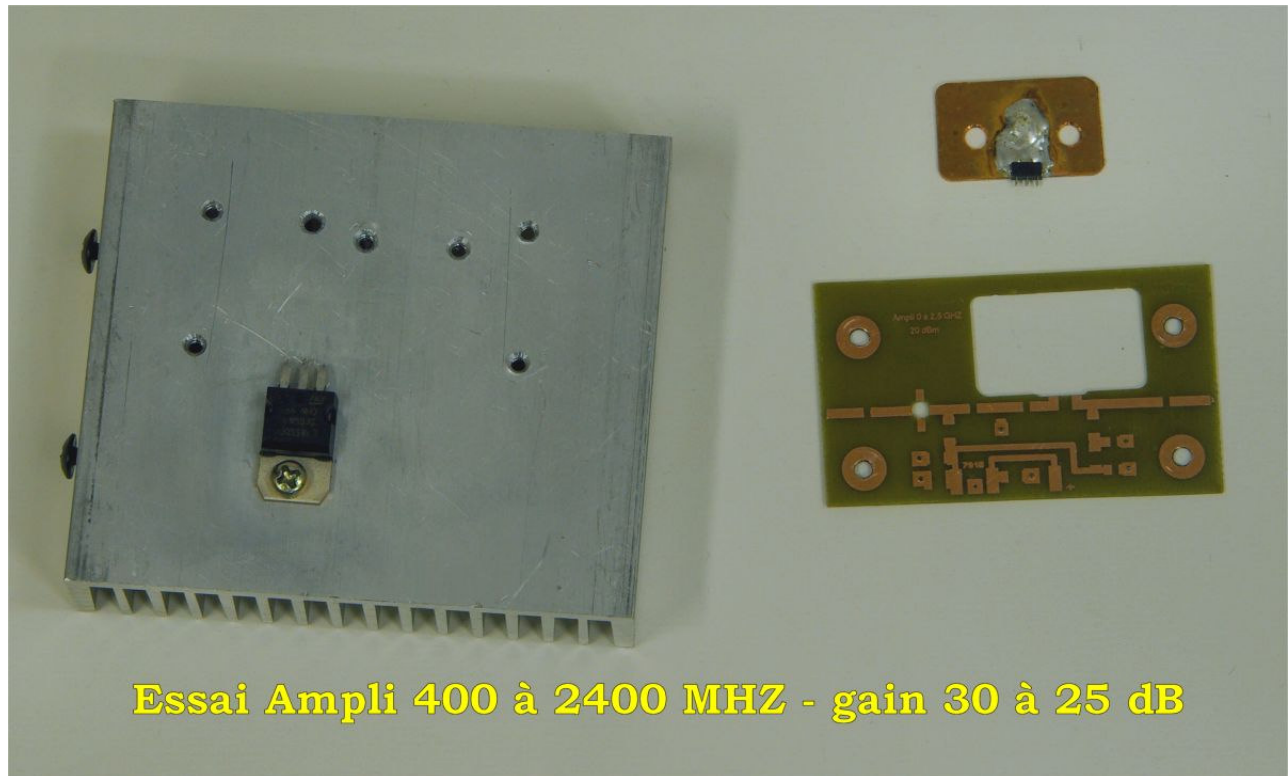
Circuit Board Material: .014" Getek ( $\epsilon_r=4.2$ ), four layer, 1 oz copper  
Microstrip line details: width = .026", spacing = .026"

**Le circuit d'application du fabricant, également disponible sur leur site à un qsj non négligeable, et sans ERA5 devant bien sûr.**

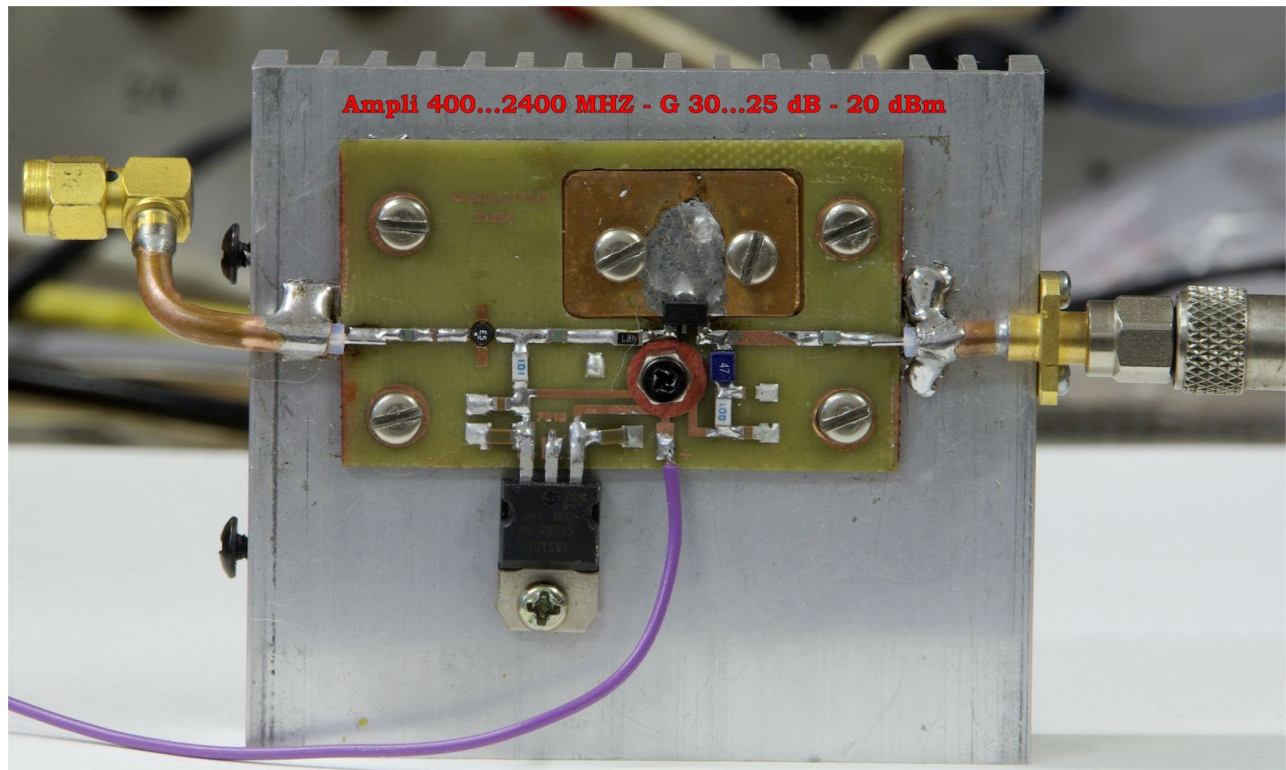




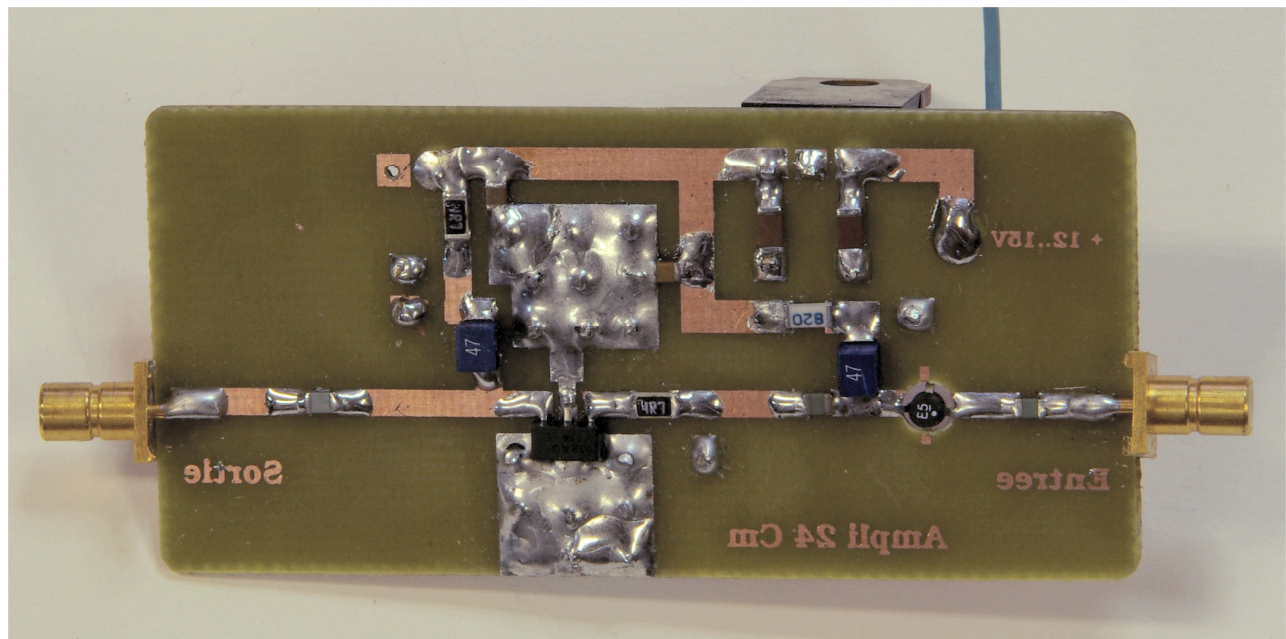
Notes : pour 70 et 24Cm, L1 peut être remplacé par 4,7 Ohms et C3 supprimé. De même C9 peut être supprimé et L2 augmenté à 22 nH. Les valeurs données ici sont optimisées pour la plus large bande possible, permettant de passer de 100 MHZ à 2450 MHZ. On peut envisager un signolage supplémentaire en fonction de l'utilisation en jouant sur les courants consommés par les deux mmic.



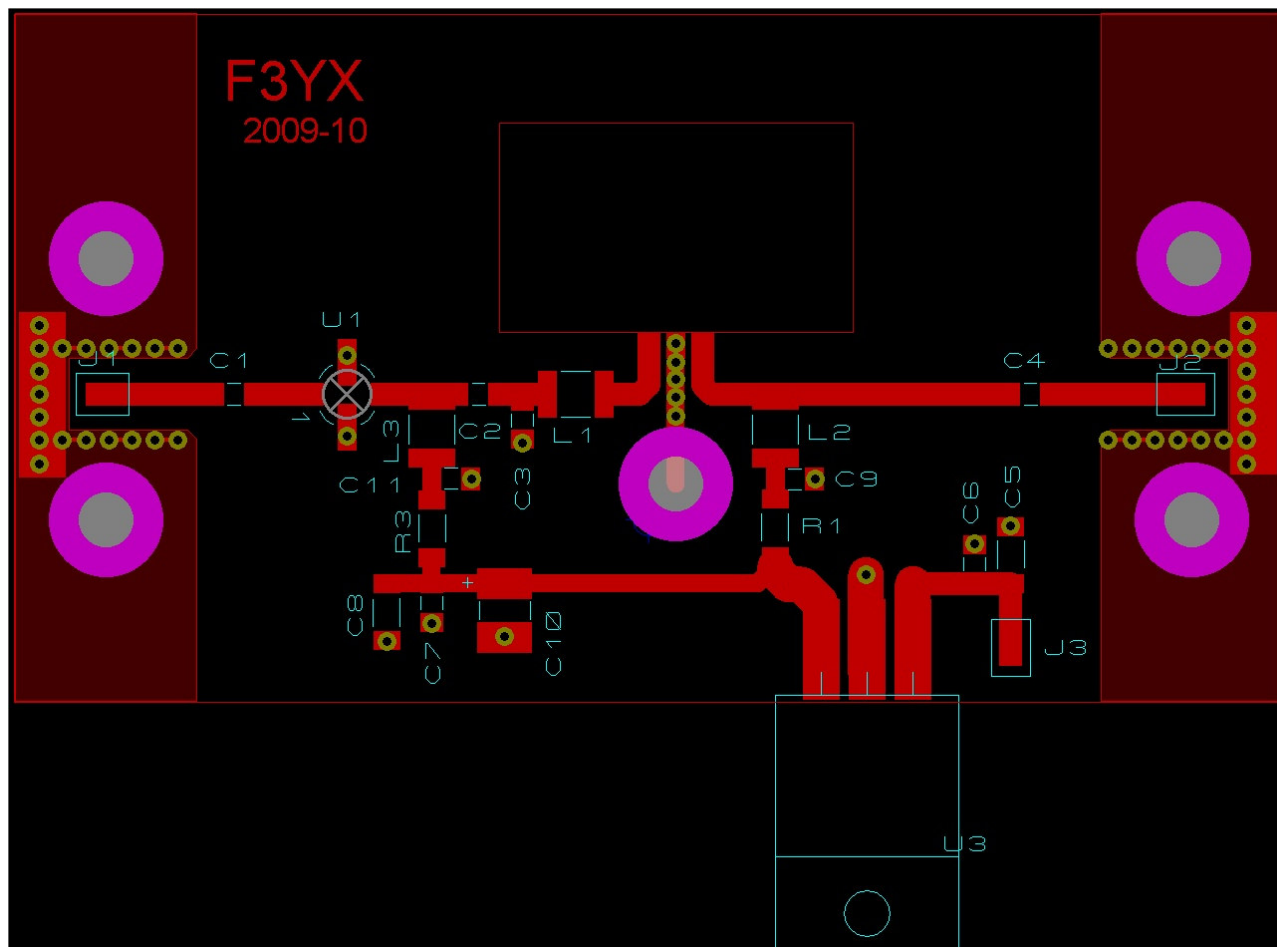
**Le matériel nécessaire pour le montage expérimental**



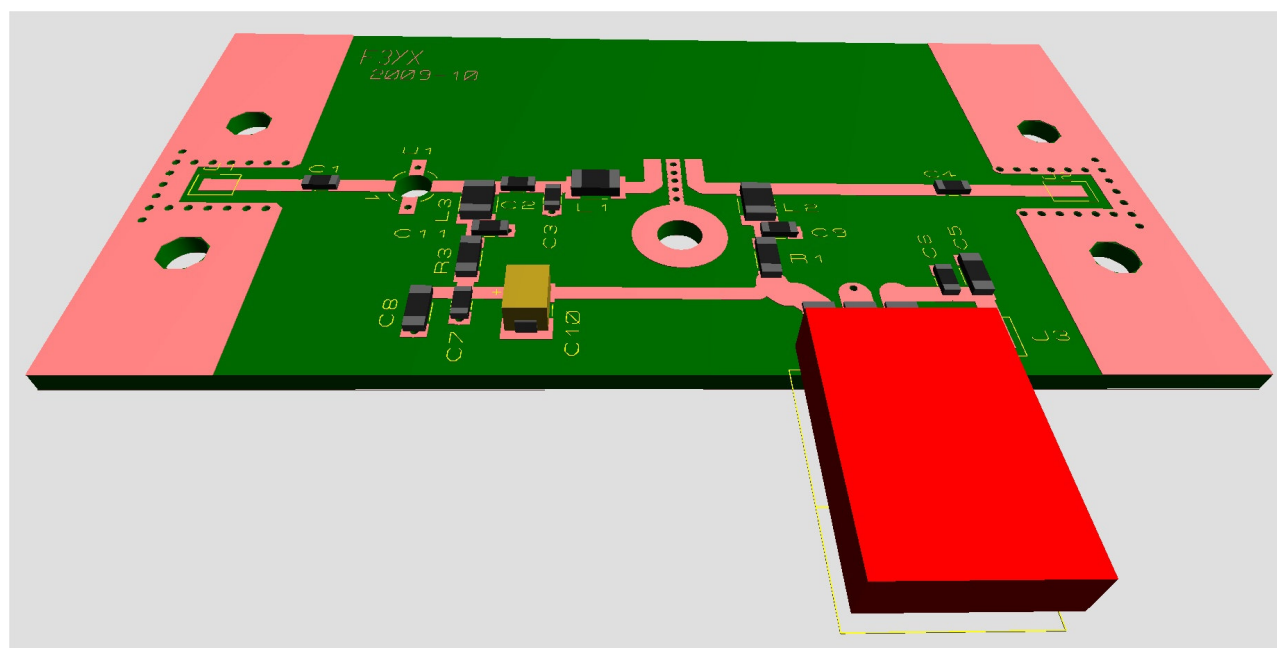
L'ampli 20 dBm après montage sur un radiateur expérimental. Un circuit imprimé plus élaboré avec des plans de masse pour les entrées et sorties est en cours de conception. Il sera un peu plus grand mais pas forcément compatible avec un boîtier Schubert car devant être posé sur un radiateur plat suffisant.



Une première version expérimentale avait d'abord été construite, plus proche du circuit préconisé par le constructeur, mais les moyens mis en œuvre n'ont pas permis un refroidissement suffisant, et le boîtier d'entourage monte allègrement à plus de 60 degrés. Malgré cela les résultats sont identiques et la température élevée ne l'empêche pas de résister à la durée de fonctionnement.



La version définitive du circuit imprimé dessiné par F1BHY avec l'assistance de F1FRV  
Implantation des composants.



**Dimensions : 6,985 x 3,7846 Cm – Vue 3D**

Là aussi, le câblage est tellement simple et évident, qu'une description sur la façon de poser les composants paraît inutile. La seule précaution à prendre est de souder en premier l'AH-102 sur sa petite plaque de cuivre au préalable percée pour fixation sur le radiateur, (positionnée avec le circuit imprimé) et avec le boîtier à ras du bord du cuivre. Ne souder les trois pattes de ce mmic qu'en tout dernier lieu pour éviter les contraintes mécaniques. L'Era-5 est soudé à plat sur les trous métallisés.

#### Liste de composants

=====

Nom: Ampli 20 dBm

Doc. numéro : <1>

Révision: <sans>

Author: <F3YX>

Date de création : 09/03/09

Date de dernière modification : 18/03/09

| Nombre            | Références                             | Valeur   |
|-------------------|--|--|
| -----             | -----                                  | -----  |
| Résistances       |  |  |
| -----             |  |  |
| 1                 | R1                                     | 220R   |
| 1                 | R3                                     | 820R   |
| Condensateurs     |  |  |
| -----             |  |  |
| 3                 | C1,C2,C4                               | 100p   |
| 1                 | C3                                     | 1,5p   |
| 2                 | C5,C8                                  | 100n   |
| 3                 | C6,C7,C9, C11                          | 1n   |
| 1                 | C10                                    | 10u  |
| Circuits Intégrés |  |  |
| -----             |  |  |
| 1                 | U1                                     | ERA5   |
| 1                 | U2                                     | AH-102A  |
| 1                 | U3                                     | Régulateur 7810                                |
| Divers            |  |  |
| -----             |  |  |
| 3                 | J1-J3                                  | PIN  |
| 1                 | L1                                     | 1,8nH  |
| 1                 | L2                                     | 15nH   |
| 1                 | L3                                     | 47nH   |
| 1                 | Ci                                     | Circuit imprimé 2 faces trous métal            |
| 1                 | Rad                                    | Radiateur de 70 x 80 x 20 mm<br>(récupération) |
| 5                 | Vis et rondelles diverses (vis parker) |  |
| 2                 | Coaxial d'entrée/sortie.               |  |

Fin de la première partie. La seconde Partie montrera les exemples des diverses combinaisons de conversions expérimentées ainsi que les résultats des mesures obtenus.

Je n'ai pas non plus décrit les filtres de récupération utilisés dont les caractéristiques figureront dans la deuxième partie de cette étude.

Des fiches séparées en format Pdf ont été ajoutées à cette description, et elles permettent d'imprimer directement à l'échelle 1 le circuit imprimé pour ceux qui le souhaitent. Cependant comme pour le convertisseur DATV, il est envisagé un regroupement et une fabrication industrielle avec trous métallisés. C'est tellement plus fiable et plus facile à réaliser, que cela vaut bien les quelques Euros que cela implique. Si ce n'est pas impératif pour les circuits que l'on met dans une boîtier Schubert, ce n'est plus du tout la même chose lorsque le circuit doit être posé à plat sur un radiateur pour des besoins très précis de refroidissement. C'est là que les trous métallisés sont indispensables, car creuser un radiateur sous chaque bosse de soudure...c'est pas terrible ! Et cela fait de mauvaises masses !

