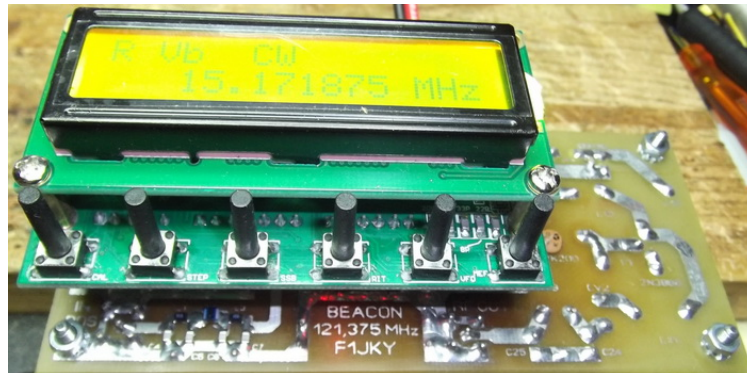


# Balise d'Entrainement

## 121,375 MHz

By **F1JKY**

**ARRAD**



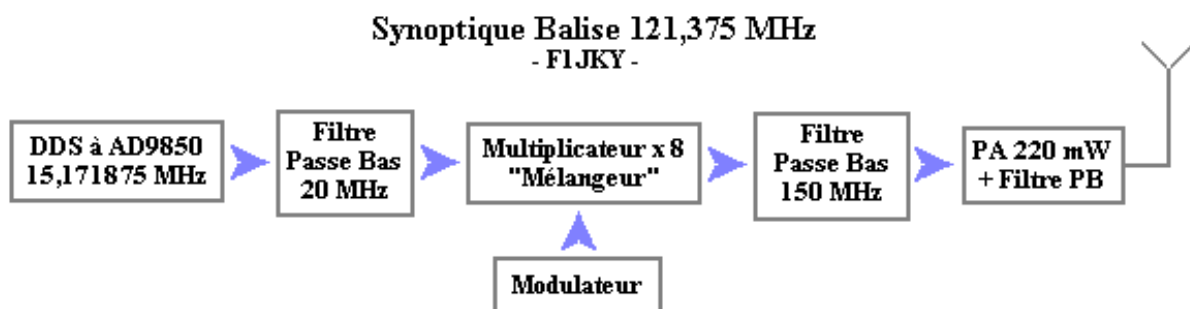
### Introduction :

L'ARANC (Association des Radio-Amateurs de Nouvelle Calédonie) a contacté l'ARRAD (Association des Relais Radio-Amateur du Dauphiné) pour les aider à construire une balise d'entraînement à la recherche d'aéronef dans le cadre de leur participation au sein de la DSCGR-NC (Direction de la Sécurité Civile et de la Gestion des Risques en Nouvelle-Calédonie).

Comme par le passé pour les logiques de relais à base de ST9, l'ARRAD a répondu présente dans le cadre de l'entraide entre nos associations et l'ARRAD a donc construit cette balise pour le compte de l'ARANC.

Le temps imparti pour mener à bien ce projet, était très court, ce qui en ces périodes de vacances estivales posait un petit souci de disponibilité des membres de l'ARRAD. Nous n'avions guère plus d'un mois pour mener à bien ce projet, ce qui était trop court pour développer la totalité d'un design. Aussi, en recherchant sur le Net, la description de [F1LVT](#) m'a séduit dans sa globalité bien que certains points me semblaient indispensables à améliorer (filtrage, PA, DDS à trouver, PCB à revoir) ... mais l'idée de base était là donc il ne restait plus qu'à s'y mettre.

### Le Synoptique de la balise :

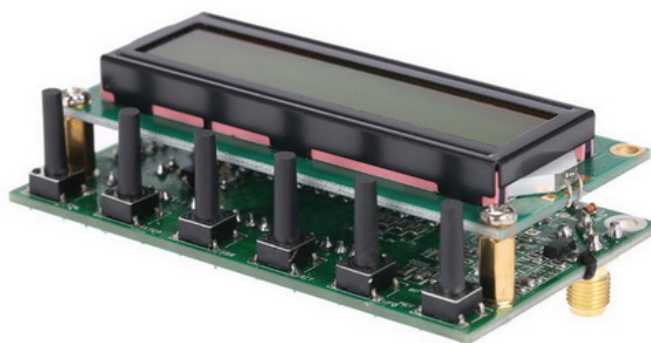


Comme vous pouvez le voir, il n'y a rien de très compliqué. L'emploi d'un DDS plutôt que d'un quartz pour ce genre d'application peut paraître luxueux, mais outre le côté moderne, la souplesse d'utilisation d'un DDS autonome comme celui-ci est un gain de temps non négligeable à la mise en œuvre de cette réalisation moyennant quelques précautions au niveau du filtrage des harmoniques.

## **Le DDS à AD9850 :**

Le DDS préconisé par [F1LVT](#) dans sa description étant actuellement introuvable sur le net, je me suis mis en quête d'en trouver un autre qui réponde aux mêmes critères :

- Ne perd pas la fréquence programmée après un Arrêt / Marche
- Possibilité de régler un offset
- Avoir une puissance de sortie correcte de qqes dBm
- Puisse éventuellement fonctionner sans son LCD
- Coût raisonnable (environ 30€ pièce pour le modèle choisi)
- Autonome (piloté par  $\mu$ P + affichage LCD)



DDS à AD9850

Ce DDS répond bien aux critères, il sort facilement plus de 6dBm sur sa plage de fonctionnement (6,7dBm à 10MHz comme à 15MHz). Il fonctionne sans problèmes, l'Offset prévu dans le programme embarqué est le bienvenu permettant ainsi d'ajuster la fréquence de sortie, la stabilité n'est pas mauvaise et bien suffisante pour notre application.

Le seul bémol que je lui porterais, est l'utilisation sur sa platine d'un régulateur 78L05 qui est chargé d'alimenter toute la platine DDS. En effet, la platine consomme autour de 150mA avec le LCD et autour de 130mA sans le LCD ... ce qui est beaucoup pour un simple 78L05 prévu à la base pour 100mA max.

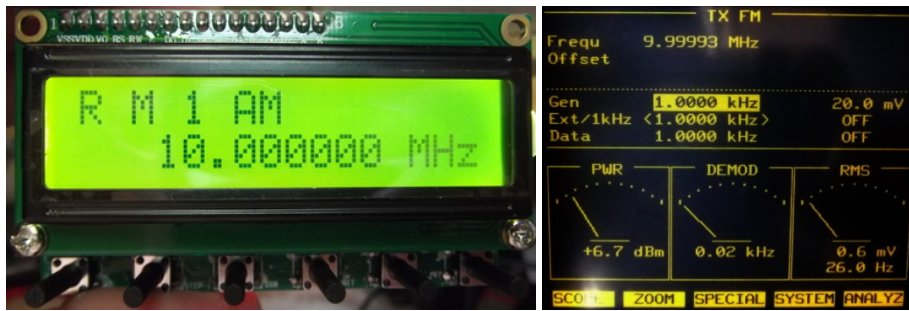
Le résultat de ce qui est pour moi un défaut de design (ou une économie volontaire ...), est que si vous alimentez la platine avec du +12V en entrée, le régulateur chauffe énormément ... c'est mieux avec une alimentation en entrée de 8V mais à mon sens ce n'est pas pratique comme tension d'entrée et quid de la durée de vie du 78L05 ?

Mon choix a donc été de supprimer ce 78L05, de mettre un strap à la place et d'alimenter le DDS depuis le +5V disponible sur le PCB de la platine balise tout en laissant en place le filtrage et la protection par diode contre les inversions de polarités.

Sur la version que j'ai commandé, je l'ai reçu sans encodeur rotatif (il vous en faudra un pour changer de fréquence) et sans connecteur JST 2,54mm permettant de raccorder l'encodeur rotatif et l'alimentation extérieur ... donc prévoyez de vous approvisionner de ce petit matériel pour pouvoir mettre en œuvre ce DDS.

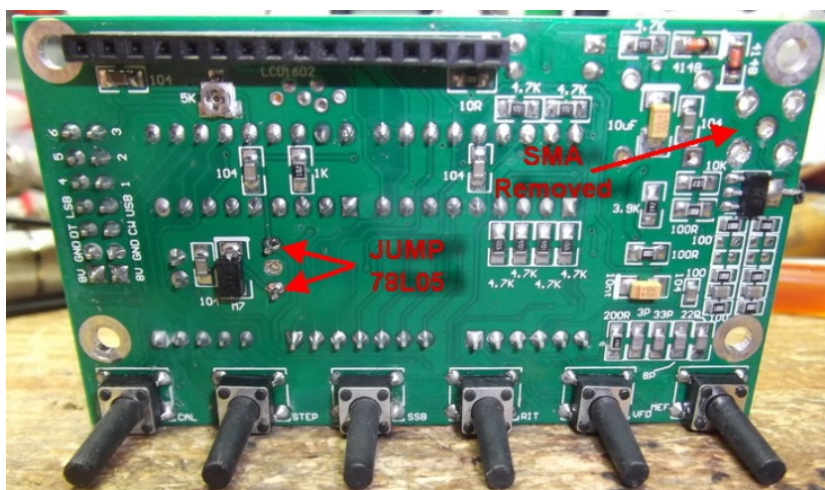
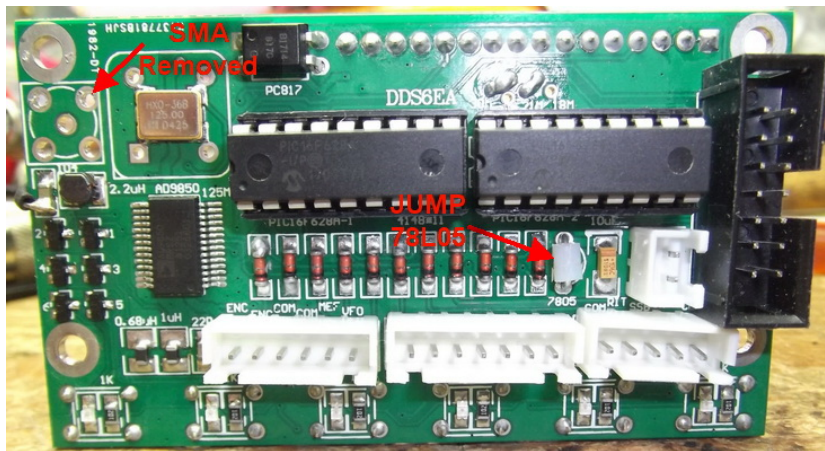
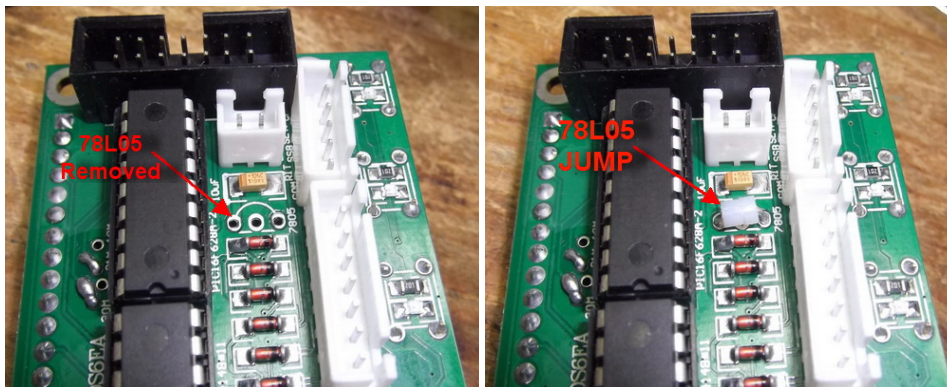
Etant partie pour démonter et straper le 78L05, j'en ai profité pour démonter la SMA du PCB pour pouvoir la réutiliser sur le PCB de la balise en sortie RF. De plus, le fait de l'enlever me permet de gagner de la place dans l'agencement des différents PCB formant la balise.

1<sup>ère</sup> mesures du DDS tel que reçu :



+6,7dBm à 10MHz – Décalage en Fréq. de -70Hz

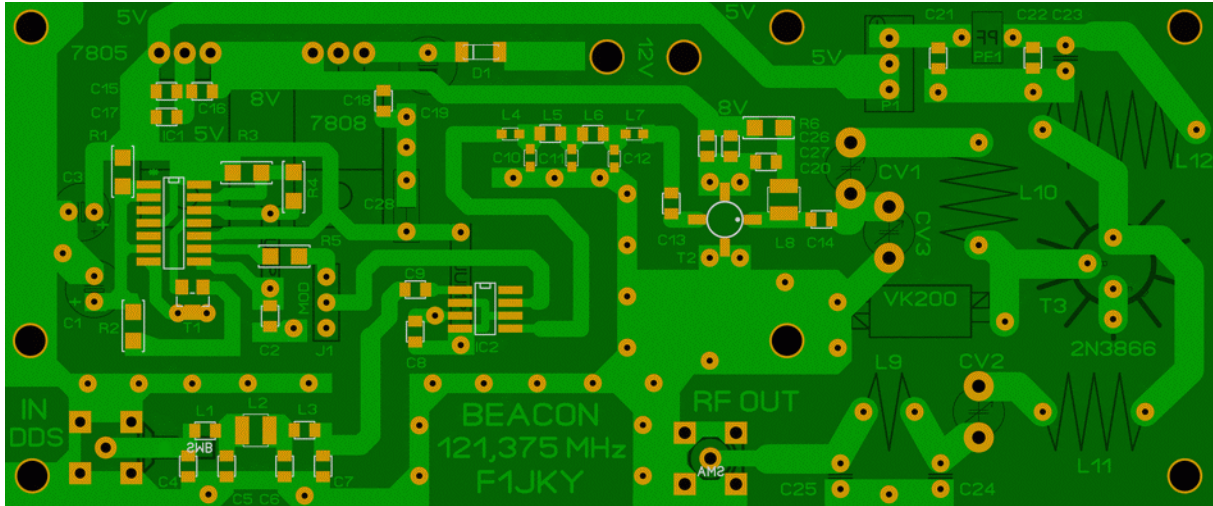
Démontage du 78L05 et de la SMA :





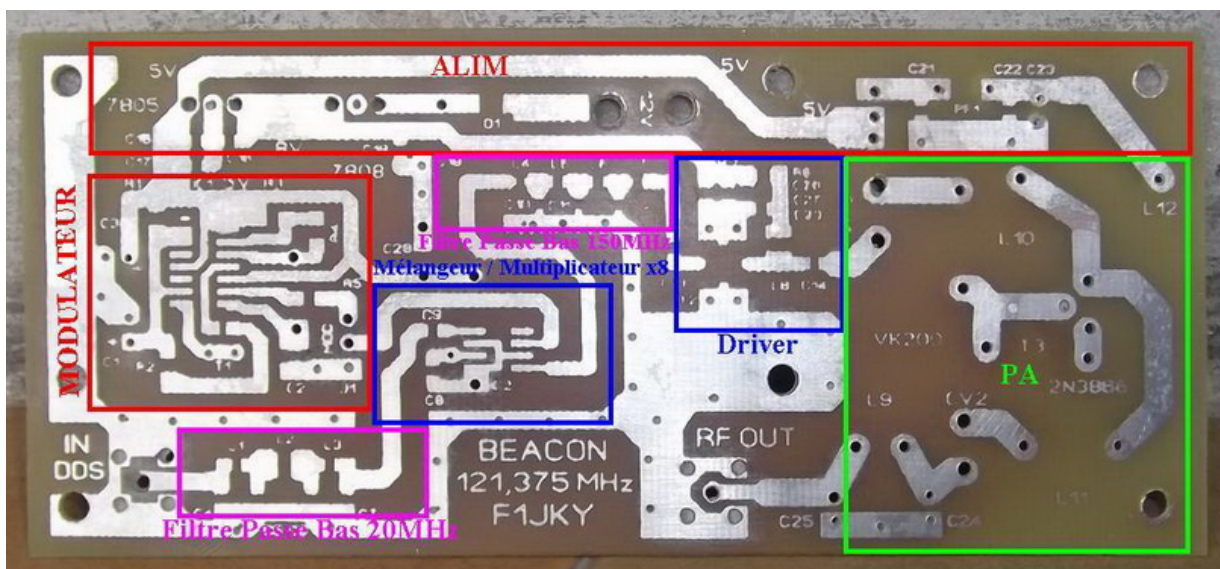
## Le PCB de la Balise :

Je me suis entrepris à redessiner le PCB car plusieurs choses ne me convenaient pas sur la description d'origine. De plus, j'ai rajouté deux Filtres Passe Bande et un étage Driver Optionnel au cas où ... (après essais, le Driver ne sera pas câblé sur la version finale).



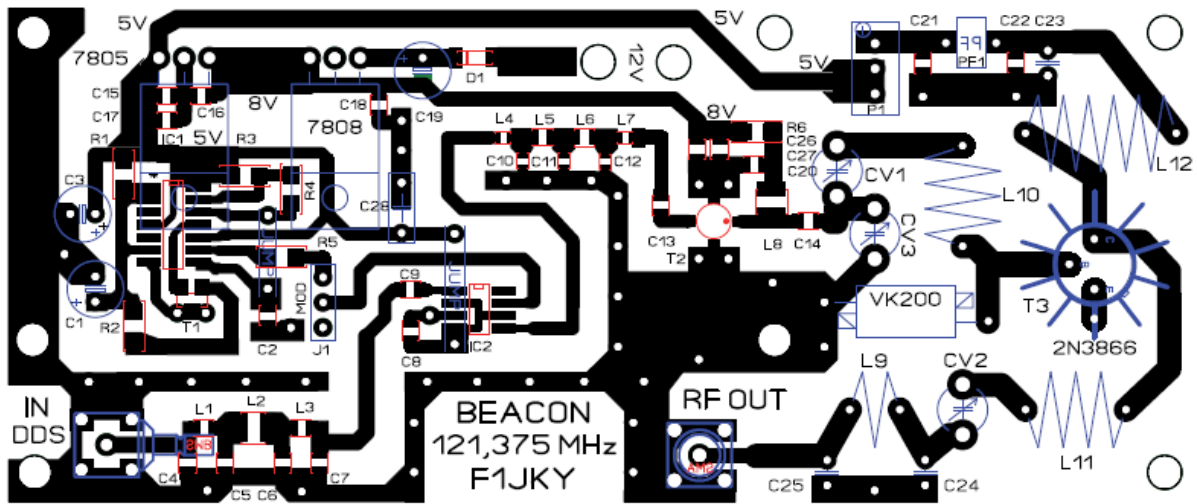
PCB Balise d'Entrainement 121,375MHz by F1JKY

Comme vous pouvez le constater, chaque étages sont bien séparés les uns des autres, facilitant ainsi leurs repérages, leurs éventuels dépannages et éviter les éventuels interactions qu'il pourrait y avoir entre les étages.

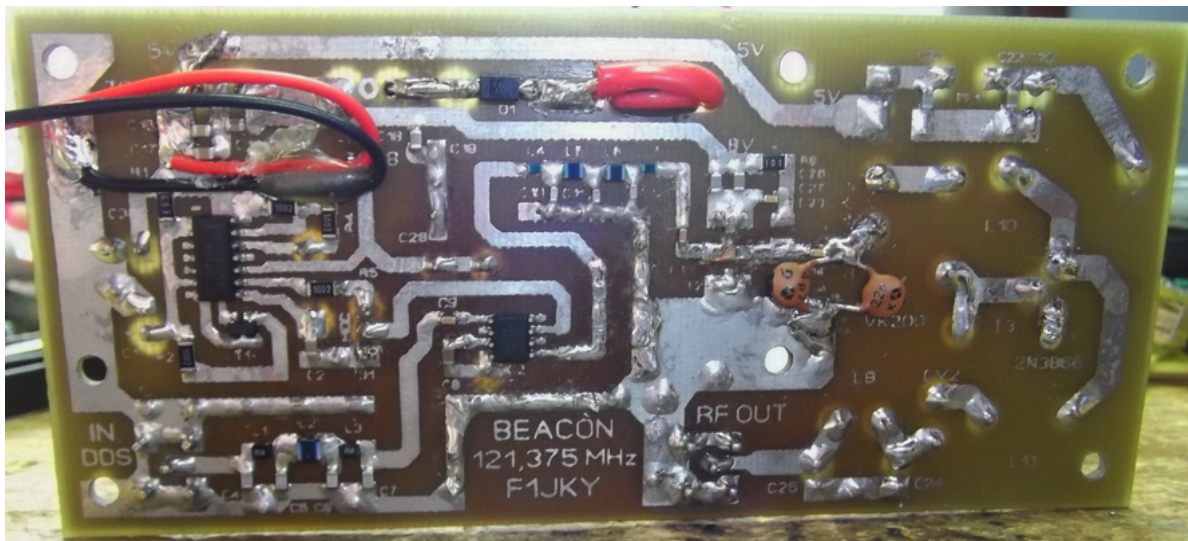


Identification des différents étages du PCB by F1JKY

Le type de PCB utilisé est du simple Epoxy 16/10<sup>ème</sup> Double Faces. Il comporte un côté « Pistes » (+ les composants SMD) et un côté « Plan de Masses » (+ les composants discrets dont il faudra détourer les pastilles n'allant pas à la masse).



PCB avec Implantation des Composants



Vue Côté Pistes du Proto avec une variante : CV3 remplacé par 2 Capas en //



Balise 121,375MHz - ARRAD - F1JKY - 17 Sept 2017

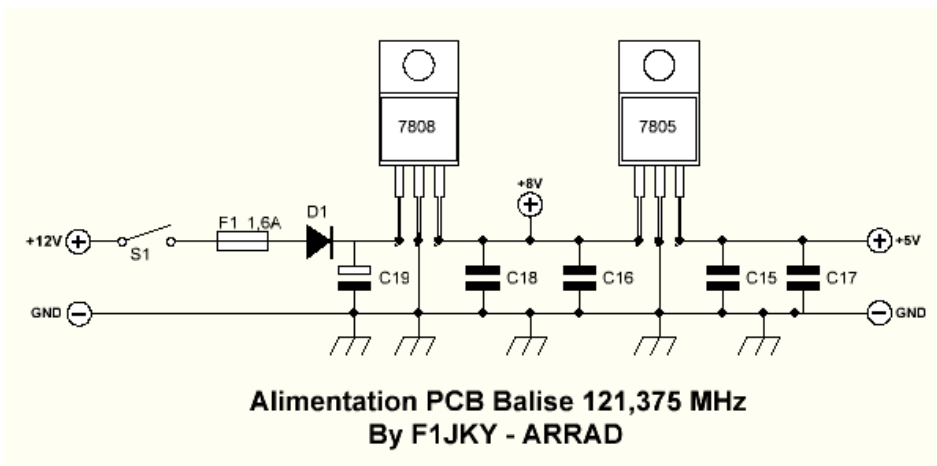
Vue Côté Plan de Masses

NB: Le Jumper à droite de la photo et à côté du strap vert, sert à passer la balise d'un mode Porteuse Modulée à un mode Porteuse Pure ... cela permet de faciliter certains réglages.



## L'Alimentation :

L'alimentation de la balise se fera en +12V et elle consomme au maximum 230mA ... DDS compris avec son LCD, ce qui permet de voir venir et d'avoir une autonomie respectable avec une petite batterie. Ce critère n'est pas à négliger car il sera très apprécié par le « renard » qui ira poser la balise dans la nature pour l'exercice de recherche ... autant que le sac à dos soit le moins lourd possible ! ;o)

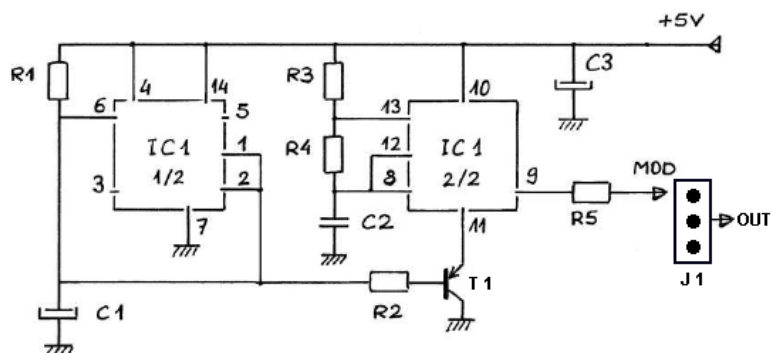


Comme vous pouvez le voir, deux régulateurs sont en cascade pour amortir la chute de tension de +12V à +5V mais aussi pour avoir la possibilité d'une tension de +8V afin d'alimenter au besoin l'étage optionnel du Driver RF à MAV11 ... ce qui permet aussi de délester de la consommation sur le 7805 bien qu'il y ait de la marge.

Il y a une diode de protection contre les inversions de polarités, un fusible de protection et pas mal de condensateurs de découplage ... tout ceci vient contribuer à notre tranquillité sur le reste du montage.

## Le Modulateur :

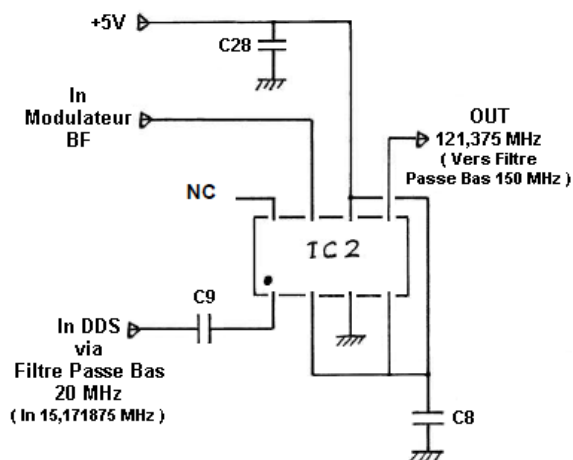
Je ne reviendrais pas sur les explications données par [F1LVT](#) sur son PDF sur le fonctionnement de cet étage, merci de vous y reporter.



**Modulateur BF**

## Le Multiplicateur x8 et « Mélangeur » :

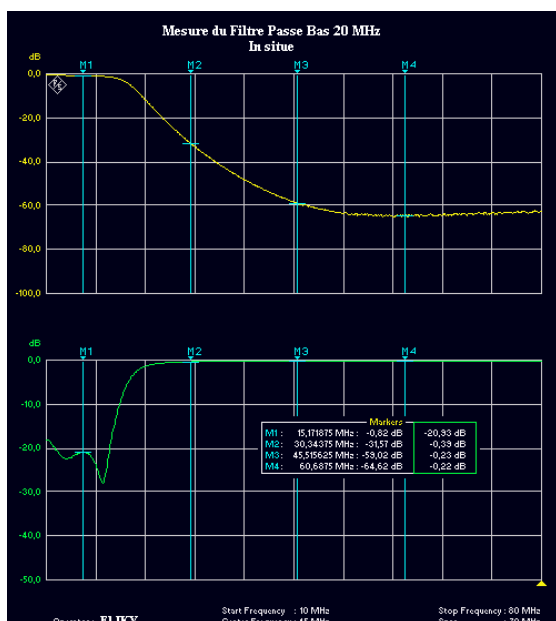
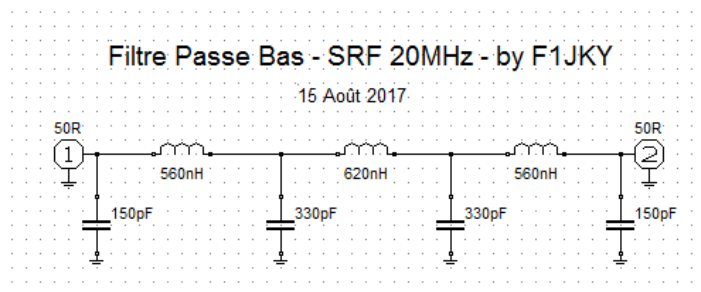
**NB :** Cette fonction est assurée par un ICS511 qui est malheureusement devenu obsolète mais il se trouve encore très facilement sur internet car ce circuit a été, apparemment, pas mal employé par le passé.



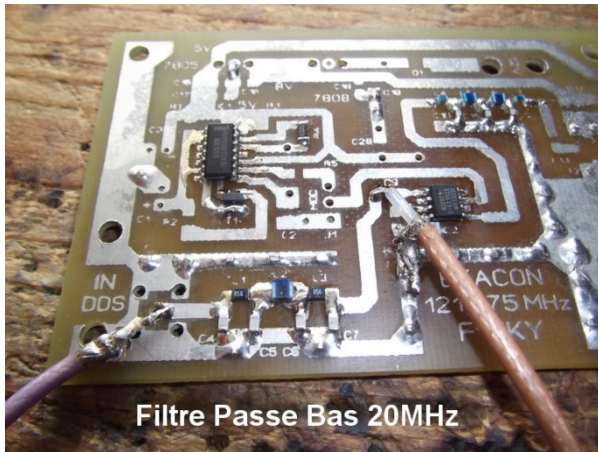
**Multiplicateur à ICS511**

## Le Filtre Passe Bas 20 MHz :

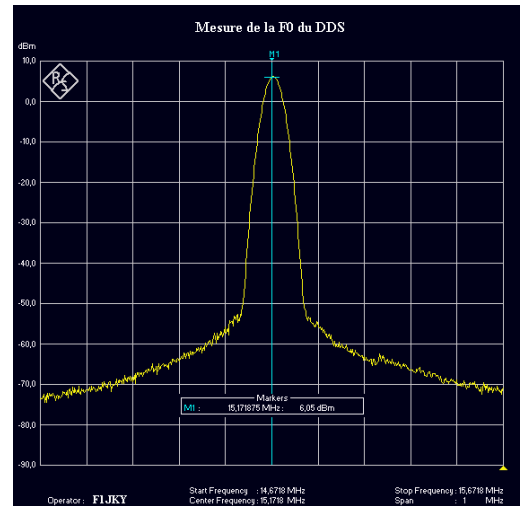
Ce filtre passe bas a une fréquence de coupure à 20MHz et il est destiné à être inséré à la sortie du DDS afin de diminuer, voire de supprimer les nombreuses harmoniques générées par celui-ci.



Markers		
M1 :	15,171875 MHz :	-0,82 dB
M2 :	30,34375 MHz :	-31,57 dB
M3 :	45,515625 MHz :	-53,02 dB
M4 :	60,6875 MHz :	-64,62 dB

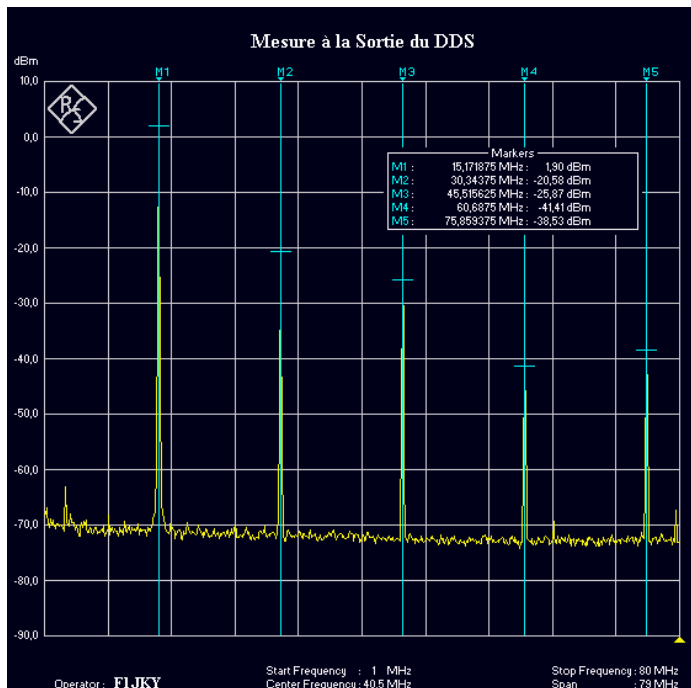


Mesure In Situ du Filtre

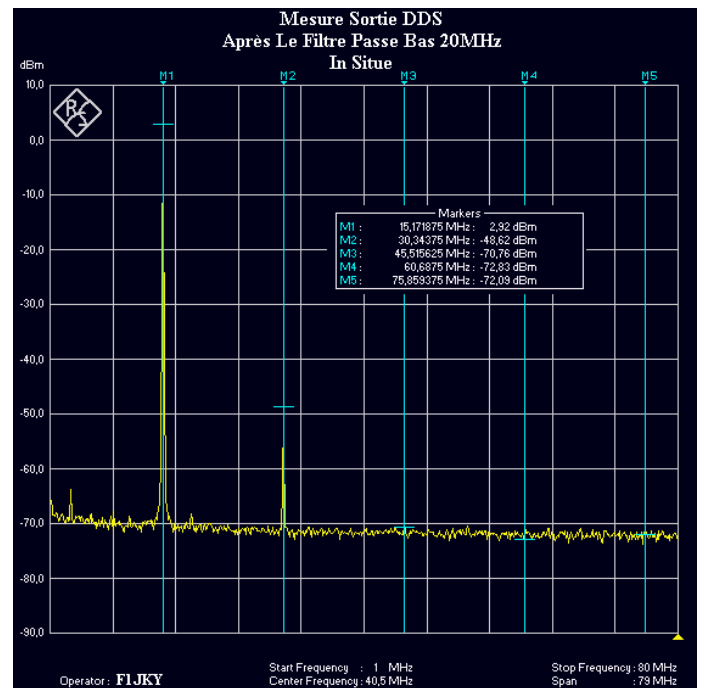


Mesure de la F0 du DDS 15.171875MHz

La mesure du filtre « In Situ » ci-dessus montre que les résultats attendus sont bien présent malgré que la mesure avec des « bouts de coax » ne soit pas optimale et donne des valeurs en dessous de la vérité ... donc le filtre est bon pour le service ! ;o)



Marker	Frequency (MHz)	Level (dBm)
M1	15,171875	1,90
M2	30,34375	-20,58
M3	45,515625	-25,87
M4	60,6875	-41,41
M5	75,859375	-38,53



Marker	Frequency (MHz)	Level (dBm)
M1	15,171875	2,92
M2	30,34375	-48,62
M3	45,515625	-70,76
M4	60,6875	-72,83
M5	75,859375	-72,09

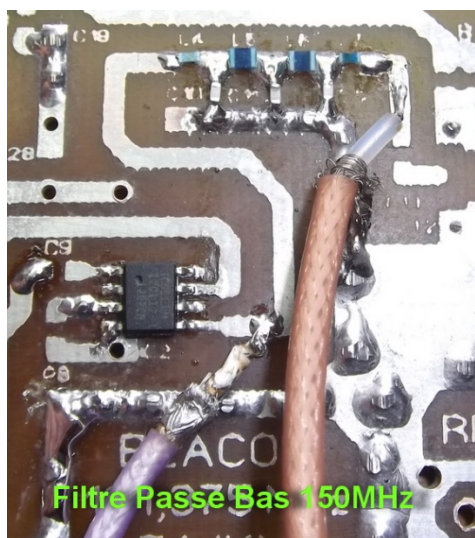
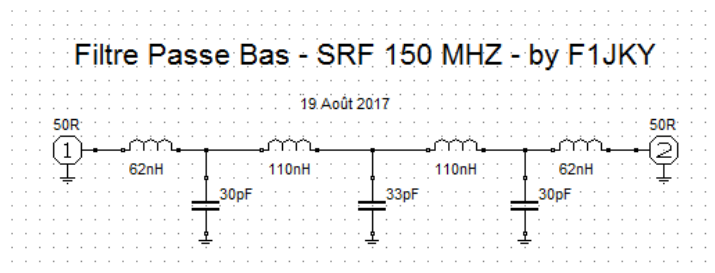
Les mesures ci-dessus montrent le spectre en sortie du DDS puis en sortie du filtre passe bas de 20MHz. On voit parfaitement l'efficacité et la nécessité d'un tel filtre ... car il ne faut pas oublier que sans filtre, les harmoniques générées par le DDS seront toutes multipliées par 8 par l'ICS511, autant dire une vraie forêt sera présente à l'entrée du PA !

Ceci n'étant pas envisageable, malgré l'utilisation ponctuelle de cette balise, il est absolument nécessaire de filtrer un minimum car le filtre passe bas du PA ne sera pas suffisant pour avoir un spectre acceptable en sortie de la balise.

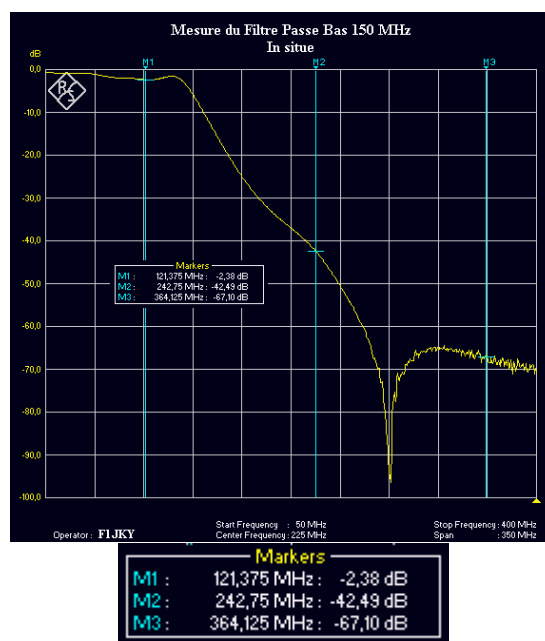


## Le Filtre Passe Bas 150 MHz :

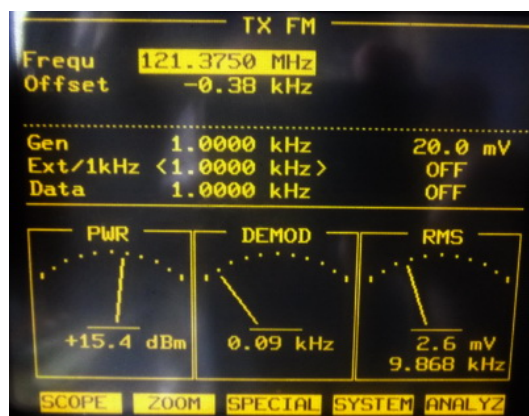
Comme pour le filtre passe bas à 20MHz en sortie du DDS, celui-ci va venir s'insérer en sortie de l'étage multiplicateur à ICS511 afin d'attaquer le PA correctement ... ou tout du moins, de façon acceptable.



Mesure In Situ  
du Filtre Passe Bas 150MHz

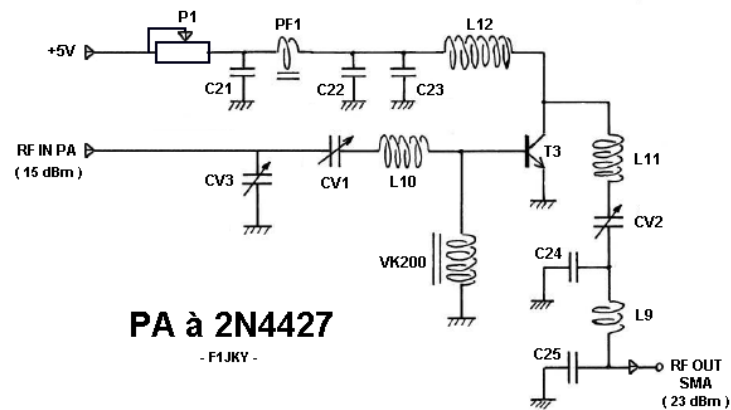


Comme pour la version 20MHz, la mesure in situ avec des « bouts de coax » dégrade la mesure sans compter que lors de la mesure, l'ICS511 était câblé sur le PCB ... ce qui n'arrange rien, maintenant, rien de dramatique non plus car il fait très bien son office et il est donc bon pour le service ! ;o)



La mesure ci-dessus, nous montre que le 121,375MHz après le filtre passe bas de 150MHz, a un niveau de +15dBm avec un décalage en Fréquence de -380Hz ... ce qui est bien suffisant pour attaquer directement le PA sans utiliser l'étage Drivers à MAV11 qui avait été prévu au cas où (mesure en porteuse pure, non modulé).

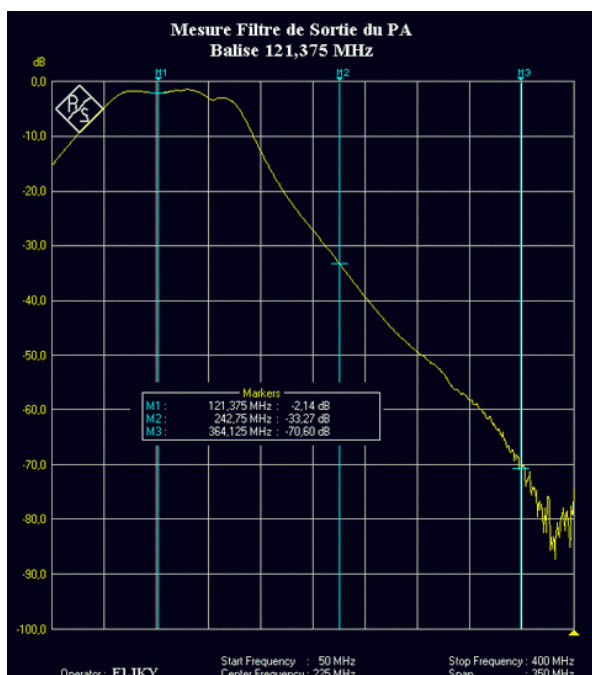
## Le PA :



Si j'avais eu plus de temps devant moi pour la réalisation de cette balise d'entraînement, j'aurais très certainement repris le design de ce PA qui présente plusieurs inconvénients dont celui d'être en classe C et d'utiliser des transistors ( 2N3866 ou ici un 2N4427 ) d'un autre âge.

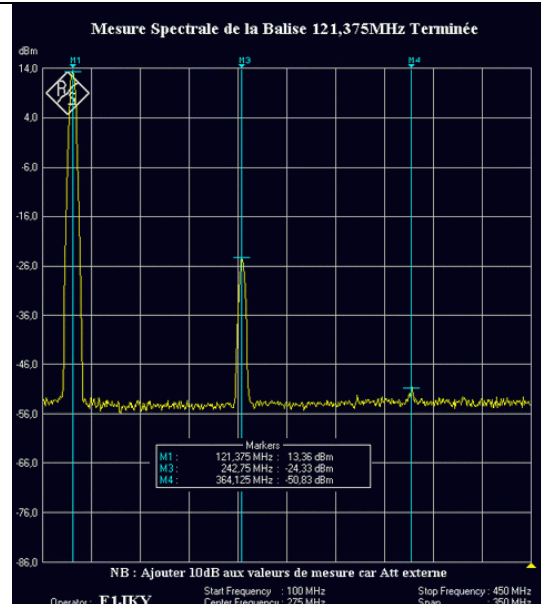
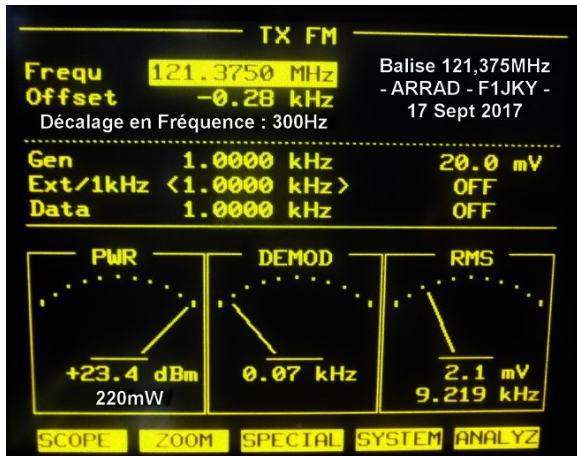
Il existe sur le marché actuel des transistors permettant une mise en œuvre plus simple et permettant d'avoir plus de puissance de sortie ... ceci dit, pour notre utilisation, ce PA suffit à condition de bien filtrer.

Le filtre passe bas de sortie de ce PA aurait mérité une cellule de plus afin d'avoir une meilleur réjection des harmoniques, même si dans notre cas et pour l'utilisation qui va en être fait, cela reste pleinement exploitable.



Markers		
M1	121.375 MHz	-2.14 dB
M2	242.75 MHz	-33.27 dB
M3	364.125 MHz	-70.60 dB

Mesure In Situ  
Du filtre de sortie du PA



Markers		
M1 :	121,375 MHz :	13,36 dBm
M3 :	242,75 MHz :	-24,33 dBm
M4 :	364,125 MHz :	-50,83 dBm

Mesure PWR balise terminée

La mesure ci-dessus a été réalisée une fois la balise terminée. Une puissance de 220mW (+23,4 dBm en porteuse pure) et un décalage en fréquence de -300Hz a été obtenu ... ce qui est bien suffisant pour l'application visée !!

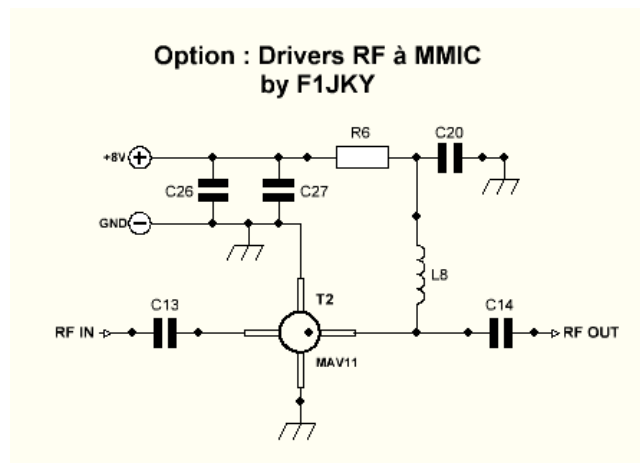
L'harmonique 2 est encore présente en sortie RF et elle se situe 40dB en dessous de la Fondamentale ... on pourrait mieux faire mais cela reste largement exploitable, la H3 est à -60dB et plus rien au-dessus.

### L'étage Driver :

Cet étage Driver à MAV11 a été prévu lors du développement car je n'avais pas d'idée sur la puissance que je pourrais présenter en entrée du PA. De plus je n'étais pas certain que les transistors que j'utiliserais, feraient mon affaire, donc dans le doute, prévoir un étage Driver sur le design du PCB ne me rajoutait pas beaucoup de travail et me permettait de ne pas être coincé lors de mes essais.

Au final et après les essais, cet étage Driver n'a pas été câblé. Seule les deux capas d'entrée et de sortie (C13 & C14) ont été soudées ainsi d'un bout de clinquant de cuivre en lieu et place du MMIC.

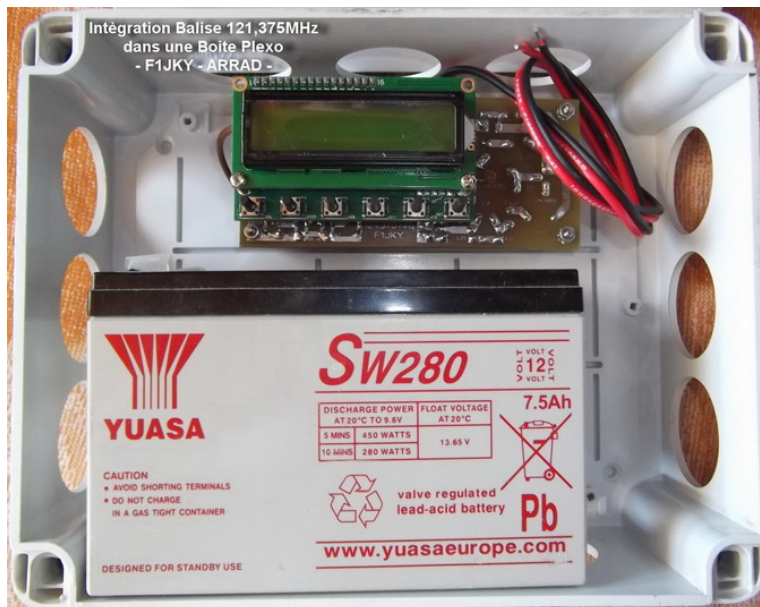
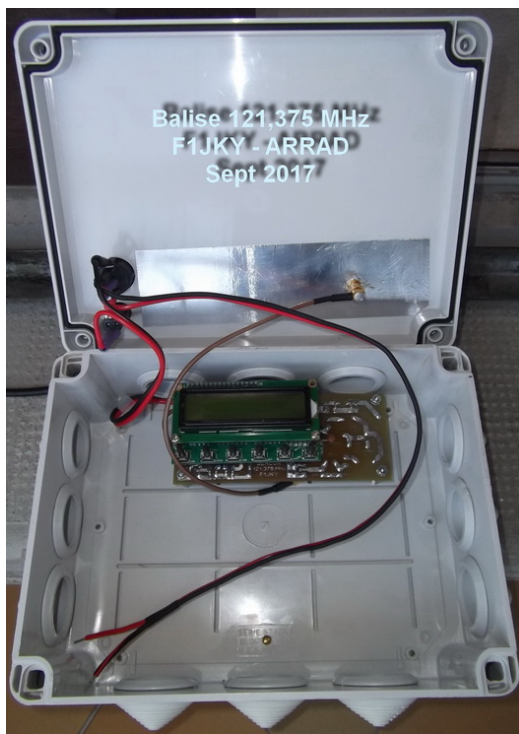
Je vous donne tout de même le schéma car cela peut servir un jour ... sait-on jamais :





## C'est dans la boîte ... !! :

Afin de protéger la balise et de finir la réalisation, j'ai opté pour mettre la balise dans une boîte de type « Plexo » de dimension 23x18x9cm possédant un joint d'étanchéité sur le couvercle. Cette boîte est suffisamment grande pour y loger la balise et une batterie de type 12V / 7Ah.



Balise Terminée et en coffret

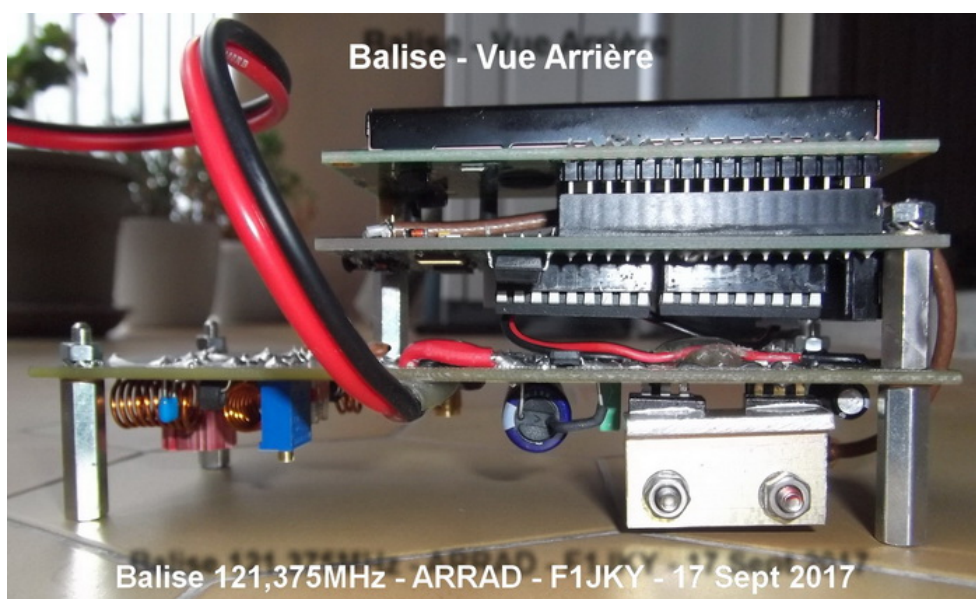
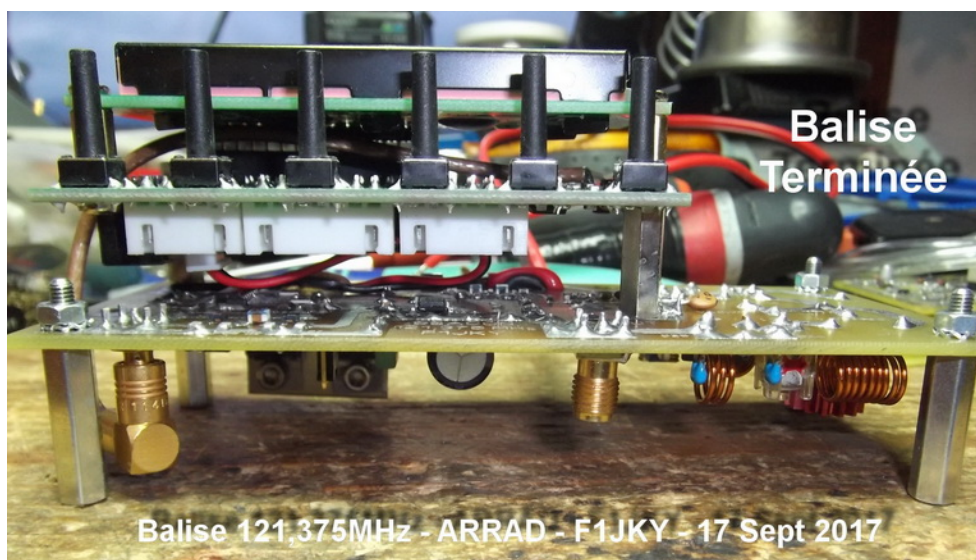
## **Conclusion :**

Voici un projet mené à son terme et qui fonctionne ... des essais furtifs ont été fait afin de valider en grandeur réelle le fonctionnement de cette balise et malgré des antennes non taillées pour cette bande de fréquence, elle a été parfaitement entendu dans un rayon de 10Km (le plus loin a été 27Km à vol d'oiseau). Cette Balise peut très bien être utilisée en VHF sur 144MHz pour une animation type "Chasse au Renard", il suffira de programmer en conséquence le DDS et d'aligner correctement le LPF du PA sur la sortie RF.

J'ai eu plaisir à réaliser ce projet qui sort de mes habitudes et j'aurais encore plus de plaisir lorsque je saurais que le colis contenant la balise sera arrivé entier et à bon port en Nouvelle Calédonie ou j'espère qu'elle donnera satisfaction aux amis FK lors de leurs séances d'entraînement.

**© Christophe PIALOT – F1JKY –**

**- ARRAD – Sept 2017 –**



## ANNEXE

### La BOM de la Balise 121,375 MHz by F1JKY :

No	Ref	Value	Name	Layer
1	C1	10 $\mu$ F - 25V	Capacitor Chemical	Bottom
2	C2	10nF	Capacitor	Top
3	C3	47 $\mu$ F - 25V	Capacitor Chemical	Bottom
4	C4	150pF	Capacitor	Top
5	C5	300pF	Capacitor	Top
6	C6	300pF	Capacitor	Top
7	C7	150pF	Capacitor	Top
8	C8	22nF	Capacitor	Top
9	C9	1nF	Capacitor	Top
10	C10	30pF	Capacitor	Top
11	C11	33pF	Capacitor	Top
12	C12	30pF	Capacitor	Top
13	C13	1nF	Capacitor	Top
14	C14	1nF	Capacitor	Top
15	C15	100nF	Capacitor	Top
16	C16	100nF	Capacitor	Top
17	C17	10nF	Capacitor	Top
18	C18	100nF	Capacitor	Top
19	C19	1000 $\mu$ F - 25V	Capacitor Chemical	Bottom
20	C20	1nF	Capacitor	Top
21	C21	100pF	Capacitor	Top
22	C22	100nF	Capacitor	Top
23	C23	1nF	Capacitor Ceramic Radial	Bottom
24	C24	22pF	Capacitor Ceramic Radial	Bottom
25	C25	22pF	Capacitor Ceramic Radial	Bottom
26	C26	100pF	Capacitor	Top
27	C27	10nF	Capacitor	Top
28	C28	470nF - 25V	Capacitor LCC	Bottom
29	VK200	VK200	Choke Balun	Bottom
30	CV1	20pF	CV	Bottom
31	CV2	20pF	CV	Bottom
32	CV3	30pF	CV	Bottom
33	D1	SS56	Diode	Top
34	PF1	Perle Ferrite	Ferrite Beads	Bottom
35	HS1	TO39 - D 15mm	Heat Sinks	Bottom
36	L1	560nH	Inductor	Top
37	L2	620nH	Inductor	Top
38	L3	560nH	Inductor	Top
39	L4	62nH	Inductor	Top
40	L5	110nH	Inductor	Top
41	L6	110nH	Inductor	Top
42	L7	62nH	Inductor	Top
43	L8	1,5 $\mu$ H	Inductor	Top



44	L9	3 Spires L 5mm D6mm	Inductor	Bottom
45	L10	8 Spires L 10mm D6mm	Inductor	Bottom
46	L11	9 Spires L 10mm D6mm	Inductor	Bottom
47	L12	9 Spires L 15mm D6mm	Inductor	Bottom
48	J1	Modulator OUT	Jumper	Bottom
49	IC1	SOIC-14	NE556	Top
50	IC2	ICS511	PLL Multiplier	Top
51	7805	5V	Regulator 7805	Bottom
52	7808	8V	Regulator 7808	Bottom
53	R1	68K	Resistor	Top
54	R2	10K	Resistor	Top
55	R3	10K	Resistor	Top
56	R4	100K	Resistor	Top
57	R5	10K	Resistor	Top
58	R6	100	Resistor	Top
59	P1	200 Ohm	Resistor Adjust	Bottom
60	SMA	OUT RF 121,375MHz	SMA	Bottom
61	SMB	IN DDS	SMB	Bottom
62	T1	2N2907	Transistor PNP	Top
63	T2	MAV11	MMIC	Top
64	T3	2N3866 or 2N4427	Transistor	Bottom

--- © F1JKY Christophe © ---