

Réalisation pratique d'un récepteur pour l'écoute permanente et le décodage des balises de détresse 406 MHz

Jean-Paul YONNET

F1LVT@yahoo.fr

www.F1LVT.com

Dans les articles précédents, nous avons vu comment il est possible de construire un récepteur 406 MHz autour d'une carte électronique trouvée sur Ebay. Ce récepteur est capable de surveiller l'ensemble des différentes fréquences utilisées par les balises 406 MHz grâce à un système de correction automatique de fréquence (CAF) [1,2].

L'objectif est de construire un système d'écoute complètement autonome, capable de décoder les trames 406 et d'afficher le contenu dès qu'une balise est entendue. Pour ce type de fonctionnement, les signaux reçus sont très courts et difficiles à prévoir. L'utilisation du S-mètre n'apporte pas une aide importante. Sur la carte d'interface, nous lui avons préféré une fonction « bipeur », avec un bip sonore qui est émis à chaque réception de trame. Comme cela, sans avoir les yeux rivés sur le récepteur, l'avertisseur sonore nous prévient de la réception éventuelle d'une balise 406 (Photo 1).

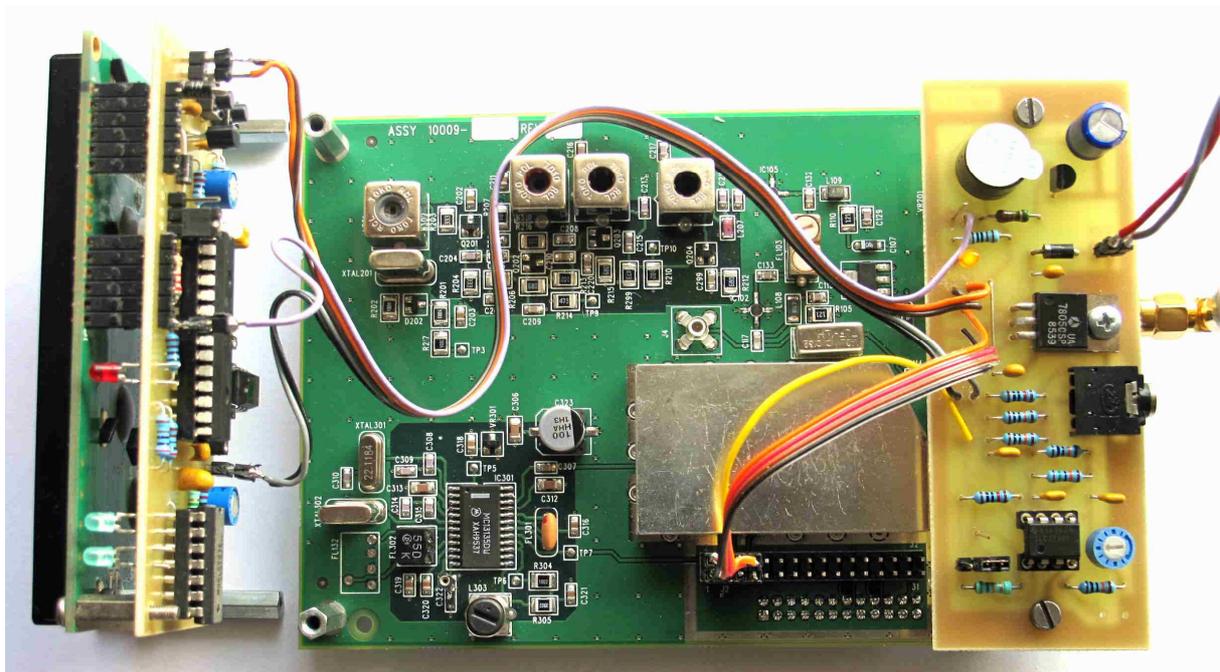


Photo 1 : Le système complet de réception et d'écoute des balises 406 MHz

1- Le système d'écoute et de décodage

Le système complet est composé de 3 parties : la carte Wavix connectée à l'antenne 406 MHz, le décodeur DECTRA pour analyser les trames reçues et afficher les informations contenues [3,4], et une carte d'interface qui gère les alimentations des autres cartes, le système de Correction Automatique de Fréquence et l'alarme sonore (Figure 1).

Le système final d'écoute et de décodage n'est relié qu'à l'antenne 406 MHz et à l'alimentation 12V.

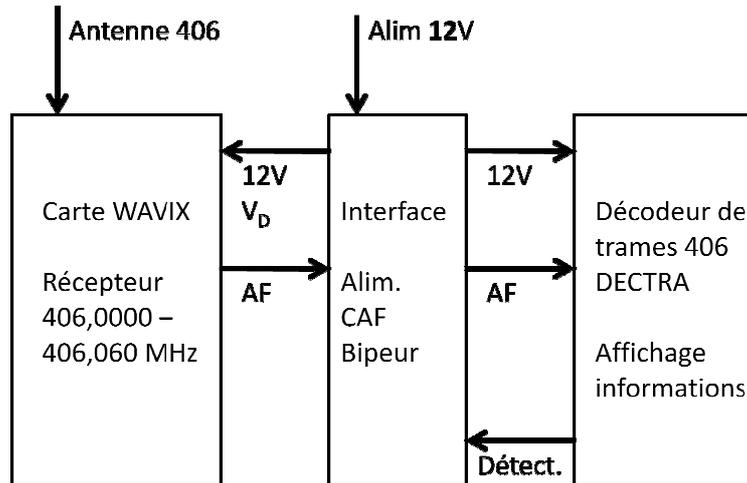


Figure 1 : Les trois parties du système : la carte Wavix, la carte d'interface, et le décodeur de trames

2. La carte d'interface

La carte d'interface comporte 3 fonctions : l'alimentation, le système de correction automatique de fréquence et l'avertisseur sonore de réception d'une balise. Pour les deux premières fonctions, la carte reprend les montages décrits précédemment [1,2]. La seule originalité de la carte finale, c'est le bipeur piloté par la détection de trames de la carte DECTRA.

2-1. L'alimentation

Il faut alimenter la carte Wavix en 12 V. La tension de 5 V est générée par un régulateur 7805 très classique pour les fonctions de la carte additionnelle (Figure 2).

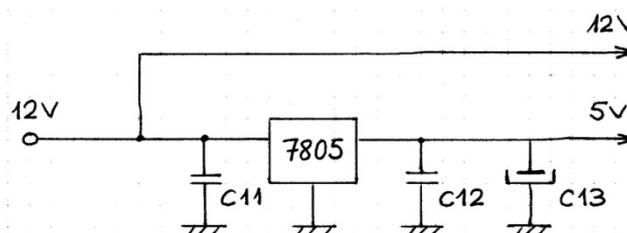


Figure 2 : Circuit d'alimentation 12V et 5V

Valeur des composants : $C11 = C12 = 100 \text{ nF}$ $C13 = 100 \mu\text{F}$ Régulateur 7805

2-2. Le système de Correction Automatique de Fréquence

Pour recevoir les différentes fréquences utilisées par les balises, le récepteur est équipé d'un système de Correction Automatique de Fréquence (CAF) qui couvre 60 kHz environ (Figure 3). Ce système est piloté par la composante continue présente dans la sortie démodulée, notée AF. La CAF agit sur la diode Varicap BB200 de l'oscillateur OL1, commandée par la tension V_D .

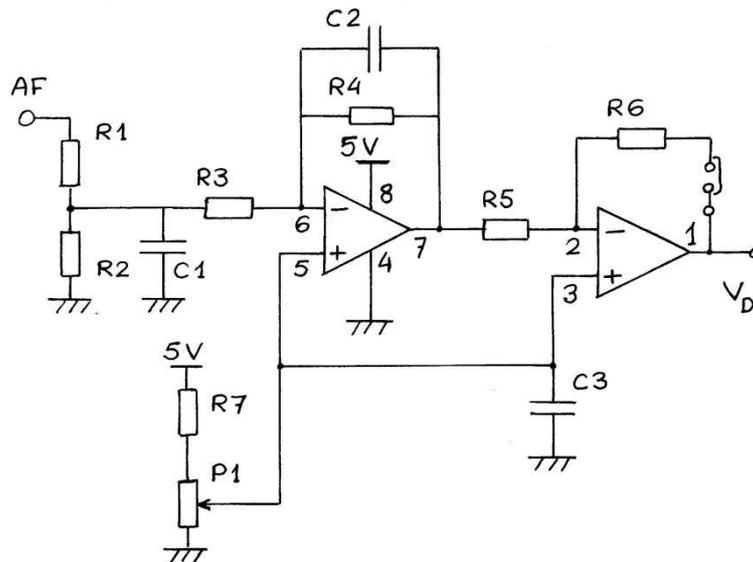


Figure 3 : Schéma électronique du système de CAF

Valeurs de composants utilisés :

$R1 = R2 = R3 = 100 \text{ k}\Omega$

$R4 = 150 \text{ k}\Omega$

$R5 = 10 \text{ k}\Omega$

$R6 = 56 \text{ k}\Omega$

$P1 = 100 \text{ k}\Omega$

$C1 = C2 = C3 = 100 \text{ nF}$

Double Ampl Op = TLC2272CP ou équivalent

2-3. Alarme sonore

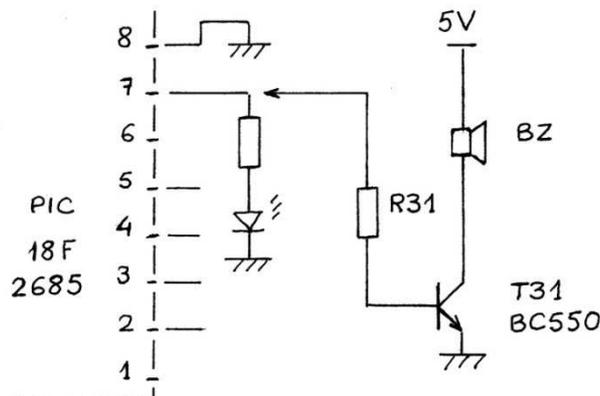


Figure 3 : Connexion du bipleur au décodeur de trames

Valeurs de composants utilisés :

$R31 = 22 \text{ k}\Omega$

$T31 = \text{BC550 ou eq.}$

$BZ = \text{« buzzer » } 5\text{V}$

Le rôle du bipeur est d'émettre une alarme sonore quand une trame est reçue et décodée. Cette fonction est pilotée par la sortie 7 du microcontrôleur 18F2685 du décodeur DECTRA. Cette sortie passe au niveau haut le temps du décodage de la trame. La LED pilotée par cette broche 7 s'allume pendant une seconde lors du décodage. C'est ce signal de la sortie 7 qu'on peut utiliser pour commander l'alarme sonore (Figure 3).

Le son est émis par un « buzzer » 5V, qui consomme environ 20 mA en fonctionnement (Photo 2). Le buzzer neuf est livré avec un autocollant pour le protéger lors de la soudure à la vague. Comme le bruit est assez fort, nous avons laissé cet autocollant pour réduire le bruit lors des essais de mise au point (Photo 1). En fonctionnement, avec le récepteur en veille dans un coin, le buzzer est là pour alerter de la réception d'une balise de détresse.

2-4. Construction de la carte d'interface

La Photo 2 montre la carte d'interface. En plus des fonctions citées précédemment, la carte est équipée d'une prise jack 3,5 mm pour pouvoir connecter un circuit extérieur sur la sortie AF. Cette liaison est effectuée avec une résistance série de 10 k Ω .

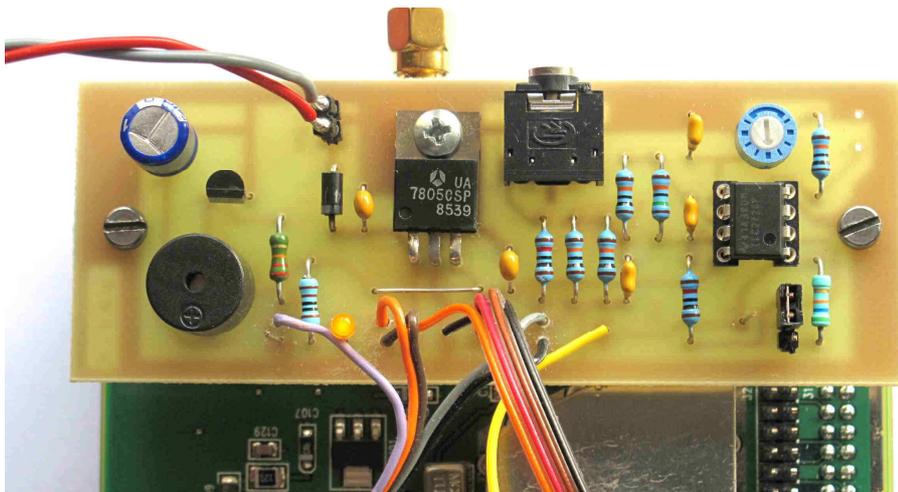


Photo 2 : La carte d'interface, avec les fonctions bipeur, alimentation et CAF

3- Les modifications sur la carte Wavix

Les modifications sur la carte ne portent que sur le changement de 2 quartz, notés XTAL201 et XTAL301 sur la Photo 3.

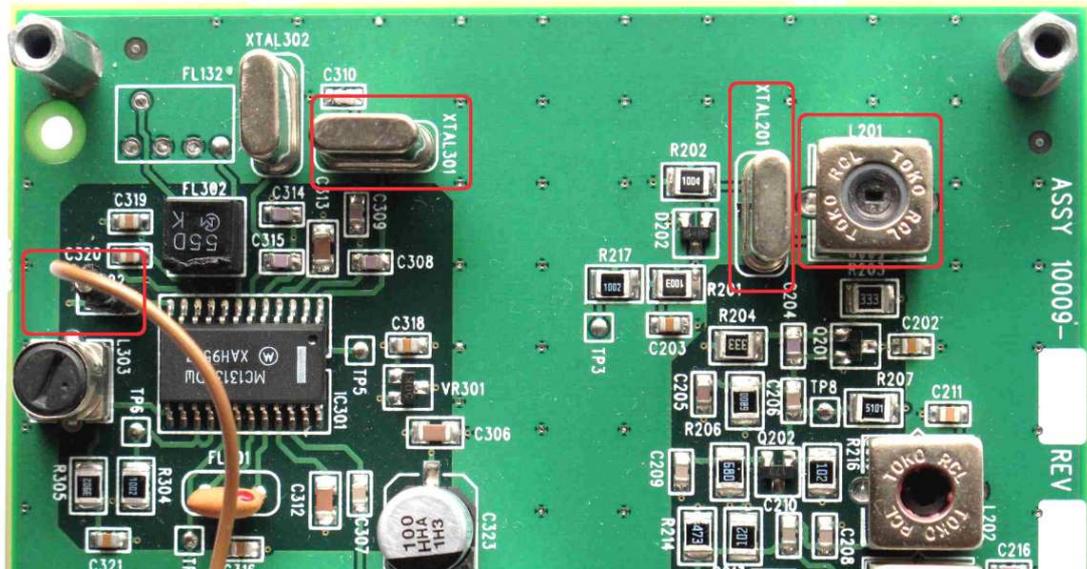


Photo 3 : Les éléments à modifier sur la carte du récepteur Wavix : sur la partie gauche, autour du circuit MC13135, il faut changer XTAL301 et sur la partie droite (oscillateur OL1), il faut remplacer XTAL201.

L'inductance L201 permet d'ajuster la fréquence centrale, et le fil ajouté sur C322 est utilisé pour mesurer la force du signal (RSSI ou S-mètre)

Pour le premier oscillateur local, le quartz 20,63 MHz est remplacé par un quartz Q1 = **20,736 MHz** (Photo 4) et le quartz 18,43 MHz du second oscillateur par un quartz Q2 = **22,1184 MHz** (Photo 5).

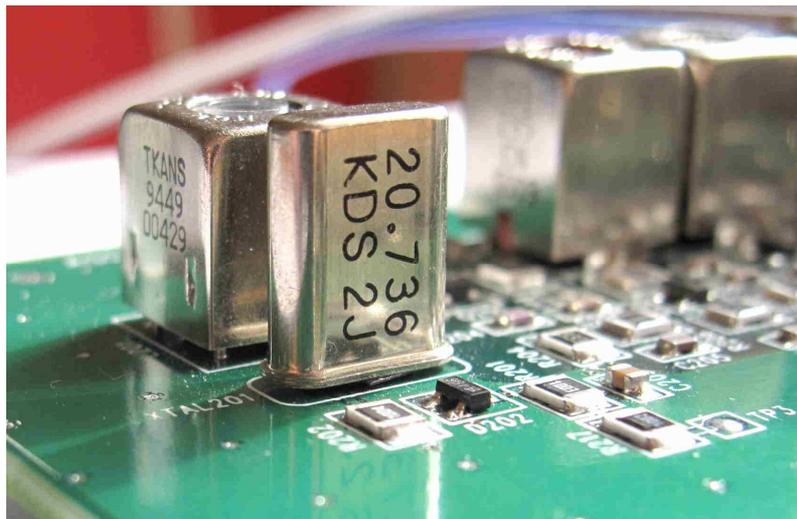


Photo 4 : Le nouveau quartz du premier oscillateur local

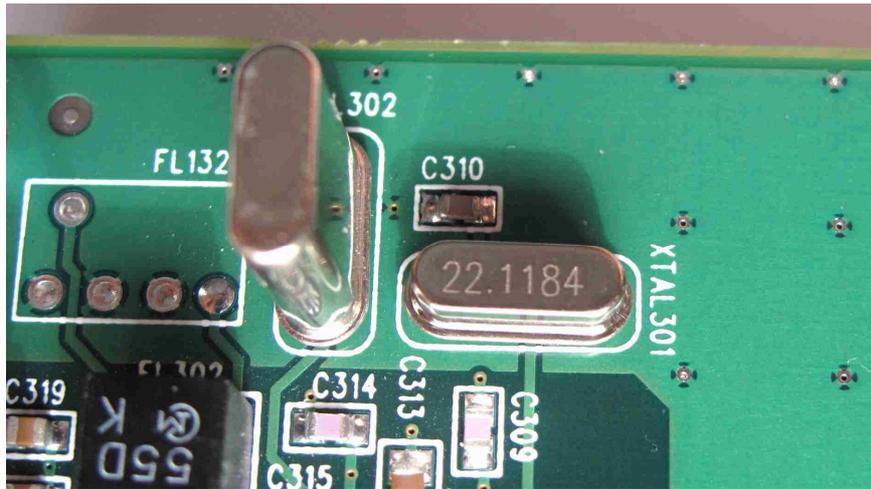


Photo 5 : Pour le deuxième oscillateur local, le quartz 22,1184 est en format HC-49S

Le schéma de la Figure 4 montre le fonctionnement du récepteur, avec son triple changement de fréquence et ses trois oscillateurs locaux. Le premier oscillateur est maintenant équipé d'un quartz 20,736 MHz dont la fréquence est multipliée par 18 pour donner la première fréquence OL1 = 373,214 MHz. Les deux autres oscillateurs sont gérés par le circuit MC13135.

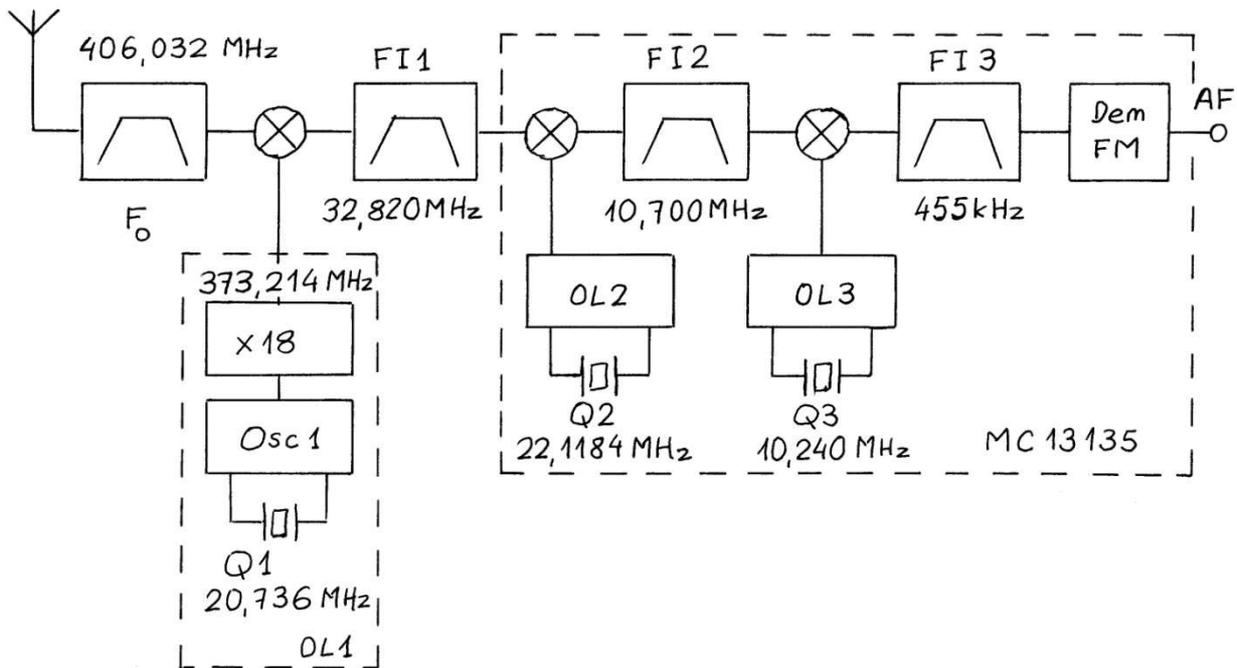


Figure 4 : Les différentes fréquences des oscillateurs locaux (OL1, OL2 et OL3) et les fréquences intermédiaires (FI1, FI2 et FI3)

4- Réglages et alignement

4-1. Les points de mesure et les paramètres à régler

Sur la carte du récepteur, il faut caler la fréquence centrale de réception et aligner les filtres du circuit d'entrée. Il faut aussi régler le niveau d'entrée du décodeur.

Les quatre points de réglage sont :

- le noyau de l'inductance L201, pour régler la fréquence centrale (Photo 3),
- les « noyaux » des filtres FL101 et FL201, pour le circuit d'entrée (Photo 6),
- le potentiomètre de la carte d'interface, pour le point de polarisation moyen des diodes Varicap autour de 1,25 V,
- le potentiomètre d'entrée du décodeur DECTRA.

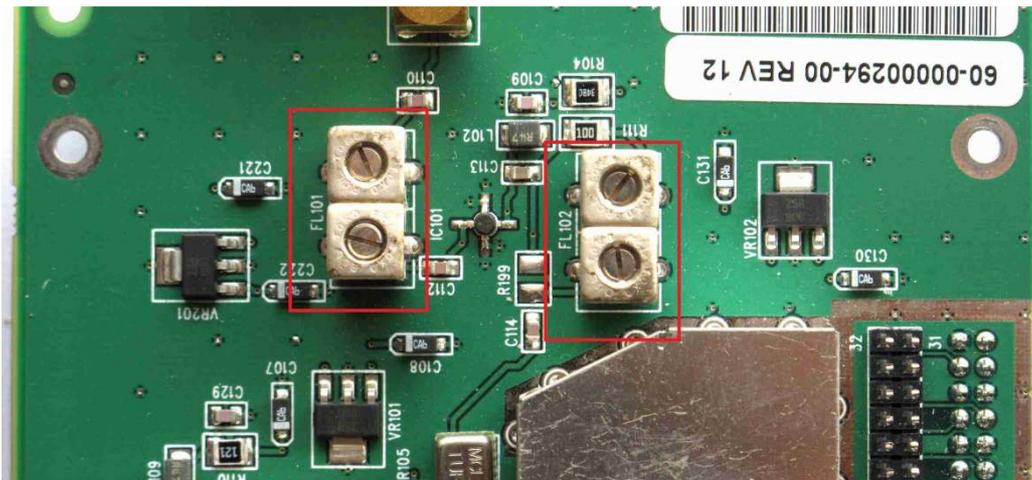


Photo 6 : Filtres hélicoïdaux du circuit d'entrée FL101 et FL102

Les points de mesure sont :

- la tension RSSI, mesurée sur le condensateur C322, sur l'extrémité la plus proche du MC13135 (Photo 3).
- la fréquence de l'oscillateur OL1, dont la sortie est sur le connecteur SMB au milieu de la carte permettant de connecter facilement un fréquencemètre.

Sur la carte d'interface, il est possible de bloquer le système de CAF et de rester sur la fréquence centrale de réception. Pour cela, un dispositif permettant d'isoler la sortie 1 de l'AOP a été prévu sur la Figure 3. En isolant cette sortie, en enlevant l'AOP de son support et en reliant les broches 1 et 3 (ou 5) sur le support, la tension V_D de commande des Varicap est directement reliée à la sortie du potentiomètre de réglage. De cette façon, on peut imposer une tension continue de 1,25 V pour V_D . Quand le réglage de la fréquence centrale est effectué, pour mettre en service le système de CAF il faut remettre l'AOP en place et relier la broche 1 avec la résistance R6. Cette liaison est faite par le cavalier à 2 positions qu'on voit sur la Photo 2 à coté de l'AOP.

4-2. Calage de la fréquence centrale de réception sur 406,032 MHz

Conditions de mesure :

- Générateur UHF : fréquence 406,032 MHz, niveau de l'ordre de -70 à -80 dBm
- Tension de commande des Varicap : $V_D = 1,25$ V (voir paragraphe précédent)

Point de réglage : Inductance L201

Points de mesure :

- Tension continue RSSI (extrémité de C322 la plus proche du MC13135)
- Fréquence mesurée sur le connecteur central de la carte (connecteur SMB)

Objectifs :

- Obtenir la tension RSSI la plus élevée possible. Elle doit être supérieure à 800 mV.
- La fréquence mesurée (OL1) doit se situer autour de 373,215 MHz

4-3. Réglage des circuits d'entrée pour obtenir la sensibilité maximale

Conditions de mesure :

- Générateur UHF : fréquence 406,032 MHz non modulé, niveau autour de -110 dBm
- Tension de commande des Varicap : $V_D = 1,25$ V

Point de réglage : Filtres hélicoïdaux FL101 et FL102 (Photos 6 et 7)

Point de mesure : Tension continue RSSI (extrémité de C322 la plus proche du MC13135)

Objectif : Obtenir la tension RSSI la plus élevée possible. Par rapport au réglage précédent, sur une carte alignée d'origine pour 400 MHz, on arrive à gagner environ 30 à 50 mV.



Photo 7 : Filtres hélicoïdaux du circuit d'entrée de la carte Wavix (doc TOKO)

4-3. Mise en route de la Correction Automatique de Fréquence

Il n'y a rien à régler, c'est une vérification du bon fonctionnement.

Conditions de mesure :

- Générateur UHF : fréquence alternativement sur 406,020 MHz et sur 406,040 MHz (± 10 kHz autour de la fréquence centrale), niveau de l'ordre de -70 dBm

Point de mesure :

- Tension continue RSSI (extrémité de C322 la plus proche du MC13135)
- Tension de commande des Varicap : V_D
- Fréquence mesurée sur le connecteur central de la carte (connecteur SMB)

Objectifs :

- Vérifier la tension V_D , qui doit passer de 1,05 V à 1,45 V ($\pm 0,05$ V)
- Vérifier que la tension RSSI ne change pas.
- La fréquence mesurée (OL1) doit varier alternativement entre 373,205 MHz et 373,225 MHz (± 5 kHz)

4-4. Réglage de la sensibilité du décodeur

Conditions de mesure : Balise blindée. Liaison avec l'entrée du récepteur par atténuateur calibré

Point de réglage : Potentiomètre d'entrée de la carte DECTRA

Point de mesure : Seuil de décodage des trames

Objectif : Obtenir la plus grande sensibilité possible en décodage de trames.

Comme tout le monde n'est pas équipé avec une balise blindée, on peut remplacer cette mesure par un pré-réglage du niveau d'entrée de la carte DECTRA. Il faut que le potentiomètre d'entrée soit **à environ 1/4 ou 1/3 de sa course**. Le réglage n'est pas critique, mais il ne faut pas monter le niveau au-dessus du tiers de la course (bruit trop élevé), ni trop atténuer en dessous du sixième de la course (niveau trop faible pour pouvoir décoder).

5- Sensibilité du récepteur en décodage

Mesurer la sensibilité en décodage de signaux numériques n'est pas facile à faire. Ce qui intervient, ce n'est pas uniquement le traitement des petits signaux, mais c'est l'aptitude à sortir les signaux numériques dans le bruit. Nous avons fait une mesure comparative entre notre récepteur associé à son décodeur de trames avec un récepteur de référence, un récepteur AOR AR8000, associé lui aussi à un décodeur DECTRA.

Pour cela une balise COSPAS SARSAT de faible puissance a été placée dans un boîtier blindé. Les signaux ont été envoyés aux récepteurs par un câble coaxial avec une atténuation calibrée par un atténuateur à cellules commutées par pas de 1 dB. En augmentant l'atténuation pas par pas, nous avons mesuré le seuil de limite de décodage.

Résultat : l'écart entre les deux récepteurs est inférieur au pas de notre atténuateur ! Les seuils de décodage sont les mêmes pour notre récepteur Wavix et l'AOR AR8000 de référence. Les sensibilités sont tout à fait comparables.

Le seul point qui pourrait encore être amélioré sur ce très bon récepteur, c'est le filtrage. Il est actuellement réalisé par un filtre céramique 10,7 MHz suivi par un second filtre céramique 455 kHz assez large pour la deuxième et la troisième FI. L'utilisation de filtres plus étroits pourrait peut-être permettre d'améliorer les performances du récepteur.

6- Synthèse

Notre système « récepteur-décodeur » est maintenant pleinement opérationnel pour être à l'écoute permanente des balises de détresse (Photo 8). Sa sensibilité est très bonne. Dès qu'une balise passe en émission, quelle que soit sa fréquence, le récepteur se cale automatiquement sur la fréquence réelle de la balise et le décodeur affiche les informations contenues dans la trame. Le son du buzzer se fait alors entendre pendant une seconde.

Le système est maintenant en veille permanente dans la station. Pour le moment il n'a reçu et décodé que des balises en essai sur l'aérodrome voisin ...



Photo 8 : Le récepteur associé au décodeur en fonctionnement

Références

- [1] <http://www.f1lvt.com/files/545-RX406-Part1.205.pdf>
- [2] <http://www.f1lvt.com/files/546-RX406-Part2.212.pdf>
- [3] <http://www.f1lvt.com/files/333-CarteDECTRA-V6P1.179.pdf>
- [4] <http://www.f1lvt.com/files/334b-ConstructionDECTRA2274-V7P2.183.pdf>