

# Balise « Quart de Watt »

## Une balise UHF avec les trames 406

(Partie 1 / 2)

Jean-Paul YONNET  
[F1LVT@yahoo.fr](mailto:F1LVT@yahoo.fr)  
[www.F1LVT.com](http://www.F1LVT.com)

La balise « Quart de Watt » transmet des trames 406 la bande UHF. Sa construction va être décrite. L'émission respecte exactement les normes de balises 406, c'est-à-dire du PSK  $\pm 1,1$  rd à 400 bauds. Cette balise peut être utilisée comme **balise d'entraînement** car sa portée est assez grande : entraînement à la radiogoniométrie sur les trames courtes (0,5 seconde toutes les 50 secondes) avec la Doppler Montréal 3V2 par exemple, et entraînement au décodage des trames [1].

La balise « Quart de Watt » reprend le principe de modulation PSK de la balise « La Plume » [2]. Mais à la différence de « La Plume » qui ne génère que 6 à 7 mW, la balise « Quart de Watt » émet une puissance de 30 à 160 mW, 5 à 30 fois plus élevée. Le nom de cette nouvelle balise, « Quart de Watt », correspond à sa puissance. Les modules UHF utilisés génèrent une puissance nominale théorique de 500 milliwatts en 12 V, mais la puissance réelle mesurée en sortie du montage est plus réduite et elle dépend des conditions d'alimentation.

Avec une telle puissance, il n'est pas possible d'émettre sur les fréquences réelles, dans la bande 406 MHz, car une telle émission serait automatiquement reçue par les satellites COSPAS – SARSAT. Les modules UHF utilisés fonctionnent sur la fréquence ISM UHF, autour de 434 MHz. Cette fréquence est au milieu de la bande radioamateur UHF, ce qui ne pose aucun problème pour les ADRASEC. En cas de besoin, il est possible de transmettre un indicatif radioamateur en Morse en surimpression pour permettre l'identification de la balise [3].

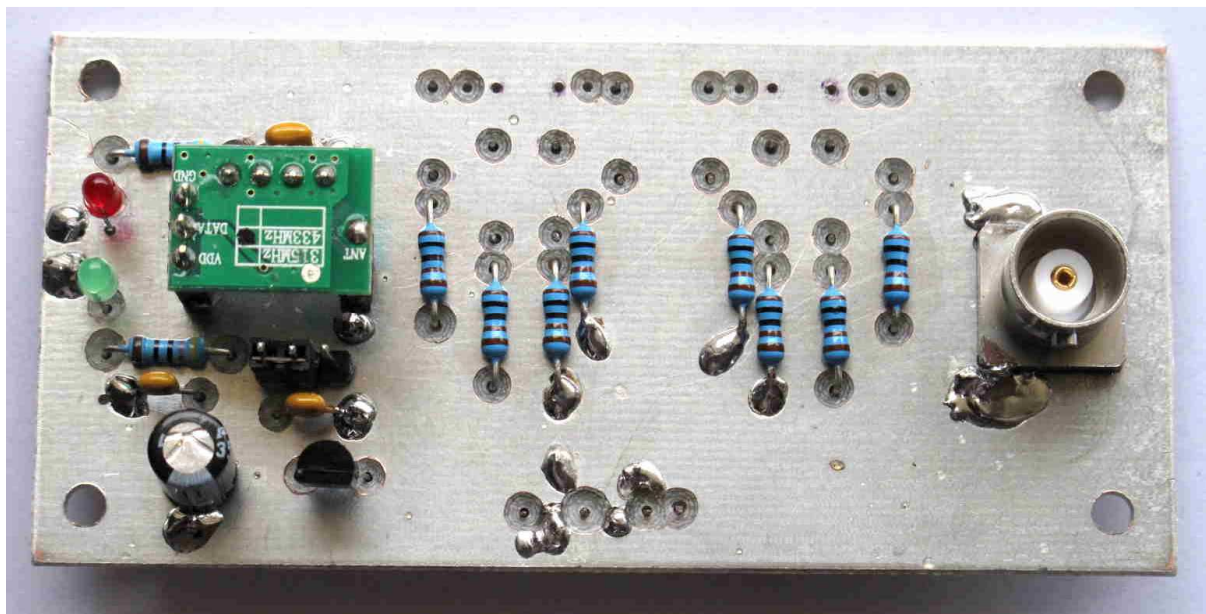


Photo 1 : Balise « Quart de Watt » : la carte UHF, le module 500 mW et le modulateur

## 1- Module émetteur UHF 500 mW

Ces modules de 500 mW (Photo 2) sont destinés à la fabrication de système de transmission grande distance sur 433 MHz (ou 315 MHz). La puissance d'émission augmente avec la tension d'alimentation. Le module fonctionne entre 2,2 V et 12 V. D'après les données du fabricant, avec 3 V la consommation est de 24 mA et la puissance de 12 dBm. Avec 12V (tension maximale), on obtient une puissance théorique de 27 dBm (500 mW) et la consommation atteint 150 mA.



Photo 2 : Module 433 MHz avec une puissance de 500 mW

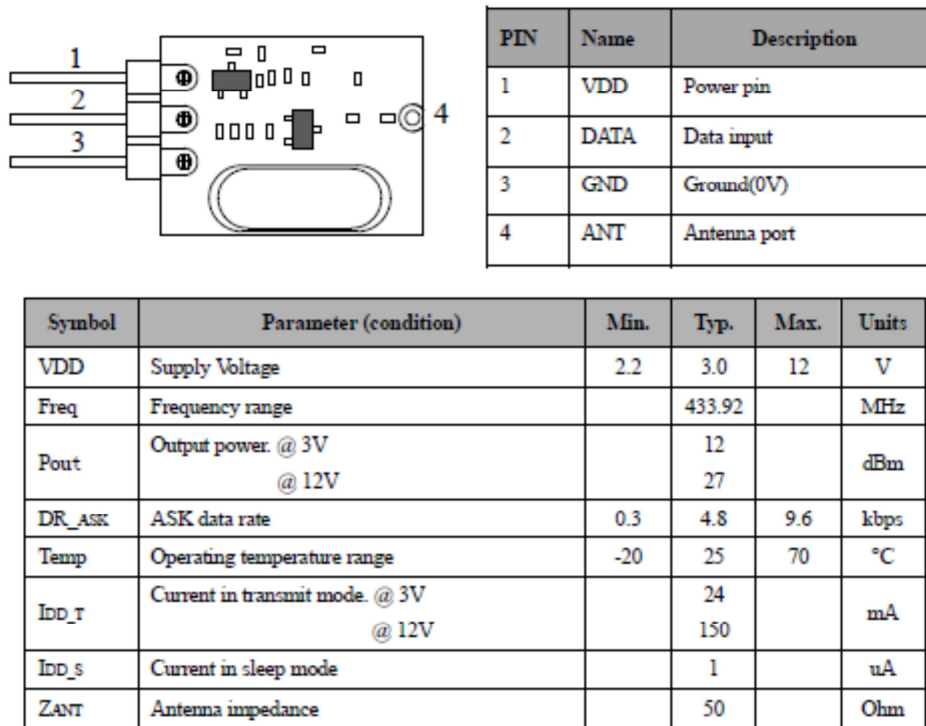


Figure 1 : Caractéristiques du module UHF 500 mW

Les vendeurs de ces modules ne se soucient guère de la réglementation, qui dit que la PAR (Puissance Apparente Rayonnée) doit être limitée à 10 mW pour une utilisation libre dans la bande 433 MHz. Par exemple les modules émetteurs TX-5 de la balise « La Plume » fournissent une puissance de 10 mW [2] ; qui est conforme à la norme LPD. Par contre les modules 500 mW qui sont utilisés ici dans la balise « Quart de Watt » sont beaucoup trop puissants pour respecter la norme. Heureusement, entre les mains de radioamateurs dûment licenciés, ces modules peuvent être utilisés sans problème. Toujours pour respecter la réglementation, tout émetteur doit envoyer son indicatif régulièrement. Cela peut être réalisé par le montage « générateur d'indicatif en Morse » déjà décrit pour la Plume » [3]

## 2- Puissance réelle de la balise « Quart de Watt » et fréquence

### *2a- Puissance*

La puissance d'émission dépend à la fois de la tension d'alimentation (VDD) et de la tension du niveau logique haut envoyé sur la broche « DATA » du module UHF.

Avec une alimentation en 12V, et un niveau logique en 12V, nous avons mesuré une puissance réelle de **160 mW** sur la sortie antenne de la balise, d'où l'appellation « **Quart de Watt** ». La puissance de sortie du module (théoriquement de 500mW mais en réalité de l'ordre de 200 à 250 mW au maximum) est légèrement atténuée par le modulateur.

Seconde constatation, la puissance de sortie varie avec le niveau logique de commande. Avec un niveau de 5V pour la logique et 12V pour l'alimentation, la puissance de sortie se situe autour de **80 mW**. Après différents essais, nous avons préféré utiliser cette configuration avec une logique en 5V car le fonctionnement reste très stable. Ce n'est pas le cas avec une logique en 12V avec laquelle nous avons constaté une tendance à un accrochage interne entre l'émission et le niveau logique de commande, maintenant la balise en émission permanente.

Avec une alimentation par 8 accumulateurs 1,2 V fournissant autour de 10V de tension et une logique en 5 V, la puissance de sortie est d'environ 60 mW, ce qui est déjà pas mal.

Quelle que soit la puissance utilisée (entre 30 mW et 160 mW), le signal provenant de la balise « Quart de Watt » est nettement plus élevée que celui de la balise « La Plume ». Ceci rend la balise « Quart de Watt » bien adaptée comme **balise d'exercice**. En vue directe sa portée est assez grande, de l'ordre de plusieurs centaines de kilomètres. Au ras du sol, sa portée dépend beaucoup de la topologie du terrain; elle peut être limitée à quelques centaines de mètres. A titre de comparaison, les radiosondes (RS) ont une puissance très comparable, de l'ordre de 200 mW. En l'air, les RS sont entendus à plusieurs centaines de kilomètres ; au sol, c'est très nettement moins.

Autre source de variation, la puissance de la balise dépend directement de celle fournie par le module UHF 500 mW. Une dispersion des caractéristiques des modules peut modifier légèrement la puissance réelle d'émission.

### *2b- Fréquence*

La balise « Quart de Watt » ne fonctionne que sur fréquence fixe, pilotée par un filtre SAW. Pour pouvoir changer la fréquence, il faudrait changer le filtre. Bien que théoriquement centrée sur 433,920 MHz, nous avons trouvé l'émission **autour de 434 MHz**, plus précisément 433,950 MHz pour un premier prototype, 434,020 MHz pour un deuxième. Le filtre SAW est assez stable, mais il peut dériver très légèrement avec la température.

La balise « Quart de Watt » ne remplace pas certaines fonctions de la balise « La Plume », en particulier pour la fréquence. La fréquence de « La Plume » est pilotée par un quartz 13,560 MHz donnant la fréquence de 433,920 MHz. Il est possible de changer le quartz pour mettre la balise sur une autre fréquence comme 431,990 MHz [2]. Avec un pilotage par DDS, on peut même faire émettre « La Plume » sur les fréquences réelles à puissance très réduite bien entendu [4].

Le principal intérêt de la balise « Quart de Watt », c'est sa puissance suffisamment élevée et sa fréquence en bande radioamateur, deux caractéristiques bien adaptées pour une **balise d'exercice** pour les ADRASEC.

### 3- Schéma de la balise

C'est le même circuit de base que celui de « La Plume » [2], en adaptant l'alimentation sur la carte de commande, et en modifiant la carte UHF pour le module UHF 500 mW.

#### 3.1- Le modulateur

Le déphasage de +/- 1,1 radians est obtenu par des lignes à retard, réalisées par des tronçons de câble coaxial. Les diodes PIN font l'aiguillage du signal UHF, qui traverse ou non le déphaseur (Figure 2). Il faut une diode PIN de part et d'autre de cette ligne coaxiale pour éviter l'effet de la capacité du câble. Par symétrie, le passage direct traverse 2 diodes PIN.

Avec ce système de modulation de phase, il n'y a que 2 signaux de commande S1 et S2 (Figure 2) à  $\pm 7,5$  V.

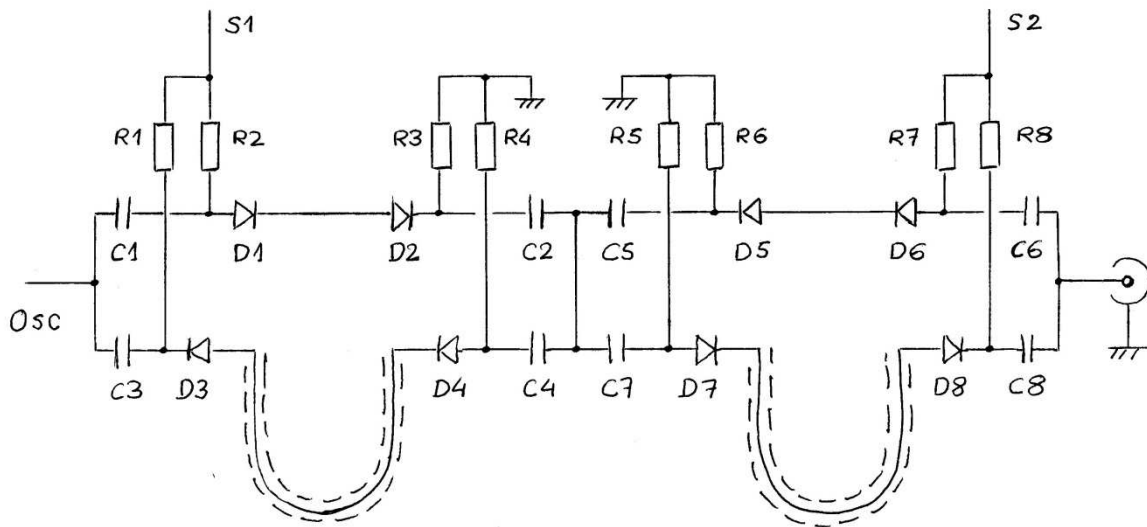


Figure 2 : Le schéma du modulateur piloté par les signaux S1 et S2

Chaque signal de pilotage commande deux lignes « résistances - diodes PIN ».

- Si la tension S1 est positive, le courant de polarisation traverse les diodes PIN D1 et D2 par les résistances R2 et R3 permettant le passage de la HF entre C1 et C2 (Figure 2). Ce même signal S1 bloque les diodes D3 et D4 et interdit le passage par la ligne de déphasage.
- Si la tension S1 est négative, les diodes D1 et D2 sont bloquées par la tension négative, mais D3 et D4 sont passantes, et le signal HF passe par la ligne de déphasage et se retrouve au point commun C2-C4-C5-C7 déphasé de  $-1,1$  radians.

La seconde partie du modulateur est symétrique de la première. Globalement il est possible de faire passer le signal UHF par zéro, une ou deux lignes coaxiales de déphasage.

En prenant comme référence de phase le cas où le signal traverse une seule ligne de déphasage, soit la première soit la seconde, on obtient le tableau suivant :

S1	S2	Déphasage en sortie
- V	- V	-1,1 rd
- V	+ V	Référence
+ V	- V	Référence
+ V	+ V	+ 1,1 rd

Pendant les 160 ms de porteuse, on a  $S1 = +V$ , et  $S2 = -V$ . Durant la modulation, les 2 signaux de commande vont varier en même temps entre  $(+V, +V)$  et  $(-V, -V)$ .

### 3.2- Signaux de commande du modulateur

La commande du modulateur comporte 2 parties : la logique combinatoire et l'amplification des signaux de pilotage (Figure 3).

Pour avoir des signaux suffisamment importants pour commander les diodes PIN, nous avons utilisé un circuit MAX232 habituellement utilisé comme convertisseur « TTL - RS232 ». C'est un détournement de l'utilisation classique du MAX232, mais ce circuit est parfaitement adapté à notre utilisation. Il comporte un étage doubleur de tension, et un étage inverseur de tension. Alimenté par 5V, il est capable de fournir  $+10V$  et  $-10V$ . En pratique, on obtient entre  $\pm 9V$  et  $\pm 9,5V$  à vide. Ce circuit a aussi 2 inverseurs « Entrée TTL – Sortie RS232 », dont les entrées sont sur les pins 10 et 11 et les sorties sur les pins 4 et 14. Avec  $+5V$  sur ces entrées la tension de sortie vaut  $-9V$ , et avec  $0V$  on a  $+9V$ . On obtient ainsi une tension d'alimentation positive nettement plus élevée que des signaux TTL et une tension inverse largement suffisante pour un blocage correct des diodes PIN.

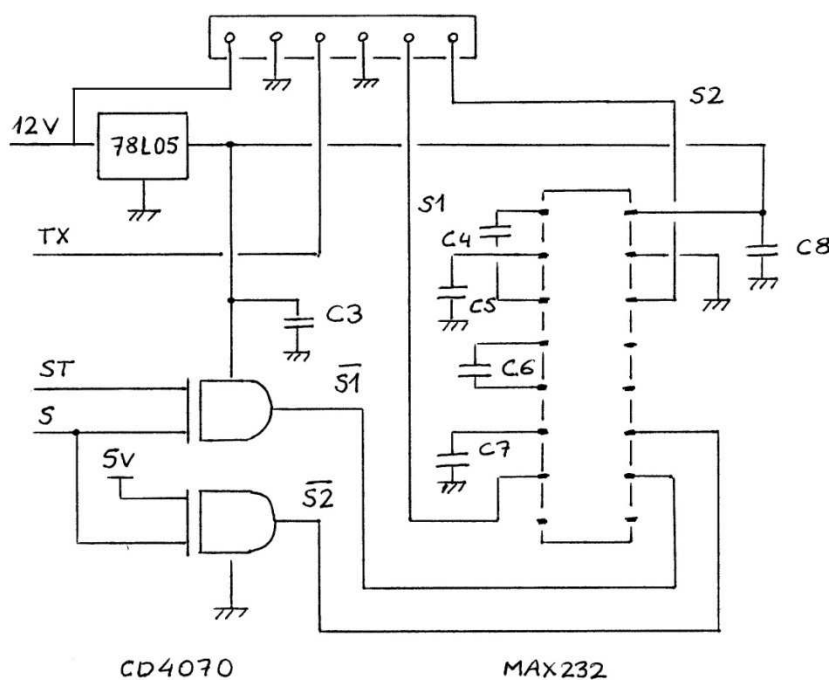


Figure 3 : Pilotage du modulateur

Le MAX232 fonctionne avec 5 condensateurs  $1\mu F$  comme composants périphériques, notés C4 à C8 (Figure 3).

En pratique, la charge de la sortie du MAX 232 par les résistances du modulateur réduit un peu la tension de sortie. En fonctionnement on peut mesurer  $\pm 7,5V$  pour les signaux S1 et S2. Le courant continu qui traverse les diodes est de  $3,5mA$  dans le sens passant, ce qui est correct pour un fonctionnement en conduction de  $27dBm$  UHF. En fonctionnement bloqué, la tension inverse de  $7,5V$  est largement suffisante pour bloquer correctement les diodes PIN.

Pour générer les signaux de pilotage –S1 et –S2, il faut combiner correctement les signaux S et ST fournis par le PIC. Cette fonction est réalisée par 2 portes « OU-Exclusif ». Seulement la moitié du circuit CD4070 est utilisée.

Pour tester cette partie, on peut mesurer les tensions S1 et S2 entre deux trames. On doit trouver S1 = + 7,5 V et S2 = - 7,5 V.

### 3.3- Générateur de trames 406

Cette partie de montage s'articule autour du PIC programmé 16F88 qui génère les trames (sortie S) et pilote le passage en émission (sortie TX) (Figure 4) [5, 6]. Les 2 interrupteurs S1 et S2 permettent de choisir entre 2 types de trames, « Exercice » ou « Test », et la temporisation entre 2 trames. Pour réaliser un émetteur destiné à tester une chaîne de réception, il est préférable d'envoyer une trame toutes les 6 secondes. Cette fonction est obtenue avec l'interrupteur S1 ouvert (pin 7 isolée). Quant à la trame « Exercice », elle est obtenue avec S2 fermé. Attention, quand on change ces paramètres, il faut faire repartir le PIC pour leur prise en compte.

Pour une utilisation en **balise d'exercice**, la temporisation entre deux trames est de 50 secondes. Les broches 6 et 7 du PIC doivent être mises à la masse (S1 et S2 fermés) [5].

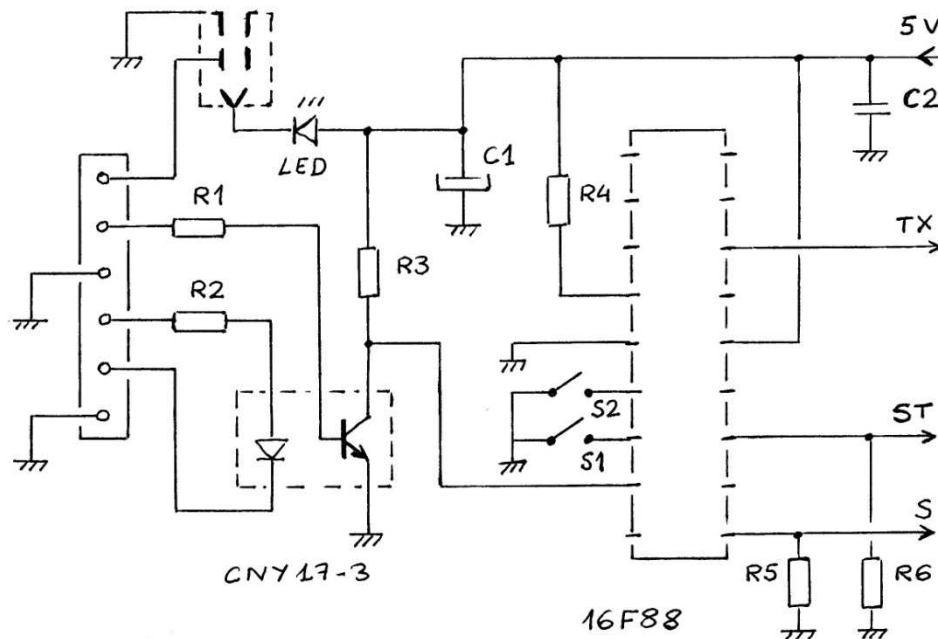


Figure 4 : Schéma de la partie générateur de trames et entrée GPS

Comme dans les montages précédents, le GPS peut être connecté de différentes façons, par entrée isolée par opto-coupleur (CNY17-3) ou par entrée haute impédance (Figure 4). Avec la balise « Quart de Watt », nous utilisons le plus souvent un GPS récupéré sur une radiosonde MODEM. C'est la balise qui fournit l'alimentation 3,3 V au GPS. Sur la balise, la connexion du GPS est effectuée par un Jack 3,5 stéréo. La pointe est à la tension de 3,3 V pour alimenter le GPS. Cette tension est obtenue à partir du 5V par la chute de tension d'une LED rouge. En sens inverse, les trames envoyées par le GPS arrivent sur l'anneau central du connecteur. Toutes les connexions ont été regroupées sur une barrette pour permettre de faire les différentes configurations possibles. Avec le GPS d'une radiosonde, nous avons relié les pins 1 (anneau central) et 4 (R2), ainsi que les pins 5 et 6 (masse) [Entrée isolée mise à la masse !].

Dès que la position GPS est acquise (avec des trames de type \$GPGGA), elle est automatiquement retransmise dans la trame sans avoir à faire quoi que ce soit. Si on débranche le GPS, la position disparaît. Il n'y a pas besoin de faire repartir le PIC comme avec les interrupteurs S1 et S2.

Par exemple, il est possible de démarrer un exercice sans position GPS, puis après plusieurs heures on peut transmettre la position pour tester les décodeurs de trames et pour faciliter le ralliement des équipes.

### 3.4- L'émetteur

Le module UHF 500 mW est alimenté entre 10 et 12 V (Figure 5) par VDD. L'entrée DATA est utilisée dans notre montage en tout ou rien, pour commander le passage en émission. La porteuse UHF est activée par le passage à 5 V de l'entrée DATA.

Les LED 1 et 2 permettent de surveiller le fonctionnement. La LED 2 (verte) est allumée en permanence, montrant que le module UHF est alimenté en 12 V. La LED 1 (rouge) s'éclaire quand la balise passe en émission.

Le cavalier CN2 sur le schéma (Figure 5) permet de passer en émission continue en alimentant en permanence la broche DATA en 5V, ou en émission seulement pendant l'émission de la trame. On peut ainsi avoir 2 types de fonctionnement. Le premier mode permet de retrouver l'émission et de mesurer sa fréquence. En balise, il faut utiliser le second mode (TX envoyé sur DATA). Mais quel que soit le mode, en porteuse continue ou programmée, l'émission est toujours modulée en PSK +/- 1,1 rd car la modulation est effectuée en aval, entre le module émetteur UHF et l'antenne. La trame est toujours transmise.

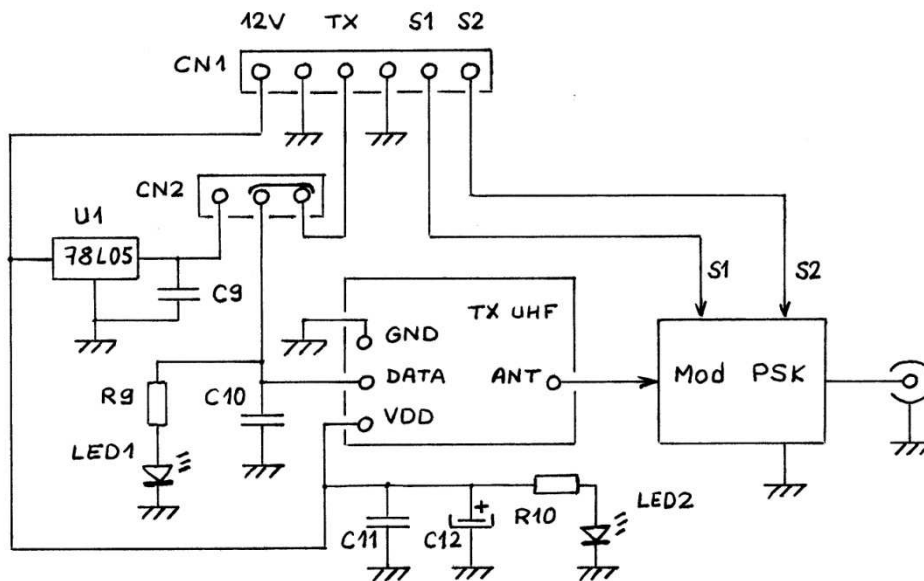


Figure 5 : La carte UHF

#### 4- Synthèse

La balise « Quart de Watt » reproduit exactement le fonctionnement d'une balise 406 COSPAS SARSAT. Elle transmet toutes les 50 secondes une trame 406 avec la modulation des balises ELT ou EPIRB (PSK 1,1 radian). Sa puissance de sortie est de l'ordre de 80 à 160 mW, ce qui lui donne une portée notable pour une utilisation en **balise d'exercice**. Elle émet sur une fréquence autour de 434 MHz, au milieu de la bande radioamateur UHF, sans gêner le réseau des satellites COSPAS SARSAT.

La première partie a permis de décrire le principe et les schémas. La seconde partie sera consacrée à la construction et au test de la balise « Quart de Watt ».

#### Références

[1] Décodeur Dectra

<http://www.f1lvt.com/files/333-CarteDECTRA-V6P1.179.pdf>

<http://www.f1lvt.com/files/334b-ConstructionDECTRA2274-V7P2.183.pdf>

[2] Balise « La Plume »

<http://www.f1lvt.com/files/237-Article--La-Plume--V2.74.pdf>

[3] Générateur d'indicatif pour balise

<http://www.f1lvt.com/files/511-Generateur-dIndicatif.90.pdf>

[4] « La Plume » sur fréquence réelle

<http://www.f1lvt.com/files/241-PetiteBalise406FreqReelleV2.130.pdf>

[5] Générateur de trames 406

<http://www.f1lvt.com/files/311-ArtGeneTrames406.78.pdf>

[6] Pour obtenir un PIC 16F88 programmé, il faut préciser le numéro du département. Le PIC sera programmé avec un identifiant du type «AD9603» pour le n°3 de l'ADRASEC 96.

<http://www.f1lvt.com/8a-Constructions1.7.html>