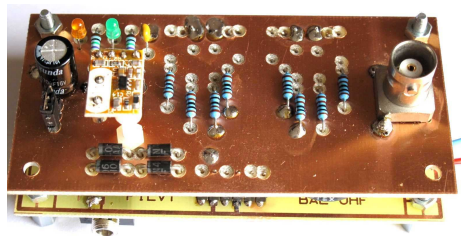


Les Balises 406 : modulation PSK en 400 Bd



Jean-Paul / F1LVT
ADRASEC 38
F1LVT@yahoo.fr
www.F1LVT.com

Plan de l'exposé

- Comment fonctionne une balise 406
modulation, trames, etc
- Comment construire une balise 406
sur fréquence réelle et sur fréquence RA
- Comment décoder une balise 406
- Comment localiser une balise 406

Les différents types de balises 406

- Balises maritimes : EPIRB
(Emergency Position Indicating Radio Beacons)
- Balises aéronautiques : ELT (Emergency Locator Transmitters)
- Balises personnelles : PLB (Personal Locator Beacons)
- En tout, plus de 1 000 000 balises sont en service actuellement*



Balise maritime



*Balise aviation ARTEX ME 406
(F1LVT / ADRASEC 38)*

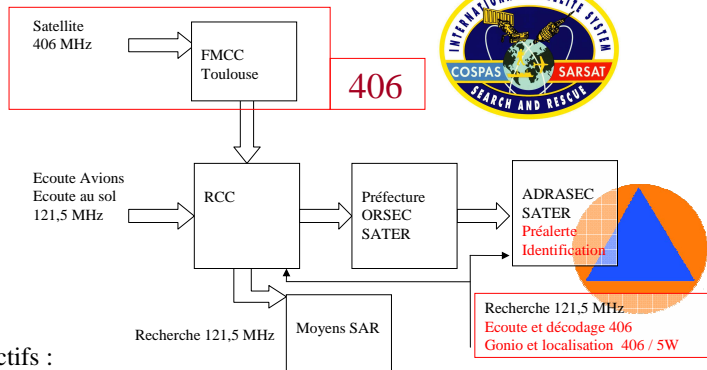


*Balise personnelle PLB Kannad
(FNRASEC)*

Fréquences des balises 406

Chan. #	Centre Freq. (MHz)	Status for Type Approval of New Beacon Models		Comments Table approved by the Cospas-Sarsat Council at the CSC-39 Session – Oct/Nov 2007 (see Note 1)
		Date open	Date closed	
	406.007	Not available		SARP-2 limitation
	406.010	Not available		Doppler shift limitation
	-----	-----		-----
	406.019	Not available		Doppler shift limitation
A	406.022	C/S orbitography / reference		Reserved for System beacons
B	406.025	1982	1 Jan 2002	Open for beacon models submitted for TA before 01/01/02
C	406.028	1 Jan 2000	1 Jan 2007	Open for beacon models submitted for TA before 01/01/07
D	406.031			Reserved, not to be assigned
E	406.034			Reserved, not to be assigned
F	406.037	1 Jan 2004	TBD	Open for beacon models submitted for TA after 01/01/04
G	406.040	1 Jan 2012	TBD	Planned assignment (see note 1)
H	406.043			Reserved, not to be assigned
I	406.046			Reserved, not to be assigned
J	406.049	TBD	TBD	Available for future assignments / New developments
K	406.052	TBD	TBD	Available for future assignments / New developments

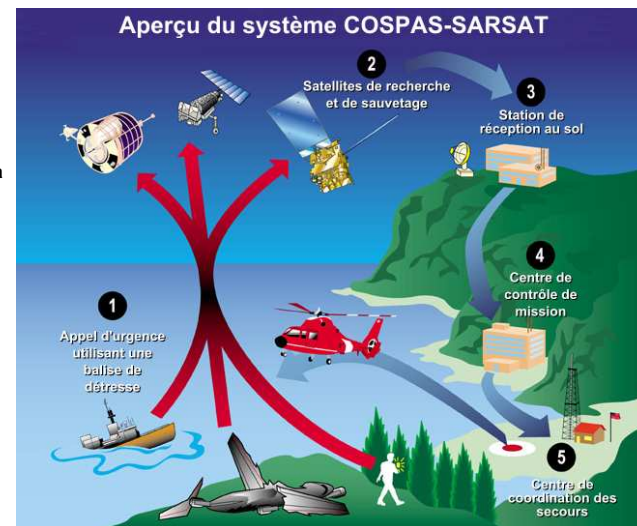
Utilisation des signaux 406 MHz



Objectifs :

- identifier qui est en détresse
- aller droit sur la balise si elle peut donner sa position

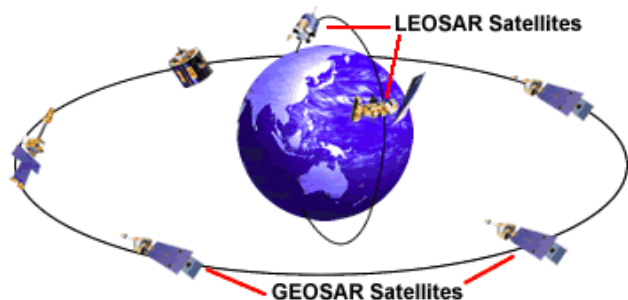
Le système COSPAS SARSAT



COSPAS :
(Cosmicheskaya Sistyema Poiska Avariynich Sudov)
Space System for the Search of Vessels in Distress

SARSAT :
Search and Rescue
Satellite-Aided Tracking

Les satellites LEOSAR et GEOSAR



Deux réseaux de satellites écoutent les balises :

- les LEOSAR : orbite polaire basse (100 min/orb, 7 km/s, COSPAS : alt 1000 km, SARSAT : alt 850 km,)
- les GEOSAR : orbite équatoriale (géostationnaire)

Comparaison des capacités des satellites LEOSAR et GEOSAR

	LEOSAR	GEOSAR
Localisation	Mesure par Doppler	Dispo. que si la position est intégrée dans la trame
Précision	+/- 5 km à 87%	150 m
Couverture	La Terre	Entre 70°N et 70°S
Détection	Environ 1h à 2h /Eq	Presque instantanée (10 min)

(données COSPAS-SARSAT)



Caractéristiques de balises 406

RF Signal

Carrier frequency 406.025 --- 406.040 MHz
(Specific transmit frequency channel assigned in accordance with the Cospas-Sarsat 406 MHz Frequency Management Plan, (C/S T.012))

Frequency stability:

- Short term $\leq 2 \times 10^{-9}$ /100 ms
- Medium term
 - Mean slope $\leq 1 \times 10^{-9}$ /minute
 - Residual freq. variation $\leq 3 \times 10^{-9}$

Power output 5 W ± 2 dB
Data encoding Bi-phase L
Modulation Phase modulation of $\pm(1.1)$ radians peak



Caractéristiques de balises 406

Digital Message

Repetition Period 50 s $\pm 5\%$
Transmission Time 440 ms (short message)
 520 ms (long message)
CW Preamble 160 ms

Digital Message

- short message 112 bits (280 ms)
- long message 144 bits (360 ms)

Bit Rate 400 bps

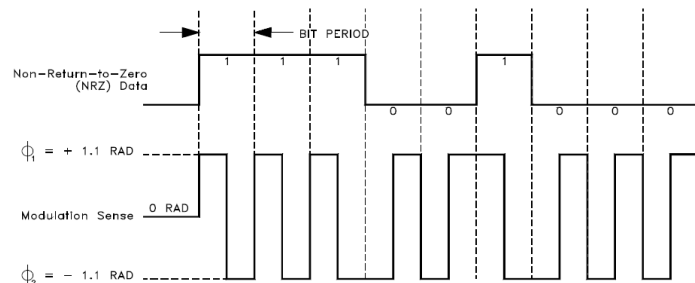
Operating Life Time at least 24 hours at minimum temperature



La modulation des balises Cospas Sarsat

Modulation particulière

- PSK à excursion réduite : Variation de phase de $\pm 1,1$ radians
- Modulation lente : 400 bauds



Les trames 406

3.1.a: Fields of the Short Message Format

Unmodulated Carrier (160 ms)	Bit Synchronization	Frame Synchronization	First Protected Data Field (PDF-1)				BCH-1	Non-Protected Data Field
	Bit Synchronization Pattern	Frame Synchronization Pattern	Format Flag	Protocol Flag	Country Code	Identification or Identification plus Position	21-Bit BCH code	Emergency Code/ National Use or Supplement. Data
Bit No.	1-15	16-24	25	26	27-36	37-85	86-106	107-112
	15 bits	9 bits	1 bit	1 bit	10 bits	49 bits	21 bits	6 bits

3.1.b: Fields of the Long Message Format

Unmodulated Carrier (160 ms)	Bit Synchronization	Frame Synchronization	First Protected Data Field (PDF-1)				BCH-1	Second Protected Data Field (PDF-2)	BCH-2
	Bit Synchronization Pattern	Frame Synchronization Pattern	Format Flag	Protocol Flag	Country Code	Identification or Identification plus Position	21-Bit BCH code	Supplementary and Position or National Use Data	12-Bit BCH code
Bit No.	1-15	16-24	25	26	27-36	37-85	86-106	107-132	133-144
	15 bits	9 bits	1 bit	1 bit	10 bits	49 bits	21 bits	26 bits	12 bits



Composition de la trames 406

Porteuse		160 ms
Synchronisation	Bits 1 à 15 à « 1 »	37,5 ms
Trame de synchro (1)	Bits 16 à 24	22,5 ms
Format (2)	Bit 25	
Protocol (3)	Bit 26	
Pays	Bit 27 à 36	

(1) La trame de synchronisation vaut :

-- balise en détresse : 000101111 « 2F »

-- balise en auto-test : 011010000 « D0 »

(2) Format 0 = Trame courte 1 = Trame longue

(3) Standard Location, National Location ou User-location Protocol



Codage du pays

France et pays voisins :

- Belgique	205	- Guadeloupe	329
- Allemagne	211	- Martinique	347
- Espagne	224, 225	- St P & M	361
- France	226, 227, 228	- Terre Adélie	501
- UK	232, 233, 234, 235	- Polynésie	546
- Italie	247	- Réunion	660
- Luxembourg	253	- ...	
- Monaco	254		
- Suisse	269		
- (Grèce 237 pour A. Samaltanos)			



Identifiant de la balise : Code à 15 hexa.

Ce sont les bits 26 à 85 (60 bits) qui caractérisent la balise.

Exemple :

Code à 15 hexa : « 9C5F8 CAAE3 4C2E0 »

Début de la trame

« protocol flag »	[26]	1
code du pays (France 226)	[27-36]	0011100010
« protocol code »	[37-39]	111
identification (15 hex)	[40-83]	111000110010 101010111000 110100110000 10111000

TX auxiliaire [84-85] 00

Une balise française commencera souvent par : 9C5 ou 9C4



Exemple de code d'identification

An example of the HEX ID ADCD0228C500401 is provided below:

Figure 3.5: Hexadecimal Identification of a Beacon

A	D	C	D	0	2	2	8	C	5	0	0	4	0	1
1010	1101	1100	1101	0000	0010	0010	1000	1100	0101	0000	0000	0100	0000	0001

15 Hex identifier decode for ADCD0228C500401

FIELD: Description	BITS	VALUE
Protocol: User	26	1
Country code: 366 <USA>	27-36	0101101110
Protocol type: Serial	37-39	011
Serial beacon type: Float Free EPIRB	40-42	010
Certificate flag: No	43	0
Serial number: 0035377	44-63	00001000101000110001
First national use field: 100	64-73	0100000000
Second national use field: 100	74-83	0100000000
Auxiliary radio device: 121.5 MHz	84-85	01



Codage de la position GPS dans la trame

Codage le plus souvent utilisé et le plus précis : le « Standard Location Protocol » (ou le « User Location Protocol »)

Standard Location Protocols							
bit 26	bits 27-40	bits 41-64	bits 65-85	bits 86-106	bits 107-112	bits 113-132	bits 133-144
0	Identification Data (24 bits)	Position Data to 15 min Resolution (21 bits)	21-Bit BCH code	Supplementary Data	Position Data to 4 sec Resolution (20 bits)	12-Bit BCH code



Exemple de codage de la position

Codage en degrés et en quarts de degrés dans la première partie de la trame

Termes correctifs dans la seconde partie de la trame.

Précision de position : par pas de 4 secondes (soit 123 m Nord et 87 m Est)

Position data:			
actual latitude:			43° 43' 57" N
actual longitude:			0° 57' 51" E
actual latitude rounded to nearest 4" increment:			43° 43' 56" N
actual longitude rounded to nearest 4" increment:			000° 57' 52" E
coarse latitude:			43° 45' N
coarse longitude:			001° 0' E
latitude offset:			- 1' 4"
longitude offset:			- 2' 8"
Binary encoding:			
Latitude Flag:	N	65	0
Latitude in Degrees (in 1/4 degree increment):	43 ³ / ₄	66-74	0101011 11
Longitude Flag:	E	75	0
Longitude in Degrees (in 1/4 degree increment):	1	76-85	00000001 00
Latitude offset sign:	-	113	0
Latitude offset in min:	1	114-118	00001
Latitude offset in sec:	4	119-122	0001
Longitude offset sign:	-	123	0
Longitude offset in min:	2	124-128	00010
Longitude offset in sec:	8	129-132	0010



Remarque sur les systèmes d'unités angulaires

- 1- Les balises sont codées en DD-MM-SS (pas de 4 s)
- 0- Le GPS envoie sa position en DD-MM.MM (norme NMEA0183)
- 2- Le MCC (CNES Toulouse) travaille en DD.DDDD
- 3- Pour les décodeurs de trames, on utilise généralement le système DD.DDDD

Attention aux erreurs d'arrondis et de troncature ...

Pour les angles, la seule unité mathématique, c'est le radian. Le grade est très pratique mais peu utilisé. Le grand public utilise les degrés, et beaucoup de données sont graduées en degrés. Il est raisonnable d'utiliser les « DD.DDDD », mais il vaut vraiment mieux éviter les minutes et les secondes ... C'est pour quand la fin du système sexagésimal ?



Emission 121,5 MHz

Adaptée à la radiogoniométrie locale

P = 100 mW

P ≥ 50 mW au bout de 24 h

« D'une manière générale, la puissance d'émission du signal en 121.5 MHz est :
- d'un minimum de 100mW pour les balises aéronautiques ELT (50mW pour les balises aéro américaines)
- de 50 à 350 mW pour les balises personnelles (PLB)
- de 50 à 350 mW pour les balises maritimes (EPIRB ou RLS)
- pour des modèles PLB et EPIRB anciens, approuvés dans les années 90 / 95, il arrive de trouver des puissances allant de 25 à 50 mW »



Intérêts et problèmes des balises 406

Avantages

- Balises conçues pour fonctionner avec les satellites
- Identification de la balise dans la trame, donc réduction des fausses alertes
- Position GPS, ou mesure par LEOSAR

Problèmes

- Faible puissance 121,5 (et attention aux coupures du 121,5)
- Nombreuses balises non enregistrées
- Emport des PLB à déclenchement manuel dans les avions et les bateaux
- Pas de fréquence d'exercice
- ...



Les balises d'exercice en 406

Besoin pour les ADRASEC

- Test du matériel de réception et des décodeurs
- Exercice en vraie grandeur

Transformation de vraies balises ?

- très difficile car les constructeurs ne donne pas accès au logiciel interne

Achat de balise d'exercice

- le prix est environ le double d'une balise opérationnelle

Construction d'une balise d'exercice

- sur fréquence réelle
- sur fréquence bande RA UHF



La réglementation française

Prévenir le FMCC avant de tester une balise fmcc@cnes.fr
En cas de problèmes : 30 000 € d'amende et 2 ans de prison

En France, pour les ELT

- balise 406 obligatoire sur tous les types d'avion
- aviation commerciale : ELT obligatoire
- aviation non commerciale : PLB autorisée si GPS intégré
- seul codage autorisé : « Standard Location » (pas de User Location ou de National Location) + n° de série ou adresse 24 bits



Plan de l'exposé

Comment fonctionne une balise 406
modulation, trame, etc

Comment construire une balise 406
sur fréquence réelle, sur fréquence RA

Comment décoder une balise 406

Comment localiser une balise 406

Balises 406 d'exercice

Les besoins :

- Transmission de trames avec la modulation COSPAS SARSAT
- Transmission de la position GPS
- Balise de faible puissance pour tester les décodeurs
- Balise puissante pour l'entraînement
- Balise sur fréquence radioamateur UHF
- sur bande RA, pas de localisation Doppler donc pas de TCXO

Quelle fréquence UHF ?
A définir ...

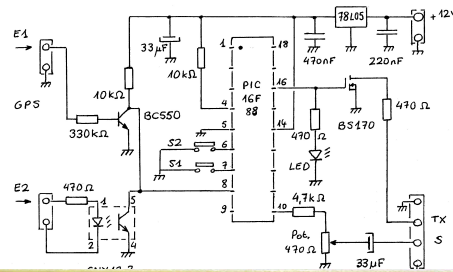
Les éléments d'une balise 406

Les différents éléments d'une 406

- un composant programmé qui contient la trame (générateur de trames) et la logique
- un oscillateur 406 MHz et son modulateur PSK +/- 1,1 radians
- un amplificateur 5W UHF
- une balise 121,5 MHz 100 mW
- un GPS si la balise donne sa position

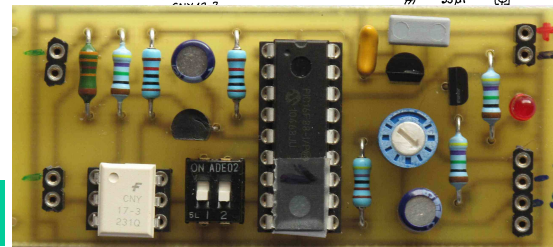
Générateur de trames de balise 406

Trames longues 144 bits
« Standard Location Protocol »



Le schéma et la carte :
quelques composants
autour d'un PIC 16F88

Dessin du circuit imprimé en pdf
sur le site <www.F1LVT.com>



Test du générateur de trames 406 avec un décodeur

Vérification d'une trame :

- le type de trame TEST
- le pays 226 → France/Armées
- l'identifiant à 15 caractères

Si un GPS est connecté,
la position est transmise
dans la trame



Fonctionnement du générateur de trames 406 avec différents types de GPS

Le générateur de trames fonctionne avec différents types de GPS :

- GPS de randonnée,
- GPS de récupération de radiosonde, etc



FNRASEC - DAX - Sept 2013

29

Comment construire une balise d'exercice 406

Solution n°1 :

Balises d'exercice avec un TX UHF FM

Le PSK est remplacé par de la FM
Ce n'est pas tout à fait la même chose ...

FNRASEC - DAX - Sept 2013

30

Utilisation du générateur de trames pour faire une balise d'exercice 430 MHz avec trames 406

C'est très simple : il suffit d'envoyer la modulation S sur le micro, et la sortie TX pilote le passage en émission



Balise d'exercice avec un TH79



Balise d'exercice de l'ADRASEC78 (F5GPO)
En haut l'antenne avec quelques radians internes à la boîte et à droite la platine GPS. En dessous le THF7 (sur 430.005) et le générateur de trames. En bas la batterie 9v6 pour le générateur et le GPS

FNRASEC - DAX - Sept 2013

31

Attention danger : avec un TX sur 406 MHz, on fait une pseudo-balise 406 ...

- Ne jamais perturber les fréquences 406
- Attention à l'utilisation du générateur de trames avec un émetteur



TX sur 406.025 !



FNRASEC - DAX - Sept 2013

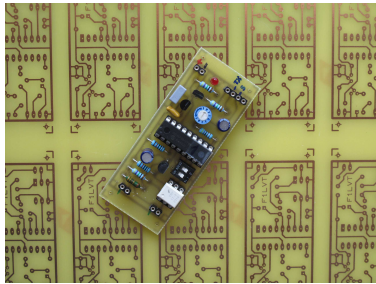
32



Diffusion du générateur de trames

Pour limiter les problèmes :

- la diffusion des PIC programmés est réservée aux ADRASEC,
- le logiciel interne du PIC n'est pas diffusé,
- chaque PIC est programmé à la demande, avec un indicatif propre du type AD0601 pour ADRASEC 06 n°1.



Pour obtenir un PIC 16F88 programmé,
contacter : <FILVT@yahoo.fr>
Coût : 5€ pour le PIC programmé
port compris (pas de circuit imprimé)

Aujourd'hui, environ 75 à 80 générateurs de trames
sont en fonctionnement ou devraient l'être ...



Balises 406 d'exercice

Solution n°2 :

**Balises d'exercice en fréquence réelle 406,
aux normes COSPAS-SARSAT**

Fréquence réelle :

406.025, 406.028, 406.037, 406.040 ...



Utilisation de modules intégrés « oscillateur – modulateur »

Ce sont les modules utilisés par les fabricants de balises 406
Ces modules ne sont pas disponibles dans le commerce

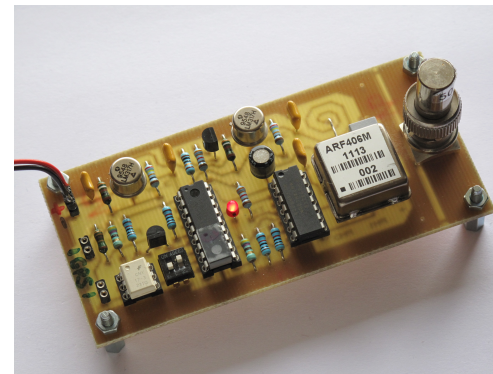
Balise sur fréquence réelle

- type 1 : Oscillateur – Modulateur
- type 2 : Oscillateur – Modulateur - Amplificateur



Balise 406 MHz de faible puissance

Réalisation n°1 : utilisation d'un module intégré « oscillateur – modulateur »



Caractéristiques :

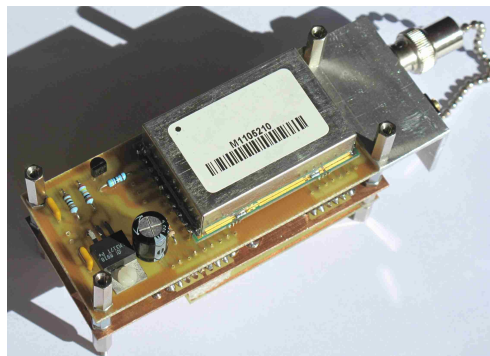
Fréquence 406,028 MHz
Modulation +/- 1,1 rd
Puissance 4 dBm /2,5 mW

Pour transformer ce montage en
une véritable balise 406 MHz,
il suffit d'ajouter un amplificateur
UHF de 5W ... (Hybride
Mitsubishi RA07H4047M)

Prototype de balise 406 faible puissance

Une véritable balise 406

Réalisation n°2 encore plus simple :
Utilisation d'un module intégré « oscillateur – modulateur – ampli UHF »



Caractéristiques :

Alimentation	7 V
Conso en TX	1,1 A
Fréquence	406,028 MHz
Modulation	+/- 1,1 rd
Puissance	5 W
Codage	« Test User »
Emission	1 trame / 50s

Balise 406

Partie 121,5 de la balise 406

Puissance 100mW
Emission 121,375 MHz coupée pendant l'émission de la trame 406
Transmission sur une seule antenne commune 121 et 406
Coût des composants : 20 à 25 euros



Carte 121,375 intégrée dans la balise 406

Attention : il faut demander à Cospas-Sarsat avant d'utiliser une balise d'exercice 406

La mise en marche d'une balise sur fréquence réelle est soumise à la réglementation. Avant chaque utilisation, il faut fournir les renseignements demandés sur le formulaire ci-contre.

Figure III / C.1 : Beacon Test Co-ordination Message

SIT 915 <NARRATIVE MESSAGE>

DATE:	DD MM YY
FM:	MCC SUPPORTING THE 406 MHz TEST
TO:	ALL AFFECTED MCCs
SUBJ:	BEACON TEST
A.	TEST OBJECTIVE:
B.	TEST DESCRIPTION:
C.	LOCATION OF TEST:
D.	DATE, TIME AND DURATION OF TEST:
E.	BEACON ID (15 CONTIGUOUS HEXADECIMAL CHARACTERS):
F.	SPECIAL DATA COLLECTION AND PROCESSING REQUIREMENTS:
G.	POINT OF CONTACT
	NAME:
	LOCATION:
	TELEPHONE NO.:
	AFTN NO.:
	TELEX NO.:
	FACSIMILE NO.:

Utilisation régulière du prototype de balise 406 pour les exercices SATER dans le Dpt 38. A chaque utilisation, le MCC Toulouse nous a transmis la position mesurée par les satellites en orbite basse LEOSAR

Balises d'exercice 406 FNRASEC

Début 2013, la FNRASEC a reçu 15 balises d'exercice dans le cadre d'un marché avec la DGAC (équipement des aéroports)
➔ Une à deux par zone

Attention aux règles d'utilisation sur fréquence réelle

Balises 406 d'exercice sur fréquence RA UHF

Il faut concevoir l'ensemble :

- le modulateur
- l'oscillateur UHF
- le générateur de trames
- etc

Quelle fréquence UHF ?

A définir ...

➔ Montage sortant 7 mW appelé « La Plume »

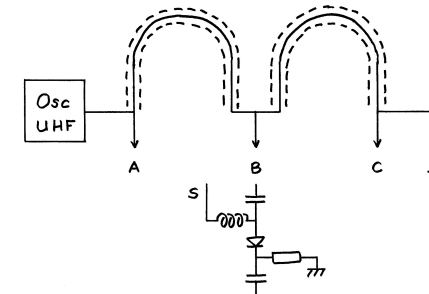
Principe de la modulation

Comment faire une modulation de +/- 1,1 radians ?

➔ Par le déphasage donné par deux lignes à retard

Ces lignes à retard sont construites avec des morceaux de câble coaxial

1,1 radian \equiv câble coaxial de 80 mm de longueur



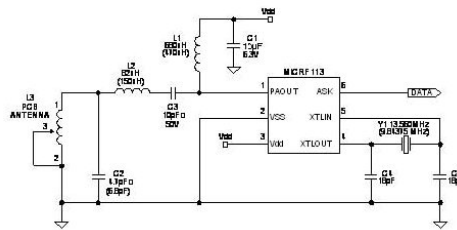
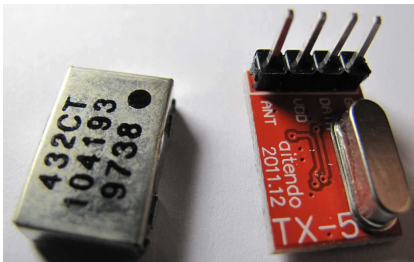
Oscillateur UHF

Plusieurs solutions

- VCO Pb de stabilité en fréquence

- Oscillateur à quartz

-Circuit multiplicateur de fréquence MCRF113



Choix de la fréquence

Utilisation de quartz sur fréquence standard

Quartz (MHz)	Fréq Balise (MHz)	Ecart (MHz / %)
12,000	384,000	22 / - 5,4
12,288	393,216	12,8 / - 3,2
13,000	416,000	10 / + 2,5
13,500	432,000	26 / + 6,4
13,560	433,920	27,920 / + 6,6



Plan de bande autour de 432,000 MHz

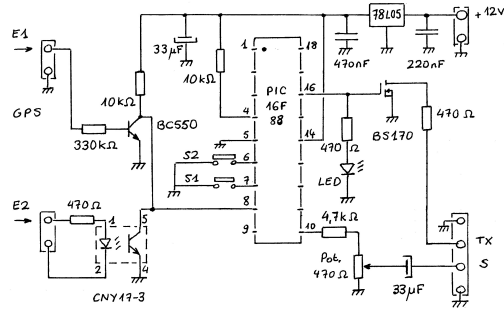
Bande 431,625 – 431,975 : entrées relais UHF au pas de 25 kHz
 -- 431,950 : entrée RU14
 -- 431,975 : entrée RU15
 Bande 432,000 – 432,150 : CW
 -- 432,000 – 432,025 : EME
 -- 432,032 – CW Sécurité Civile
 -- 432,082 - CW Sécurité Civile dégagement

Bande pas utilisée :
431,985 – 431,995.

Fréquence idéale :

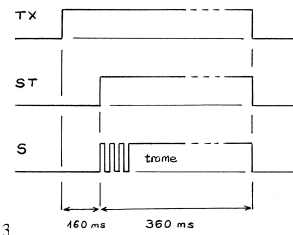
431,990 MHz

Génération de la trame



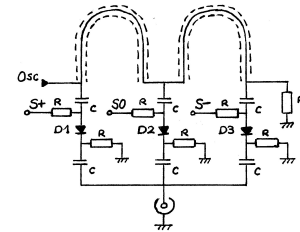
Générateur de trames

Chronogramme

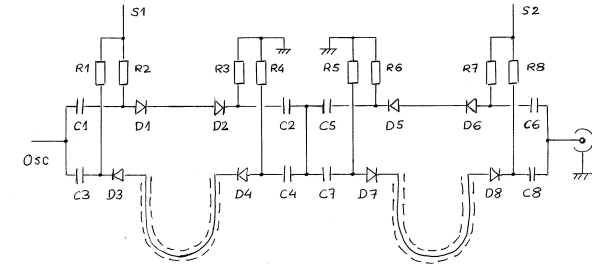


Le modulateur (version finale)

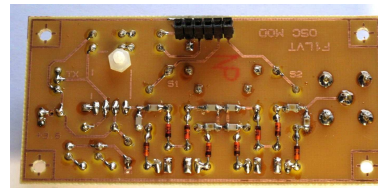
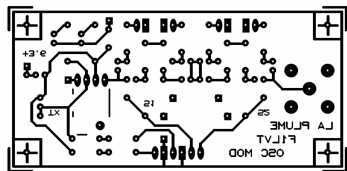
Déphasage en série (fonctionne beaucoup mieux qu'en parallèle)



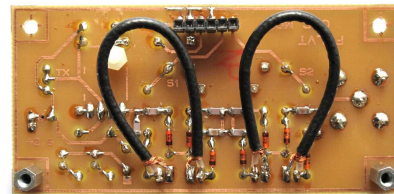
S1	S2	Déphasage en sortie
-V	-V	-1,1 rd
-V	+V	0 rd
+V	-V	0 rd
+V	+V	+1,1 rd



Construction de la partie UHF

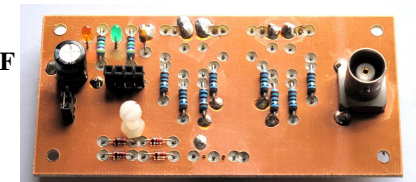


Les diodes PIN et les lignes de déphasage



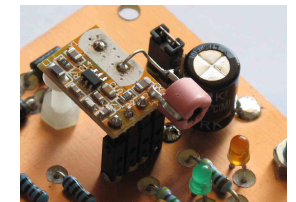
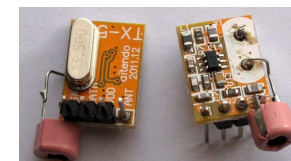
L'oscillateur UHF

La carte UHF



Le module UHF

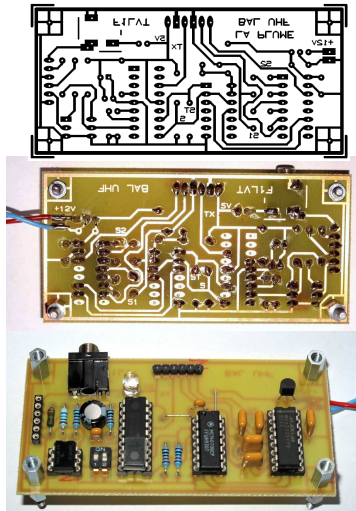
- Puissance 10 mW
- Fréquence ajustée sur 431,990 MHz avec un quartz 13,500 MHz



La carte de pilotage

Les circuits utilisés :

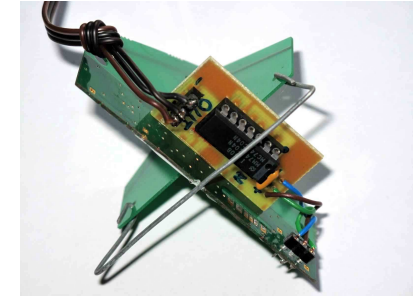
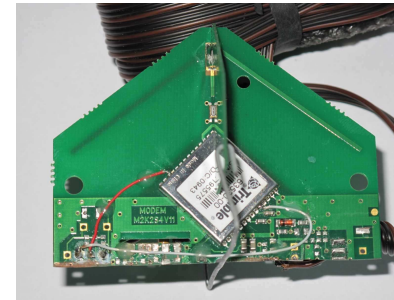
- un optocoupleur pour l'entrée GPS
- un PIC 16F88 pour le générateur de trames
- un CD4070 pour la logique
- un MAX 232 comme amplificateur de tension (conversion 0/5V en +10V/-10V)



FN.R.A.S.E.C. - DAX - Sept 2013

Le GPS associé

Tête de radiosonde coupée
Le GPS sort directement les informations aux normes NMEA



GND	1	28	GND
GND	2	27	GND
RF-IN	3	26	Reserved
GND	4	25	Reserved
LNA	5	24	TXD-B
Reserved	6	23	TXD-A
Open	7	22	Reserved
Short	8	21	RXD-A
Reserved	9	20	RXD-B
Reserved	10	19	PPS
Xreset	11	18	Reserved
Vcc	12	17	Reserved
GND	13	16	Xstandby
GND	14	15	GND

FN.R.A.S.E.C. - DAX - Sept 2013

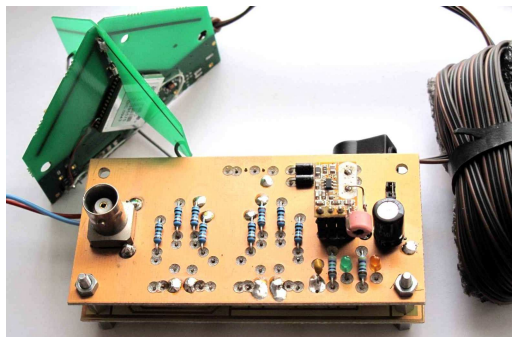
« La Plume » avec son GPS

La position GPS est acquise puis incluse dans la trame envoyée

Une trame toutes les 6 s ou 50 s

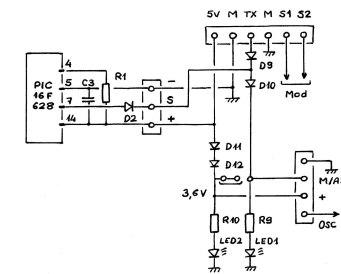
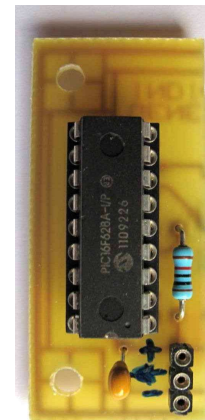
Choix entre trames « Test » ou « Exercice »

Puissance mesurée : 7 mW UHF



FN.R.A.S.E.C. - DAX - Sept 2013

Et avec un indicatif RA !



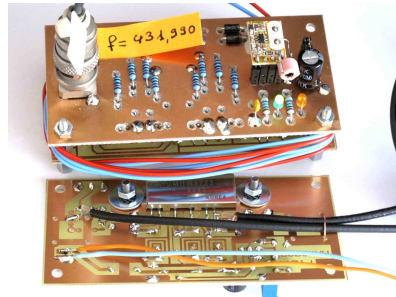
Addition d'un générateur d'indicatif RA (respect de la réglementation) ... avec priorité à la transmission de la trame

FN.R.A.S.E.C. - DAX - Sept 2013

Et bientôt : fonctionnement avec un ampli UHF 5W ...



Construction
F5GPO / AD 78



Plan de l'exposé

Comment fonctionne une balise 406
modulation, trame, etc

Comment construire une balise 406
sur fréquence réelle, sur fréquence RA

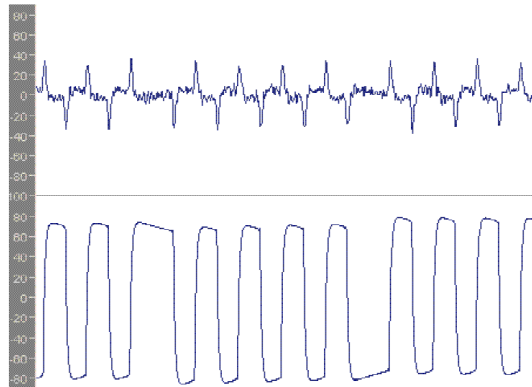
Comment décoder une balise 406

Comment localiser une balise 406

La démodulation PSK

Récepteur FM

→ les variations brutales de phase se traduisent par des pics alternativement positifs et négatifs



Doc : F6HCC

Mise en forme analogique des signaux

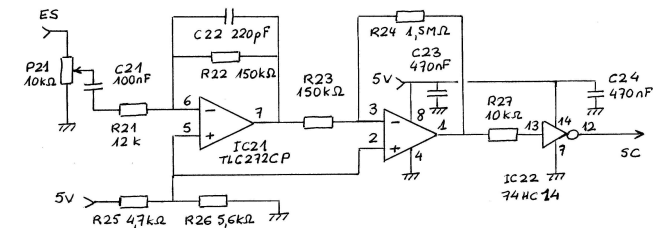
Traitement des signaux (scc F6HCC)

Réglage niveau -- Filtrage -- Amplification -- Seuil

Sortie : créneaux de 1,25 ms ou 2,5 ms

Attention au réglage du niveau d'entrée

(Bruit + trop de gain = créneaux supplémentaires)



Réglage niveau -- Filtrage -- Amplification -- Seuil

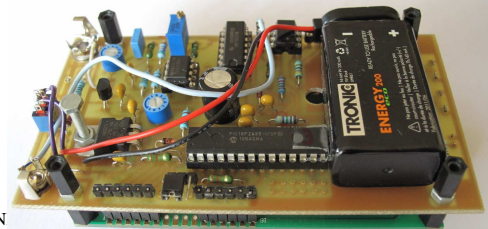
Décodage et affichage des trames sur un écran à 4 lignes

Affichage sur 4 lignes de toutes les informations

Enregistrement de l'heure de réception de la trame

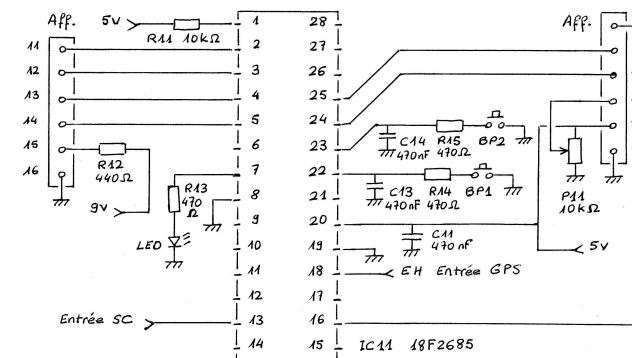
Enregistrement des trames précédentes

Décodeur autonome décrit sur le site www.F1LVT.com



FN

Le PIC 18F2685 et l'afficheur

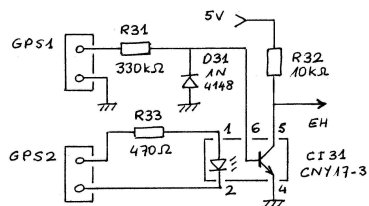


Pour réduire la sensibilité au bruit, un timer est déclenché à chaque front et l'algorithme reconstitue les créneaux à 1,25 et 2,5 ms (Construction : voir le site www.F1LVT.com)

FN.R.A.S.E.C. - DAX - Sept 2013

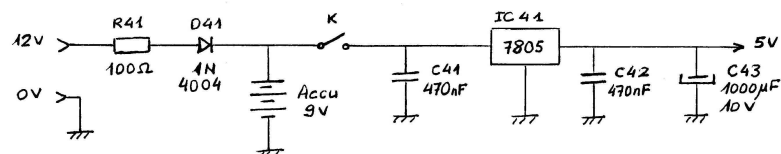
58

Lecture de l'heure par GPS et partie alimentation



La carte fonctionne entièrement en 5V

Il est possible d'alimenter le décodeur par une pile 9V ou un accu 9V



FN.R.A.S.E.C. - DAX - Sept 2013

59

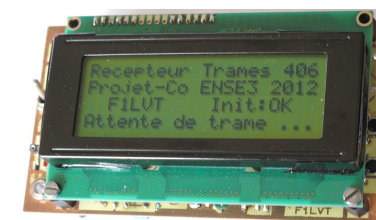
Quelques exemples de décodage de trames 406

Ligne 1 : TEST (Auto-test) ou DETR, pays, type de balise, + si 121.5, L (longue) ou C (courte), heure (ou 8888)

Ligne 2 : ID15hex

Ligne 3 : ident. lue dans la trame

Ligne 4 : type d'encodage et position



FN.R.A.S.E.C. - DAX - Sept 2013

60

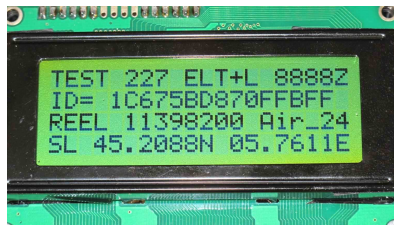


Quelques exemples de décodage de trames 406



Cas n°1 : position absente dans la trame, et heure de réception

Cas n°2 : position en DD.DDDD



Différents systèmes de décodage de balise 406

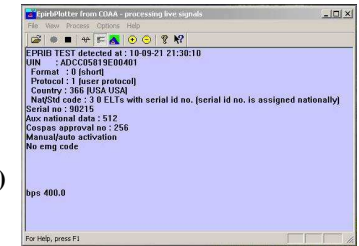
Décodage par système autonome (RX + µC)

F6HCC, F4EQD, St Quentin, F1LVT, et autres

Décodage par PC (RX + PC)

« EPIRB Plotter », « multipsk »

Bientôt peut-être : RX + SmartPhone ?



« EpirbPlotter »



Décodeur F4EQD (35)



Décodeurs type F6HCC (56)



Intérêt des décodeurs de trames

Veille sur l'activité 406

Ecoute permanente

Réception immédiate des informations

Cheminement beaucoup plus court de l'alerte

(Balise → Satellite → MCC → RCC → Préfecture → ADRASEC)

Mise en préalerte rapide

En cas de déclenchement SATER, accès direct aux informations et à la position GPS

Et la suite ...

Réseaux de décodeurs en point haut ?



Plan de l'exposé

Comment fonctionne une balise 406 modulation, trame, etc

Comment construire une balise 406 sur fréquence réelle, sur fréquence RA

Comment décoder une balise 406

Comment localiser une balise 406



Pourquoi faire de la gonio en 406 MHz

Fonctionnement des Balises 406 MHz

- ♥ Puissance élevée, signal entendu assez loin
5W en 406 MHz (50 à 100 mW en 121,5 MHz)
- ♥ Complément à la recherche en 121,5 MHz
- ♠ Difficulté majeure : signaux très courts
0,5 s toutes les 50 s

Le signal 121,5 MHz est conçu pour la radiogoniométrie finale, pas le 406 MHz

Intérêts complémentaires pour la localisation des balises

- ♥ Mise en alerte beaucoup plus tôt (réseau d'écoute 406 MHz)
- ♥ Gonio lointaine, puis simultanée sur les 2 fréquences (confirmation des relevés)



Intérêt du Doppler en 406 MHz

Le Doppler est le seul système adapté à la radiogoniométrie en 406 MHz

Mise en mémoire des relevés

Mesure de position en continu à bord d'un véhicule.

Exemples de radiogoniomètre Doppler :

- Le Montréal 3V2

Un des premiers Doppler à mémoire
Construction accessible aux OM

- Le Comelec

Version commerciale du Montréal 2

- Le PicoDopp

Vendu en semi-kit

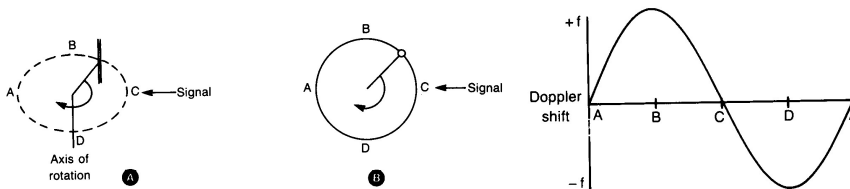


Radiogoniomètre Doppler
Montréal 3V2
FN.R.A.S.E.C. - DAX - Sept 2013



Fonctionnement d'un Goniomètre Doppler

Effet Doppler -Fizeau



Antenne sur un support tournant à N tr/s

Quand l'antenne se rapproche, la fréquence augmente,

Quand l'antenne s'éloigne, la fréquence diminue → Effet Doppler

Variation de fréquence :

$N = 500$ tr/s, $R = 0,3$ m, $f_0 = 145$ MHz, $\Delta f = 470$ Hz

Signal Doppler à la fréquence de 500 Hz et de 470 Hz de variation de fréquence



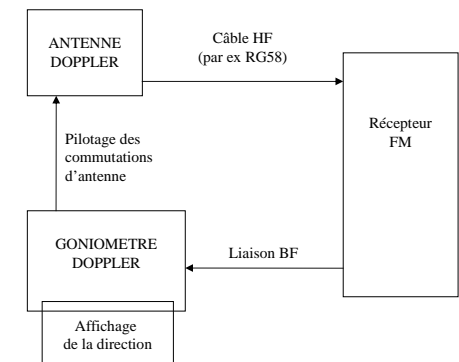
Fonctionnement d'un Goniomètre Doppler

Les 3 éléments d'un radiogoniomètre Doppler :

- l'Antenne Doppler
(système de base : 4 foudets et système de commutation)

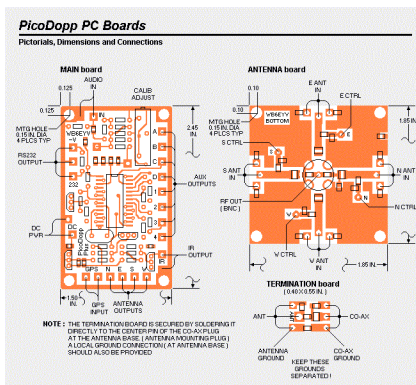
- le Récepteur FM

- le Goniomètre (pilotage de l'antenne, filtrage et démodulation des signaux, affichage de la direction)





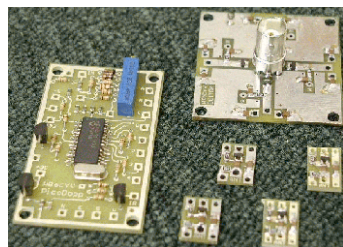
Doppler « PicoDopp » (Doppler DF Instruments / USA)



Circuits imprimés du PicoDopp

FN.R.A.S.E.C. - DAX - Sept 2013

Commercialisé sous formes de cartes électroniques
L'OM réalise ses cordons de liaison et ses antennes
Filtrage numérique du signal
Affichage sur carte additionnelle ou sur PC



69



Le PicoDopp

Points forts :
- Réalisation simplifiée
- Traitement et affichage par un PC

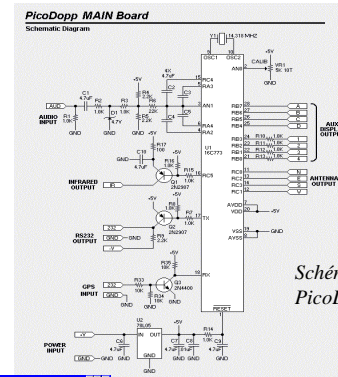
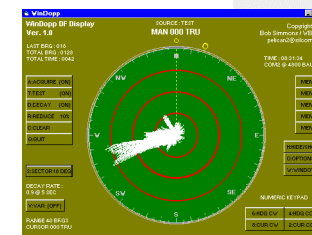
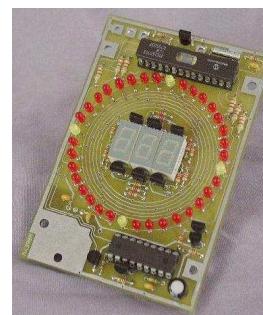


Schéma du PicoDopp



Coût :

- carte principale : 169\$
 - carte affichage : 169\$
 - «MiniAntenna» : 169\$
- Total élevé ...

Affichage et écran PC du PicoDopp

FN.R.A.S.E.C. - DAX - Sept 2013

70



Le COMELEC RD2

RD2
Goniomètre
sans les antennes
(299,00€)



Le **RD2 de COMELEC** (en CMS) est une copie (see : COMELEC) du **Montréal 2** de VE2EMM (mis gratuitement à la disposition de la communauté radioamateur)

Une construction simplifiée, mais il faut fabriquer les antennes.



Alain F1AVR,
Stéphane F1SRX,
Claude F4AEU

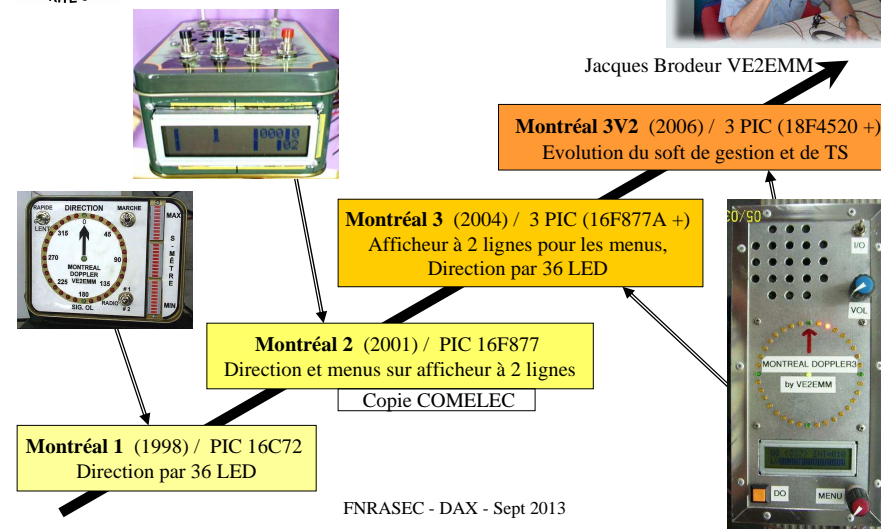
FN.R.A.S.E.C. - DAX - Sept 2013



Evolution du Montréal Doppler Versions 1 - 2 - 3 - 3V2



Jacques Brodeur VE2EMM



FN.R.A.S.E.C. - DAX - Sept 2013

Construction du Montréal 3V2

Construit autour de trois microcontrôleurs PIC :

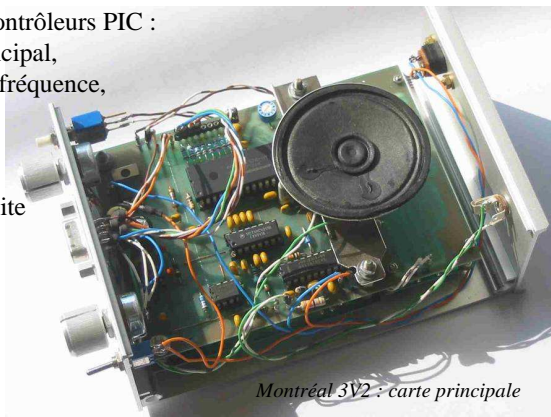
- un 18F4520 pour le circuit principal,
- un 12F675 comme diviseur de fréquence,
- un 16F628A pour l'affichage..

Deux filtres audio, un Max 267, suivi par un filtre de BP très étroite (+/- 0.5Hz)

Un LM386 comme ampli audio, indépendant du radiogoniomètre

Une sélection très simple des menus

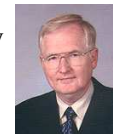
Peut être utilisé avec 4 antennes (commutées en +V ou -V) ou 8 antennes



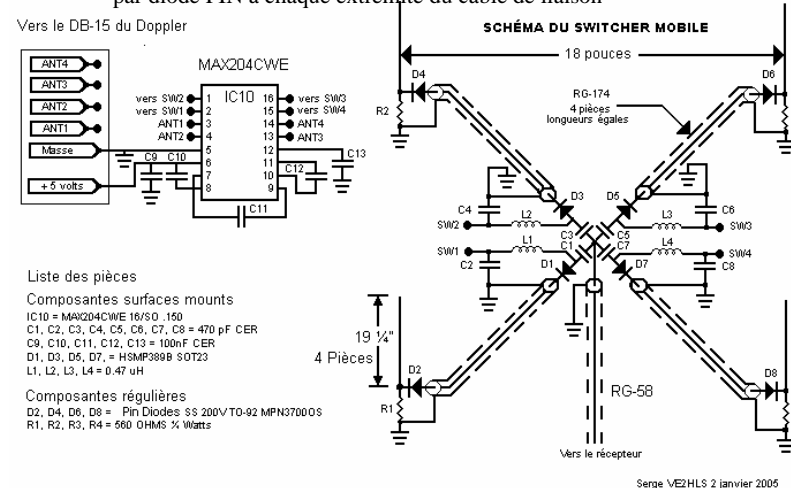
Montréal 3V2 : carte principale

Antenne Doppler

Joe Moell K0OV
http://www.homingin.com

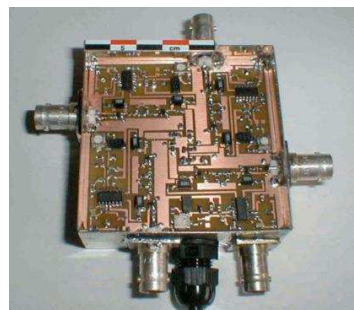


Une solution simple et efficace par commutation par diode PIN à chaque extrémité du câble de liaison



Antenne Doppler : le commutateur

Le schéma est simple, mais la réalisation demande beaucoup de soins
Le MAX204 est en techno CMS
On peut aussi utiliser le MAX 234 en DIL16



Tête VHF du Doppler J&J2000VE
F5JTR - F5JGW

Antenne Doppler UHF (300-500 MHz)

Support central
Carré de 20 x 20 cm

4 fouets de 17 cm

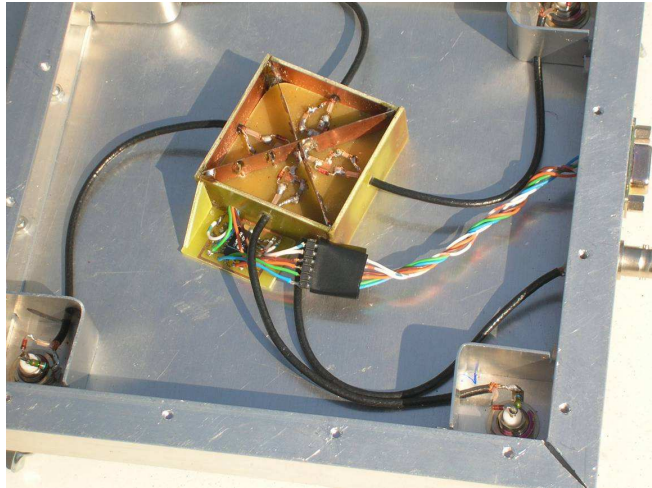
Plan de masse agrandi par des radians

Commutateur intégré dans le socle



Antenne Doppler UHF

Commutateur
intégré dans
le socle de
l'antenne



Fonctionnement du Doppler en 406 MHz

Il faut bien calibrer le zéro avec une balise sur 406 MHz

Bien régler la seuil de squelch sur le Doppler
(niveau $[3 \pm 1/8]$)

Attention :

- les réflexions existent aussi avec le Doppler,
- il faut écouter le son (comme avec une antenne à gain ou un homing)
 - * son chuinté : c'est une réflexion,
 - * son clair : réception directe, mesure valable,
- sur un signal très limite, la mesure est difficile,
- sur un signal d'un niveau faible mais correct, la mesure est excellente.



Balises 406 : Synthèse de la situation actuelle

Aujourd'hui, beaucoup de décodeurs de trames 406 sont opérationnels

Les générateurs de trames 406 sont une bonne solution pour tester les décodeurs de trames

Les PIC 16F88 programmés sont disponibles, avec un indicatif individualisé.

Attention à l'utilisation de ces générateurs de trames pour en faire une balise

Besoin de balises d'exercice 406 MHz

- Une véritable balise 406 MHz /5W + 121,375 /100mW a été construite
- Une série de 15 balises 406 équipe la FN.R.A.S.E.C.
- Des balises émettant des trames COSPAS SARSAT en bande radioamateur en faible puissance ont été construites (La Plume)

La radiogoniométrie 406 est possible avec un Doppler, comme le Montréal 2

Balises 406 : La suite

Bientôt :

- des balises COSPAS-SARSAT en bande RA en 5W
- des réseaux d'écoute des balises

Et l'écoute directe des satellites (1544,5 MHz) ?



Merci pour votre attention

Jean-Paul / F1LVT
ADRASEC38

E-mail : F1LVT@vahoo.fr
Site web : www.F1LVT.com

Relais ADRASEC 38
du Moucherotte (1900m)

