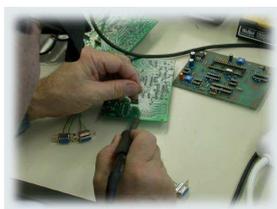




36ème Congrès de la F.N.R.A.S.E.C

Construisez un système complet de  
radiogoniométrie Doppler :  
**le Montréal 3v2**  
et les antennes VHF – UHF adaptées



Jean-Paul / F1LVT /  
ADRASEC 38  
[F1LVT@yahoo.fr](mailto:F1LVT@yahoo.fr)



Plan de l'exposé

- Fonctionnement d'un Goniomètre Doppler
- Réalisations commerciales
- Réalisations radioamateurs
- Présentation du Doppler Montréal 3
- Construction du Montréal 3V2
- Antennes Doppler VHF
- Antennes Doppler UHF
- Essais du Doppler
- Synthèse et perspectives



## Intérêt du Doppler

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

Recherche beaucoup plus rapide pour une ADRASEC.

- **Mémorisation de la dernière direction relevée.**

Utilisation en 406 MHz possible

- Fonctionnement du Doppler sur une très large bande de fréquence (ex ~50 MHz à ~1,3 GHz).

Bande large pour chaque antenne (ex. en VHF, antenne 145 MHz utilisable de 100 à 170 MHz, en UHF, antenne 432 MHz utilisable de 300 à 500 MHz).



Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Radiogoniométrie VHF-UHF pour les bandes aviation et les bandes RA

	Très grande distance (Point haut)	Grande dist. (En voiture de loin)	Moyenne dist. (En voiture sur zone)	Courte dist. (A pied)	Démod.	Possibilité radiogonio 406 MHz
Directive grand gain + Att + RX	Très bien adapté	Bien adapté	Peut convenir	Mal adapté		Pas du tout adapté
Directive faible gain + Att + RX						
Homing intégré (L-Per, GHO)					AM	
Homing (tte bande, 4Q)					AM	
Doppler + RX			Très bien adapté	Mal adapté	FM	Bien adapté
TDOA + RX					FM	
Ant racc. + Att + RX (ABC)						

Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Objectifs de nos travaux

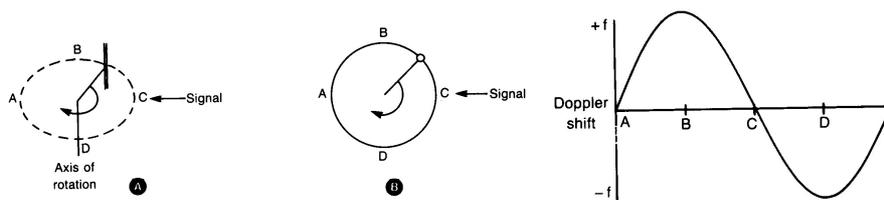
- Développer un système Doppler **pas cher** et **facilement reproductible** pour les ADRASEC
- Développer l'utilisation du Doppler pour la radiogoniométrie **121,5 MHz** et **243 MHz**
- Etudier si il est possible de faire de la radiogoniométrie Doppler **406 MHz** (0,5s / 50s)
- S'équiper en radiogoniométrie 2m et 70cm pour les bandes RA



Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Fonctionnement d'un Goniomètre Doppler



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

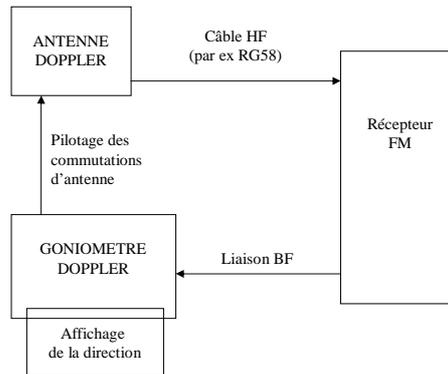
Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Fonctionnement d'un Goniomètre Doppler

Les 3 éléments d'un radiogoniomètre Doppler :

- l'Antenne Doppler (4 foudets)
- le Récepteur FM
- le Goniomètre (pilotage de l'antenne, filtrage et démodulation des signaux, affichage de la direction)



Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Fonctionnement d'un Goniomètre Doppler

Exemple de réalisation (See QST)

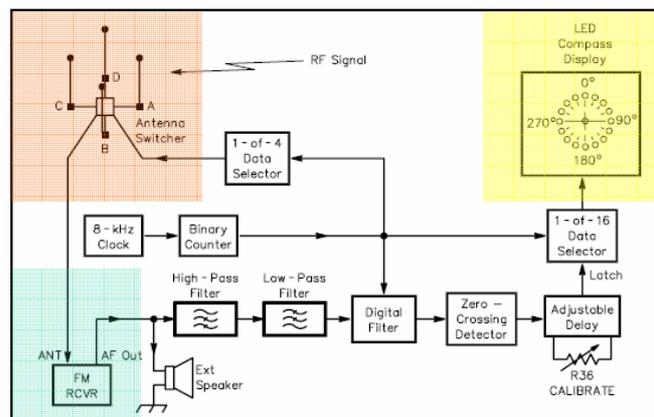


Figure 2—Block diagram of the WA2EBY Doppler RDF system.

Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Réalisations commerciales

Quelques exemples :

- Doppler Systems
- Comelec RD2



Doppler Systems,  
Series 6000  
Distribué en  
France par GES



COMELEC RD2-  
Goniomètre sans les antennes  
( 299,00€ )

Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Réalisations radioamateurs

Exemple de réalisations radioamateurs

- QST May 1999 → kit Ramsey,
- QST Nov 2002 → kit Byonics,
- le Roanoke Doppler,
- le Montréal Doppler (M1, M2, M3, M3V2),
- les travaux de la Commission Technique de la FNRASEC il y a quelques années ...



Tête VHF du  
Doppler J&J2000VE  
F5JTR – F5JGW



DSP-RDF Doppler Radio Direction Finder  
Kit Version 2, Price \$255.00 U.S + S&H  
(kit Byonics DSP-RDF,  
suite à un article de NOGSG dans QST)

Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Réalisations radioamateurs

Exemple de réalisation (kit Ramsey DDF1)

Affichage sur 16 LED

170 \$



Inside view of main unit.



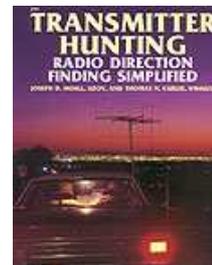
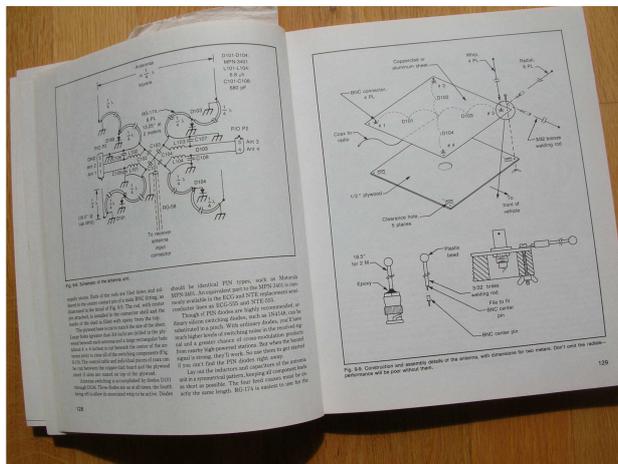
## Réalisations radioamateurs

Exemple de réalisation radioamateur :  
le Roanoke Doppler



Joe Moell  
K0OV

<http://www.homingin.com>





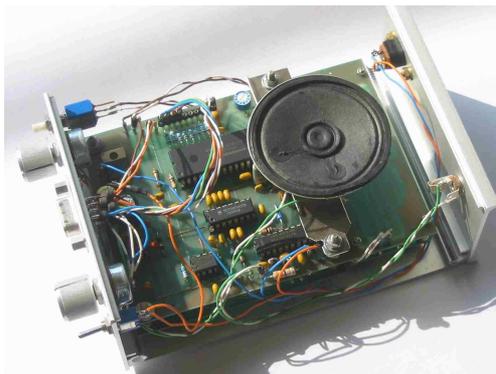
## Construction d'un Radiogoniomètre Doppler

Qu'est-ce qui rend ce système difficile à construire ?

- la complexité du montage,
- le filtrage pour mesurer la phase des signaux Doppler,
- l'antenne Doppler.

L'intérêt d'une réalisation à base de PIC :

- construction assez facile,
- filtrage numérique,
- traitement numérique des signaux,
- mémorisation des réglages et des dernières mesures.



Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Le Doppler 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..



Jacques Brodeur VE2EMM

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

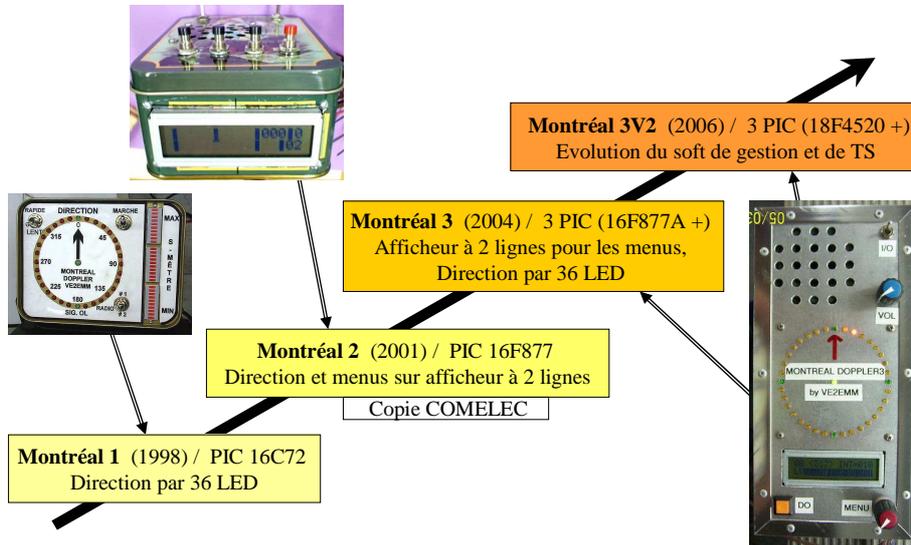
Un LM386 comme ampli audio, indépendant du radiogoniomètre

Une sélection très simple des menus

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



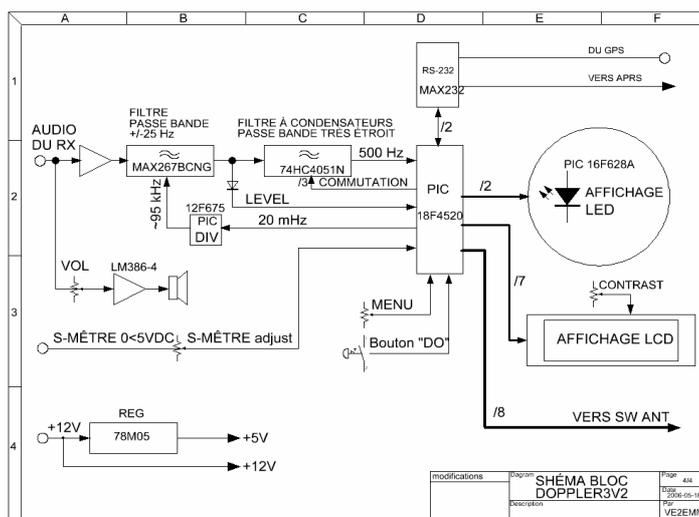
## Evolution du Montréal Doppler Versions 1 – 2 – 3 – 3V2



Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr

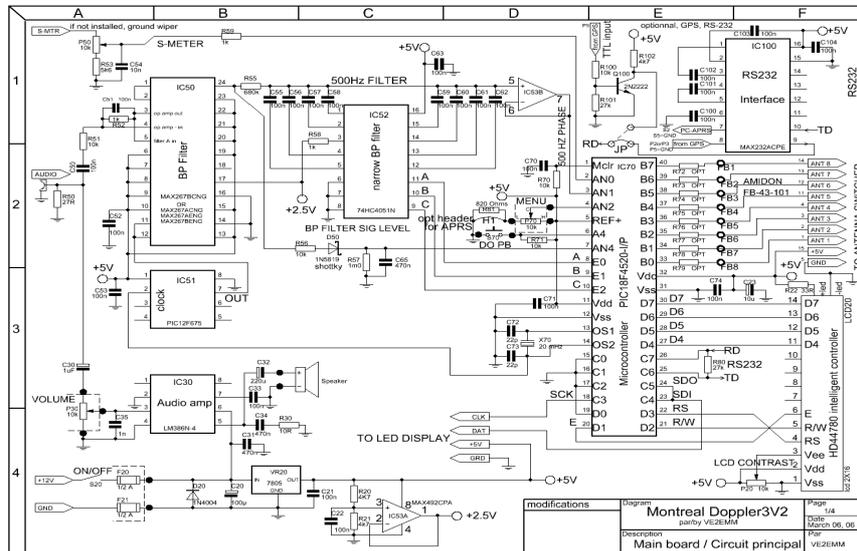


## Le Doppler Montréal 3V2 : Schéma bloc



Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr

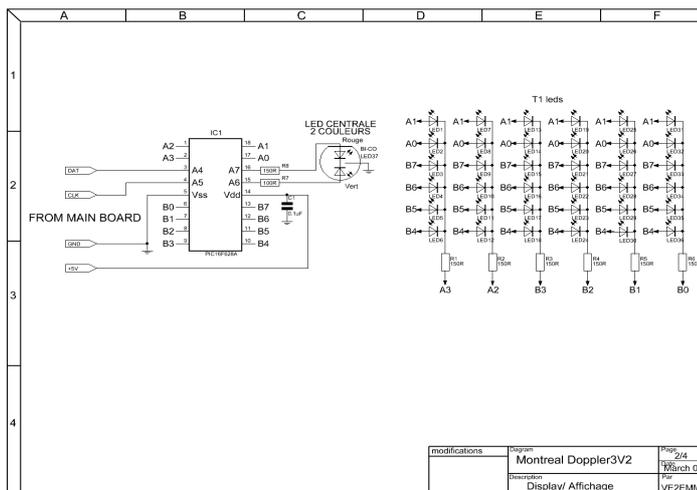
# Le Doppler Montréal 3 : Schéma



Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



# Le Doppler Montréal 3



Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Construction du Montréal 3 (et 3V2)



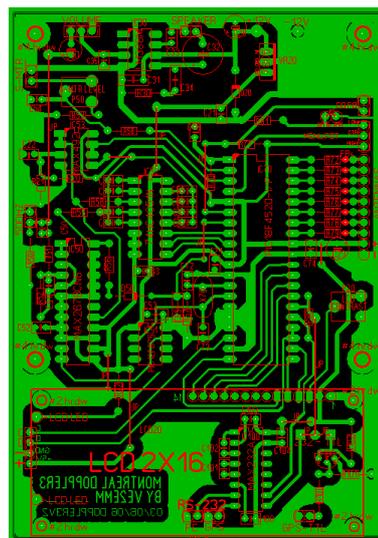
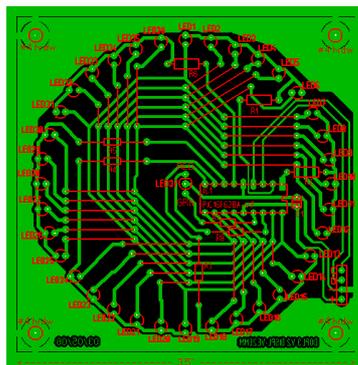
*Ce que nous avons fait :*

- 1- Construction d'un premier Doppler Montréal 3 (transformé ensuite en Montréal 3V2) avec construction des antennes VHF et UHF  
→ *vérification du très bon fonctionnement*  
→ *développement des outils de test et de maintenance*
- 2- Construction d'un second Doppler dans le cadre d'un projet d'étudiants de l'ENSIEG / INPG (4 h x 14 sem x 6 étudiants)  
→ *construction complète d'un Doppler M3V2 avec antenne VHF*  
→ *programmation des PIC*  
→ *test de reproductibilité du montage et tests de dépannage*

Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Construction du Montréal 3



Les 2 cartes de Circuit Imprimé

Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



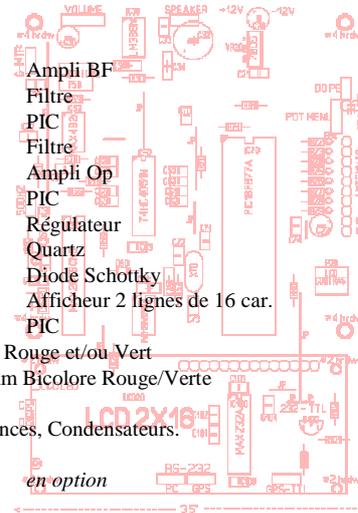
## Construction du Montréal 3

Liste des composants :

IC30	LM386N-4	Ampli BF
IC50	MAX267BCNG	Filtre
IC51	<b>PIC 12F675-I/P</b>	PIC
IC52	74HC4051N	Filtre
IC53	MAX492CPA	Ampli Op
IC70	<b>PIC 18F4520-I/P</b>	PIC
VR20	7805 TO-220	Régulateur
X70	20 MHz HC49	Quartz
D50	1N5819	Diode Schottky
LCD20	LCD 2X16,	Afficheur 2 lignes de 16 car.
IC1	<b>PIC16F628A-I/P</b>	PIC

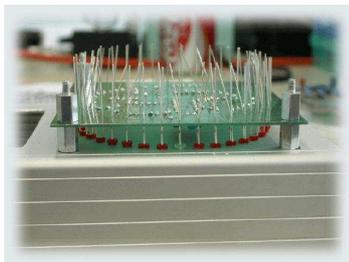
LED1 - LED36     $\varnothing$  3mm, Rouge et/ou Vert  
 LED37            3 ou 5mm Bicolore Rouge/Verte  
 FB1 - FB8        Ferrites  
 + composants passifs : Résistances, Condensateurs.

IC100    = MAX232ACPE    *en option*  
 Q100    = 2N2222 TO-92



## Construction du Montréal 3

Une des plus grosses difficultés :  
le perçage du boîtier





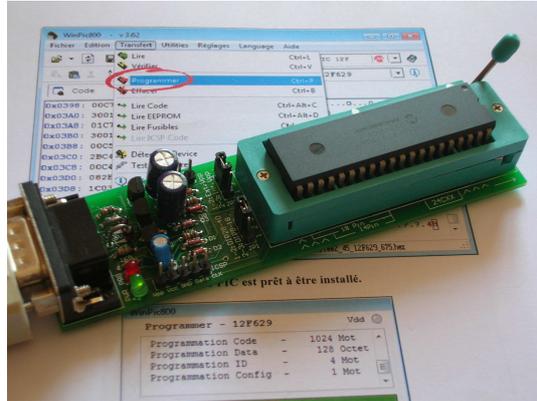
## Programmation des PIC

3 PIC à programmer :

- 18F4520 (40p),
- 12F675 (8p)
- 16F628A (28p)

Equipement nécessaire :

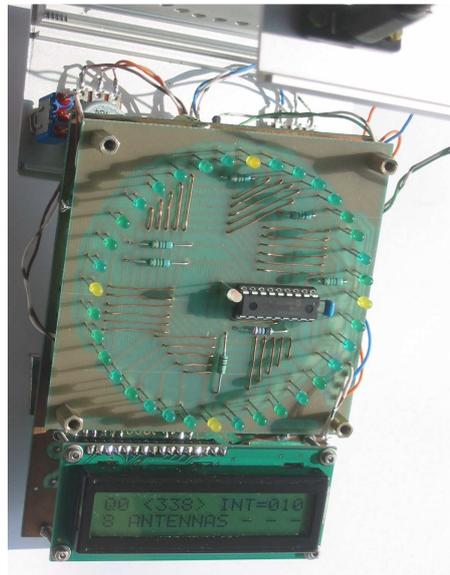
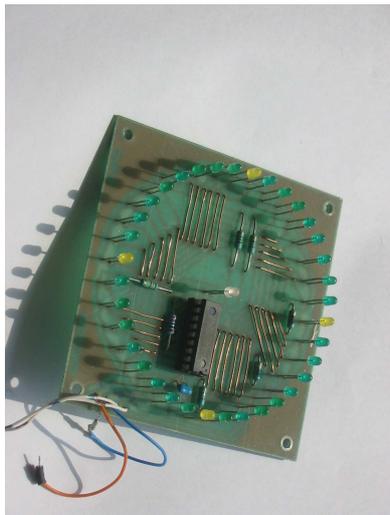
- Un programmeur  
Coût 12€ sur le web (18\$)
- Un logiciel de programmation  
Exemple : WinPic800 (gratuit)



Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Affichage de la direction



La LED centrale indique le fonctionnement

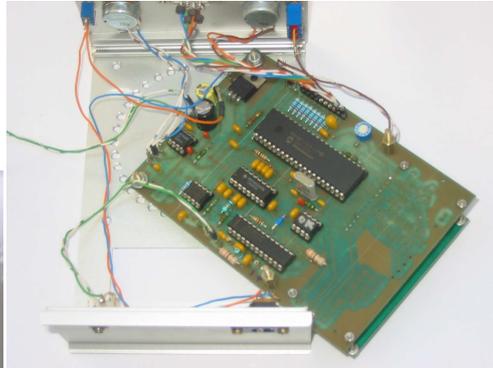
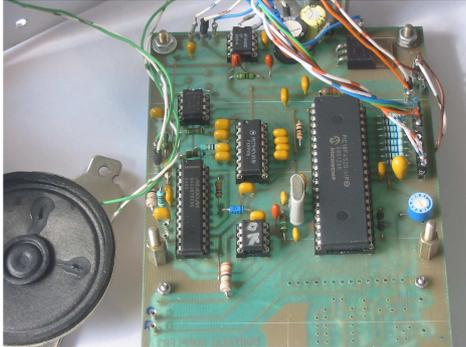
Les 36 LED périphériques donnent la direction

Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



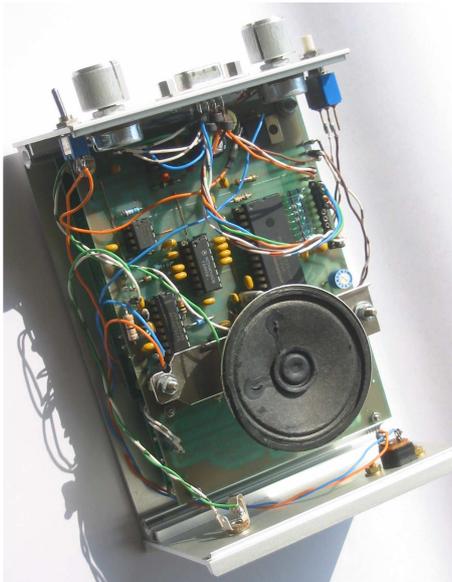
## Carte principale du Montréal 3

La carte principale :  
6 CI et quelques composants



Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr

## Le Montréal 3V2 monté



La mise en boîte

Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Fonctionnement du Montréal 3V2

### Affichage à 36 LEDs,

- LED centrale verte => la direction est bonne,
- LED centrale rouge => pas de signal, la direction est figée dans la dernière bonne direction (mémoire).

### Afficheur LCD 2 lignes

En fonctionnement :

Affichage du facteur de qualité (amplitude du signal à la sortie de l'intégrateur), de la direction mesurée en degrés, du nombre de mesures qui sont accumulées (ajustable par les menus), ainsi que la force du signal présent à la sortie du premier filtre du gonio sur bar-graphe.



Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Initialisation et réglage du seuil

### Menu 4 : Initialisation

Calibration automatique vers l'avant de l'automobile



### Menu 5 et 6 : Calibration manuelle



### Menu 7 : Réglage du seuil de fonctionnement

Sélection du facteur de qualité minimum  $Q_s \in [0, 8]$

$Q > Q_s$  : la direction est affichée.

$Q < Q_s$  : l'affichage gèle la dernière bonne direction



Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Les Menus : réglages et tests au montage

Menu 13 : Sélection de la rotation  
des antennes (CW ou CCW)



Menu 14

Choix des antennes, 4 +, ou 4 -, ou 4 en différentiel, ou 8 antennes + ou -

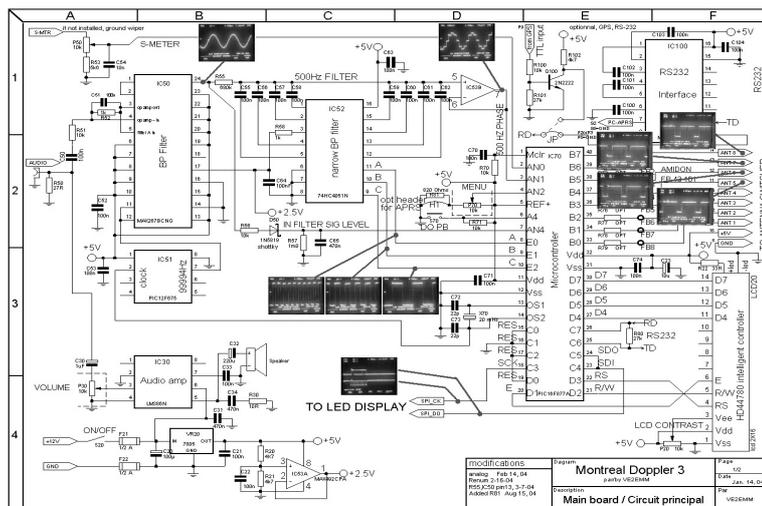


Menu 15

Choix de l'antenne en essai (chaque antenne peut être activée individuellement)

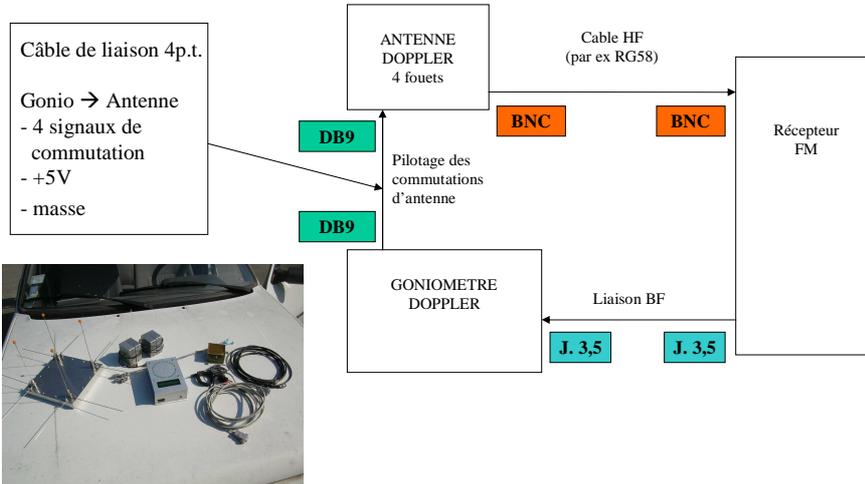


## Comment dépanner la carte du Montréal 3





## Connectique et câble de liaison avec l'antenne

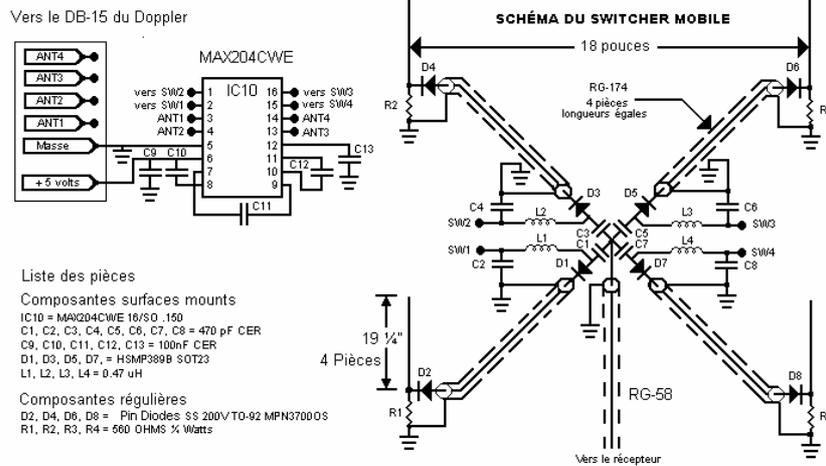


Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Antenne Doppler VHF

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



### Liste des pièces

#### Composantes surfaces mounts

IC10 = MAX204CWE 16/S/D .150  
C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8 = 470 pF CER  
C9, C10, C11, C12, C13 = 100nF CER  
D1, D3, D5, D7, = H3MP389B SOT23  
L1, L2, L3, L4 = 0.47 uH

#### Composantes régulières

D2, D4, D6, D8 = Pin Diodes SS 200V TO-92 MPN3700'S  
R1, R2, R3, R4 = 560 OHMS 1/4 Watts

Serge VEZHLIS 2 janvier 2006

Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Antenne Doppler VHF (100-170 MHz)

Fabrication des fouets avec embase magnétique  
Bande 100 à 170 Mhz, L = 50 cm  
Bande 170 à 300 Mhz, L = 30 cm



Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Antenne Doppler VHF

Antenne VHF  
sur le toit :  
4 fouets en carré  
et le commutateur  
au centre

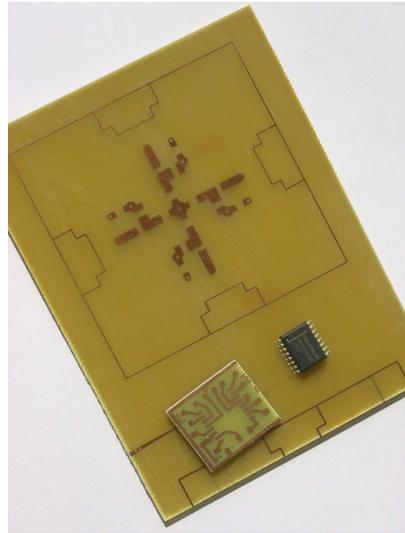
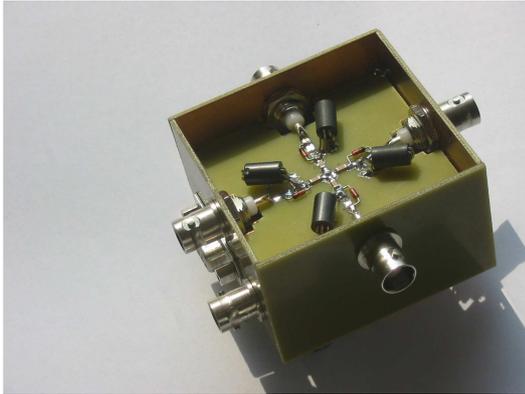


Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Antenne Doppler VHF : le commutateur

Le schéma est simple,  
mais la réalisation demande beaucoup de soins  
Le MAX204 est en techno CMS

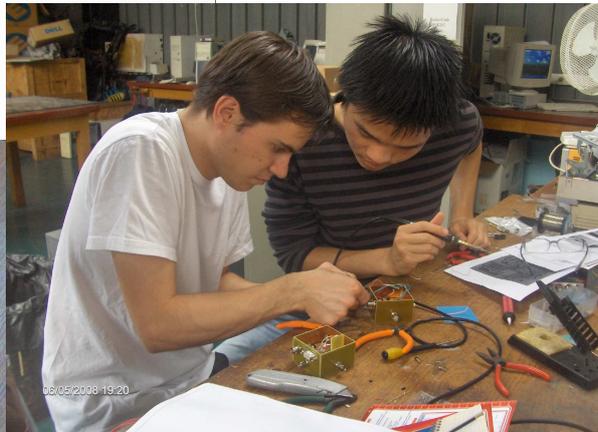
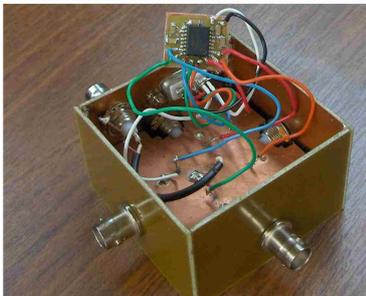


Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Antenne Doppler VHF : le commutateur

Reproduction  
du commutateur  
par les étudiants



Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## 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

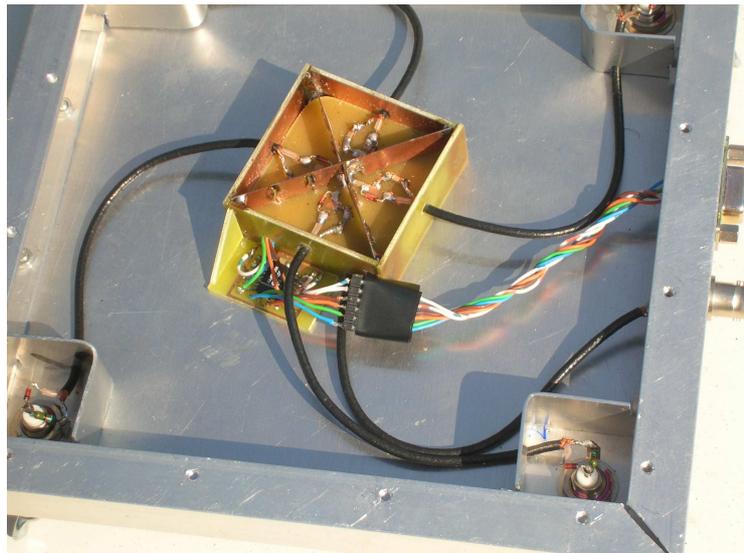


Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Antenne Doppler UHF

Commutateur  
intégré dans  
le socle de  
l'antenne



Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Essais du Doppler

Très nombreux essais effectués sur des stations RA, l'APRS en VHF, des ballons (Ballons des Ecoles), des balises 121,5MHz, des VOR, des stations FM dans la bande 88 – 108, etc ...

*On peut faire des tests sur tout ce qui émet, soit en permanence, soit des émissions brèves.*

Les principaux résultats des essais :

- 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 bonne.



Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



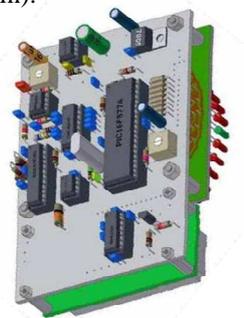
## Essais du Doppler

Principaux résultats des essais :

- la mesure continue de direction apporte beaucoup d'informations,
- on se fait tirer très rapidement par la balise, comme avec un GPS avec un point enregistré,
- le gain de temps est énorme par rapport aux mesures ponctuelles (pour faire 1 km en voiture il faut 1 min, à pied c'est 20 min).

Quelques limitations :

- la partie mécanique du montage doit être soignée,
- le système fonctionne très bien sur le toit d'une voiture, mais il est mal adapté à la recherche pedestre,
- un peu d'entraînement est nécessaire,
- les antennes ne sont pas très discrètes sur le toit d'une voiture,
- attention à une antenne en émission à proximité.



Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Gonio Doppler Montréal 3 : Synthèse

Sur le principe du Doppler :

- Le Doppler est un excellent système dès que le signal est suffisant.
- Il permet de faire de la radiogoniométrie en continu en voiture, ce qui permet d'aller très rapidement sur la balise.
- C'est un outil indispensable dans une ADRASEC.

Sur le Doppler Montréal 3 :

- Il est simple et facile à construire,
- Son prix de revient est très raisonnable,
- Il est assez simple à utiliser, après une phase d'apprentissage
- Il fonctionne remarquablement.



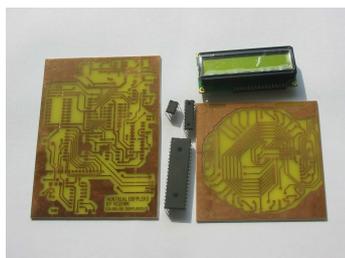
Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



## Gonio Doppler Montréal 3 : ... et la suite

Que pourrait faire la FNRASEC pour développer le Doppler Montréal 3 dans les ADRASEC ?

→ par exemple diffuser via le service « Fournitures » un ensemble composé des 3 PIC programmés et des 2 circuits imprimés (et éventuellement l'afficheur)  
coût < 35 € (FAR-Circuits)



Jean-Paul / FILVT  
ADRASEC38  
[FILVT@yahoo.fr](mailto:FILVT@yahoo.fr)

Radiogoniométrie Doppler / Montréal 3V2 – AG FNRASEC Bordeaux 2008 – FILVT@yahoo.fr



Merci pour votre attention

---

Doppler COMELEC RD2

RD2  
Goniomètre  
sans les antennes  
( 299,00€ )



☺ Une construction bien adaptée pour les radioamateurs qui ont du mal à tenir un fer à souder mais qui peuvent ouvrir leur porte-monnaie... Oui, il y en a !!!  
mais il faut quand même fabriquer les antennes. ☹ ☹

☹ Premiers prototypes Comelec testés par des RA fin 2005  
☹ Essais peu concluants. Mais Comelec a travaillé depuis ...  
Qui a testé la version commercialisée ? ☺ ?



Alain F1AVR, Stéphane F1SRX,  
Claude F4AEU

⚠️ 📡 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)



La tête de commutation préamplifiée est une réalisation très intéressante qui devrait fonctionner aussi avec le Montréal 3

Carte du Doppler COMELEC

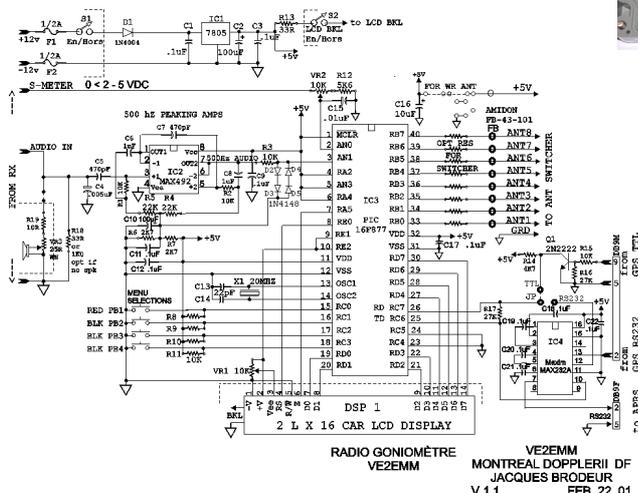


Schéma et carte du  
Montréal Doppler 2



**Montréal 2 / PIC 16F877**  
Direction et menus sur afficheur à 2 lignes

**Montréal 3V2 / 3 PIC**  
Afficheur à 2 lignes pour les menus  
Direction par 36 LED



### **Améliorations apportées sur le Montréal 3V2 par rapport au Montréal 2**

- +++ Affichage de la direction : « Rose des vents » à 36 LED à la place du « LCD 2x16 »
- +++ Filtrage : Filtre à capa commutée à très faible largeur de bande (0,5 Hz)  
à la place d'un filtre à Amplificateurs Opérationnels
- + Amplificateur BF intégré avec réglage du volume (l'ampli est souvent ajouté dans le M2)
- + Navigation dans les menus beaucoup plus facile
- + Calculs plus rapides par le 18F4520 --- [3 PIC pour le Montréal 3 (18F 4520, 16F628A et 12F675) à la place d'un seul PIC 16F877 pour le M2]

**Le Montréal 3 est beaucoup plus facile à utiliser que le Montréal 2,  
en particulier grâce à son affichage de direction,  
et il est plus évolué en ce qui concerne le filtrage et le traitement des signaux.**