

# Montage et Fonctionnement du « Homing Toutes Bandes »

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

Cette série d'articles porte sur le « Homing Toutes Bandes ». La première partie décrivait cet appareil et son antenne [1]. La deuxième partie portait sur la construction du boîtier et de sa carte électronique [2]. Nous présentons ici la suite de ces travaux sur le « Homing Toutes Bandes » : les premiers essais de cet appareil et son fonctionnement.

Certaines valeurs de composants sont liées aux caractéristiques des éléments utilisés : galvanomètre, récepteur, etc. C'est pourquoi nous allons montrer comment dimensionner ces composants.

Avant de se lancer dans cette construction, il faut être sûr d'avoir un galvanomètre à zéro central sous la main, à moins de faire une version avec un afficheur numérique.

## Galvanomètre à zéro central

Trouver un galvanomètre à zéro central n'est pas facile de nos jours.

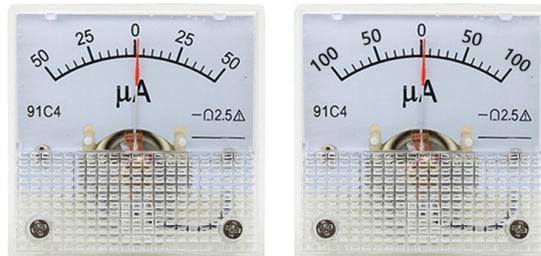
Pour construire un système miniaturisé, on trouve par exemple le galvanomètre à zéro central vendu par Conrad (et d'autres distributeurs européens) sous l'appellation « Compteur de température analogique à encastrer » (Photo 1). Il est donné pour  $I_{max} = \pm 250 \mu A$  et sa résistance interne est de  $680 \Omega$ . La tension maximale à ses bornes est de  $\pm 170 mV$  pour obtenir la déviation maximale.

Ce petit modèle peut être intégré facilement dans un boîtier. Il est moins sensible que ses concurrents, ce qui signifie que la valeur de la résistance série P1 doit être plus réduite. Cette plus faible sensibilité n'est pas pénalisante pour notre montage.



*Photo 1 : Galvanomètre à zéro central vendu par Conrad sous l'appellation « VOLTCRAFT AM-39X14 Appareil de mesure à encastrer » (Doc. Conrad)*

On trouve aussi quelques galvanomètres à zéro central fabriqués en Chine. Attention aux modèles trop grands, prévus pour fonctionner sur un tableau fixe, dans lesquels l'inertie de l'aiguille lors d'un mouvement latéral est suffisante pour faire déplacer l'indication. Il faut sélectionner les modèles de petite taille. On peut trouver par exemple un galvanomètre qui fait 45 x 45 mm chez Aliexpress (Photo 2).



*Photo 2 : Petit galvanomètre  $\pm 50 \mu\text{A}$  ou  $\pm 100 \mu\text{A}$  vu chez Aliexpress*

Concernant la gamme de courant, un galvanomètre  $\pm 50 \mu\text{A}$  sera évidemment plus sensible qu'un  $\pm 100 \mu\text{A}$ , mais cette valeur a peu de conséquence. Dans notre montage, le galvanomètre est piloté en tension par la différence des tensions de sortie des AOP IC2-1 et IC2-2 (voir Figure 2 de l'article « Construction d'un Homing Toutes Bandes »). C'est la résistance série P1 qui convertit cette tension en courant. Cette résistance doit être adaptée au modèle de galvanomètre.

En mettant une LED derrière l'afficheur, on peut faire un rétro-éclairage très utile en cas de recherche nocturne.

Une alternative à l'utilisation de ces galvanomètres à zéro central, c'est l'utilisation d'un afficheur numérique, comme celui décrit dans l'article « Affichage LCD en remplacement d'un galvanomètre à zéro central -- Application au Homing » [3].

### **Protection du galvanomètre par une résistance série**

Nous avons fait des mesures de tension de commande du galvanomètre sur notre montage. Le niveau BF a été réglé pour entendre clairement une balise aviation sur 121,500 MHz. Le haut parleur possède une impédance de  $8 \Omega$ . L'ensemble a été mis dans la configuration où l'aiguille part à fond d'un côté. Nous avons mesuré plusieurs centaines de millivolts pilotant l'indicateur « Gauche - Droite ». On arrive même à atteindre le volt entre les sorties de IC2-1 et IC2-2.

Le galvanomètre peut être endommagé par un courant trop fort. Le vrai problème ce n'est pas de tordre l'aiguille (Photo 3 trouvée sur internet) mais de griller la bobine du galvanomètre à cadre mobile. Pour limiter le courant qui le traverse, il faut bien calculer la résistance série P1, après avoir contrôlé les caractéristiques du galvanomètre.

En pratique, la valeur finale sera choisie en fonction de la dynamique de la réponse du galvanomètre du « Homing Toutes Bandes ». Les valeurs ci-dessus ne sont qu'indicatives. Ces galvanomètres peuvent supporter en principe 3 ou 4 fois leur courant nominal.



Photo 3 : Aiguille tordue d'un galvanomètre à zéro central (Photo trouvée sur internet)

Nous avons fait des essais avec un galvanomètre à zéro central permettant de mesurer  $\pm 50\mu\text{A}$ . Il faut utiliser une résistance série  $P1 = 10\text{ k}\Omega$ , voire  $5\text{ k}\Omega$  pour avoir une plus grande dynamique de la réponse du galvanomètre.

Autre exemple, le galvanomètre à zéro central vendu par Conrad sous l'appellation « Compteur de température analogique à encastrer » (Photo 1) est donné pour  $I_{\text{max}} = \pm 250\mu\text{A}$  et une résistance interne de  $680\Omega$ . La tension maximale à ses bornes est de  $\pm 170\text{ mV}$ . Il faut une résistance série  $P1$  entre  $1\text{ k}\Omega$  et  $2\text{ k}\Omega$ .

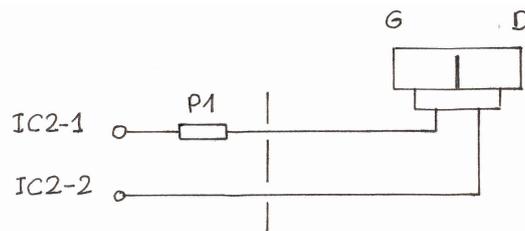


Figure 1 : Protection du galvanomètre par une résistance série

### Protection du galvanomètre par diodes tête-bêche

La tension appliquée peut être écrêtée par 2 diodes 1N4148 montées tête-bêche (Figure 1). Ces diodes sont capables d'écrêter à  $\pm 0,6\text{ V}$  avec un courant maxi de  $I_{\text{max}} = 300\text{ mA}$ . Il faut une résistance série  $R33$  pour limiter le courant dans ces diodes, puis une résistance série  $R34$  pour limiter le courant dans le galvanomètre. En pratique, par rapport à la valeur de  $P1$  calculée précédemment, on peut utiliser  $R34 = 2/3 P1$  et  $R33 = 1/3 P1$  et mettre  $R33$  sur la carte à la place de  $P1$ .

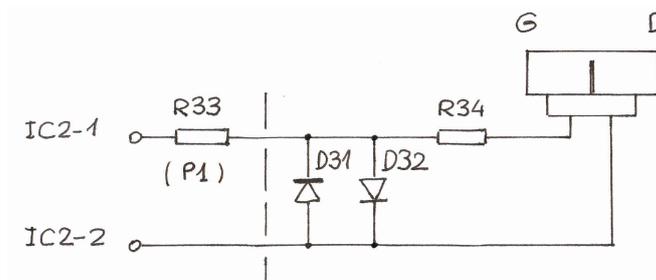


Figure 2 : Montage des diodes têtes-bêches pour la protection du galvanomètre

Avec ces diodes têtes-bêches, la protection du galvanomètre est totale.

En pratique, la seule résistance série P1 sans les diodes est largement suffisante si elle est dimensionnée correctement (Figure 1). Mais attention à ne pas mettre une résistance série trop petite, ce qui pourrait endommager le galvanomètre.

### Première mise sous tension et premiers essais

Avant d'insérer les circuits intégrés, il faut vérifier que toutes les tensions sont correctes. Sur le support du 4066, on a l'alimentation 9V sur la broche 14 et la masse en 8. Pour l'amplificateur opérationnel, il faut avoir 9V sur la broche 4, la moitié de la tension d'alimentation, c'est-à-dire 4,5V, sur la broche 12 et la masse sur la broche 11. Sur le CD4017, l'alimentation est sur la broche 16 et la masse sur la broche 8. Si toutes ces tensions sont correctes, vous pouvez insérer les circuits intégrés.

En dehors de la résistance série du galvanomètre P1, il n'y a aucun réglage sur la carte. Il faut s'assurer que P1 est dimensionné correctement avant la première mise sous tension.

Le montage ne peut fonctionner que si toute la boucle est montée : l'antenne Homing, et le récepteur AM. Quand tout est en place, le « Homing Toutes Bandes » doit fonctionner immédiatement.

Le seul réglage possible, c'est le volume du son. Il faut le régler pour pouvoir entendre le son dans le haut-parleur du « Homing Toutes Bandes ».

La consommation du montage est de l'ordre de 8 mA avec son antenne. Comme la capacité d'une pile 9V est de l'ordre de 500 mAh à 600 mAh, l'autonomie du « Homing Toutes Bandes » est d'environ 60h, ce qui est largement suffisant pour une utilisation sur le terrain.

### Signaux de commutation de l'antenne

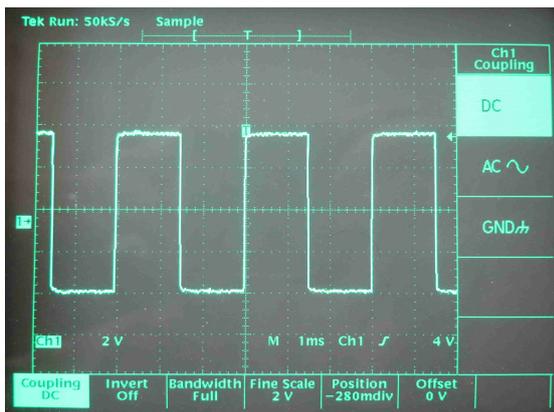


Photo 4 : Signaux de commande de l'antenne mesurés sur une prise BNC du boîtier sans antenne

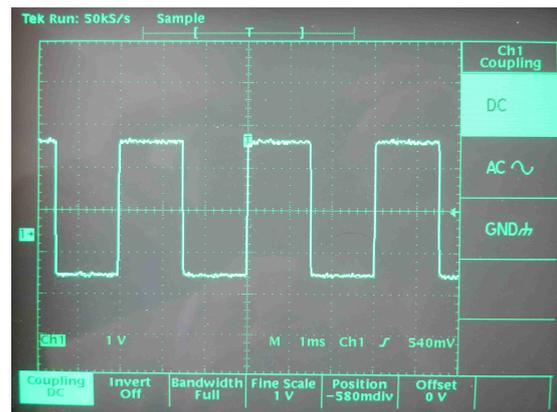


Photo 5 : Signaux de commande de l'antenne mesurés sur une prise BNC du boîtier avec l'antenne connectée

Les Photos 4 et 5 montrent le bon fonctionnement de la commutation d'antenne. Avec le boîtier du HTB isolé (Photo 4), on voit les créneaux d'amplitude à  $\pm 4V$  de pilotage de l'antenne (échelle verticale 2V par carreau). La Photo 5 montre ce qui se passe quand on connecte l'antenne. Attention, l'échelle verticale est divisée par 2, c'est-à-dire 1 V par carreau. L'amplitude des signaux est réduite de  $\pm 4V$  à  $\pm 1,6V$  en charge. Cette tension de 1,6V est appliquée simultanément à une diode PIN en sens inverse pour la bloquer et une diode PIN en sens direct (et donc passante) avec un courant de polarisation d'environ 1,5 mA. Les signaux en charge ont des formes bien carrées, avec une période  $T = 3$  ms, montrant que la commande des diodes PIN de l'antenne fonctionne correctement. Ces essais correspondent à une fréquence de commutation des antennes à 330 Hz.

### **Fréquence de commutation de l'antenne**

Cette fréquence de commutation des antennes est directement liée à la valeur des composants de l'oscillateur, plus précisément R13 et C11. Nous avons initialement choisi  $R13 = 33$  k $\Omega$  et  $C11 = 1,5$  nF. En modifiant R13, ou éventuellement C11, on peut changer la fréquence de commutation. On peut ainsi choisir la fréquence de commutation dans la bande audible (par exemple 450 Hz).

Pour les Homing « Happy Flyers » et « L-Per », nous avons mesuré une fréquence de commutation voisine de 100 Hz. Cela permet d'avoir une fréquence de commutation bien inférieure aux fréquences de la BF. De cette façon, la BF du signal ne perturbe pas la démodulation à 100 Hz. Nous avons fait des essais en sortant le signal AM non filtrée sur un récepteur, et nous avons fait fonctionner un Homing à 100 Hz. Ça fonctionne très bien, mais la modification du récepteur est difficile à réaliser et différente pour chaque récepteur. C'est ce qui rend ce montage difficile à diffuser.

Avec notre « Homing toutes Bandes », nous ne pouvons pas descendre aussi bas car la modulation à la fréquence de commutation est portée par le signal BF de la prise Ecouteurs. Cette sortie est filtrée : les fréquences basses sont coupées vers 300 Hz. C'est ce qui oblige à avoir la fréquence de commutation dans la bande audible. A cause de cela, nous avons choisi 450 Hz pour la fréquence de commutation. A cette fréquence là, on entend légèrement une tonalité dans le haut-parleur qui correspond à la fréquence de commutation. C'est la configuration la mieux adaptée pour faire fonctionner notre « Homing Toutes Bandes » en AM, pour la recherche des balises aviation. La modulation hachée des balises Aviation VHF ne peut être localisée correctement qu'avec ce type de fonctionnement du Homing AM.

### **Variante avec une fréquence de commutation à 900 Hz et fonctionnement en TDOA**

Pour obtenir un fonctionnement à une fréquence de commutation plus élevée, on peut réduire la valeur de la résistance R13. En gardant C11 inchangé (1,5 nF), il faut abaisser R13 de 33 k $\Omega$  à 10 k $\Omega$  pour monter la fréquence de commutation de 450 Hz à 900 Hz.



*Photo 6 : Mesure effectuée avec la réception latérale d'une porteuse.  
L'aiguille du galvanomètre est à sa déviation maximale.*

*La première courbe montre le signal reçu et celle du bas les signaux de commutation*

Avec  $R = 33 \text{ k}\Omega$ , nous avons mesuré une période de 2,2 ms, ce qui correspond à la fréquence de 450 Hz (Photo 6). La modulation à 450 Hz est centrée par rapport aux signaux de commande, ce qui permet de faire fonctionner correctement la détection synchrone. La courbe du haut montre les signaux modulés par la commutation de l'antenne (mesurés sur le HP) pour la réception d'une porteuse. La fréquence de base est bien en phase avec les signaux de commutation. Ces signaux ont une amplitude de  $\pm 100 \text{ mV}$  crête.

Pour ce type de fonctionnement à 450 Hz, il ne faut pas câbler les diodes D11 (pin 2 du CD4017) et D14 (pin 5 du CD4017) pour que la perturbation du signal BF due à la commutation n'interfère pas avec la démodulation.

Quand on reçoit une porteuse, on entend clairement la tonalité à 450 Hz dans le haut parleur. Cette tonalité est nettement plus réduite avec les modulations sans porteuses des balises.

Avec le même HTB, on peut utiliser 2 modes de fonctionnement :

-- soit avec le récepteur en démodulation AM, et c'est le fonctionnement comme celui que nous venons de décrire en Homing AM, avec la modulation qui peut interférer dans la mesure. Mais c'est le seul mode utilisable avec les modulations sans porteuse.

-- soit avec le récepteur en démodulation NBFM si l'émission a une porteuse, modulée ou non. C'est alors un fonctionnement de type TDOA [2], c'est-à-dire en Homing FM. On entend une tonalité à la fréquence de commutation (de l'ordre du kilohertz) qui disparaît quand les 2 foyers sont équidistants de l'émetteur. La localisation peut être effectuée à la fois par les signaux sonores et par l'indicateur Gauche Droite.

Par rapport à la version à 450 Hz, la seule modification sur la carte électronique pour la variante bi-mode est la valeur de la résistance R13. Tout le reste du montage est inchangé, y compris l'antenne.

On peut faire un « Homing Toutes Bandes » polyvalent en commutant une résistance en parallèle avec R13 = 33 kΩ. Le HTB est alors capable de fonctionner :

- en Homing AM à 450 Hz avec un récepteur AM,
- en TDOA (Homing FM) avec un récepteur NBFM et une fréquence de commutation autour du kilohertz pour les émissions avec porteuse.

### **Premiers essais avec le « Homing Toutes Bandes »**

On peut utiliser une petite balise de type ELT ou un générateur VHF comme source d'émission.

Pour faire une mesure, le « Homing Toutes Bandes » doit être bien symétrique par rapport au plan médian vertical de l'antenne. Cela concerne aussi bien la symétrie des fouets, le câble entre l'antenne et le boîtier HTB, que votre position par rapport à l'antenne.

A la mise sous tension du « Homing Toutes Bandes », la LED s'allume. Le « Homing Toutes Bandes » doit être en position « Homing ». Quand le récepteur est en marche, le galvanomètre commence à bouger. En présence d'une porteuse non modulée, on doit entendre le signal de commutation dans le bruit de fond du haut-parleur.

Quand tout fonctionne correctement, on doit être capable de mesurer une directivité devant - derrière. Quand les 2 fouets de l'antenne sont équidistants de l'émetteur, le galvanomètre passe par zéro. Si on fait un tour complet sur soi-même, on doit voir 2 passages par zéro : un face à l'émetteur et un avec l'émetteur dans le dos. Il faut faire ces essais en terrain dégagé, sinon des réflexions perturbent la mesure.

Il reste encore deux points à vérifier. Quand vous avez l'émetteur devant vous, avec le « Homing Toutes Bandes » bien vertical, avec l'indicateur Gauche – Droite bien centré, sans bouger il faut faire pivoter légèrement le « Homing Toutes Bandes » dans un sens et dans l'autre. L'aiguille du galvanomètre doit se déplacer vers le fouet qui se rapproche de l'émetteur. Si ce n'est pas le cas, il faut inverser l'antenne ou bien les diodes PIN dans le commutateur de l'antenne. En pratique la solution la plus rapide, c'est tout simplement d'inverser les 2 fils d'alimentation du galvanomètre dans le boîtier du HTB.

Et enfin, quand l'étape précédente a bien été effectuée correctement et vérifiée, il faut mettre le boîtier du Homing Toutes Bandes en position « Directif » par l'inverseur « Homing – Directif ». Dans cette position, l'antenne est bloquée dans une direction. En orientant l'antenne perpendiculairement à la direction mesurée, on peut voir la différence entre les 2 positions « fouet gauche » ou « fouet droit » au plus près de la balise sur le S-mètre du récepteur. On ne voit rien sur le galvanomètre car sa réponse est liée au fonctionnement en Homing. Sur le S-mètre du récepteur, la différence est notable à certaines distances, mais peut être assez réduite pour d'autres. Il faut noter cette direction sur l'antenne, généralement sur le boîtier de commutation. Cette mesure n'est qu'une confirmation pour s'assurer que tout fonctionne correctement, car le principal moyen de lever de doute est par le fouet qui de rapproche de l'émetteur.

## Fonctionnement du « Homing Toutes Bandes »

Les illustrations des Figures 3 à 6 proviennent de formations au maniement du Homing « L-Per ».

1- Monter le « Homing Toutes Bandes » avec son antenne. Il faut bien vérifier que la symétrie Gauche Droite est bien respectée. En particulier le câble entre l'antenne et le boîtier doit être placé bien au milieu entre les 2 fouets.

2- Régler le récepteur sur la fréquence à recevoir, et bien mettre le récepteur en démodulation AM, quel que soit la modulation du signal à localiser.

3- Mettre en route le Homing

4- Régler le niveau BF pour pouvoir entendre la modulation et avoir une réponse du galvanomètre suffisante

### **Localisation de la direction**

5- Se tourner pour orienter le Homing de telle façon que l'aiguille du galvanomètre Gauche – Droite soit centrée (Figure 3). On doit trouver 2 positions diamétralement opposées (Figure 4).

### **Lever de doute Avant - Arrière**

6- Sans bouger les pieds, faire pivoter légèrement l'antenne. L'aiguille du galvanomètre part vers le fouet le plus proche de l'émetteur (Figure 5).

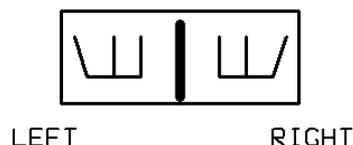


Figure 3 : Indicateur Gauche Droite en position centrée (doc L-Per)

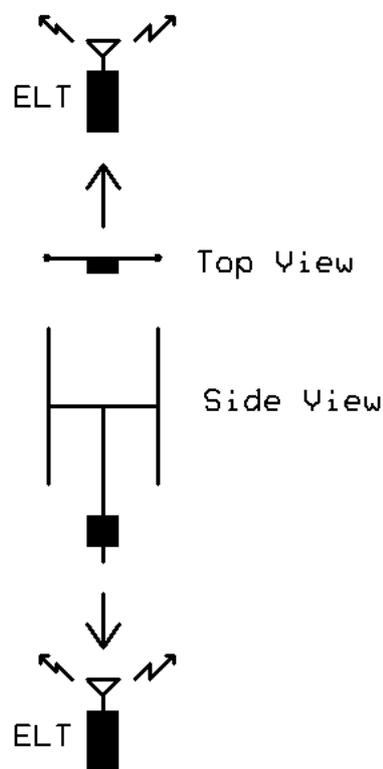


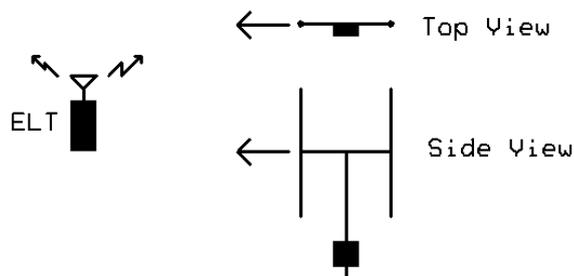
Figure 4 : Localisation de 2 positions, en face et dans le dos (doc L-Per)



Figure 5 : Déviation du galvanomètre à gauche ou droite (doc L-Per)

### **Lever de doute en Directivité**

7- Cette fonction additionnelle utilise la directivité de l'antenne bloquée dans une position. Il faut avoir un récepteur avec S-mètre, et en suivant la valeur de ce S-mètre on doit pouvoir arriver à séparer les positions Avant et Arrière (Figure 6).



*Figure 6 : Lever de doute en position Directivité (doc L-Per)*

### **Quelques commentaires sur le fonctionnement du Homing**

Quand on fait de la radiogoniométrie avec un Homing, il faut faire très attention aux réflexions. Le signal réfléchi peut vous donner des relevés dans de mauvaises directions.

Il faut bien écouter la modulation. Avec une balise de détresse aviation 121,500 MHz, si la modulation est bien claire et percutante, on est en vue directe de la balise et la mesure au Homing est excellente. Si la modulation est chuintée, si elle varie en se déplaçant, c'est qu'on entend une réflexion du signal.

Un des intérêts majeurs du « Homing Toutes Bandes », c'est sa capacité à fonctionner sur une très large bande de fréquences. Alors que les Homings de type L-Per ou équivalents ne fonctionnent que sur des fréquences dédiées, notre Homing est capable de fonctionner sur n'importe quelle fréquence dans les bandes VHF ou UHF. Toutefois la présence de la fréquence de commutation dans la bande audible rend notre « Homing Toutes Bandes » plus sensible aux perturbations dues à la modulation.

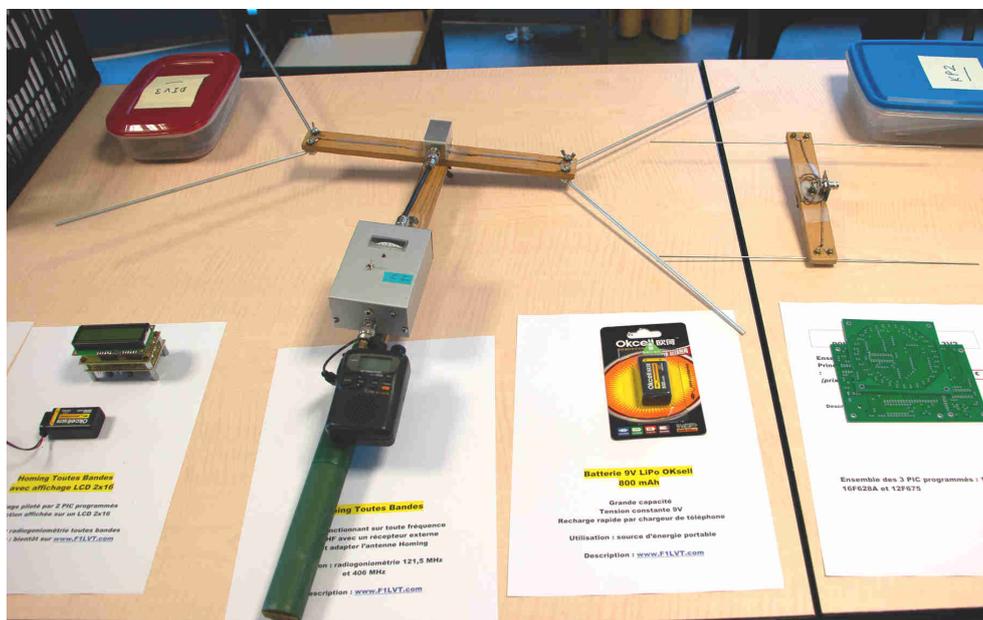
Le système décrit est bien adapté en appareil portable, pour la recherche sur le terrain. On peut aussi mettre 2 fouets sur le toit d'un véhicule et faire de recherche en voiture avec ce « Homing Toutes Bandes ». C'est ce qui est fait sur les aéronefs. On peut aussi mettre 4 antennes en croix, et faire un système « Gauche – Droite » et « Avant – Arrière » ...

Ce « Homing Toutes Bandes » fonctionne avec les émissions continues ou quasi continues comme les balises ELT 121,500 MHz, les porteuses, etc, ...y compris les émissions discontinues mais répétitives des radiosondes. Par compte les émissions très brèves comme celles des balises 406 sont trop courtes pour être localisées par Homing.

## Synthèse

Dans sa version portable pour la recherche sur le terrain, le « Homing Toutes Bandes » est constitué d'une antenne à 2 dipôles avec une commutation centrale, et d'un boîtier portant un indicateur Gauche Droite (Figure 7). Le système est relativement facile à construire, mais la valeur de certains composants doit être adaptée, en particulier par rapport au galvanomètre utilisé.

Le « Homing Toutes Bandes » est très polyvalent. Les Homings habituels sont des appareils dédiés où tout est intégré y compris le récepteur. Notre appareil fonctionne avec n'importe quel récepteur AM non modifié. Cela conduit à avoir la fréquence de commutation dans la bande audible. Même si ça fonctionne correctement, cette configuration peut produire quelques interférences entre la fréquence de commutation et les fréquences de la modulation. En plus de l'indicateur Gauche - Droite par Galvanomètre à zéro central, on a un S-mètre auditif par une tonalité dans la modulation entendue.



*Photo 7 : Présentation du « Homing Toutes Bandes » lors d'une démonstration technique à Bugeat (19), en Mai 2019 (Photo Alain Ortiz). Sa taille réduite en fait un système portable très bien adapté à la recherche sur le terrain.*

En augmentant la fréquence de commutation des antennes, le même « Homing Toutes Bandes » peut fonctionner en TDOA FM. En Homing AM, le récepteur doit être en AM et le système fonctionne par comparaison de niveaux. En TDOA, le récepteur doit être en FM (NBFM) et le système ne fonctionne que sur porteuse, en créant une tonalité audible.

Le « Homing Toutes Bandes » un système très compact et relativement léger, capable de mesurer une direction avec une bonne précision, de l'ordre de quelques degrés. Cette précision est bien meilleure qu'avec une antenne directive, ce qui en fait un appareil très bien adapté à la radiogoniométrie, pour la recherche sur le terrain.

## **Références**

[1] JPY / F1LVT « Homing Toutes Bandes »

<http://www.f1lvt.com/files/432a-HomingToutesBandes-P1.266.pdf>

[2] JPY / F1LVT « Le système TDOA (Time Difference Of Arrival) en radiogoniométrie et sa transformation en Homing »

<http://www.f1lvt.com/files/432-TDOA-Homing.89.pdf>

[3] JPY / F1LVT « Affichage LCD en remplacement d'un galvanomètre à zéro central -- Application au Homing »

<http://www.f1lvt.com/files/433-HomAffLCD.105.pdf>

[4] Joe Leggio / WB2HOL, "SIMPLE Time-Difference-Of-Arrival RDF"

<http://theleggios.net/wb2hol/projects/rdf/tdoa1.htm>

[5] Mike Mladejovsky, WA7ARK, « Switched Capacitor Matched Filter FM DF Circuit »  
The Utah Amateur Radio Club: "Homing-type" DF antenna units

[http://www.utaharc.org/rptr/ark\\_df\\_desc.html](http://www.utaharc.org/rptr/ark_df_desc.html)

[6] Joseph D. MOELL /K0OV, Thomas N. CURLEE : WB6UZZ, « Transmitter Hunting – Radio Direction Finding Simplified », Chapitre 8 intitulé « Homing DF Units », TAB Books Inc Editor, 1987, p 99 – 119.