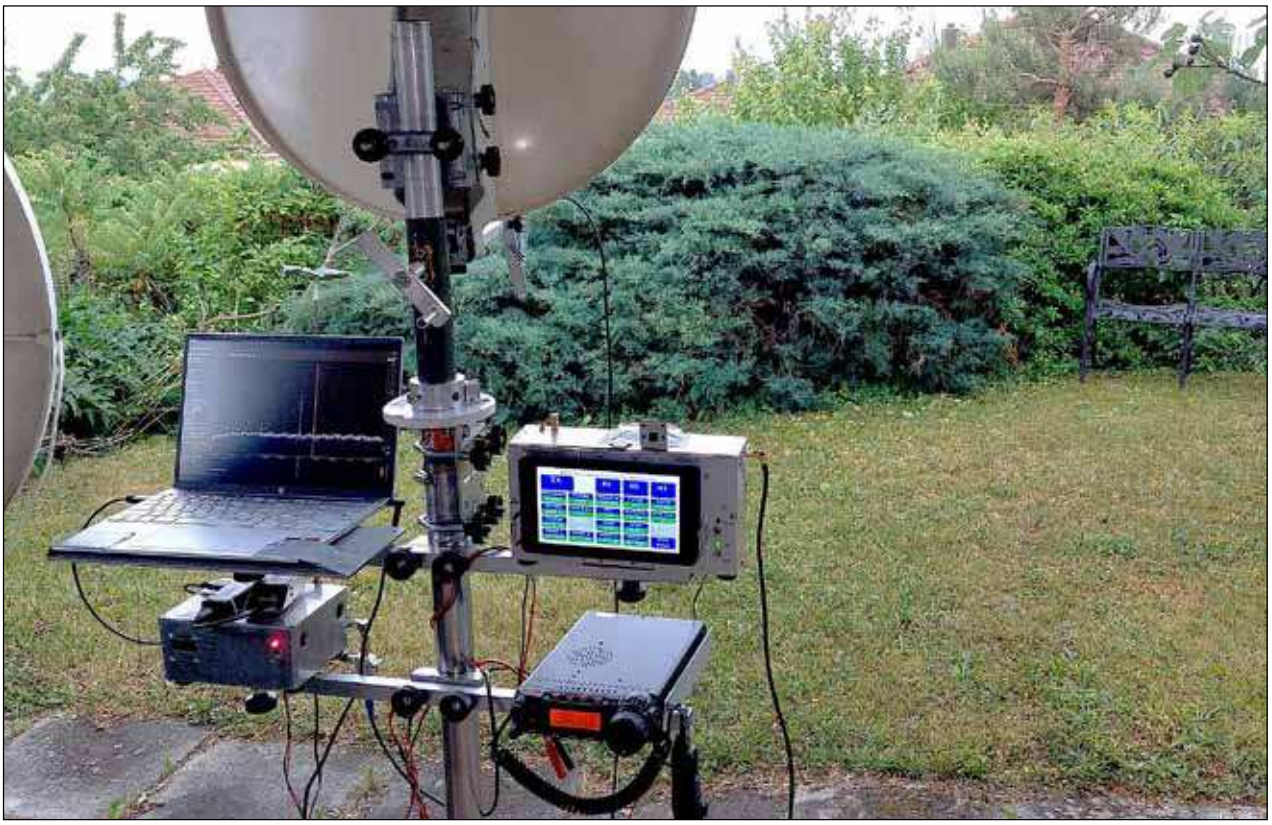
Système expérimental DATV 24 GHz

Michel Vonlanthen HB9AFO *(mivonlanthen@bluewin.ch)*



L'ensemble portable émission-réception DATV 24 GHz

Lors de la réunion de Villars-les-Dombes (F) du 3 avril 2022, je demandai à l'assistance si quelqu'un était intéressé à faire de la DATV (TV numérique) sur 24 GHz. La réponse fut assourdissante: aucune, l'effet de surprise peut-être! Je me mis cependant au travail et voici l'équipement que j'utilisai début juin 2022 pour tenter de contacter l'expédition IQ0SS en Sardaigne depuis le Mont Caume.

Les composants pour le 24GHz sont assez rares, on en trouve sur E-Bay mais ils sont souvent chers. Dans les années 2010, en France, on pouvait récupérer des anciens faisceaux hertziens Alcatel, les fameuses "boîtes blanches", qui permirent à de nombreux amateurs de s'équiper à bon compte pour faire de la SSB/CW. Du côté suisse, une brouette d'anciens faisceaux Nortel 26 GHz avait été distribuée lors d'un meeting SWISSATV. Il n'y avait donc plus qu'à piocher dans tout cela pour en faire un transverter 24GHz apte à transmettre et à recevoir de la TV numérique.

Fondamentalement un transverter DATV ne diffère en rien d'un transverter SSB-CW si ce n'est que la commutation émission-réception est simplifiée, on ne fait pas de break-in en DATV. Mon système DATV 24 GHz expérimental est donc constitué d'un module émission et d'un module réception, les deux identiques du point de vue mécanique. Pour passer d'émission à réception et inversement, il suffit de mettre le module adéquat au foyer de la parabole, que j'ai équipé d'une glissière à cet effet. Un des avantages de cette manière de faire est que je peux faire mes essais sans avoir de correspondant. Je met le TX à distance et je reçois son signal avec le RX. C'est ce que j'ai fait pour les mettre au point.

Comme instrument capable d'effectuer des mesures à 24 GHz, je ne dispose que d'un fréquencemètre 26 GHz Systron-Donner 6246A précis à 100 Hz, d'un bolomètre HP435 avec sa sonde 18 GHz (qui mesure encore à 24 GHz avec quelques pourcents d'erreur). En guise d'analyseur de spectre, je dispose d'un LNB 24 GHz DB6NT utilisé en ATV FM il y a 20 ans, que je relie à mon analyseur Rigol. Je peux ainsi "voir" ce qui se passe dans la bande 24 GHz.

Mon antenne est une parabole offset de 60 cm, ancienne TV sat, équipée d'une vis de réglage pour le site et d'une rose des vents pour l'azimuth. A gauche se trouve le notebook qui permet de visualiser le spectre du signal arrivant grâce à un dongle Airspy et au logiciel SDR Sharp. On ne dira jamais assez combien cette fonction "analyseur de spectre" est indispensable pour recevoir des signaux numériques que rien ne permet de distinguer du bruit de fond. Sans elle on est aveugle et le pointage de l'antenne est plus que laborieux. Le notebook permet également de démoduler le signal DATV provenant du Minitiouner (la boîte en-dessous du notebook) grâce au génial logiciel "Minitioune" de F6DZP. C'est à lui que nous devons de pouvoir recevoir du DVB-S à bas SR,

typiquement 333 kS/s, ce qu'aucun récepteur grand public ne pouvait faire à l'époque de sa conception. A droite on voit le Portsdown, générateur de DVB-S développé par nos amis de la BATC, et au dessous le transceiver 144 utilisé pour la voie de service. Il est branché sur une antenne yagi 7 éléments.

En TV numérique, deux système DATV concurrents se partagent le marché: le DVB-S (S pour Satellite) et le DVB-T (T pour Terrestre). Le premier est très sensible mais ne supporte guère le QSB et le QRM puisqu'il a été conçu pour recevoir les satellites broadcast. Le second est moins sensible mais il utilise un spectre multi porteuses qui le rend très efficace en cas de QSB, de QSB sélectif et de QRM. Actuellement nous utilisons presque exclusivement le DVB-S.

Pendant longtemps c'était du DVB-T qui nous permettait de faire de la TV numérique car nous avions la possibilité d'utiliser des récepteurs TNT du commerce, mais avec l'inconvénient de devoir travailler avec des largeurs de bande importantes, entre 3 et 8 MHz typiquement, et en QAM ce qui pénalisait le facteur de bruit de la réception. En DVB-S, Minitioune a permis de descendre jusqu'à 500 kHz de bande passante et même moins, ce qui l'a rendu beaucoup plus efficace que le DVB-T. Ce dernier reste cependant plus efficient en mobile (mais qui en fait encore aujourd'hui?). Nous avons passé des années, F5DB et moi, à expérimenter et à comparer ces modes.

Si vous désirez tester le DVB-T, vous pouvez utiliser le générateur Portsdown de la BATC ou le logiciel de F1EJP. Pour la réception, il y a les récepteurs grand-public, les récepteurs de marque "Hides" (qui descendent à 1 MHz de bande passante) et également un récepteur logiciel programmé en GNU Radio (code source HB9DUG que j'ai simplifié). Le logiciel SDR Angel permet également de trafiquer en émission-réception DVB-T.

Le transverter ci-dessous est linéaire ce qui lui permet de retransmettre n'importe-quel signal à bande étroite (SSB, CW, FM) ou large (DATV en DVB-S ou DVB-T). C'est cependant essentiellement en DVB-S que je l'utilise sur 24 GHz.

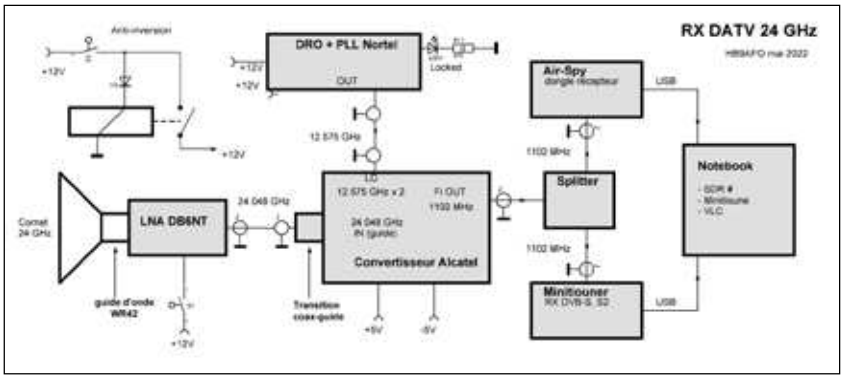
Le module récepteur

Il se compose d'un cornet suivi d'un LNA (préamplificateur à faible bruit) Kuhne donné pour rapport signal/bruit de 1,6 dB. Par chance j'avais acheté 2 cornets 24 GHz identiques à une vente (CJ?) ce qui me permet aujourd'hui d'en utiliser un pour la réception et un pour l'émission. Suit un module de réception Alcatel (boîte blanche) attaqué en guide d'onde par une transition SMA-guide (WR42).

L'oscillateur local, le LO (Local Oscillateur), a été récupéré sur un faisceau Nortel et génère 40 mW à la fréquence de 12,575 GHz, exactement ce qu'il faut pour le module de réception Alcatel qui demande une fréquence LO/2 et 15 dBm de puissance. La liaison se fait en câble semi rigide et fiches SMA. La pureté de la sortie du LO est à -80 dB ce qui est dû à l'utilisation d'un oscillateur diélectrique (DRO, Diélectric Resonator Oscillator) directement sur la fréquence finale, stabilisé par une chaîne PLL, Phase Locked Loop, boucle à asservissement de phase. La stabilité est parfait pour la DATV, la SSB, la CW et tous les autres modes qu'on voudra: après une minute de chauffe, l'oscillateur ne bouge que de quelques Hertz par minute. Le seul inconvénient est que cet oscillateur ne délivre par la bonne fréquence pour utiliser une FI à 432 MHz. Mais c'est sans importance si on utilise un SDR et un Minitiouner en réception, tous deux peuvent se régler sur 1102 MHz ce qui fait le compte:

(12,575 GHz x 2) - 1102 = 24,048 GHz
soit la fréquence de travail

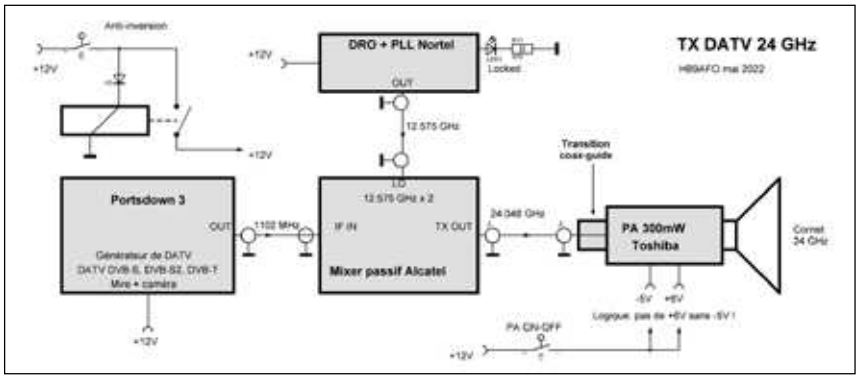
La sortie du convertisseur Alcatel attaque un distributeur (splitter) qui répartit le signal entre l'Airspy et le Minitiouner. Et pour terminer, les logiciels SDR Sharp et Minitioune tournent sous Windows 11/64 bits sur le notebook, équipé d'un convertisseur 12 V / 18 V. L'ensemble est alimenté exclusivement en 12 Volts à l'aide d'une batterie 12 V / 22 Ah à longue durée de décharge.



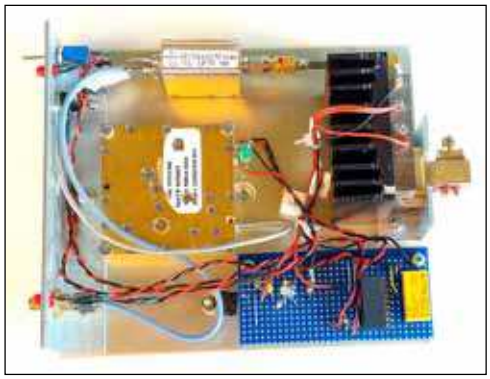
Le schéma bloc de la réception

Tous les sous ensembles sont protégés contre les inversions de polarité par mon petit montage habituel constitué d'un relais dont l'enroulement est alimenté au travers d'une diode. Si on inverse accidentellement la polarité du 12 V d'entrée, le relais ne tire pas et donc bloque cette tension inverse qui pourrait endommager voir détruire des composants. J'utilise des câbles munis de petits jacks 2,5 mm d'un côté, le standard des alimentations 12 V du commerce, et de fiches bananes de l'autre. Ce genre de câble est dangereux car on peut facilement inverser les polarités par inadvertance (je connais bien...), raison pour laquelle je protège tous mes circuits. Le gros avantage, par contre, c'est qu'avec des fiches bananes, en portable on peut facilement mesurer des tension ou des courants, mettre des rallonges, etc. C'est bien plus pratique que des fiches à détrompeur.

Le module récepteur



Le schéma bloc de l'émission



Le module émetteur -
Ici avec une transition guide-coax en sortie, afin de mesurer la puissance. Normalement c'est un cornet.

Le module émetteur

Le module d'émission est constitué d'un mixer passif Alcatel (boîte blanche) attaqué par un LO Nortel à 12,575 GHz, identique à celui de la réception. Le mixer double cette fréquence ce qui donne du 24,151 GHz comme fréquence LO finale. L'entrée FI, Fréquence Intermédiaire, provient d'un ensemble Portsdown (développement de la BATC, British Amateur Television Club) qui délivre le signal DVB-S voulu, à la fréquence voulue (ici **1102 MHz**), à l'amplitude voulue (à sa sortie j'ai rajouté un petit ampli 20dB à large bande), et avec le SR (Symbol Rate) et le FEC (Forward Error Correction) voulus. Il incorpore une mire animée (indispensable pour être certain que l'image affichée est bien celle qui est transmise sur le moment et non la dernière image reçue mémorisée) et une petite caméra couleur.

La sortie 24 GHz du mixer attaque un PA (Power Amplifier) Toshiba, également ancien "boîte blanche", via une transition coaxial-guide d'onde (SMA-WR42), qui devrait sortir dans les 300 mW mais qui n'en sort que 30-40 dans mon cas, faute d'une amplification de 13 dB supplémentaire. Je verrai plus tard pour augmenter la puissance et me mettre au niveau de mes copains français, 4 Watts, grâce au même ampli Toshiba mais suivi d'un ampli à un étage développé par F6BVA.

Attention: **Il ne faut jamais alimenter le PA Toshiba en +6 Volts avant que le -5 V ne soit présent** sur l'ampli faute de quoi ce dernier rendra immédiatement l'âme (non je ne l'ai pas expérimenté, je n'en ai qu'un seul...). Je me suis donc construit une alimentation sécurisée qui bloque le +6 V si le -5 V n'est pas présent. Je me suis inspiré des schémas que j'ai trouvé sur le Net dont, entre autres, celui de F6BVA, mais fait avec mes propres composants:

Dans le choix des composants, il faut prendre garde à les choisir en fonction de leur gamme de fonctionnement, de 24 à 24,250 GHz. Personnellement, j'ai eu tout d'abord un mixer Alcatel qui ne sortait que 2-3 mW et qui s'est avéré être, après mesure par F1LVO, centré sur 26 GHz. Celui que j'ai acheté chez RF Microwaves par la suite était par contre bien dans la bande.

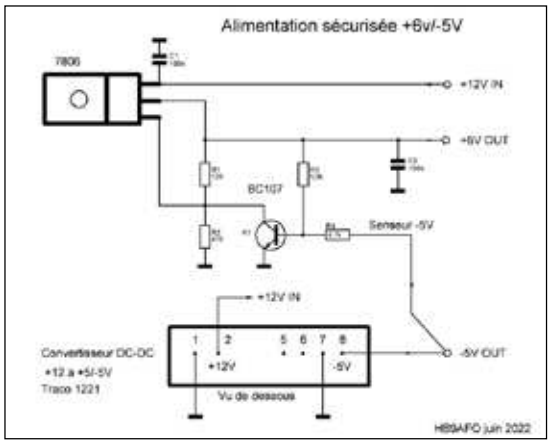
Au départ je n'avais pas de transition guide-coax et j'ai voulu m'en fabriquer une. Peine perdue car je l'ai fait à la va vite et n'ai obtenu qu'un circuit FINO, Fist In Never Out, premier entré, jamais sorti... hi. C'est à la gentillesse de F1CLQ que je dois d'avoir pu faire mes premiers essais car il m'a envoyé une transition, ajustée et testée. Si vous en trouvez à bon prix n'hésitez pas car elles sont en générale assez chères sur le Net. "Tout ce qui est rare est cher. Or une transition bon marché est rare. Donc une transition bon marché est chère!" Irréfutable mon cher Watson n'est-il pas?

La parabole et son pointage

Ma parabole a une particularité unique: c'est la seule antenne 24 GHz dont la butée de la vis de réglage de site provient d'un Vampire, un avion de guerre en bois utilisé par l'armée suisse en 1946-1990. Lorsque je fabriquais des simulateurs de vol, je recherchais activement des pièces d'avion afin que mon simulateur soit le plus réaliste possible et j'en ai acheté toute une cargaison à l'aérodrome de Sion lors d'une vente de l'armée. Et c'est une de ces pièces qui a fini sur ma parabole! Cette vis traverse le mât et appuie à l'arrière de la parabole, ce qui permet de l'élever et de l'abaisser dans le sens vertical, d'en faire un réglage fin. C'est le poids de la parabole qui rattrape le jeu.

Pour l'azimuth, après plusieurs tentatives de fabriquer un réglage précis au degré-près, je me suis rabattu sur une simple rose des vents imprimée sur du carton, plastifiée et collée sur un disque épais de matière synthétique afin d'assurer la stabilité du tout. Par simples pressions sur le côté de la parabole, j'arrive facilement à pointer au degré-près. Les systèmes précédents étaient plus sophistiqués mais avaient tous du jeu ce qui rendait le pointage laborieux.

Pour une rose des vents, l'important est de lui trouver un point de ré-



Alimentation +6 et -5V sécurisée

Réglage du site de la parabole - *avec la butés-rotule de vampire*

Rose des vents de réglage de l'azimuth

férence, à parti duquel les 360 degrés de son pourtour seront exacts. Deux possibilités: je vise un point dont l'azimuth est connu, par exemple la balise 10 GHz F1ZOD qui me parvient du Mont Blanc à 163 degrés. Je remplace le convertisseur de réception par un PLL-LNB 10 GHz et je reçois la balise sur 618,923 MHz. Sa fréquence est de 10'368,923 MHz qui est convertie en 618,923 MHz (10'368,923 - le LO à 9750 MHz) par le PLL-LNB. Je règle donc la parabole au maximum de signal radio, affiche 163 degrés sur ma rose des vents, et ensuite tous les autres angles visés sont exacts.

Ou alors, si je n'ai pas de balise à disposition, je laisse pendre une ficelle du haut de la parabole, fixée exactement au centre. Je vise le soleil et fais coïncider l'ombre de la ficelle avec le centre mécanique de la parabole. J'ajuste ensuite la rose des vents sur l'angle donné par le logiciel de calcul de la position du soleil ***(https://fr.planetcalc.com/318/)*** par exemple), qui calcule la position du soleil en fonction de la date, de l'heure et des coordonnées géographiques de l'observateur. Tous les autres angles sont alors exacts.

A noter que la méthode "balise" est plus précise puisqu'elle référencie un angle "radio" et compense donc automatiquement le décalage qu'il pourrait y avoir si le PLL-LNB n'était pas exactement centré sur le point focal de l'antenne.

Voici donc terminée la description de mon système DATV 24 GHz expérimental. La suite logique sera d'augmenter la puissance d'émission, de me procurer une parabole mécaniquement plus stable (la fixation au mât de l'actuelle est en plastic), de déplacer mon LO sur 11'808 GHz de façon à pouvoir attaquer le transverter sur 432 MHz au lieu de 1102 MHz et de l'équiper d'une commutation émission-réception si possible au moyen d'un relais guide. Il y a encore du travail mais c'est passionnant. On vit vraiment un âge d'or du radioamateurisme et de l'électronique!

Références:

1) Mixer Alcatel passif (RF Microwaves):
https://www.rf-microwave.com/en/alcatel/487264419f/sub-harmonic-up-down-mixer-15dbm-17-6-24-4ghz/mixer-23g-a/?query=mixer+24+GHz&category=all

2) Portsdown (BATC):
https://wiki.batc.org.uk/The_Portsdown_DATV_transceiver_system

3) Synthèse nouvelle boîte blanche par F5DQK:
https://www.hb9afo.ch/articles/24GHz/24GHz_boite_blanche_other.pdf

■

HamGroup-Diskussion "DATV"
www.hamgroups.ch/datv-digital-amateur-tv/

NEU - Relais Uto HB9UF: QRV auch bei Stromausfall

Das FM/C4FM-Relais Uto der USKA-Sektion «UHF-Gruppe der USKA» thront über der grössten Stadt der Schweiz und erfreut sich grosser Beliebtheit unter Funkamateuren der Region Zürich und darüber hinaus. Bei Stromausfällen stand dieses wichtige Relais bis dato nicht für die Kommunikation zur Verfügung. Dies wurde nun geändert: Das Relais wurde am 27. Aug. 2022 mit einem 12,8 V /150 Ah-LiFePO4-Akku ausgestattet. Hierdurch wird ein Relaisbetrieb von 48 Stunden bei einem Sendeanteil von ca. 25 % der Zeit ermöglicht. Dank hoher Ladeströme ist der Akku innerhalb kürzester Zeit wieder aufgeladen. Das Relais Uto steht nun bei längerfristigen Stromunterbrüchen oder stundenweisen Netzabschaltungen allen Funkamateuren unterbrechungsfrei zur Verfügung. Die Feuertaufe der Neuinstallation fand während dem **«SEC – Swiss Emergency Contest 2022»** am 17. Sept. 2022 statt. Das Relais sendete in diesem Contest im Notstrom-Betrieb, zu erkennen an der um eine Oktave tieferen CW-Quittung «U». Wir wünschen allen Funkamateuren viel Spass und freuen uns über Rückmeldungen und Anregungen.

Relais-Bezeichnung: Relais Uto
Relais-Standort: Uetliberg, Zürich, JN47FI, 870 müM
Rufzeichen: HB9UF
Ausgabefrequenz: 438.650 MHz
Eingabefrequenz: 431.050 MHz
Setting am Funkgerät: TSQ 71,9 Hz oder C4FM
Wires-X-Anbindung: HB9UF-RPT: 17098, HB9UF-ROOM: 27098