L'émission réception SDR appliquée au transpondeur satellite QO-100 (bande étroite)

7 mars 2020

@f5uii

Christian F5UII

Rencontre Spatial Radioamateur

Electrolab Nanterre

AMSAT Francophone

- **F1UII, F5UII**
  - Licence en 1993

@f5uii #QO100



- **Radioamateurs du Haut-Rhin**
- **Equipier opérateur CQ WW de FY5KE**

Radioamateurs du Haut-Rhin



Jean-Pierre F5AHO



REF 68, le 20 mai 2016



F8KCF 74 - Hyper et Satellites du 11 Novembre 2017

- **Le satellite QO 100**
  - Projet Phase 4A, objectifs, lancement
  - Caractéristiques, couverture
  - Fréquences, synoptique de principe
- **La réception SDR**
  - Moyens de réception
  - Réceptions de modes numériques
  - SDR Console et câbles son virtuels

L'émission SDR

- L'émission, SSTV, CW
- Comparatifs LimeSDR mini / Adalm Pluto
- Amplifications, Paraboles
- Logiciels
  - SDR Console
  - Logiciels F5OEO

Chapitre 1

Le satellite QO 100



3 tonnes
15 kW batteries Li-ion, panneaux solaires
35 transpondeurs pour zones Moyen-Orient et Afrique du Nord
2 transpondeurs Amateur Phase 4A / Qatar Oscar 100

Es'HailSat [Qatar Satellite Company]

QARS [Qatar Amateur Radio Society

A71AU Abdullah bin Hamas Al Attiyah QARS President

AMSAT-DL [AMSAT Allemagne]

DB2OS Peter Guelzow AMSAT-DL President

Constructeur Japonais MELCO Mitsubishi Electric Corporation

Lancé le 15 novembre 2018 à 21h46 (Paris) par
SpaceX sur Falcon 9 v1.2 depuis pas de tir 39A
KSC en Floride
NORAD ID: 43700
Int'l Code: 2018-090A



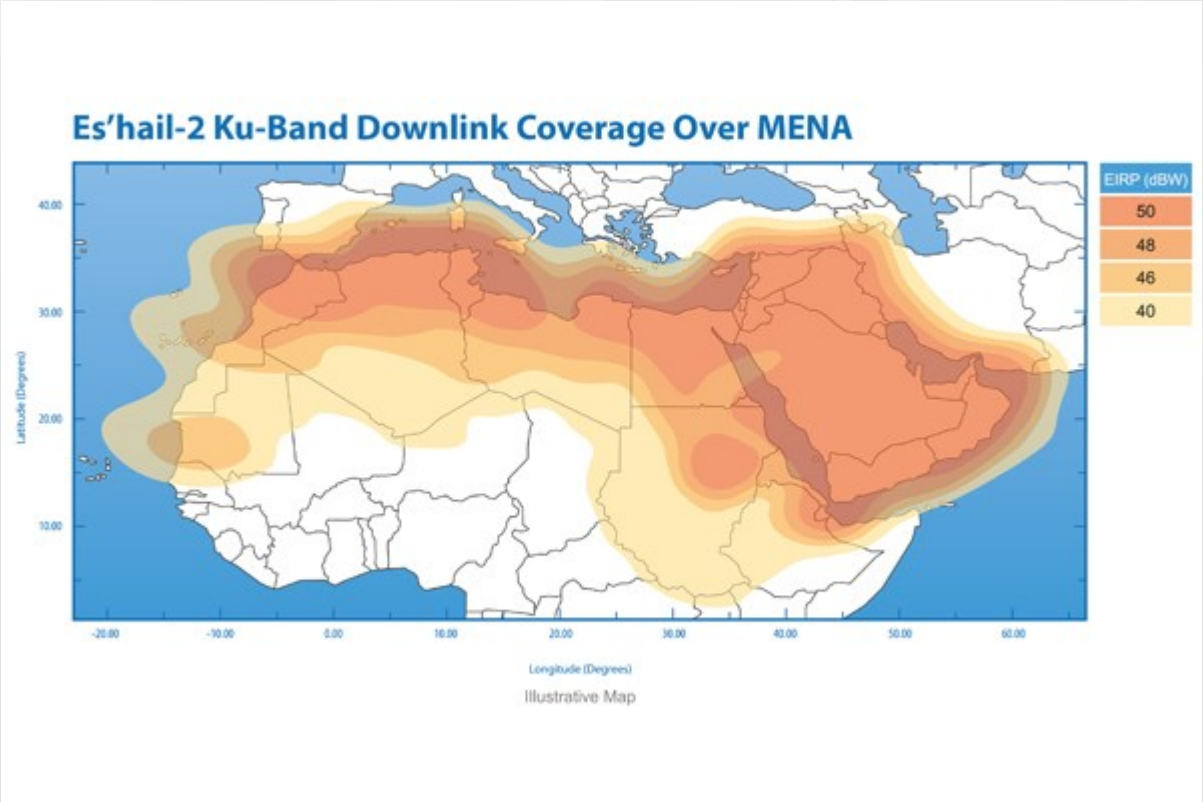
25.8° Est

Couverture des transpondeurs commerciaux

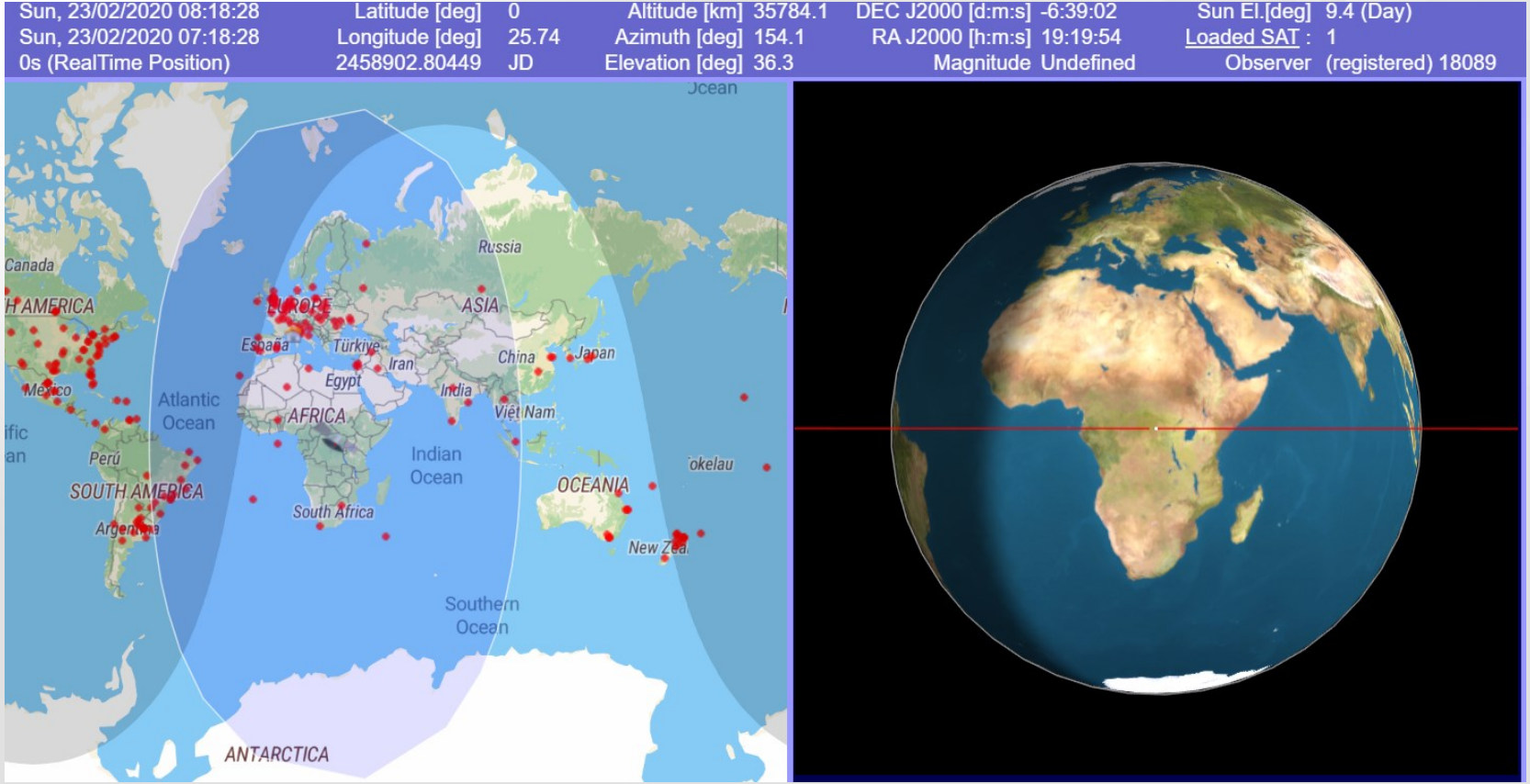
Es'Hail 2 (12-18 GHz)

62 chaînes

Egalement télécommunications de gouvernement et d'armée qatariennes



Le satellite QO 100 / Couverture



http://www.satflare.com/track.asp?q=43700#TOP

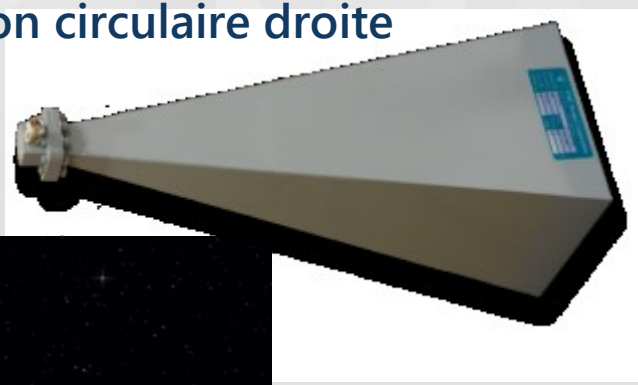
Antenne descente 10 GHz

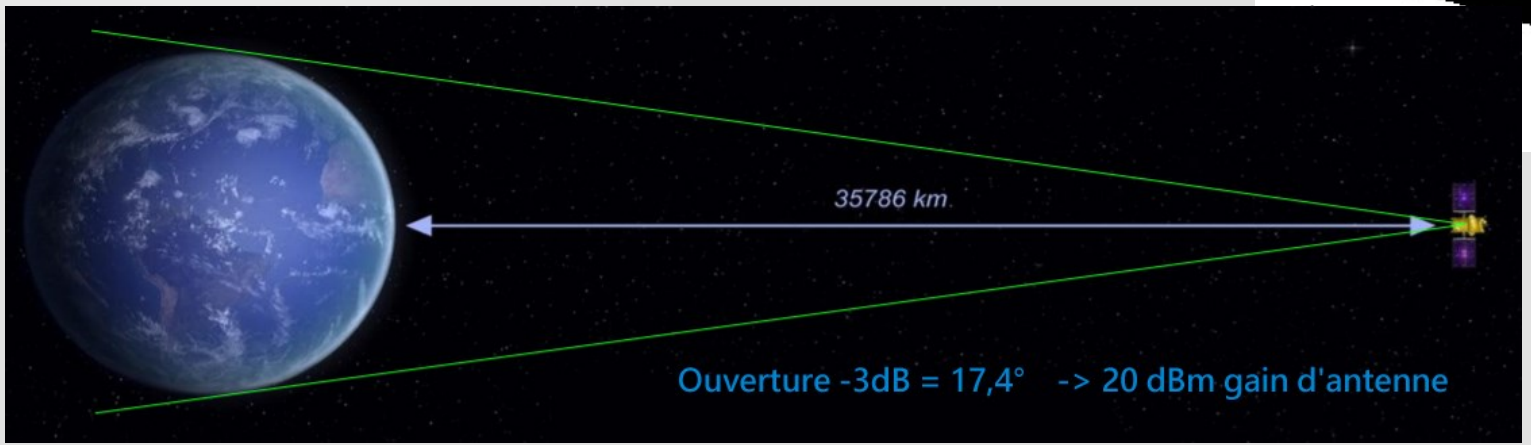
- Puissance crête de 100 W
- Antenne cornet
- Polarisation verticale

Antenne montée 2,4 Ghz

- Antenne cornet
- Polarisation circulaire droite

Photo d'illustration





Station au sol redondante :
Doha au Qatar



Parabole de 2,4m

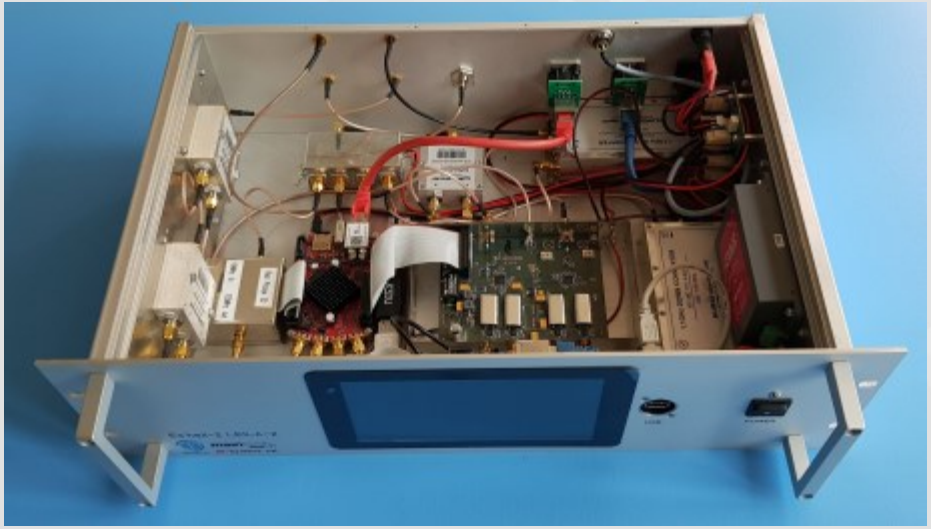
Station au sol principale: Bochum en Allemagne (Esero)





3m sur 2,4GHz et 2,5 sur 10GHz

LEILA Indicateur de surpuissance
LEIstungs Limit Anzeige

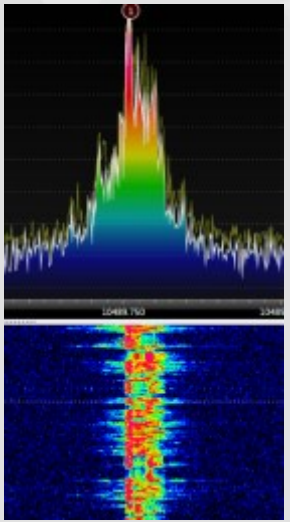


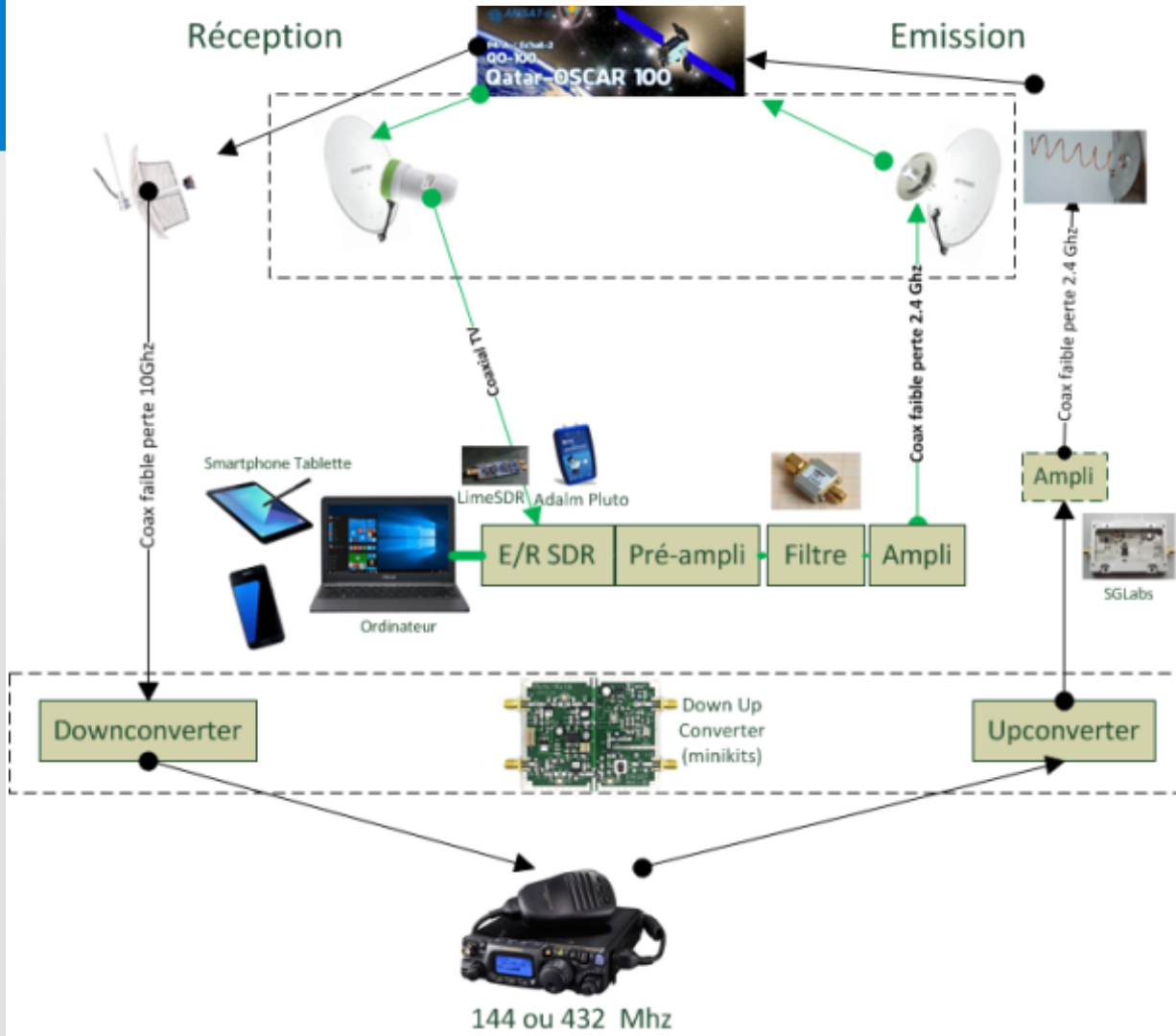
- **Générateur de balises limites**
  - CW
  - BPSK 400 bits/s (format P3D/AO40)
- **Tonalités de dépassement de puissance**
  - Analyser la bande passante du transpondeur NB et envoyer Tonalités de signalisation sur toutes les stations qui utilisent trop de puissance sur la liaison montante

500 kHz depuis 14/02/2020

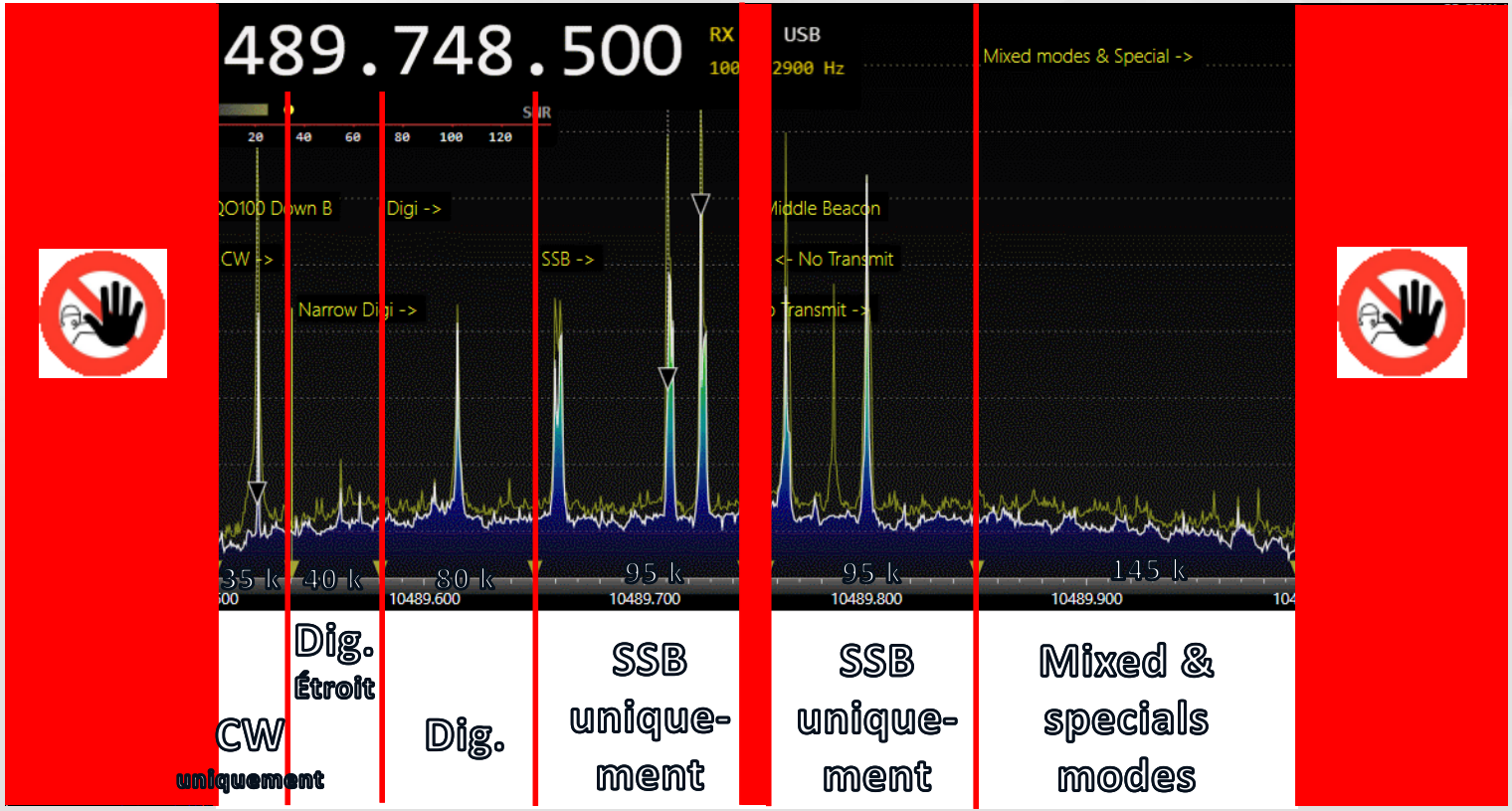
Bande étroite (NB)	Limite basse (MHz)	Limite haute (MHz)	Polarisation
Montée au satellite	2 400,000	2 400,500	RHCP
Descente du satellite	10 489,500	10 490,000	Verticale

- Pas de FM, pas de modes numériques DSTAR, DMR, ou tous modes de plus de 2700 Hz.
- Pas de fullduplex, car vous devez surveillez votre signal en descente.
- Ne pas transmettre plus fort que la balise.
- Pas de transmission sous la balise CW basse et au-delà de balise CW haute
- Garder 5 kHz de garde aux balises



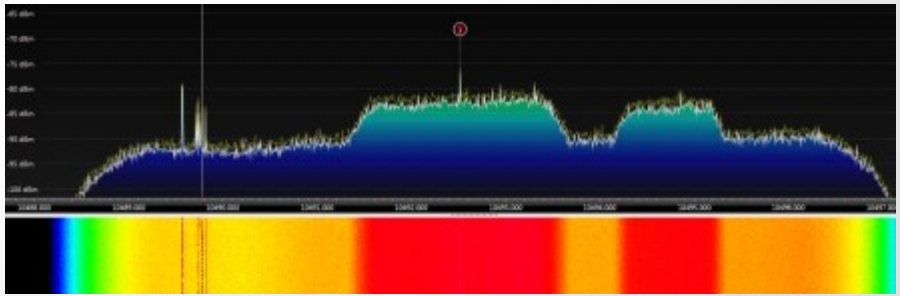


Synoptique de principe


489.748.500
RX
USB
2900 Hz
Mixed modes & Special ->
Digi ->
CW ->
SSB ->
<- No Transmit
35 k
40 k
80 k
95 k
95 k
145 k
10489.600
10489.700
10489.800
10489.900
CW
uniquement
Dig.
Étroit
Dig.
SSB unique-ment
SSB unique-ment
Mixed & specials modes
490 k

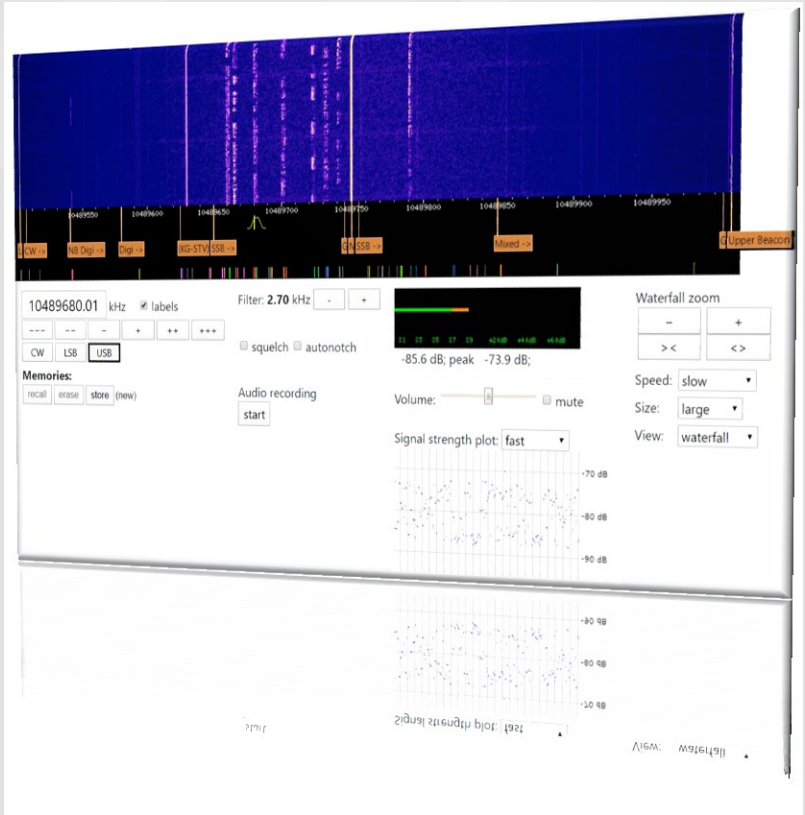
Chapitre 3

La réception SDR 10 GHz



Web SDR

- https://eshail.batc.org.uk/nb/
- http://websdr.is0grb.it:8901/
- http://yo9hzn.net-communication.ro:8073/
- http://f6klo.ham-radio-op.net/
- http://f4kji.fr:8902/indexqo100.html
- http://177.20.168.179:8902/ (Brazil)

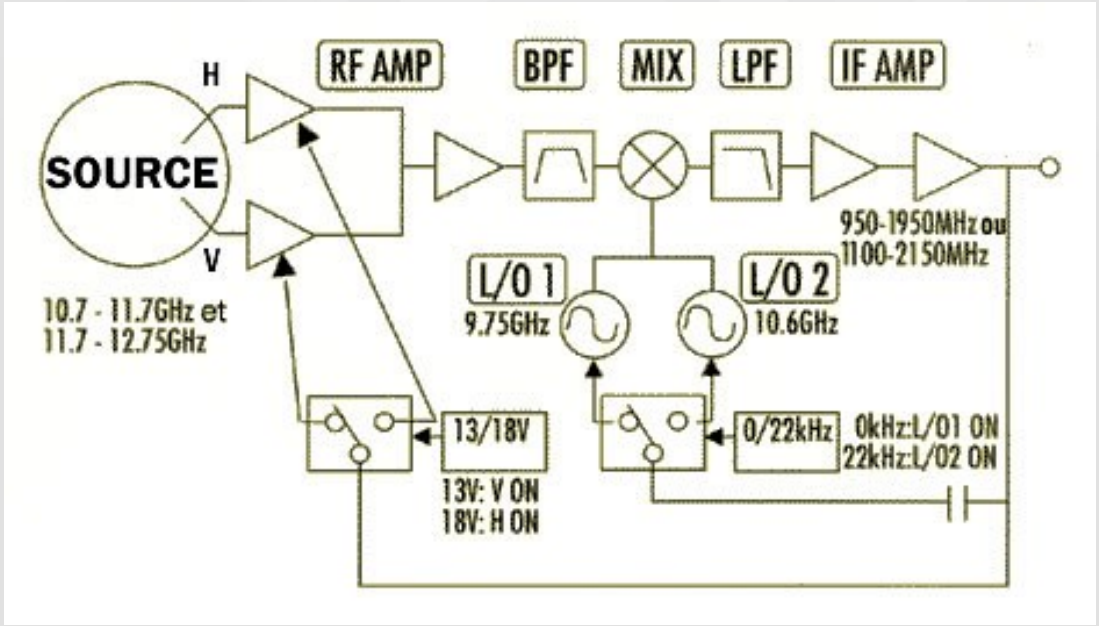


Tête LNB PLL (Phased Locked Loop)

- Eviter la techno DRO (Dielectric Resonator Oscillator), instable

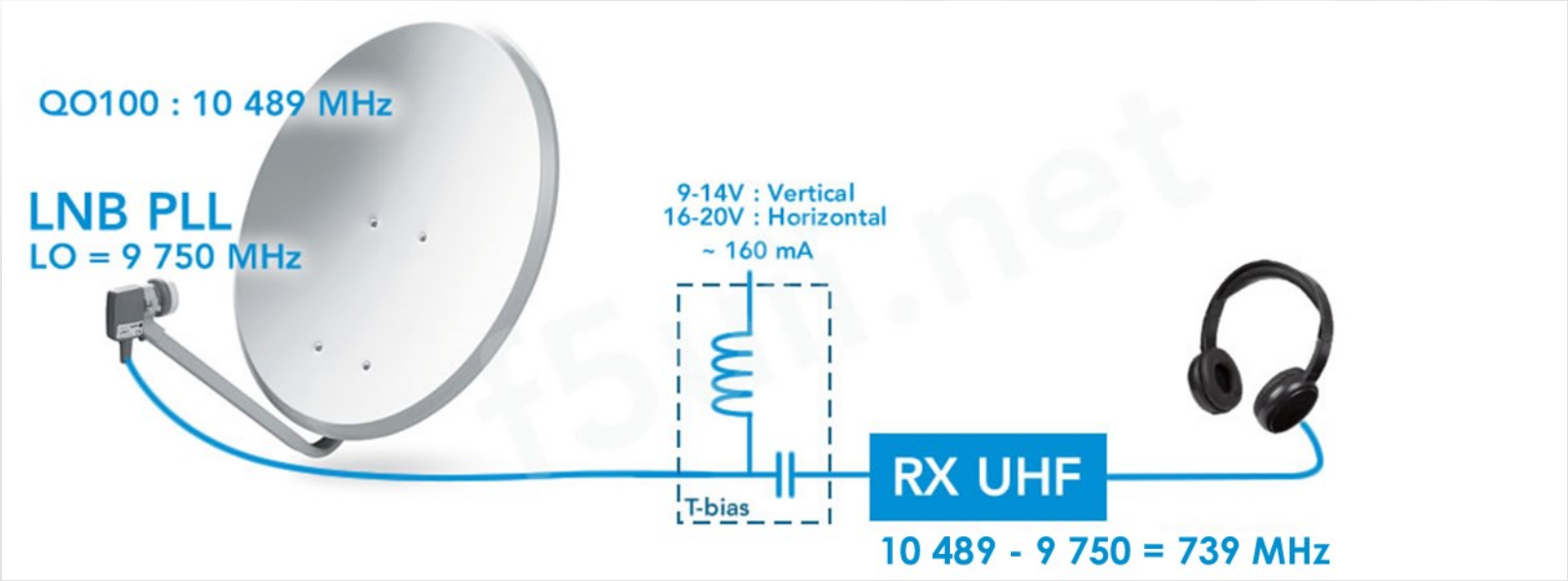






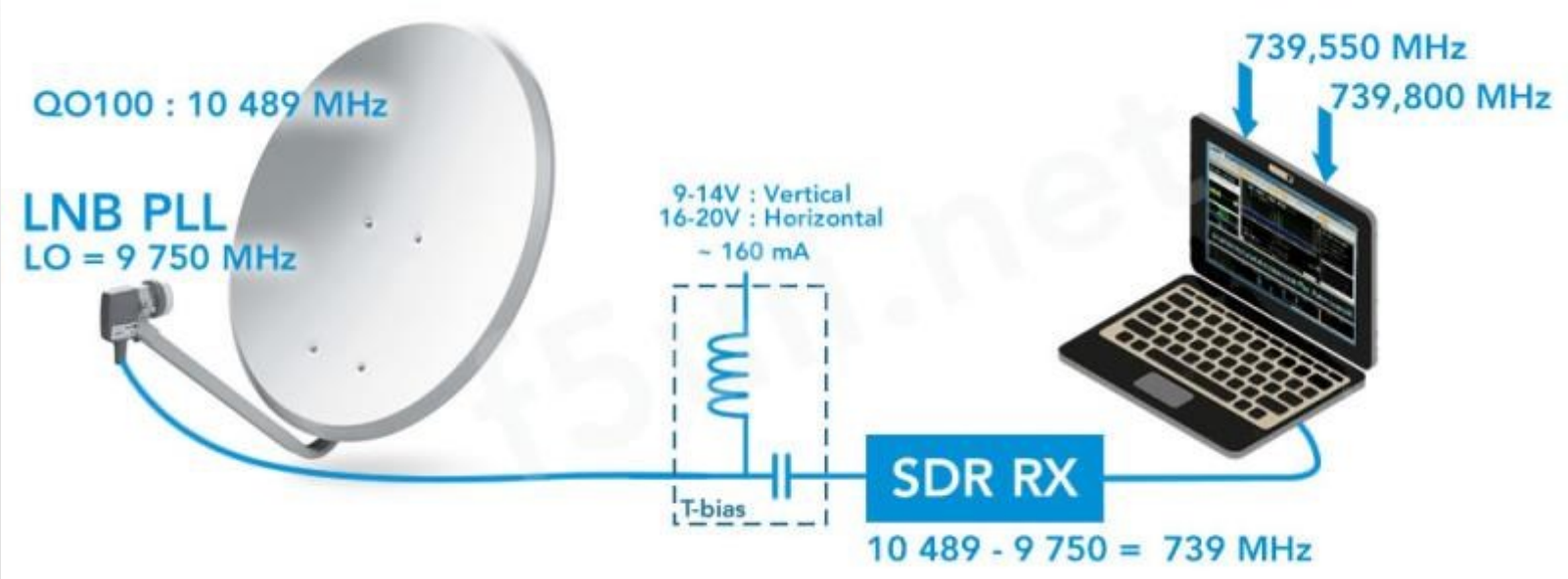
Tête LNB PLL

– Téléalimentée (T-bias) avec récepteur 739MHz



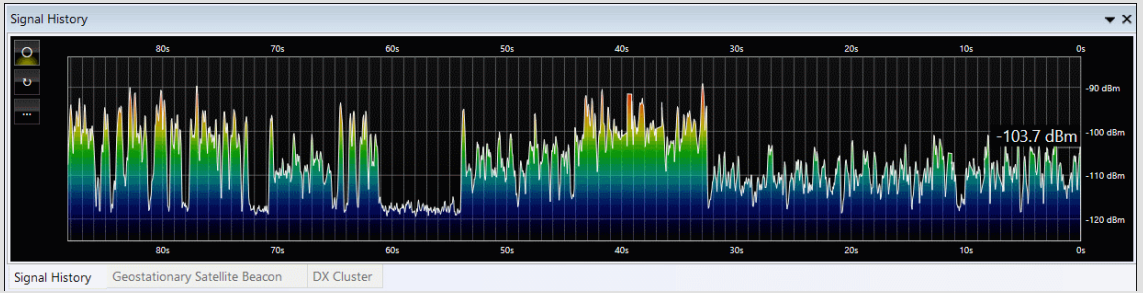
Tête LNB PLL

– Téléalimentée (T-bias) avec récepteur SDR réglé sur 739MHz



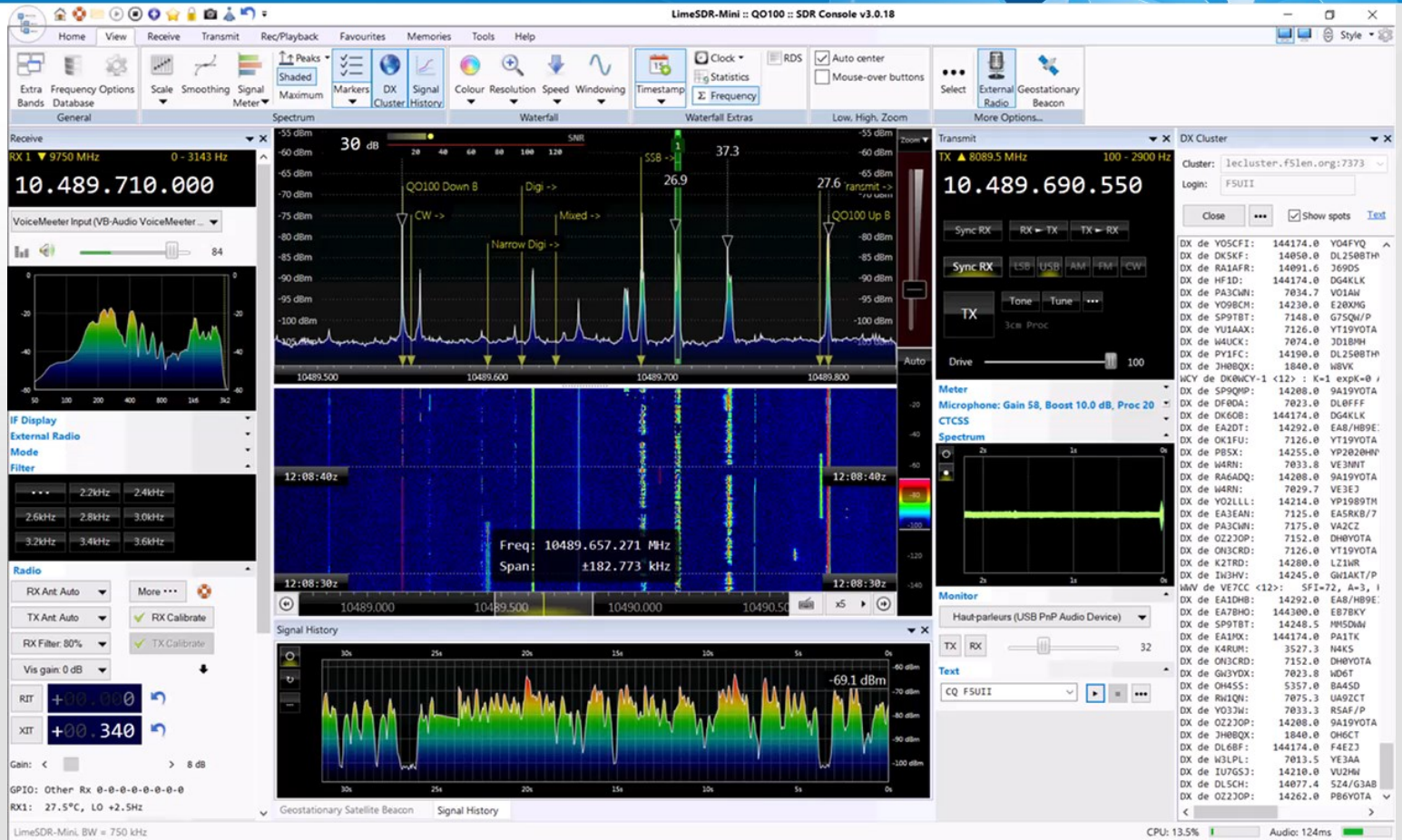
SDR Console

- Stabilisation de la réception
- Signal chronogramme
- Multi récepteurs simultanés
- Pilotage série émetteur externe
- Equaliseurs audio (in/out) / Pseudo Stéréo / Enregistrement



Chapitre 2

La réception - SDR Console



Modes via QO-100

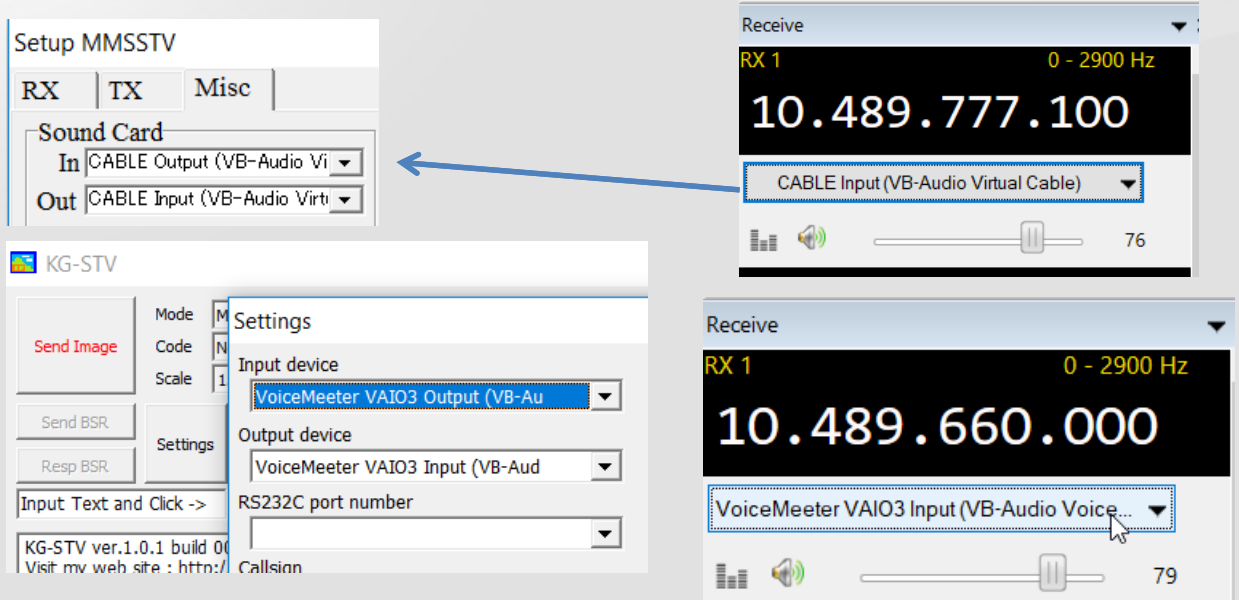
- SSB / CW
- RTTY, PSK31, FT8, ROS, …
- FAX, SSTV, Feldhell hellschreiber
- KG-STV, Easypal
- FreeDV
- Tout ce qui < 2.7 kHz

Attention à la stabilité en fréquence



Câbles audio virtuel

– Sortie audio récepteur SDR vers entrée audio décodeur



Logiciels câbles audio virtuels

- Vb-audio.com
  - VB Cable
  - Voicemeeter
- Jack Audio Kit

VoiceMeeter VAIO3 Input (VB-Audio VoiceMeeter VAIO3)

VoiceMeeter Input (VB-Audio VoiceMeeter VAIO)

CABLE Input (VB-Audio Virtual Cable)

VoiceMeeter Aux Input (VB-Audio VoiceMeeter AUX VAIO)



Chapitre 3

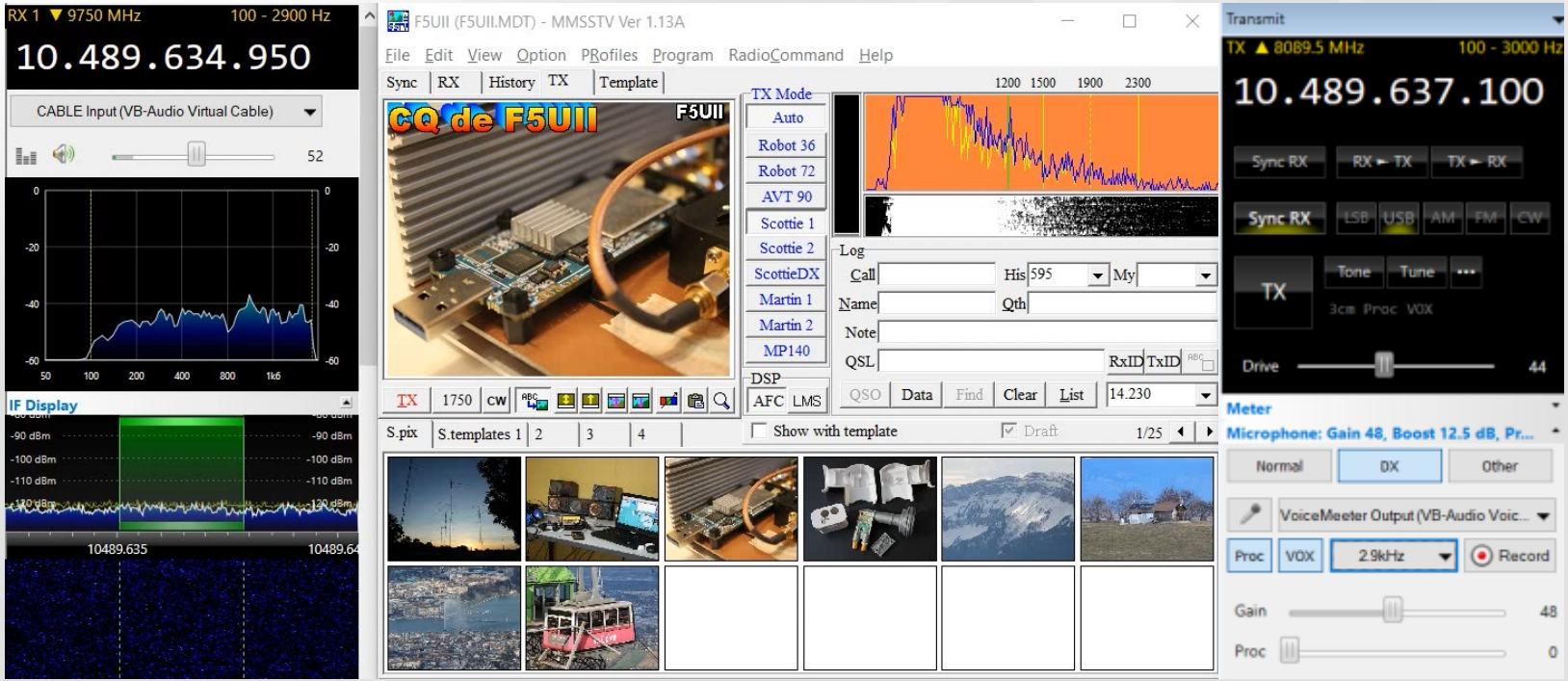
L’émission SDR 2,4 GHz

Emetteur SDR



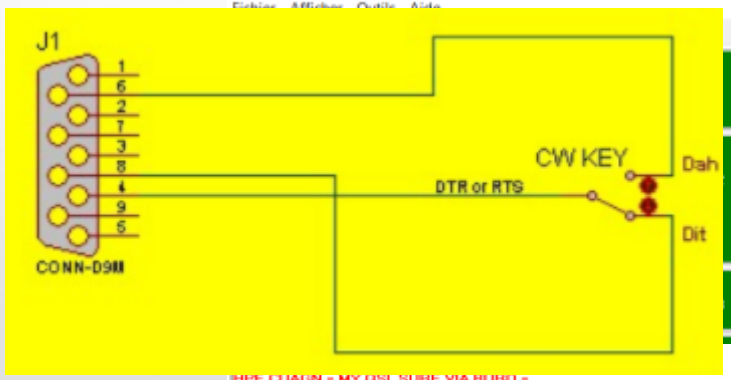
Exemple SSTV

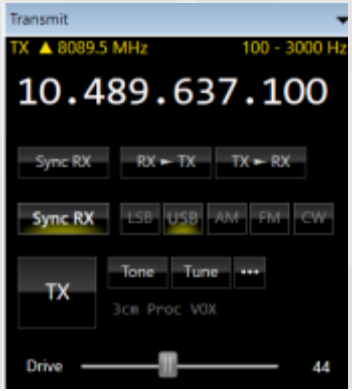
– Sortie d'un encodeur vers entrée audio émetteur SDR

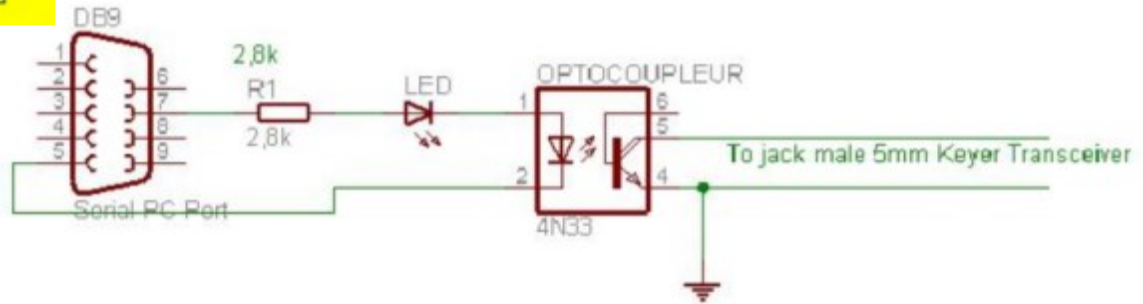


Exemple CW

– Sortie de **EhoCW** vers entrée audio émetteur SDR







Emetteurs / récepteur full-duplex SDR



LimeSDR

LimeSDR USB 100 kHz – 3.8 GHz / 311 €

LimeSDR Mini 10 MHz - 3.5 GHz / 168 €



Adalm Pluto

70 MHz to 6000 / 135 €

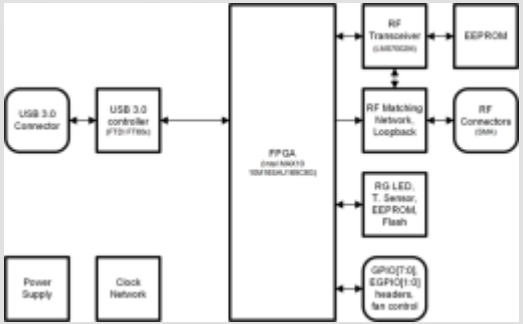
(Amazon ou ebay ou Mouser)

Emetteurs / récepteur full-duplex SDR

LimeSDR mini

https://wiki.myriadrf.org/LimeSDR-Mini

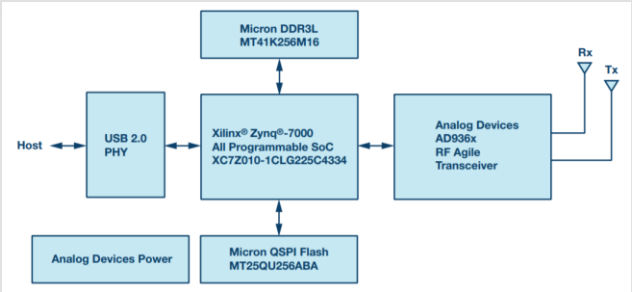
10 MHz - 3.5 GHz 69mm x 31.4mm
RF Transceiver LMS7002M MIMO FPRF
FGPA : Intel Altera MAX 10 - 12 bits
USB 3.0 FTDI FT601
GPIO 8x / FAN control 45/55°C
40.00MHz VCTCXO Rakon RTX5032A (+/- 0.1 à 3 ppm)



Adalm Pluto

http://bit.ly/AdalmPluto

325 MHz - 3.8 GHz 117mm x 79mm x 24mm
(70 MHZ – 6.0GHz AD9364)
RF Transceiver AD9363 - 56MHz DAC/ADC
FGPA : Xilinx® Zynq Z-7010 FPGA
USB 2.0
24MHz TCXO RAKON RXO3225M +/- 25 ppm



Emetteurs / récepteur full-duplex SDR

LimeSDR

+ Full duplex
+ Utilisable en NB (SSB, digi) et WB DATV
+ Niveau de sortie max de + 10dBm
+ Plutôt stable en fréquence

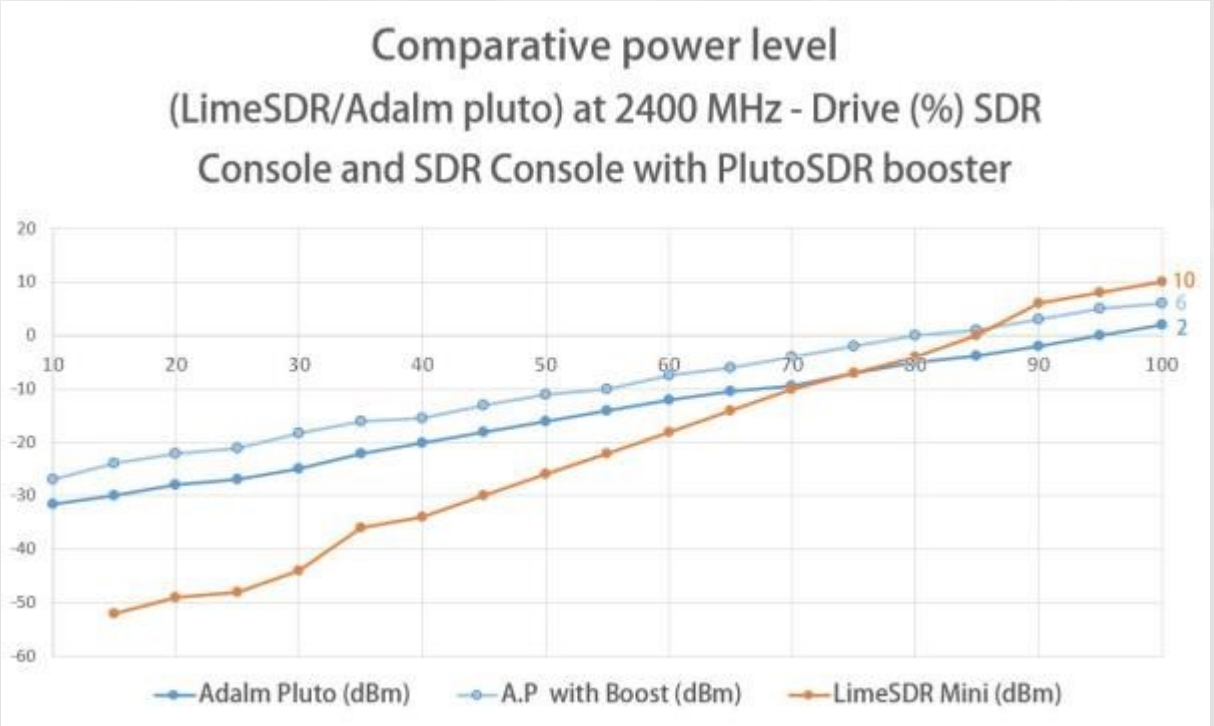
- Communique en USB uniquement (Rallonge possible par câble USB actif)
- Chauffe (ajouter petits radiateurs, ventilateur)

Adalm Pluto

+ Full duplex
+ Utilisable en NB (SSB, digi) et WB DATV
- Niveau de sortie max +2 (+6) et -10 dBm en DATV
- Pas stable (TCXO de +/-25 ppm, à remplacer, ou adapter entrée GPSDO)

+ Communique USB ou en Ethernet (ajout d'un adaptateur et alimentation USB 5V)

Puissances sur 2400 MHz



LimeSDR mini
Adalm Pluto
Avec Tune de SDR Console

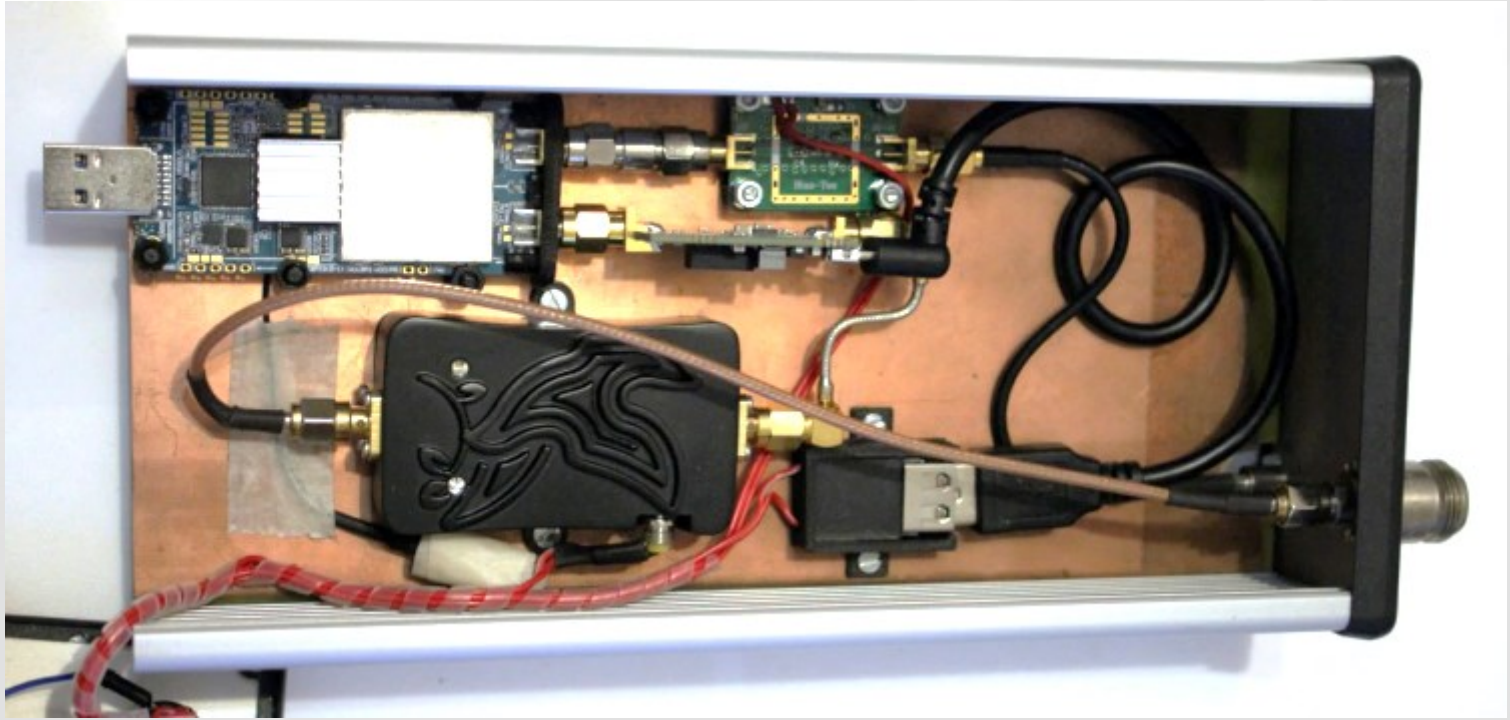
LimeSDR Mini 2,5W





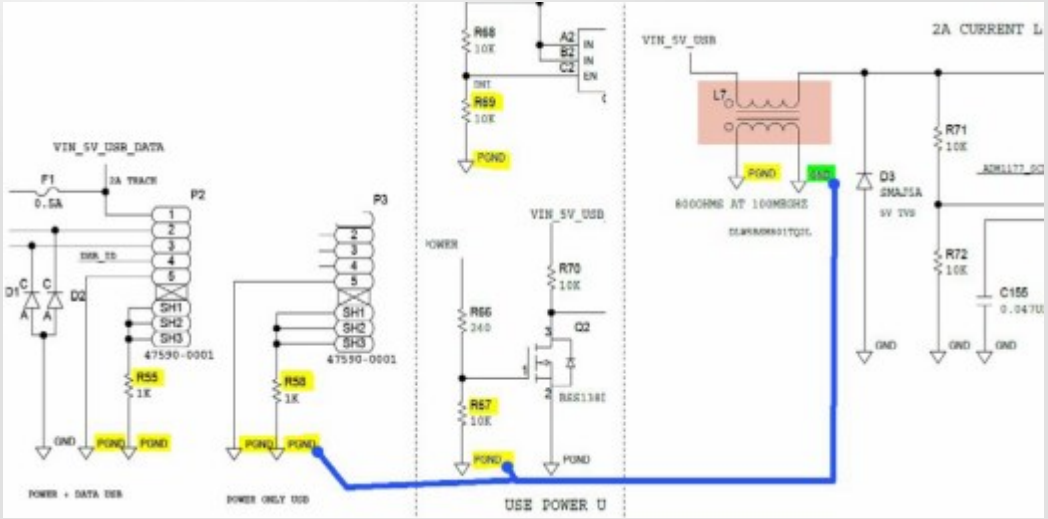


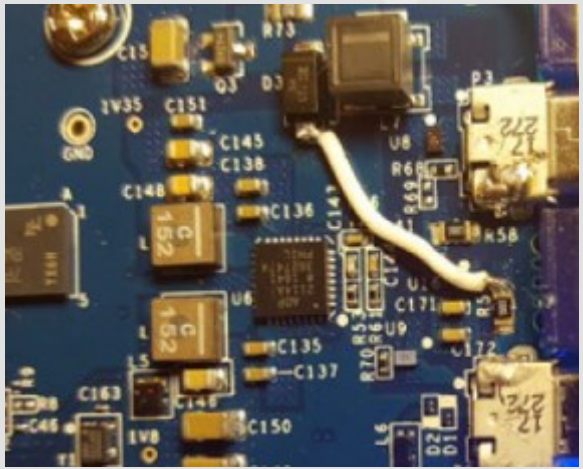
20 x 11 x 8 cm



Modification Adalm Pluto – Masses

- Relier D3 et R55
  - (F1TE Radio-REF septembre 2019)



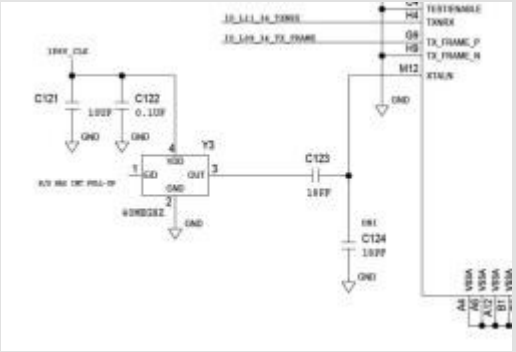


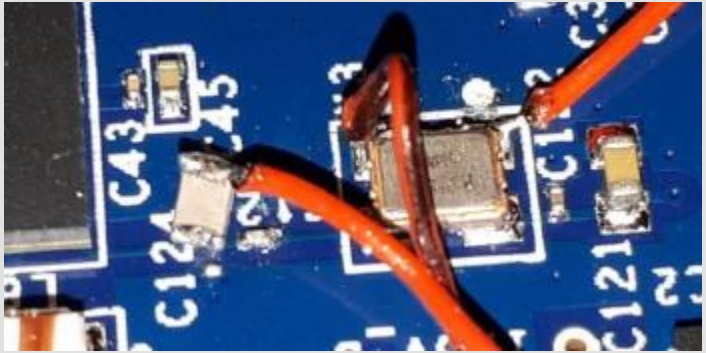
Modification – Stabilité en fréquence

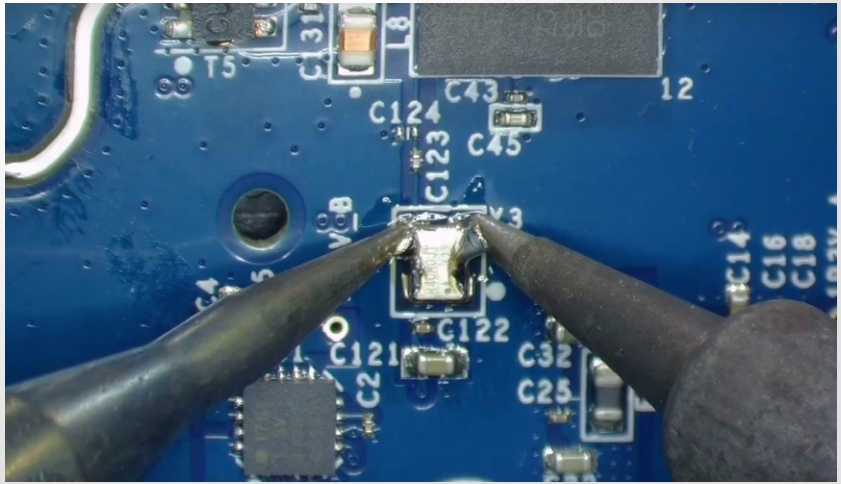
RAKON 3.2 x 2.5mm, 3.3V

- ABRACON ASTX-13-C-40.000MHz-I05-T 1,8V à +/- 0,5ppm (2,0x1,6x0,8mm)
  - Lien f1te.org
- MURATA XNCLH40M000THJA1P0 3,0V à +/- 0,2ppm (5,0x3,2x1,5mm)
- Autre idée F4DAV
  - Désactiver le TCXO en mettant la Pin 1 au GND
  - Injecter source externe 40MHz (GPSDO) à travers C, sur C124, entrée XTALI









Guide remplacement TCXO
F1TE
http://bit.ly/TCXOAdalmPluto



DL4TMA
Adalm Pluto + GPSDP

Modifications logiciels Adalm pluto

- Extension en fréquence 70 – 6000 MHz

```
# fw_setenv attr_name compatible
# fw_setenv attr_val ad9364
# reboot
```

https://wiki.analog.com/university/tools/pluto/users/customizing

- Activer le second cœur de CPU

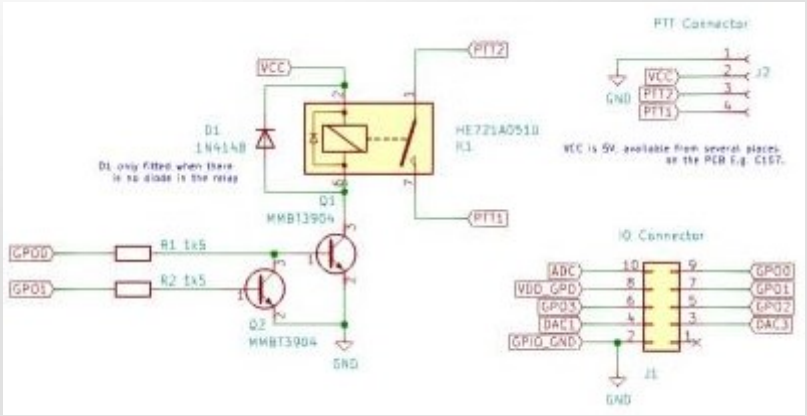
```
# fw_setenv maxcpus
# reboot
```

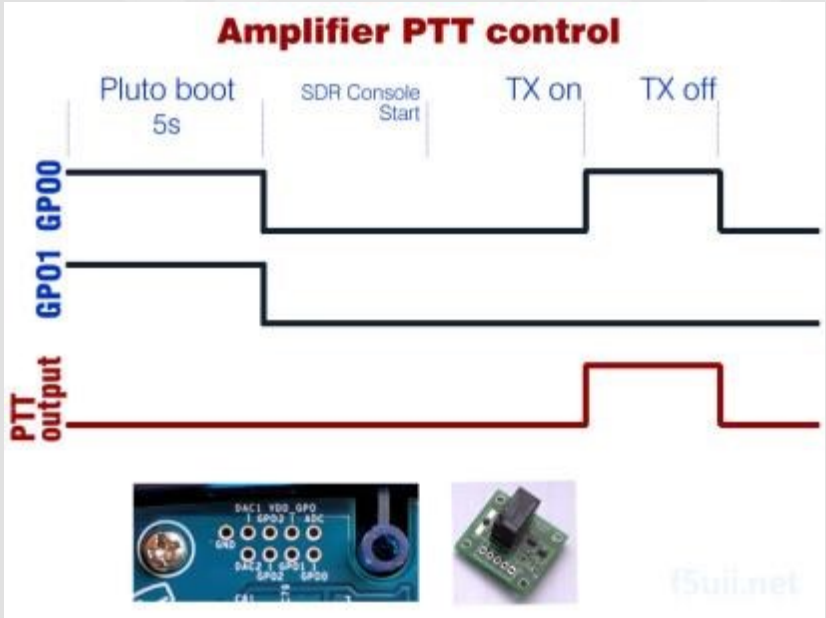


- MMIC 30 dB (Boutique REF)
- Adaptateur USB 2.0 / RJ45
- Câble OTG Y

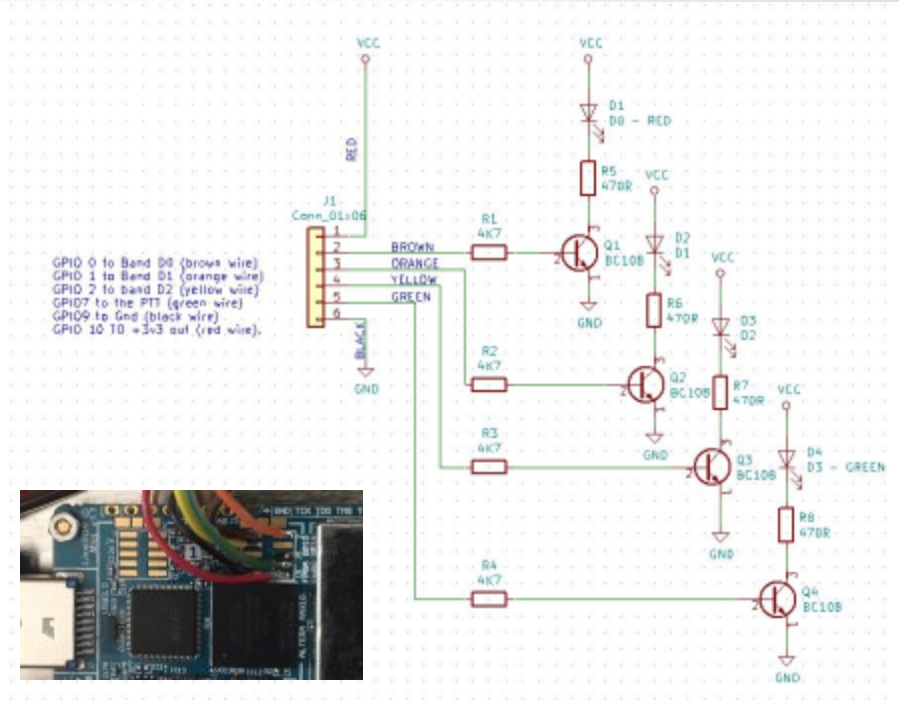
Piloter un ampli. Externe par Adalm pluto

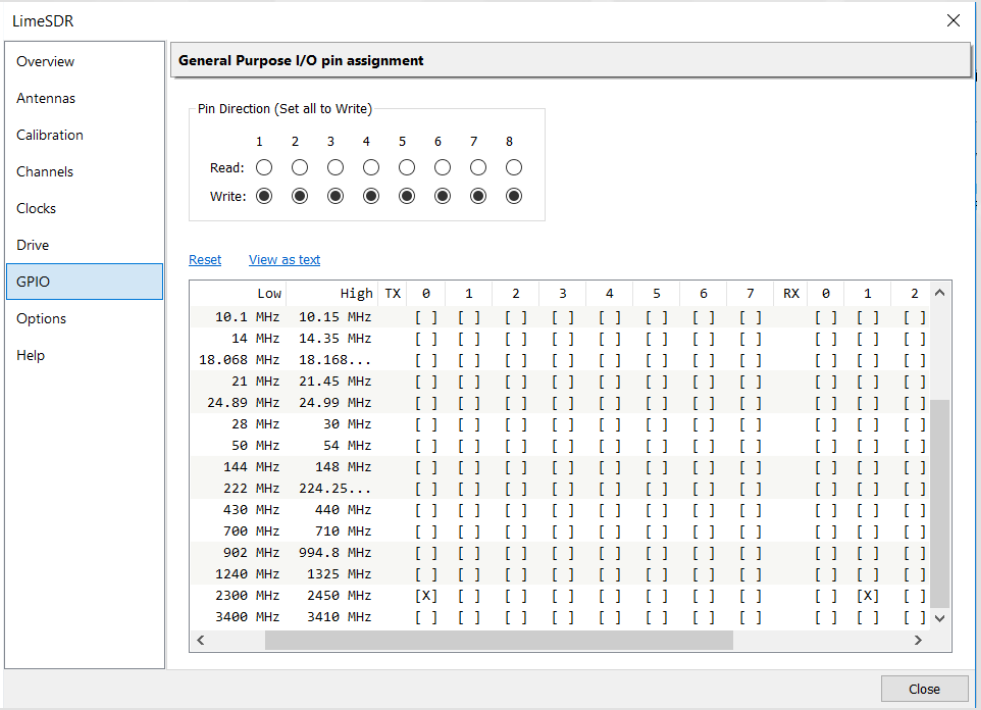
- Installer le firmware F5OEO http://qra.f5oeo.fr:2080/





Piloter un ampli externe par LimeSDR





Paraboles

- 2 paraboles RX / TX ou
- 1 parabole avec double feed

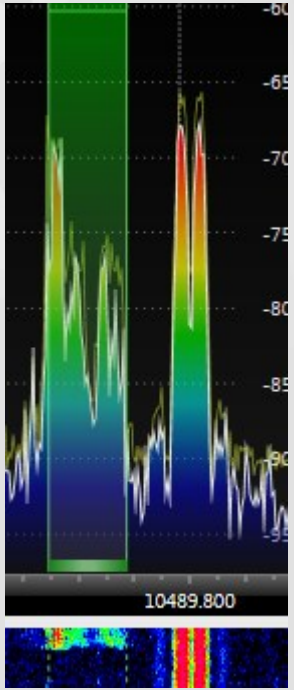




Bilan montée

Bilan montée (émission) par l'expérience

1W 120cm => SNR ~ 16dBm (peak SSB)



2.5W/120cm

http://www.satsig.net/linkbugt.htm

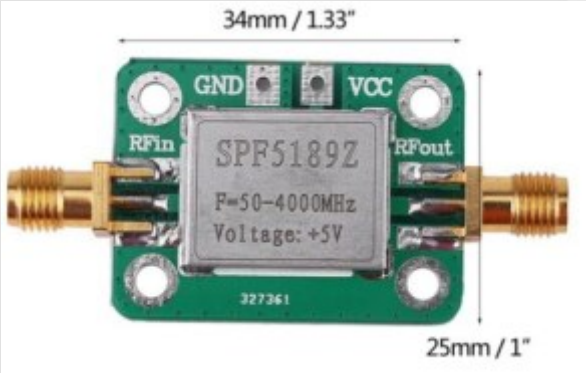
Préamplificateurs LNA

- SPF5189 (Aliexpress ou ebay)
- Analog Device CN0417 board – Intègre un filtre





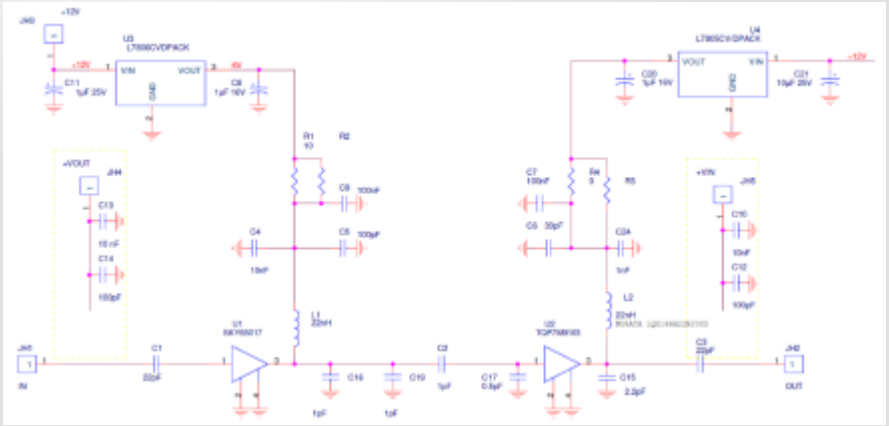
USB Powered 2.4 GHz RF Power Amplifier , Analog Device CN 0417 - **Gain: 20dB**

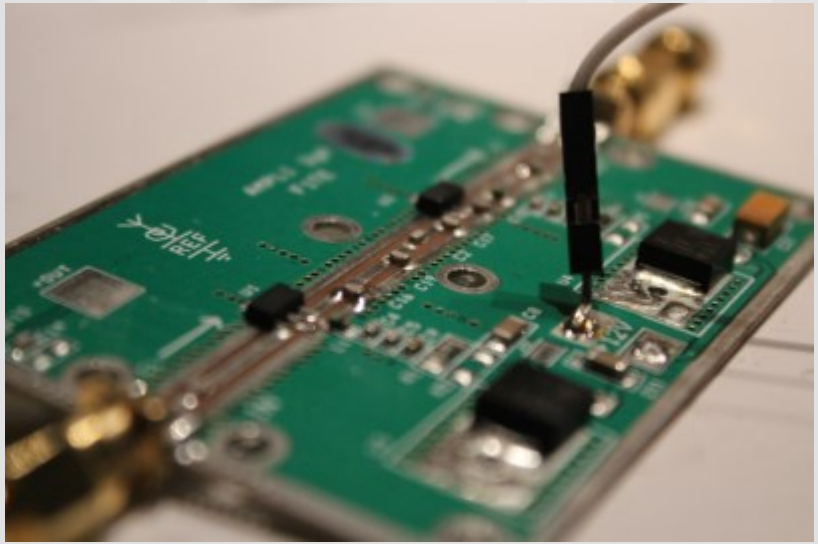


Gain: 10dB

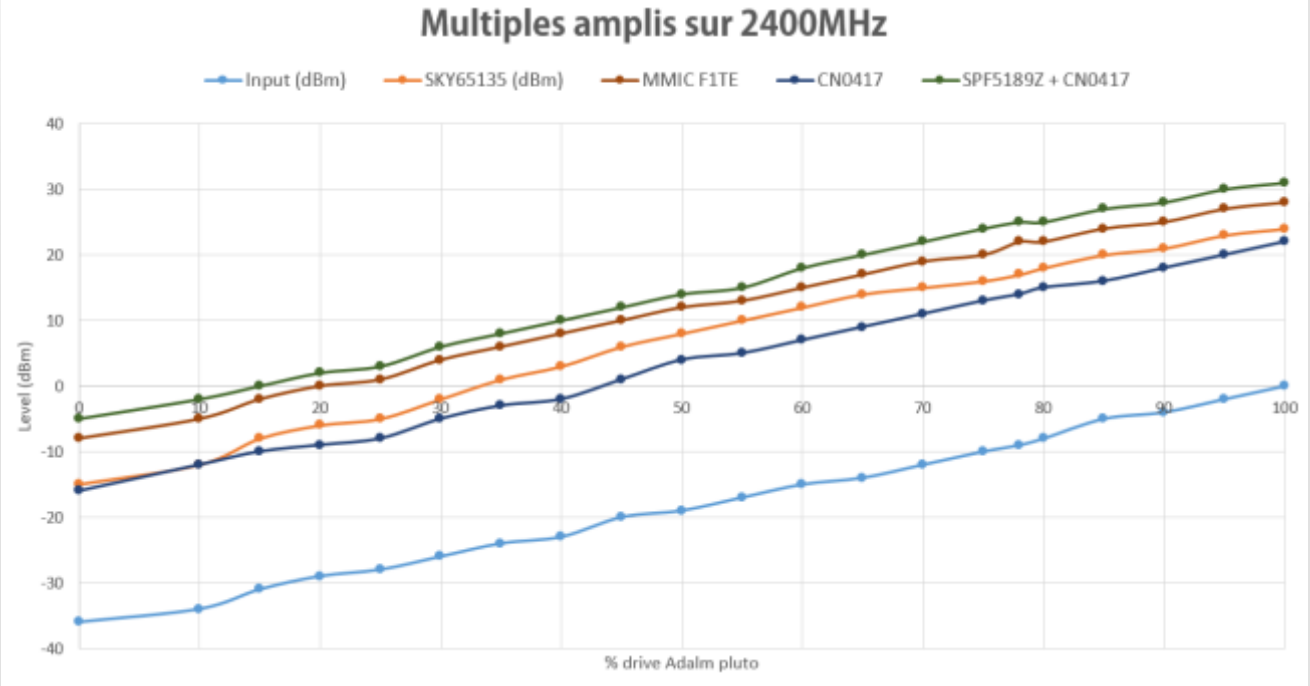
Amplificateurs MMIC

- MMIC Design F1TE (Boutique REF) Gain 30dBm 1W 35 €
- SKY65017 + TQP7M9103





(Pré)amplificateurs sur 2400 MHz



Avec Tune de SDR Console sur Adalm Pluto

Amplificateur 2400

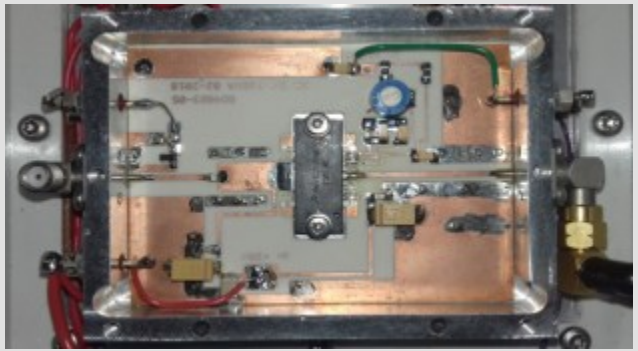
- Kuhne MKU PA 13CM 339 €
- SG Labs 20W 126 €
- F6BVA
- Wifi chinois EDUP EDUP AB003 (Aliexpress ou ebay) (Max 3.5W) AB007 (Aliexpress ou ebay) (Max 2.5W)



10W Kuhne

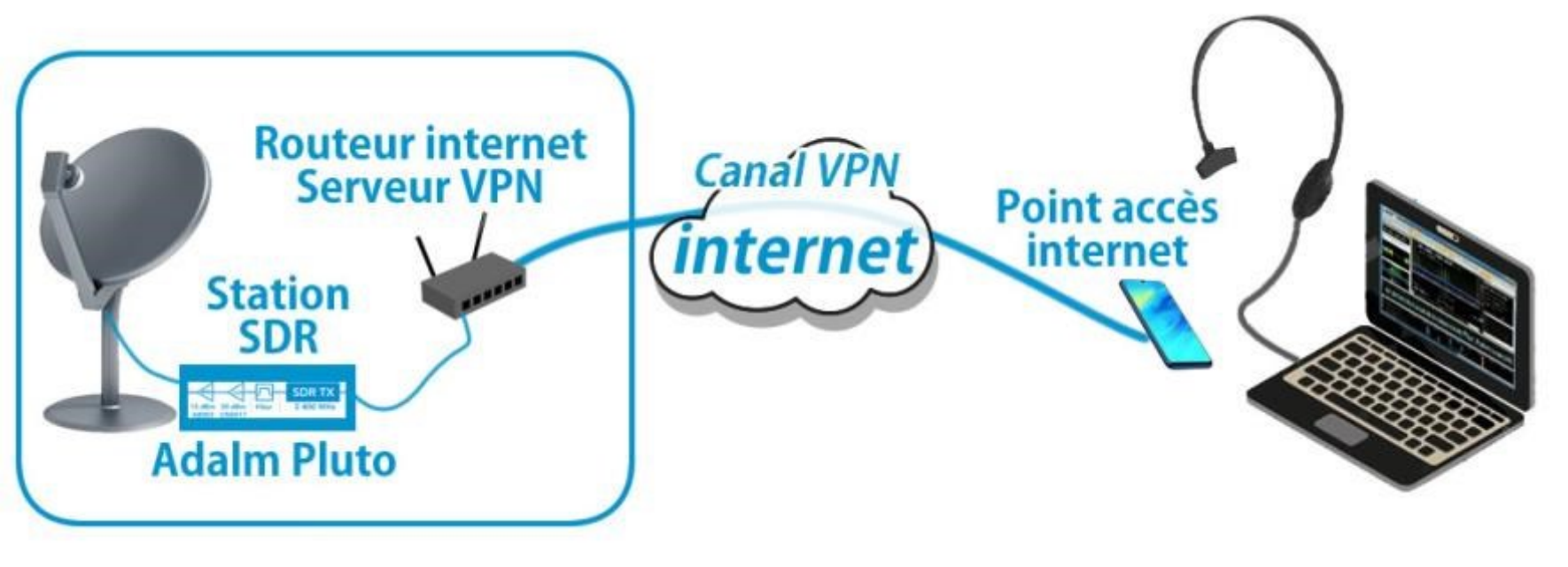


20W SG Labs



30W(28VDC) F6BVA

SDR Console - A distance ?



Réseau — E/S réseau de 52 Mbits/s — 5% d'utilisation du réseau

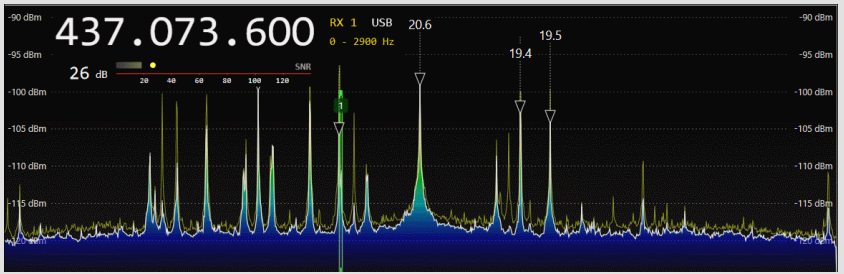
Processus	PID	Adresse	Envoi (octets/s)	Réception (octets/s)	Total (octets/s)
SDR Console.exe	23208	plutodns.home	3 010 444	2 988 687	5 999 131

Logiciels F5OEO LimeSDR Toolbox

- **limesdr_dump** sauvegarde des signaux I/Q
- **limesdr_send** : envoyer des signaux I/Q générés ou sauvegardés
- **limesdr_forward** : relais de signaux numériques et analogiques : transmission des signaux d'entrée I/Q d'un canal RX (fréquences d'entrée) à un canal TX (fréquences de sortie).

```
sudo ./limesdr_forward -f 739.75e6 -F 437e6 -b 8e6 -s 16e6 -g 1 -G 1 -l 5000000 -A BAND2 -a LNAW
```

https://github.com/f4dvk/limesdr_toolbox



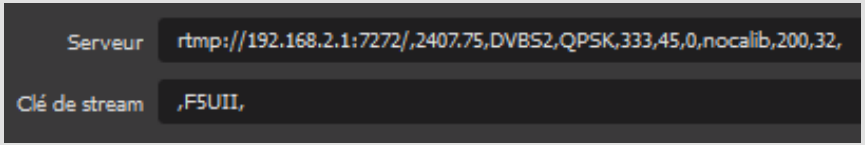
Logiciels F5OEO Adalm Pluto

- Firmware développé par Evariste et chargé sur Adalm Pluto





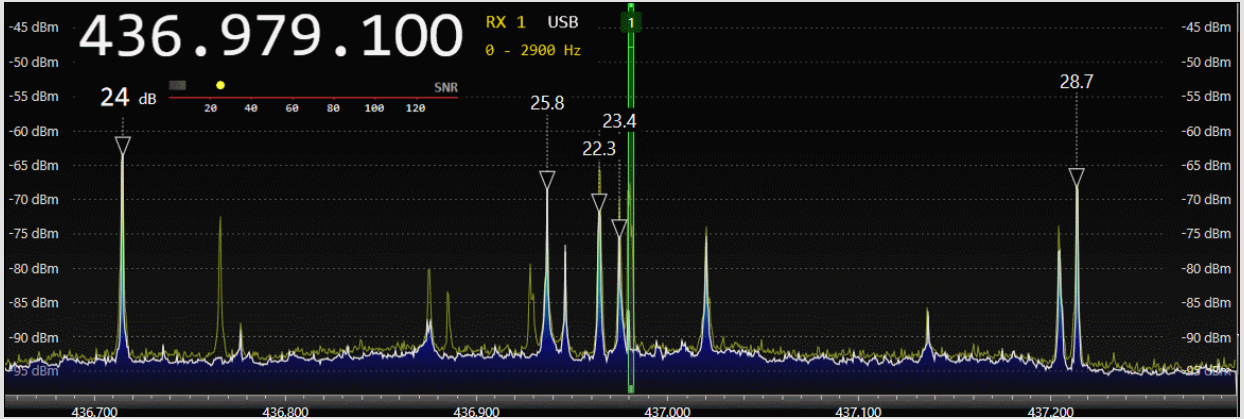
- `rtmp://192.168.2.1:7272/,2407.75,SSB,-10,0,`
- `,F5UII,`



Logiciels F5OEO PlutoSDR

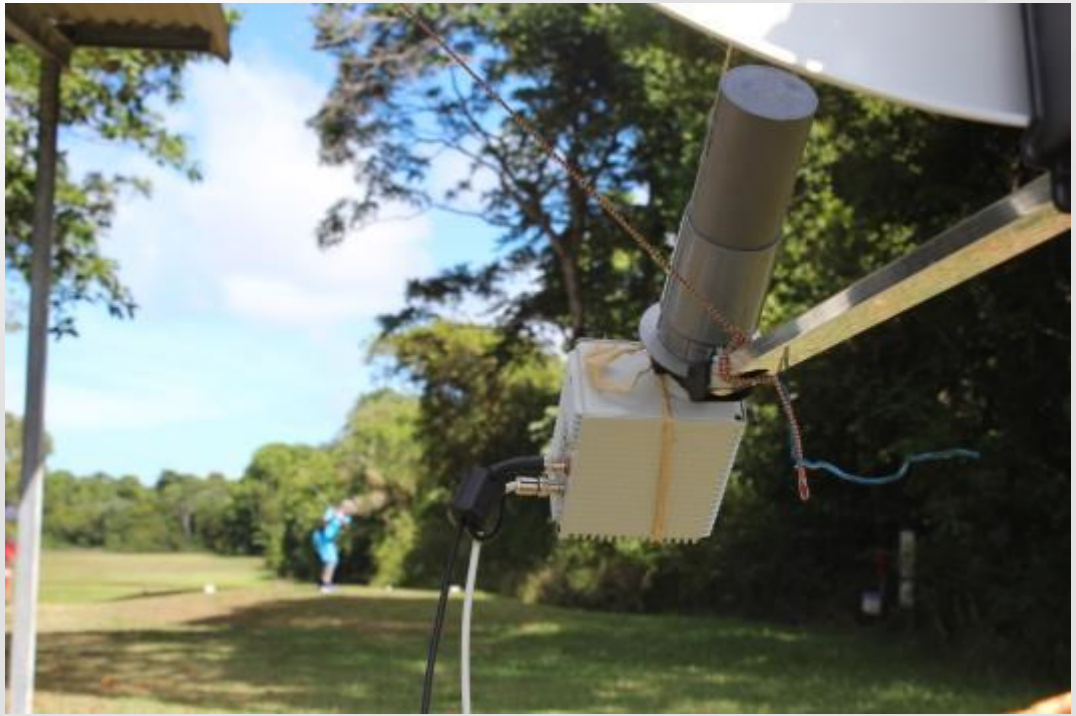
– **rx2tx** relais de signaux numériques et analogiques : transmission des signaux d'entrée I/Q d'un canal RX (fréquences d'entrée) à un canal TX (fréquences de sortie).

```
./rx2tx -s 2.5e6 -f 739.75e6 -F 437e6  -g 1 -G 1 -b 2.5e6 -r 0.35
```



Stations portables…

FY5KE Octobre 2019





Questions ?

@f5uii

f5uii.net











Téléchargez immédiatement cette présentation

http://bit.ly/QO100-SDR



http://bit.ly/QO100-SDR

Références pour aller plus loin

- https://amsat-dl.org/en/bodenarbeiten-an-der-gs-bochum/
- https://amsat-dl.org/p4-a-bodensegment-system-integration/
- https://amsat-dl.org/p4-a-nb-transponder-bandplan-and-operating-guidelines/
- https://amsat-dl.org/p4-a-wb-transponder-bandplan-and-operating-guidelines/
- Es'Hail2 Concept hardware de LEILA https://youtu.be/v-9jVw-pK0A
- Cornet d'émission 10 GHz par F5DQK
- Antenne bi-bande DJ7GP en français par F5XG
- Antenne hélice RHCP G3RUH
- L'illumination de parabole par N1BWT
- Up converter 2,4G F1OPA
- The Use of GPS Disciplined Oscillators as Primary Frequency Standards for Calibration and Metrology Laboratories Michael A. Lombardi
- Reception de QO-100 avec SDR Console par F5UII
- Choisir une tête LNB par F4DAV
- Mesures du LNA SPF5189Z par DD1US
- Ampli 30W F6BVA

Références pour aller plus loin

installation Lime:

https://github.com/F5OEO/avc2ts
https://github.com/F5OEO/libdvbmod
https://github.com/emvivre/limesdr_toolbox
Cable USB de grande longueur (Aliexpress)

horloges:

http://www.sprut.de/electronic/referenz/frequenz/rubidium/rubidium.html

gpsdo:

http://www.leobodnar.com/shop/index.php?main_page=product_info&products_id=301

Datv:

https://wiki.batc.org.uk/images/1/17/Eshailsat_CAT16.pdf
https://slideplayer.fr/slide/15184304/
https://www.intechopen.com/books/recent-advances-in-image-and-video-coding/implementation-of-video-compression-standards-in-digital-television
http://www.satbroadcasts.com/DVB-S_Bitrate_and_Bandwidth_Calculator.html
Forum viva datv: http://www.vivadatv.org/
https://github.com/BritishAmateurTelevi ... /portsdown selon la procédure du readme.md de la page
http://themorrealeworld.free.fr/Francais/Cours/Physique/ta-formation/Modulation_numerique.pdf.
http://f6kcz.free.fr/Technique/Debut%20DATV/Debut%20en%20ATV.htm

version 0.8s de Minitioune ici : http://www.vivadatv.org/viewtopic.php?f=60&t=521

Codage:

https://www.inter-mines.org/global/gene/link.php?news_link=2008245160342_RFTronicTransmission.MPEGDVD.pdf&fg=1

Références pour aller plus loin

Antenne patch:

https://uhf-satcom.com/blog/patch_antenna
https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0172162#sec005

Illustration Fourier:

EVM:

https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01431368/document
https://pdfs.semanticscholar.org/1dac/68d836b67fe3bda9a0382180ef68114a0f1f.pdf
https://www.electronicdesign.com/engineering-essentials/understanding-error-vector-magnitude
https://en.wikipedia.org/wiki/Signal-to-noise_ratio
Un outil simplifié d'aide au calcul des champs rayonnés est disponible ici.

Upconverter

https://forum.amsat-dl.org/cms/index.php?attachment/891-amsat-dl-us-upconverter-pdf/
https://www.dxpatrol.pt/index.php/kits
https://forum.amsat-dl.org/index.php?thread/2773-bu500-newst-upconverter-by-hides-taiwan/
https://hides.en.taiwantrade.com/product/bu-500-13cm-up-converter-for-ssb-cw-fm-fm-atv-dvb-1618393.html
https://shop.kuhne-electronic.com/kuhne/en/shop/eshail/