Amateur astronomie
ON4CGX

Inhoud

- Opfrissing eenheden
- Reflectie; Diffractie en Scattering
- Trajectverzwakking
- Gevoeligheid ontvanger
- Preamp ?
- Tropo
- Satelliet
- MS
- EME
- Interferometer
- Waterstoflijn
- Pulsar
- DSN

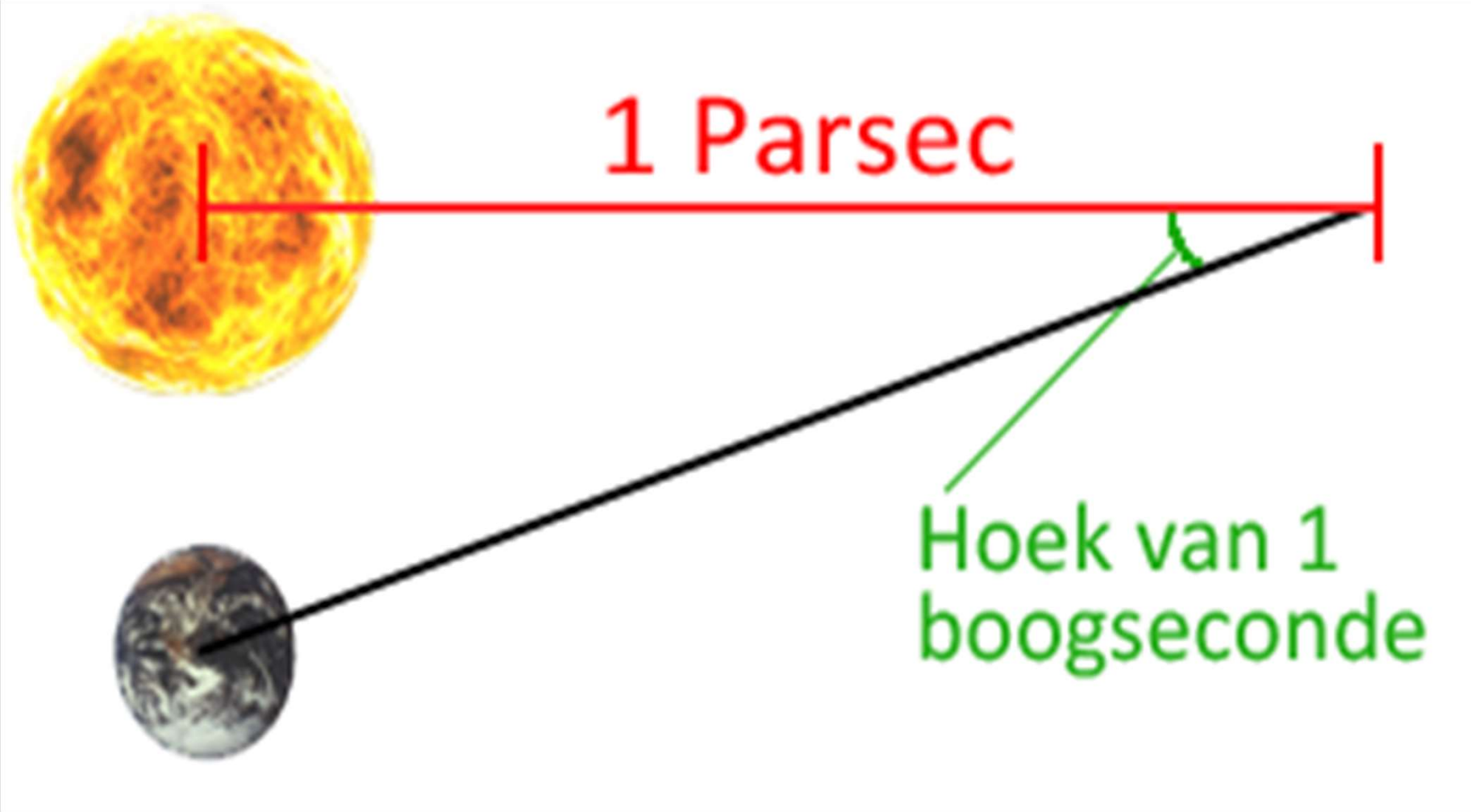
Eenheden – Decibel

- dB = 10 log(Po/Pi)
- 0 dB = 1x
- 3 dB = 2x
- 6 dB = 4x
- 9 dB = 8x
- 10 dB = 10x
- 20 dB = 100x
- 30 dB = 1000x
- Positief = versterking; negatief = verzwakking
- 0 dBm = 1 mW
- 30 dBm = 1 W
- 60 dBm = 1 kW

Eenheden – Afstanden

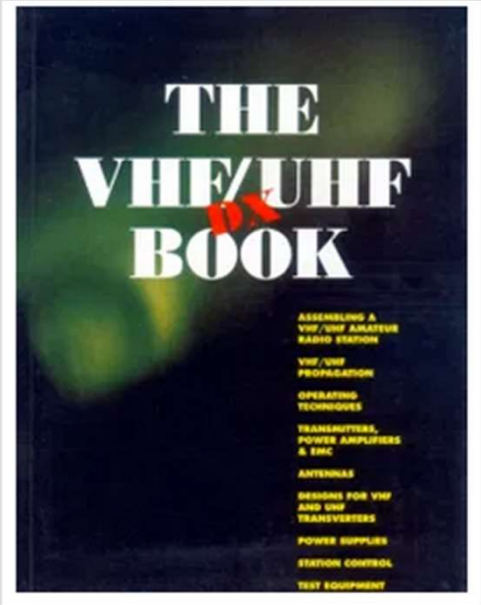
- 1 m = 1000 mm of 10e3 mm
- 1 km = 1000 m of 10e3 m
- 1 AE = 149 597 870 700 meter (+/- 150 000 000 km)
  - Gemiddelde afstand tussen de aarde en de zon
- 1 lichtjaar = 9 460 730 472 580 800 meter (geen SI-eenheid !)
  - Ofwel 9,46 biljoen kilometer (9,46e12 km)
  - Afgelegde afstand na 1 jaar aan de lichtsnelheid
- 1 Parsec = 3.08567758 × 10e16 meter (geen SI-eenheid)
  - 648 000/pi AE ofwel 3,26 lichtjaar
  - De parsec is de afstand die men vanaf de zon de ruimte moet ingaan, om de gemiddelde afstand aarde - zon onder een hoek van één boogseconde te zien.

Eenheden – Afstanden



Reflectie, Diffractie en Scattering

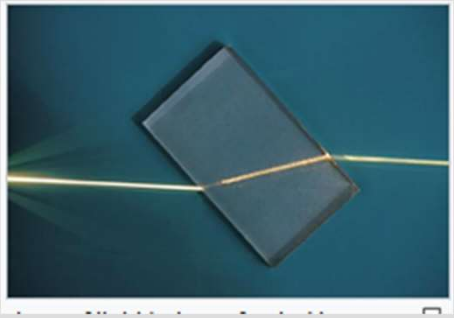
- Ideale literatuur : VHF/UHF DX Book :

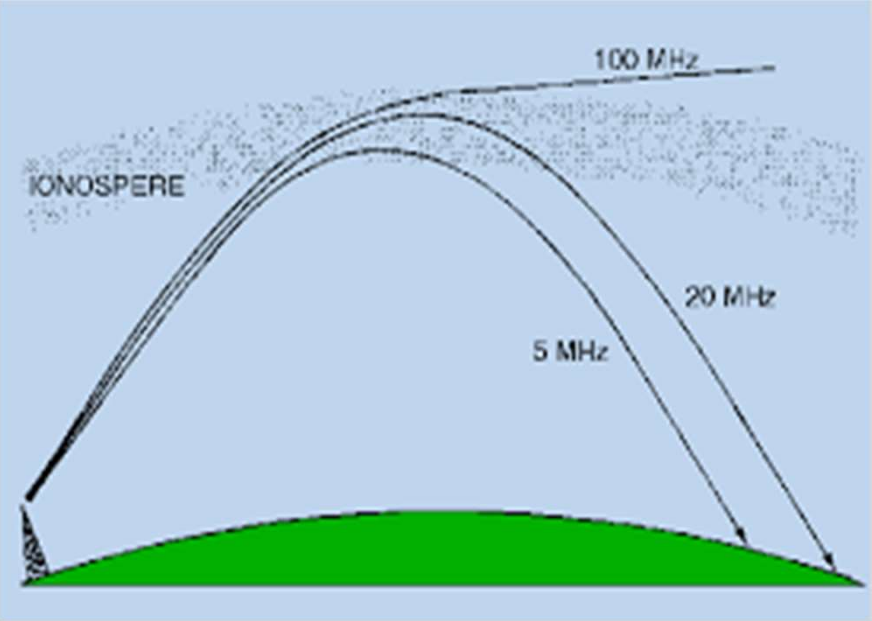


- Vrij te downloaden. Google op “Vhf/uhf dx book”

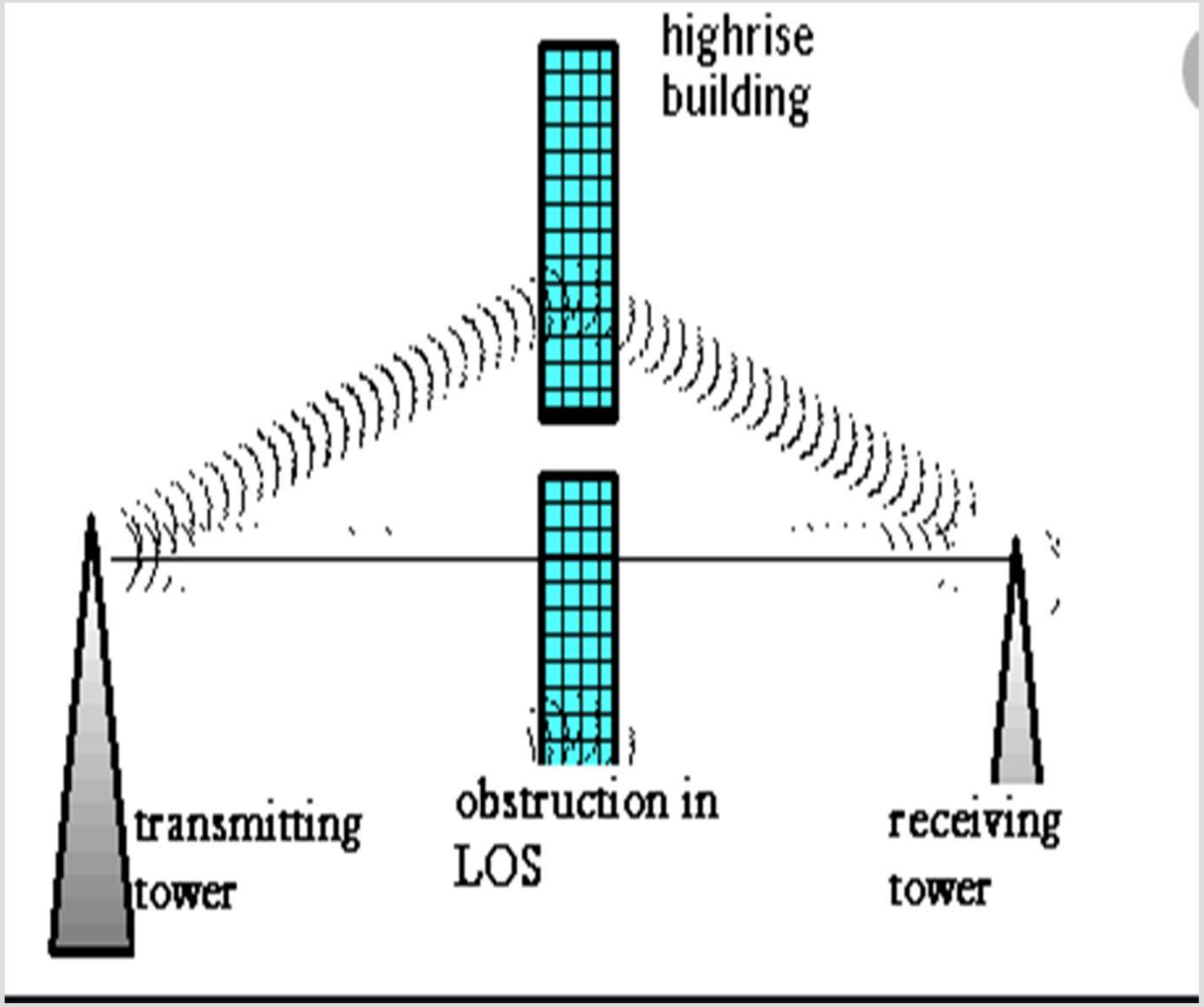
Refractie

- Verandering van richting door wijziging in voorplantingssnelheid t.g.v variaties in het medium



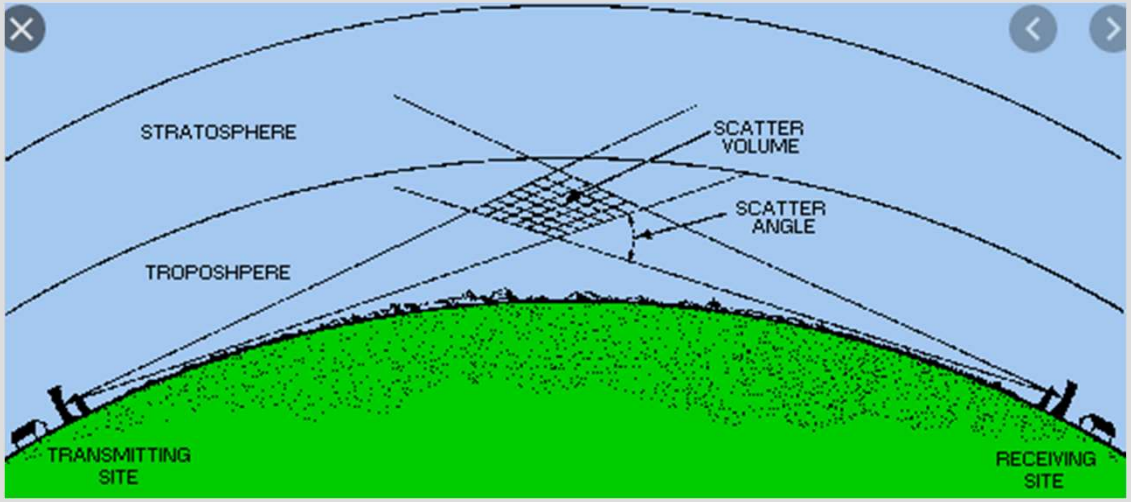


Reflectie

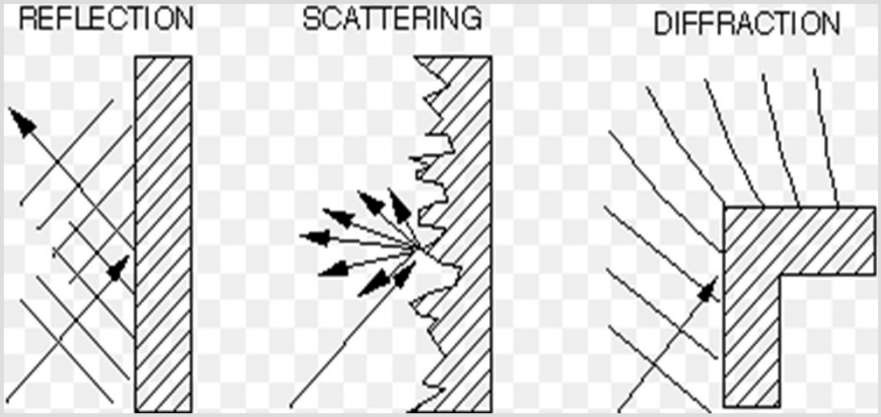

highrise
building
transmitting
tower
obstruction in
LOS
receiving
tower

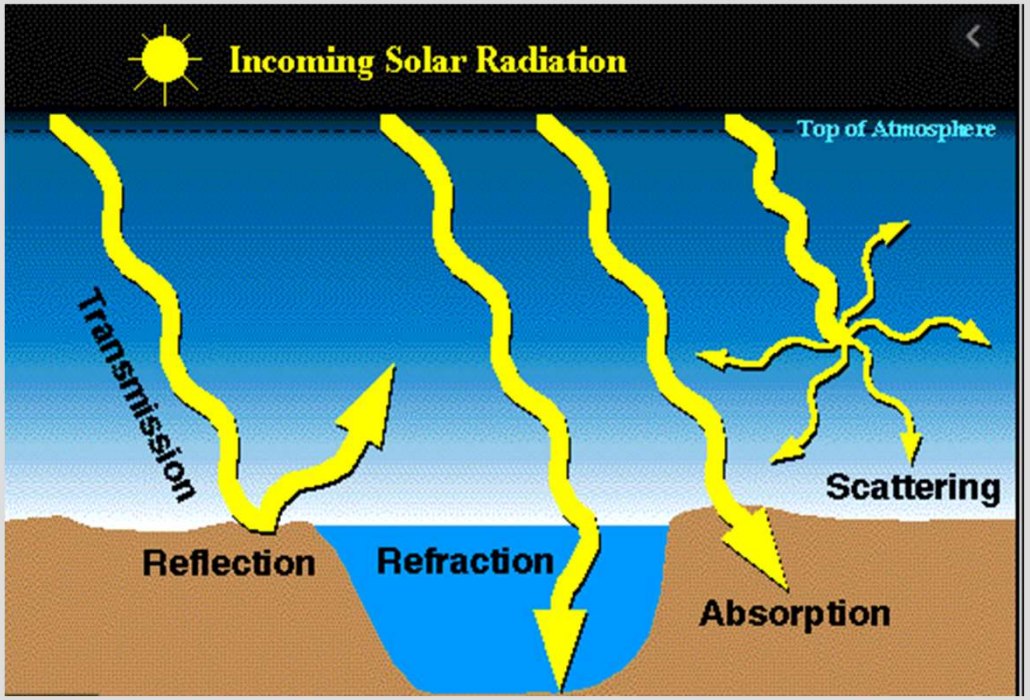
Scattering

- Weerkaatsing op objecten die kleiner zijn dan de golflengte



Reflectie, Diffractie en Scattering





Trajectverzwakking

$$L = 20 \log (R) + 20 \log (F) + 32{,}45 \text{ dB}$$

- R in km
- F in MHz

Trajectverzwakking

Stel verbinding tussen 2 identieke stations :

- Antenne 0dBi
- Vermogen 10 Watt
- Afstand 10 km

L = 20 log(10) + 20 log (144) + 32,45 = **95,6 dB**

Signaalmeter geeft 60 dB aan (S9)

Trajectverzwakking

Stel verbinding tussen stations en ISS :

- Antenne 0dBi
- Vermogen 10 Watt
- Afstand 1000 km

L = 20 log(1000) + 20 log (144) + 32,45 = **135,6 dB**

Dit is 40 dB verschil met tropo contact; m.a.w. nog altijd 20 dB boven de ruis (S3)

Gevoeligheid ontvanger

Wat kunnen we ontvangen ?

Ruisvermogen :

$P_n = kTB$

- k = konstante van Boltzmann (1,38x10e-23 J/K)
- T = temperatuur (Kelvin schaal – geen eenheid)
- B = bandbreedte (Hz)

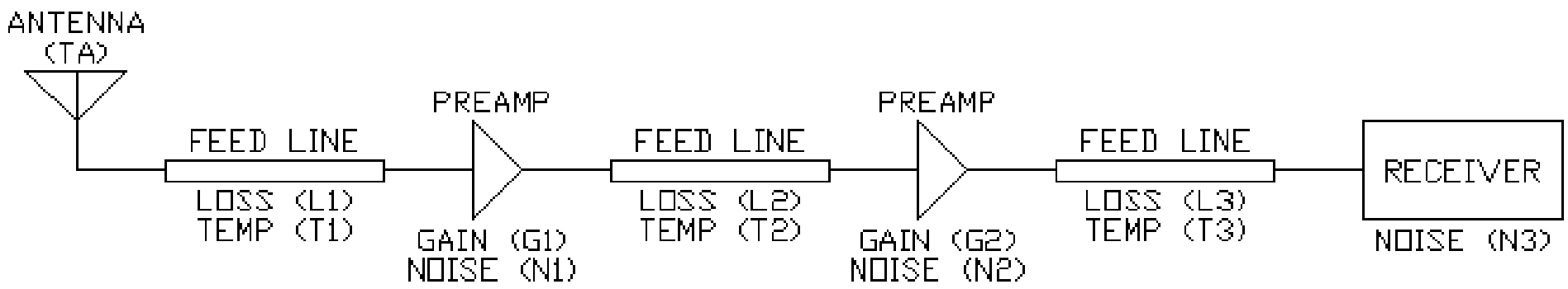
Gevoeligheid ontvanger

Stel : Dummy load op kamertemperatuur (21°C)

- Ontvanger in SSB -> bandbreedte = 2500 Hz
- P = 1,38x10e-23 x 294 x 2500 = 1,0143 x 10^{e}-17 W
- P = V2/R => V = wortel(PxR) = 3,334x10e-8 V of **33 nV**

Preamp

- Geen enkele versterker is ruisloos; elke preamp (of coax) zal ruis toevoegen aan het ontvangen signaal.
- De ruis toe toegevoegd wordt uitgedrukt in een fictieve temperatuursstijging.



Preamp

- Noise Factor :

- NF = 10 log(1+T/290)

- Minimum = 0 dB (ideale situatie)
- Een preamp met NF = 3dB zal het ruisniveau verdubbelen
- Courante waarden : 0,2 – 1 dB

Preamp

Band	Noise temp	NF
50 MHz	4000 K	12 dB
70 MHz	3000K	10 dB
144 MHz	200 K	2,2 dB
432 MHz	150 K	1,8 dB

!!! DIT ZIJN WAARDEN VOOR TROPO !!!

Noise floor

Stel een SSB ontvanger op 144 MHz :

Ruisniveau (200K) : 6,9 x 10^{e}-18 Watt of -171,6 dBW of -141,6 dBm

M.a.w. het ontvangen signaal moet groter zijn dan 7*10^{e}-18W om boven de ruis uit te komen.

Overgaan naar CW (BW = 250 Hz i.p.v. 2500 Hz) :

10 log(2500/250) = 10 dB verschil => 131,6 dBm

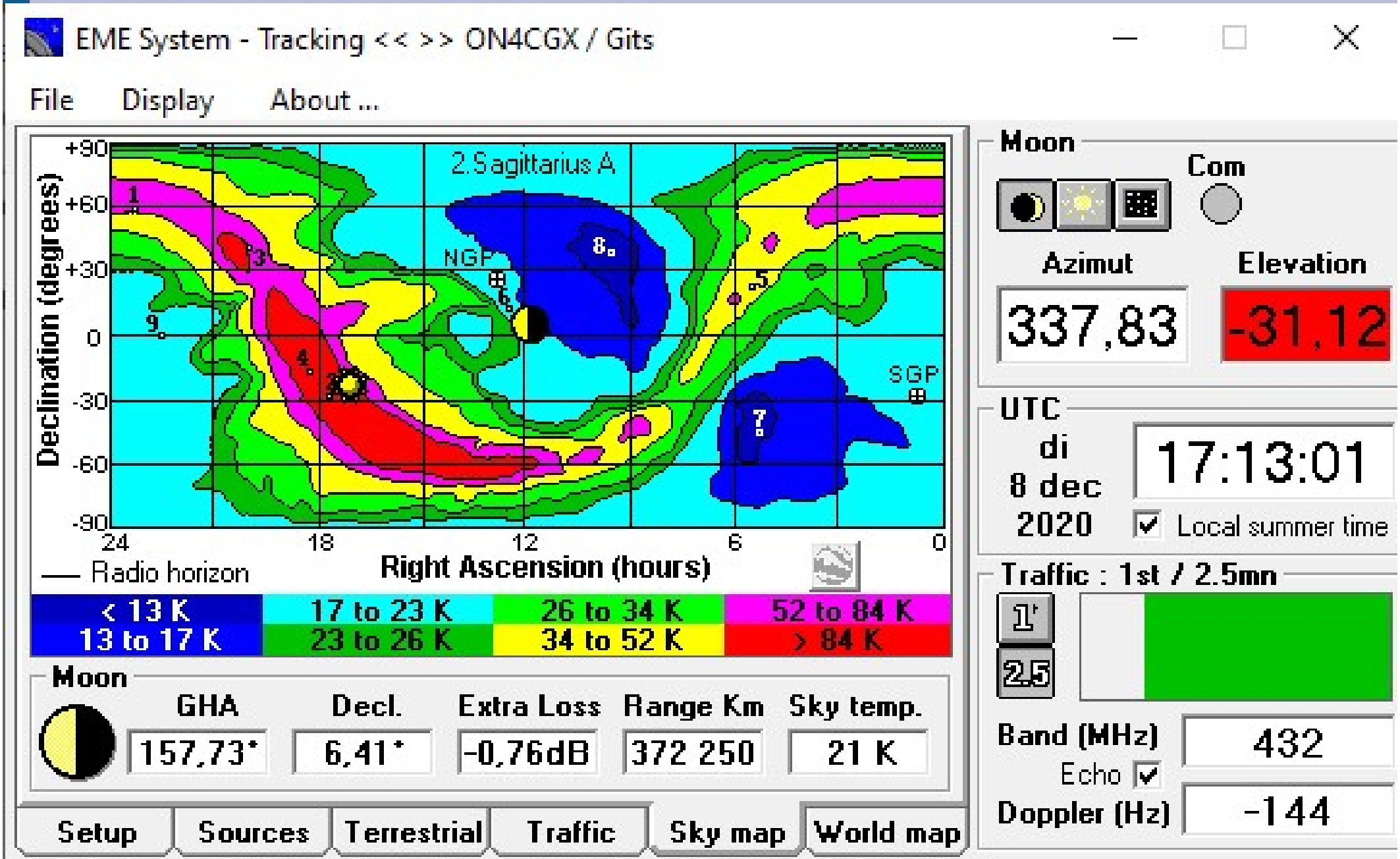
Antenneruis

Op 432 MHz is de (landelijke) ruistemperatuur rond de ontvangstantenne 150 K.

Als je de antenne naar de ruimte ligt kan dit veel lager of hoger zijn.

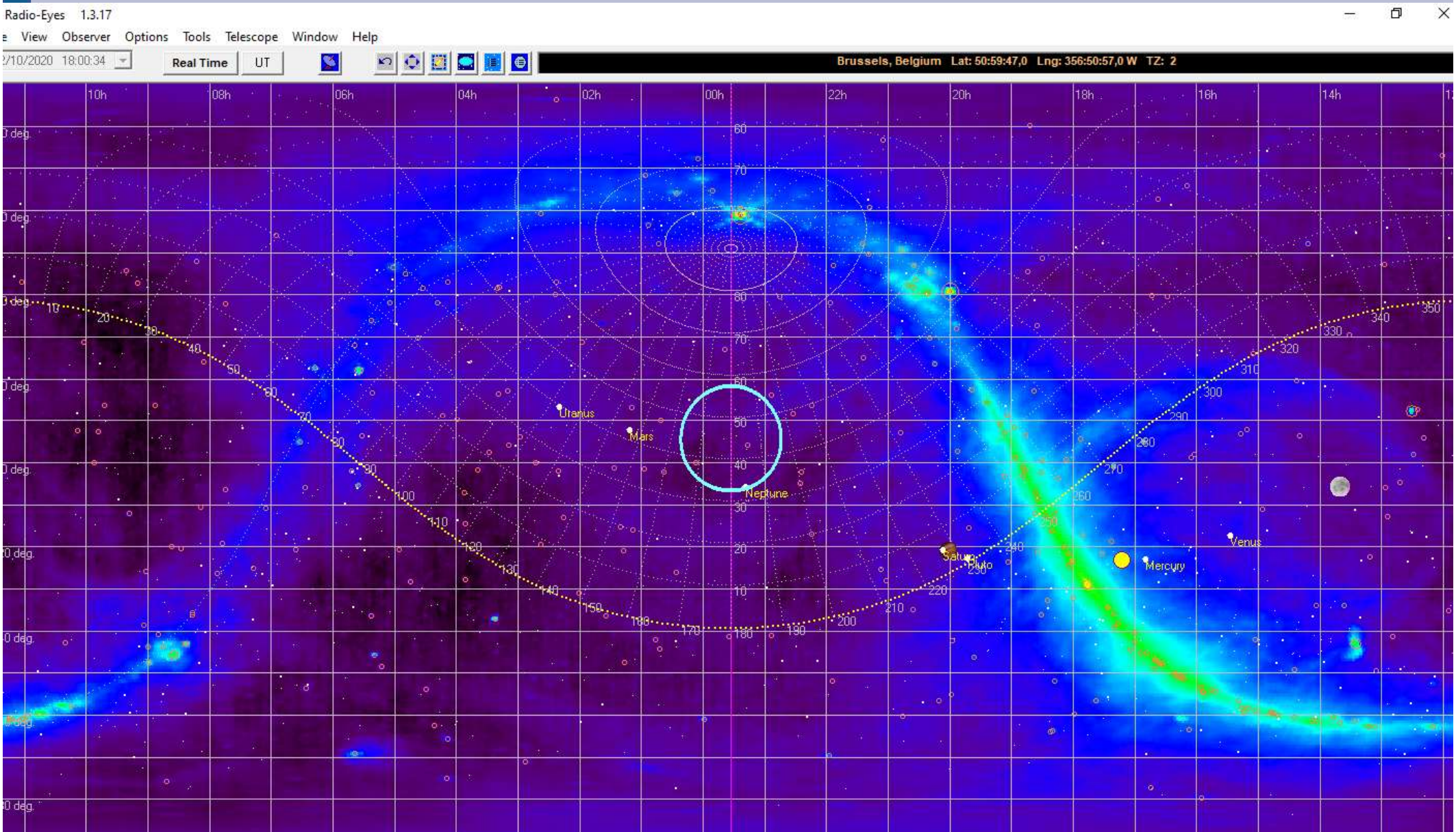
Dit is te zien in EME System van F1EHN

Antenneruis



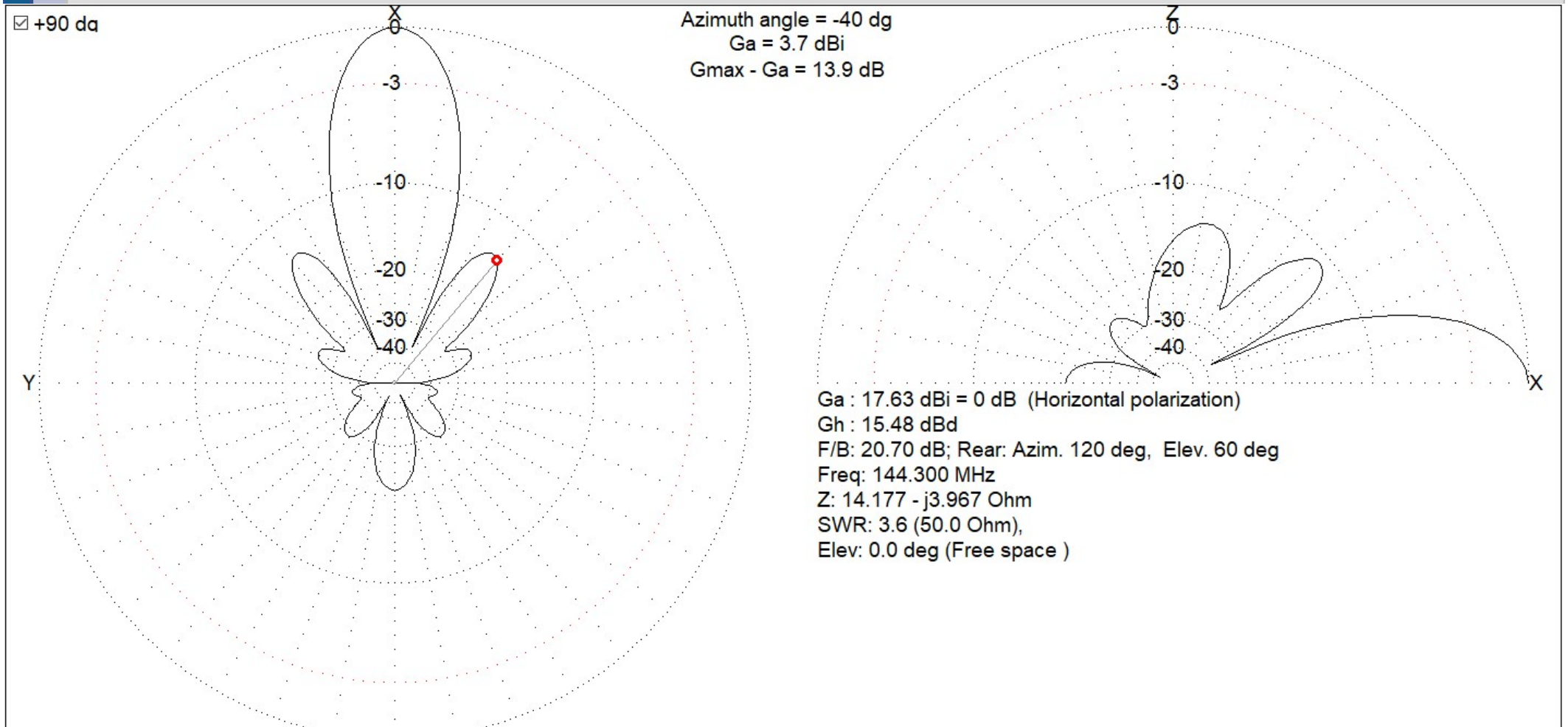
Antenneruis

Antenneruis



Antenneruis

Een antenne wordt niet alleen bepaald door de winst, maar ook door de antenneruis die ze extra oppikt :



Tropo

In principe zijn op VHF en hoger enkel zichtverbindingen mogelijk.
In de praktijk zijn verbindingen mogelijk > 1000 km
Interessante links :

- MMMONVHF
- Radio Mobile

Satelliet

Een satelliet maakt een elliptische baan rond de aarde (of zon)
Verschillende soorten banen rond de aarde :

- LEO (Low Earth orbit)
- HEO (High Earth orbit)
  - Graveyard orbit
- SSO (Sun synchronous orbit)
- GSO (Geosychronous orbit)
  - Circulair
  - Ellipitsch
- GEO (Geostationair)

- L (niet rond de aarde)

Satelliet

LEO (Low Earth orbit) :

- Tussen 350 en 1400 km hoogte
- Snelheid ongeveer 8 km/sec -> 90 minuten omloop
- = stortplaats van de ruimtevaart (rakkettrappen e.d.)
- Meer dan 50000 stukken van > 1 cm
- 1 stuk per 12 miljoen km3

Satelliet

- HEO (High Earth orbit) :
  - Baan die hoger ligt dan geosychroon
  - Wordt zelden gebruikt
  - Graveyard orbit :
    - “Junk” orbit
    - Hier worden niet meer actieve satellieten geparkeerd om geen gevaar meer te betekenen voor andere satellieten.

Satelliet

- SSO (Sun synchronous orbit) :
  - Vliegen boven de dag - en nachtgrens van de aarde
  - Heeft altijd zonlicht op de zonnepanelen

Satelliet

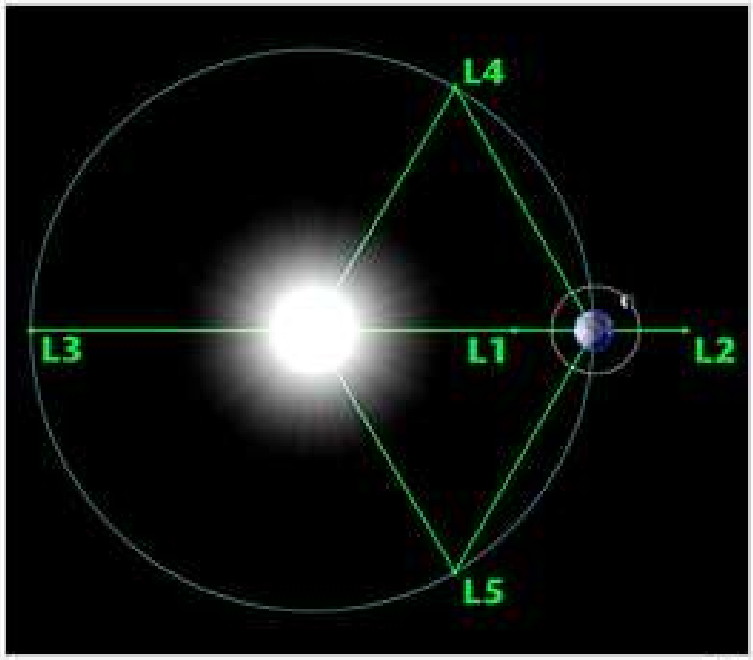
- GSO (Geosychronous orbit) :
  - Heeft een omlooptijd van 23,934 uur (siderische dag)
  - Heeft dezelfde draairichting als de aarde
  - Vooral weersatellieten en TV (geen duplex – te grote vertraging 250 ms)
  - Kan zowel circulair als elliptisch zijn.

Satelliet

- GEO (Geostationair) :
  - Blijft altijd op hetzelfde punt t.o.v. de aarde
  - Altijd boven op de evenaar
  - Bijzondere soort GSO
  - QO100

Satelliet

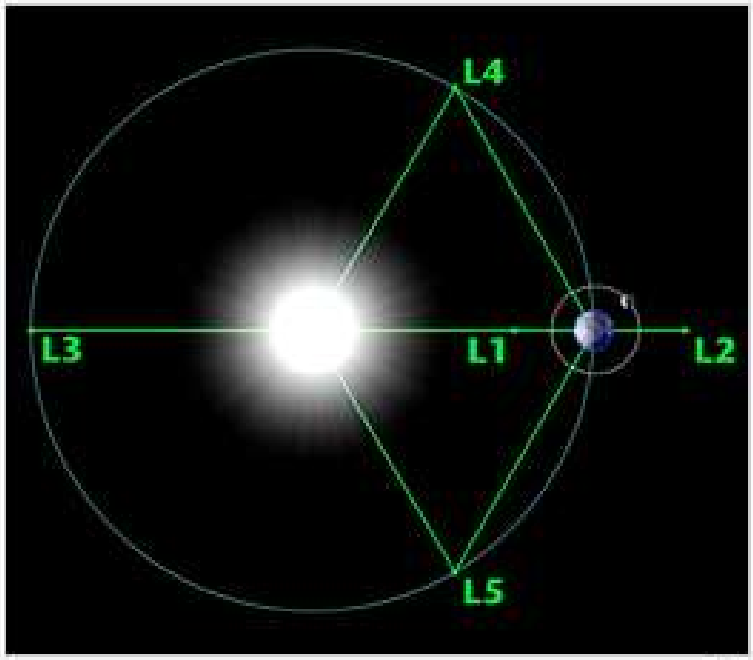
- L (niet rond de aarde) :
  - Satelliet op of rond de Lagrange punten
  - Italiaanse wiskundige Joseph-Louis Lagrange
  - Op een L-punt is een satelliet in evenwicht tussen zon en aarde (of aarde – maan)



De vijf Zon-Aarde lagrangepunten

Lagrange 1

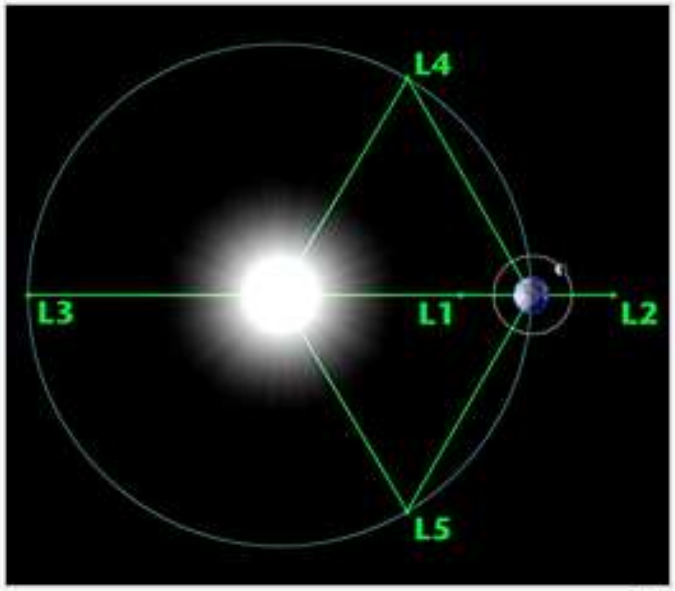
- SOHO (satelliet die zonnemetingen doet) zit op een halo rond L1
- Diameter van de Halo is 660 000 km
- Halo is nodig om communicatie met de sonde te verzekeren (zonneruis)
- Door de halo kan ook groter stuk van de zon bekeken worden



De vijf Zon-Aarde lagrangepunten

Lagrange 2

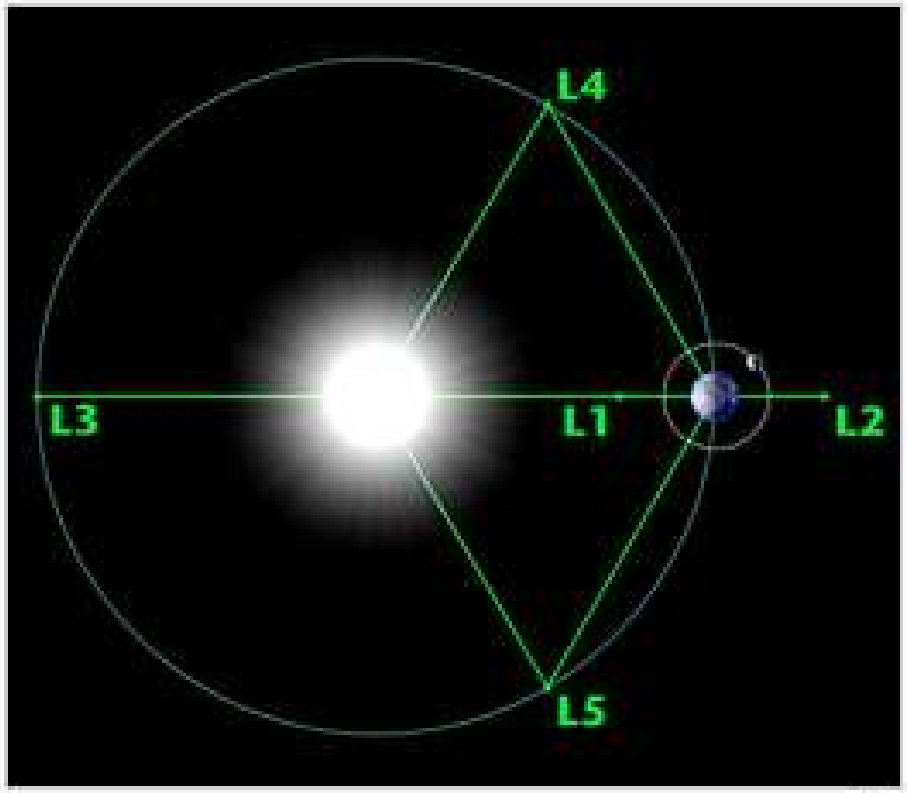
- L2 Ligt achter de aarde weg van de zon (dus steeds in de schaduw)
- Een halo rond L2 is ideaal voor ruimtetelescopen (afscherming van de aarde t.o.v. de zon)
- Herschel en Plank telescopen zitten op halo rond L2
- Gaia op Lissajous



De vijf Zon-Aarde lagrangepunten

Lagrange 3

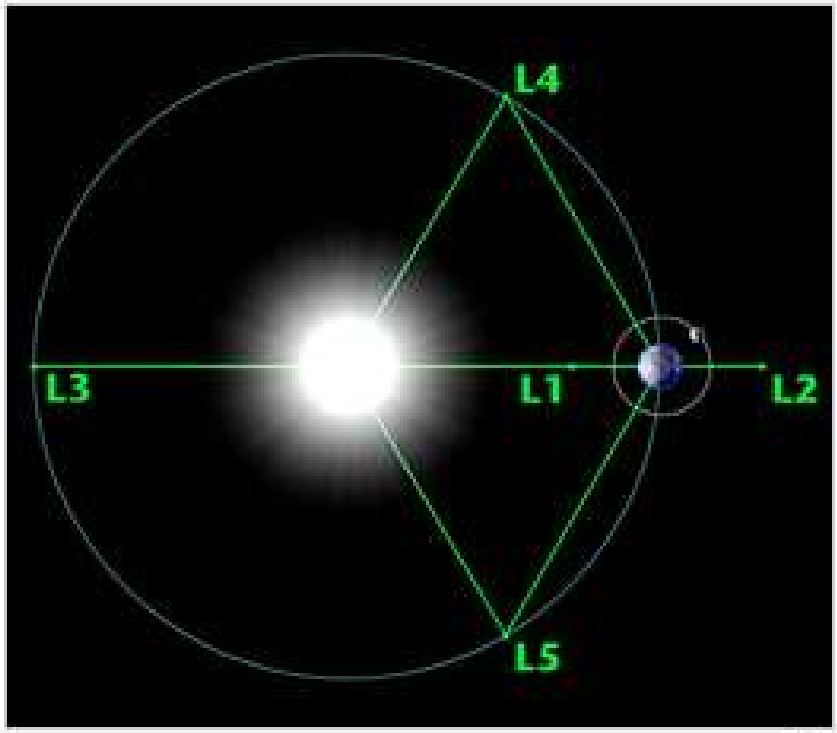
- L3 Ligt achter de zon buiten bereik van de aarde
- Niet rechtsreeks bereikbaar
- Cowboy verhalen over “verborgen” planeet



De vijf Zon-Aarde lagrangepunten

Lagrange 4/5

- L4/5 Ligt op dezelfde baan als de aarde
- Op L4 ligt de Trojaanplanetoïde 2010 TK7 en mogelijk ook Kordylewsliwolken
- Ideale plaats om ruimtekolonies te stichten



De vijf Zon-Aarde lagrangepunten

GMAT

General Mission Analysis Tool

Website: http://gmat.gsfc.nasa.gov

Meteor scatter

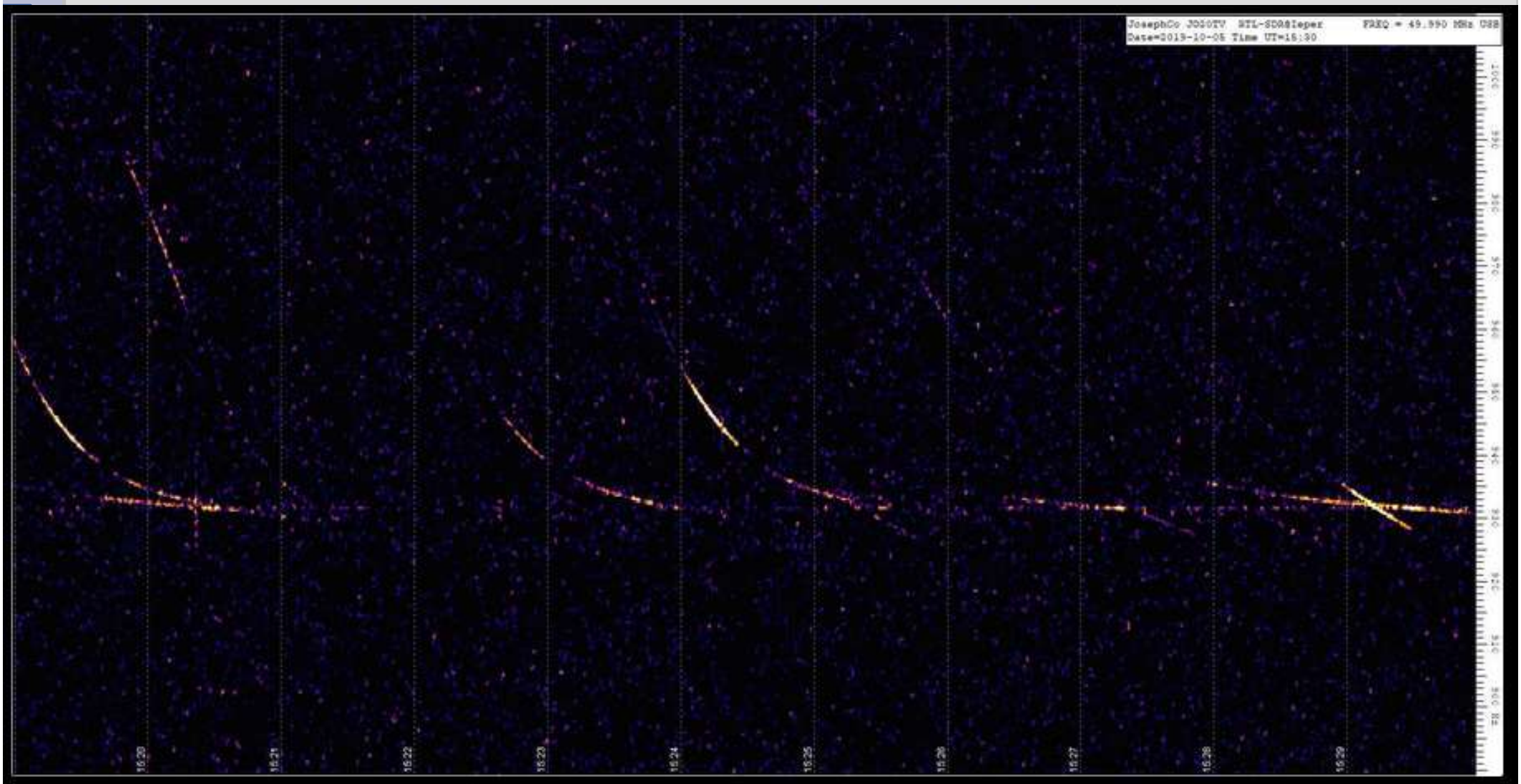
- Stukken materiaal van na de vorming van ons zonnestelsel zweven nog vrij rond in de ruimte : Kometen
- Als er kometen in onze dampkring terechtkomen : Meteoren
- Als er na verbranding nog materiaal overblijft : Meteoriet
- De meeste kometen bevinden zich in de Kuipergordel; 30 tot 50 AE van de zon; transneptunische objecten
- Jaarlijks zijn er wolken van meteoren die periodisch terugkomen
- Tijdens inval in de atmosfeer verdampt de komeet door wrijvingswarmte en laat een geïoniseerde luchtstraal achter.
- Op die luchtstraal reflecteren radiogolven.
- Meteoren zijn gemakkelijk te detecteren

Meteoren detecteren

- Op 50 MHz : Meteoren baken in Zillebeke
- Op 144 MHz : Radar in Graves
- Op 433 MHz : Baken ON0VHF

Meteoren detecteren

Op 50 MHz : Baken in Zillebeke (49,99 MHz)



Meteoren detecteren

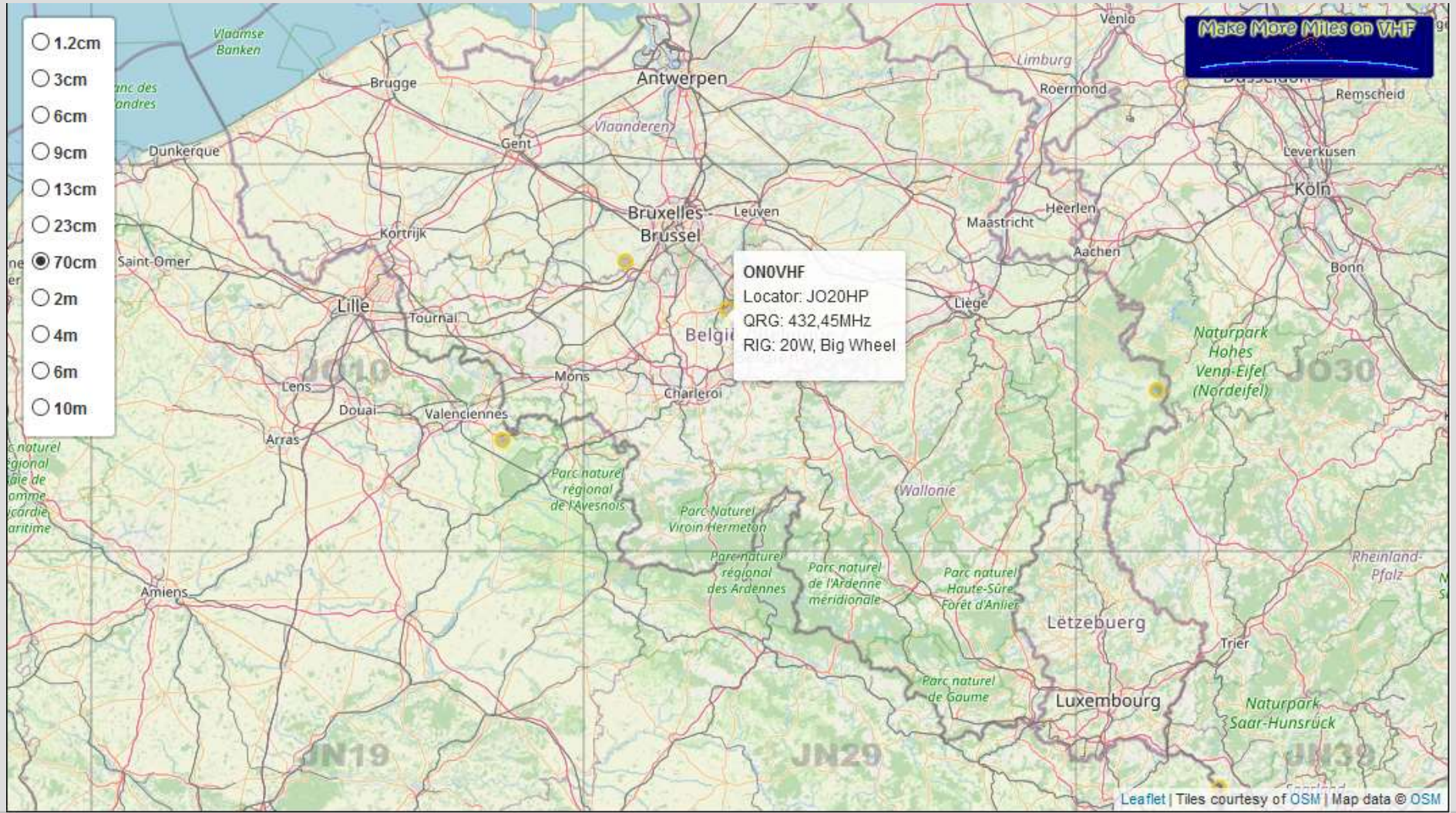
- Op 144 MHz : Radar in Graves
- http://www.itr-datanet.com/~pe1itr/graves/

Meteoren detecteren

- Op 144 MHz : Radar in Graves

Meteoren detecteren

- Op 432,450 MHz : Baken ON0VHF



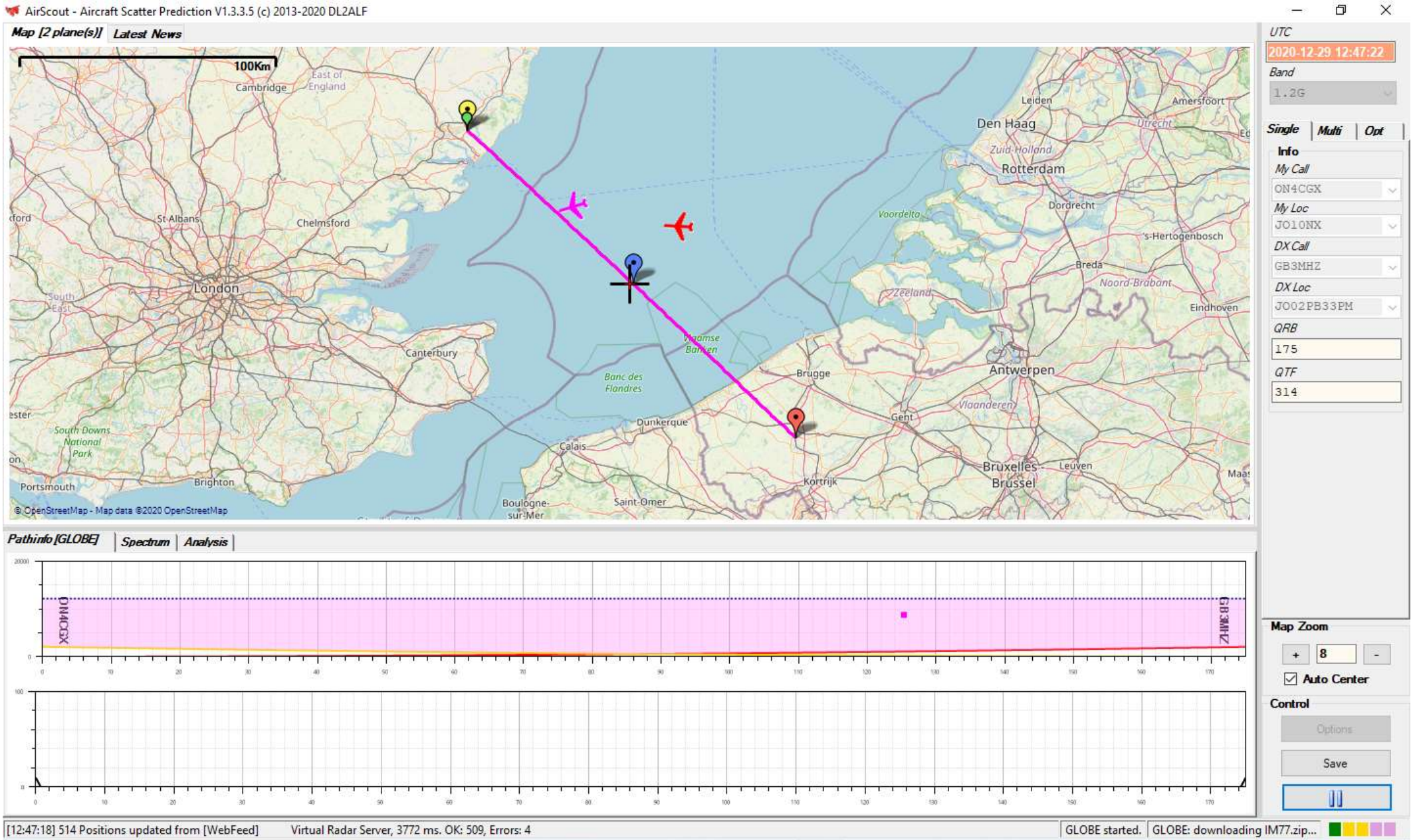
Meteoren detecteren – spectrum programma's

- Spectran
- Spectrum lab
- WSJTx

Air craft scatter

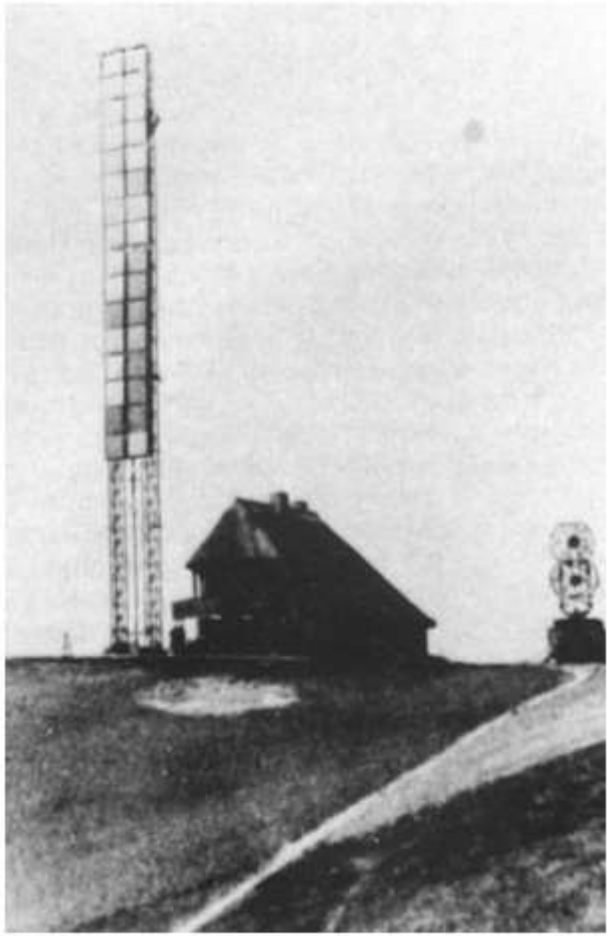
- Programma ACS : www.airscout.eu by DL2ALF

Air craft scatter



EME

- Het concept werd bekeken in 1940 door de Britisch General Post Office – W.J.Bray
- 1943 : Telefunken ontwikkelt de radar in Bakenberg – Rügen (564MHZ; 120 kW EIRP; antenne opp. 45 m2) – Project “Würzmann” (CQ-DL 7/79)



Picture of the radar on Rügen, from DWA

EME

- 1946 : USA experimenteert met EME (EIMAC)
- Tot in de jaren 50 was er een teletype verbinding tussen Pearl Harbor en US Navy HQ in Washington

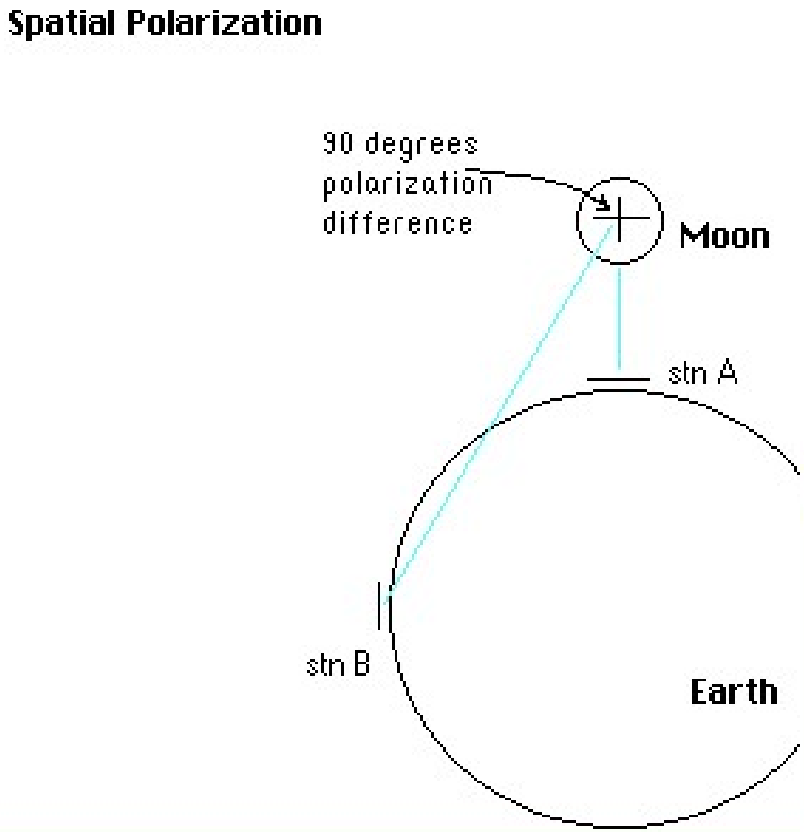
EME – De Uitdagingen

- Afstand Maan – Aarde : +/- 400.000 km
- Traject verzwakking :
  - 144 MHz : 251,5 dB
  - 432 MHz : 261 dB
  - 1296 MHz : 270,5 dB

- M.a.w. 1000W TX resulteert in $1*10^{e}$-26 W RX op 432 MHz
- Noise floor op 432 MHz (@B=2500Hz) is $7*10^{e}$-18W ofwel 60 dB onder de ruis…
- 60 dB in de ruis = 1 stem horen in een publiek van 1 miljoen stemmen…

EME – De Uitdagingen

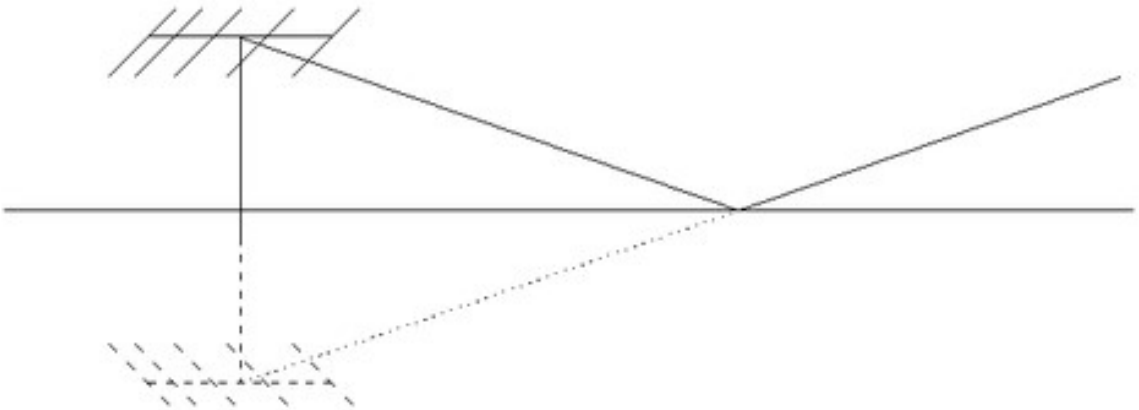
- Het signaal kan gedraaid worden doordat de zender en ontvanger niet op dezelfde breettegraad liggen ; Spatial rotation

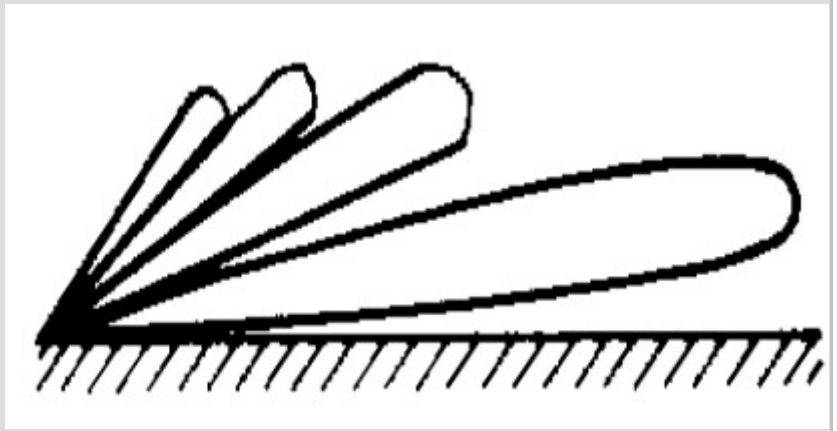


Polarization error	Loss (dB)	Polarization error	Loss (dB)
0°	0	50°	3.84
10°	0.13	60°	6.02
20°	0.54	70°	9.32
30°	1.25	80°	15.2
40°	2.31	90°	infinite

EME – De Uitdagingen

- Het signaal kan gedraaid worden door de ionosfeer en is zeer onvoorspelbaar; Faraday rotation
- Is het meest merkbaar op 144 en 432 MHz
- Bij maan opkomst en ondergang is tot 6dB winst mogelijk : Ground gain





EME – De Uitdagingen

- Hoe die 60 dB overbruggen ?
  - Van SSB (B=2500Hz) naar CW (B=500 Hz)
    - Winst : 7 dB => 53 dB
  - Antennes zijn alles ! Kies een ferm tegenstation (vb DL7APV of HB9Q)
    - Eigen antenne vb 4 meter boom: 17 dBi => 36 dB
    - DL7APV (128*11 el) : 36 dBi => 0 dB
- M.a.w. je kan DL7APV horen net op de ruisdrempel in CW !
- WSJT kan in ideale omstandigheden tot 30 dB in de ruis kijken.
- DL7APV heeft record met een verbinding met als tegenstation 1 dipool en 30 W
- Radiotelescoop Dwingelo op JOTA (jaarlijks)

EME – Dwingelo
http://websdr.camras.nl:8901/

/e have live signals from the 25 m dish in Dwingeloo here. Please look at the information below the telescope picture to see what the telescope is aimed t, if anything.
he 2m and 6m streams are from small yagi antennas for meteor scatter reflections.

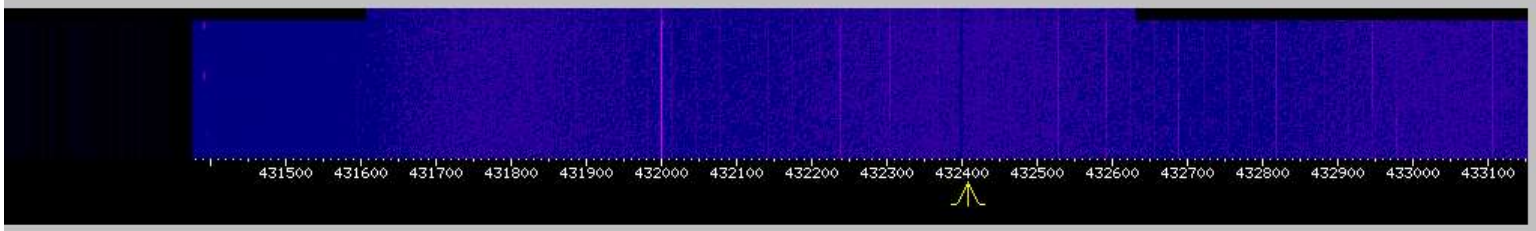
hese antennas are operated by CAMRAS.
uestions and comments can be sent to pa3fwm@websdr.org, and/or use the chatbox at the bottom of this page.

ore WebSDR receivers for other bands can be found via http://www.websdr.org/.

lease log in by typing your name or callsign here (it will be saved for later visits in a cookie):

View: ○ all bands ○ others slow ◉ one band ○ blind **Allow keyboard:** ☐ **Waterfall:** ○ Java ◉ HTML5 **Sound:** ○ Java ◉ HTML5

tracking: **idle**
az.: **30.287°** el.: **30.000°**



Frequency: 432409.95 kHz
--- -- - + ++ +++
Band: ◉ 70cm EME ○ 23cm EME ○ 2m ○ Graves ○ 6m
Or tune by clicking/dragging/scrollwheel on the frequency scale.

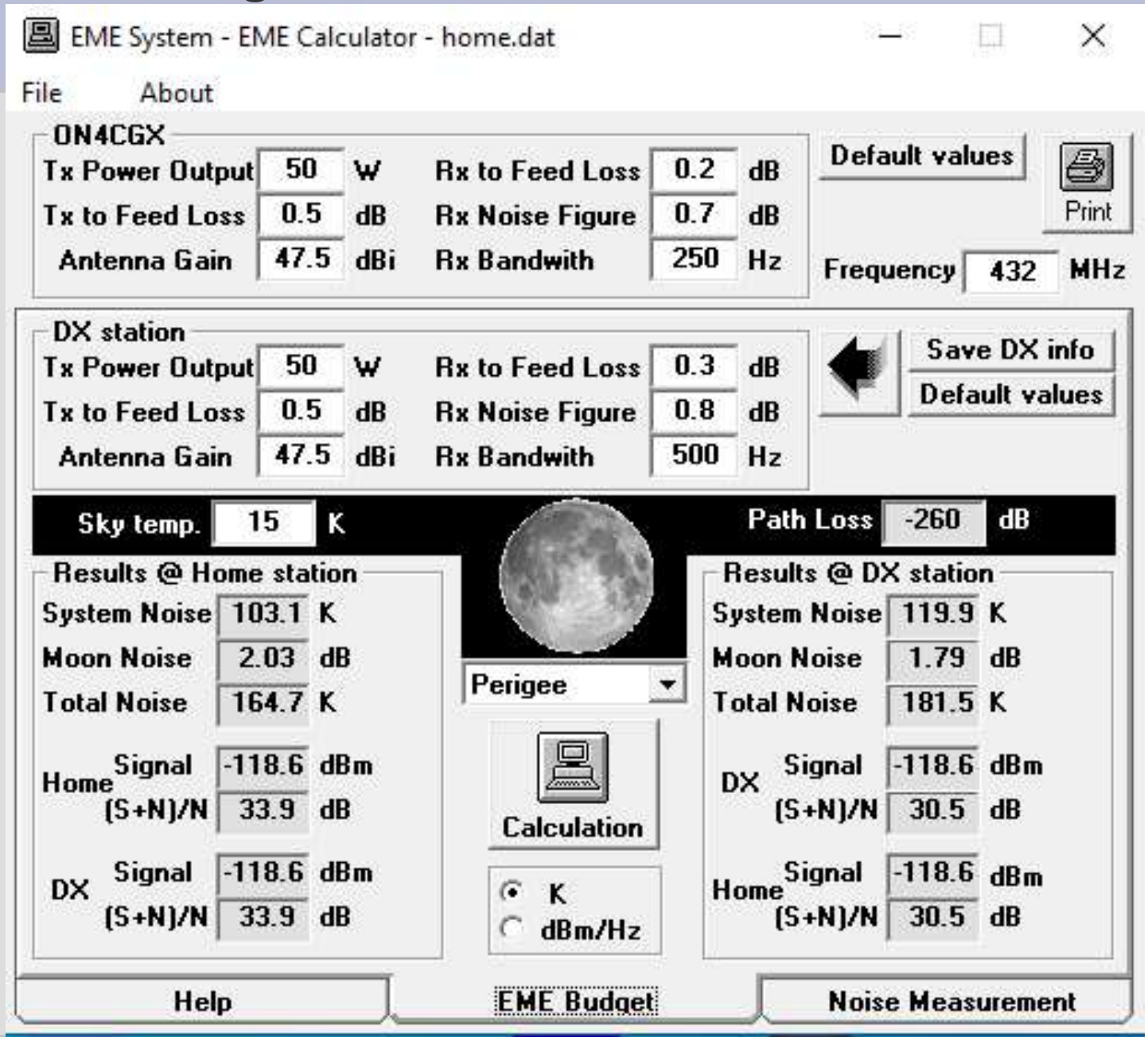
Memories:
recall erase store (new)

Bandwidth:
2.49 kHz @ -6dB; **2.95** kHz @ -60dB.
wider CW-wide LSB USB AM FM
narrower CW-narrow LSB-nrw USB-nrw AM-nrw
Or drag the passband edges on the frequency scale.

Waterfall view:
zoom out zoom in
max out max in
Or use scroll wheel and dragging on waterfall.
Speed: slow
Size: medium

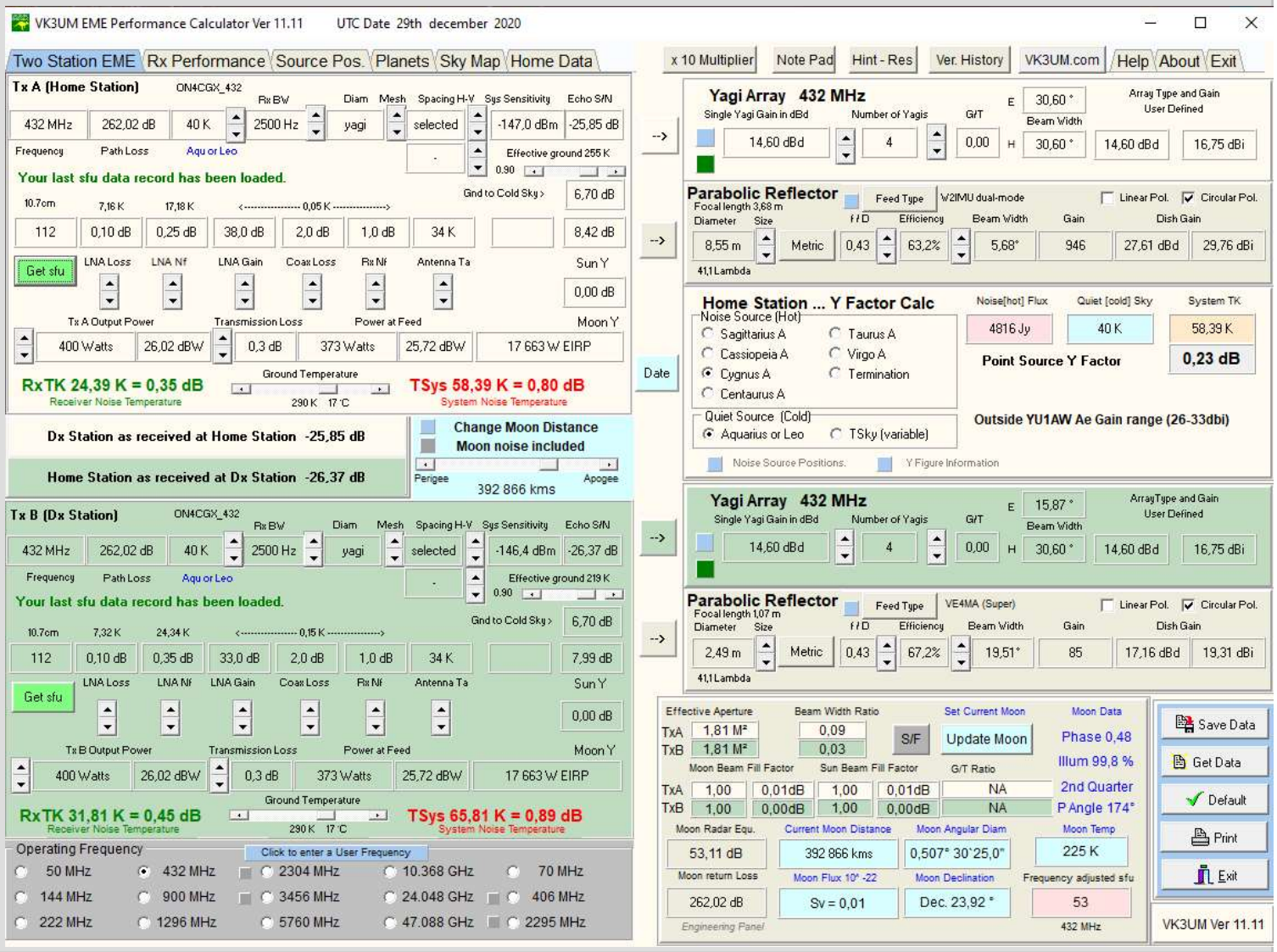
EME – Budget calculatoren

- F1EHN



EME – Budget calculatoren

- VK3UM



Wanneer best/ideaal EME ?

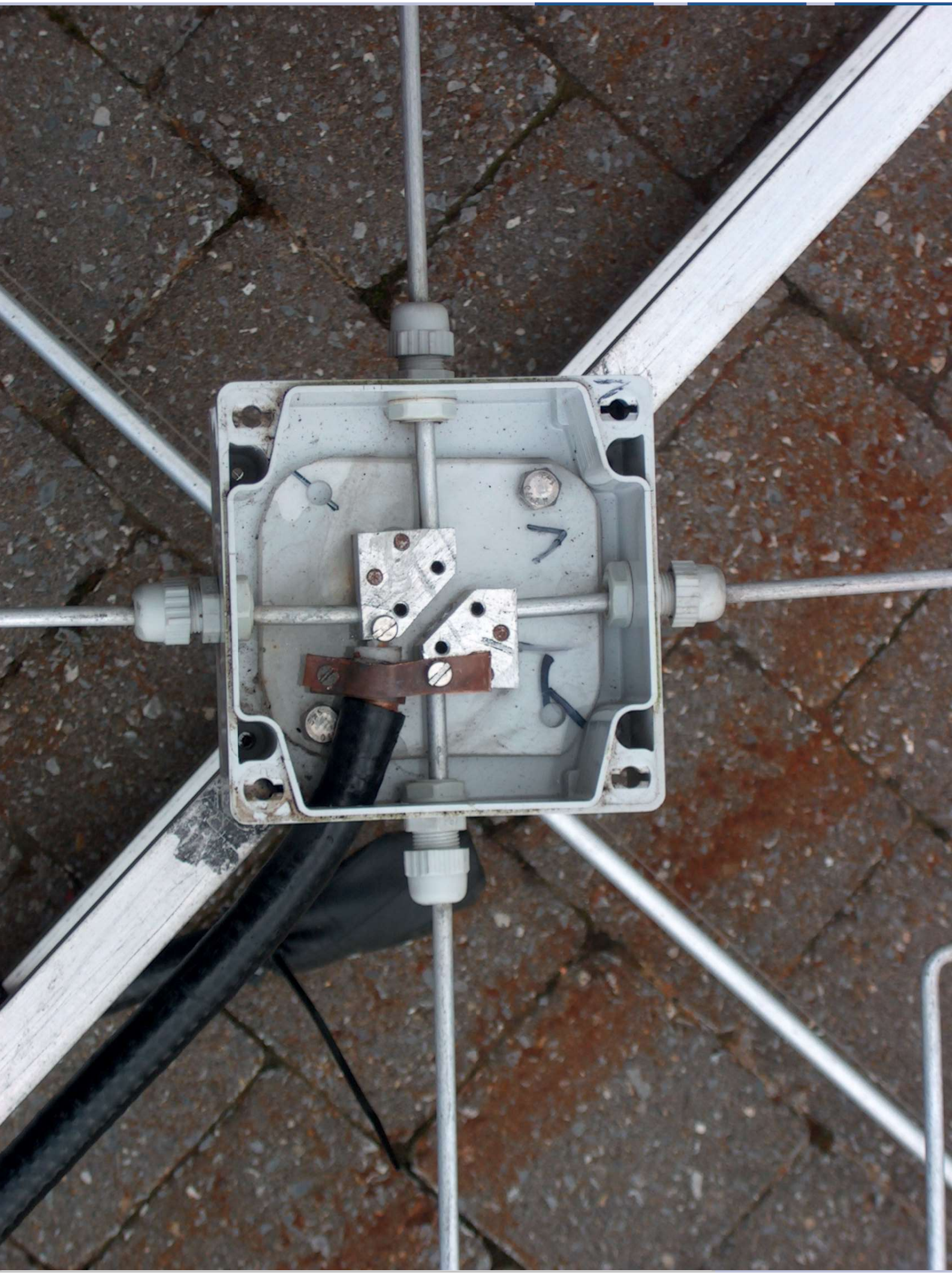
- Als de maan boven de horizon is…
  - Nogal logisch, maar toch…
- Antennes recht op de maan gericht
  - Kan een probleem zijn op >10GHz
- Positieve inclinatie
  - De “moonpass” is dan langer – belangrijk in contesten
- Maan in perigeum
  - Staat dan het dichtst bij de aarde
- Maan ver weg van de zon
  - Vermijden van zonneruis
- De achtergrond ruisarm
  - De dichtbevolkte zones in de melkweg geven extra ruis

Wanneer best/ideaal EME ?

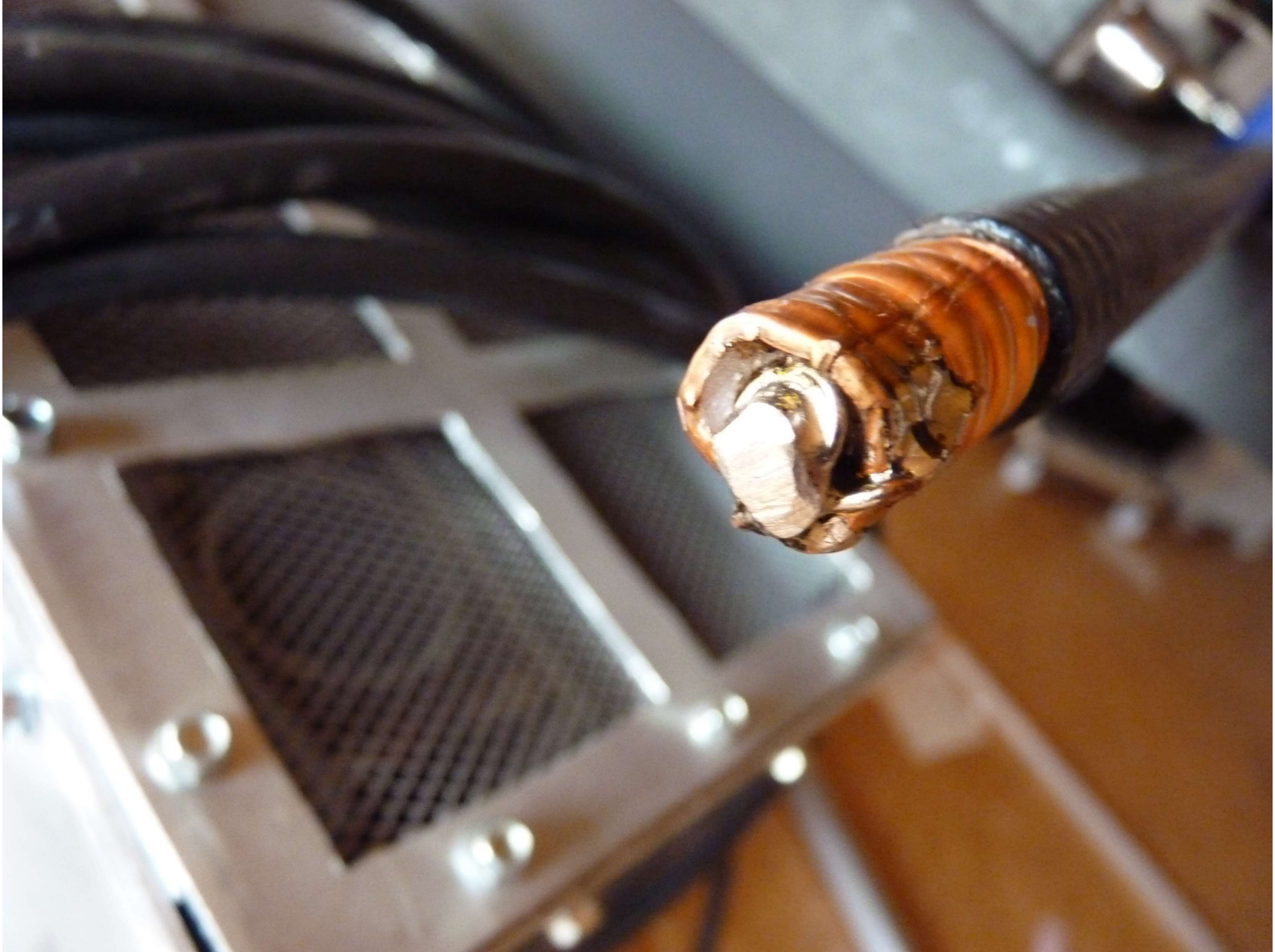
- Kijk op MMMONVHF of F1EHN
- Raadpleeg de Lunar calendar (DL7APV)

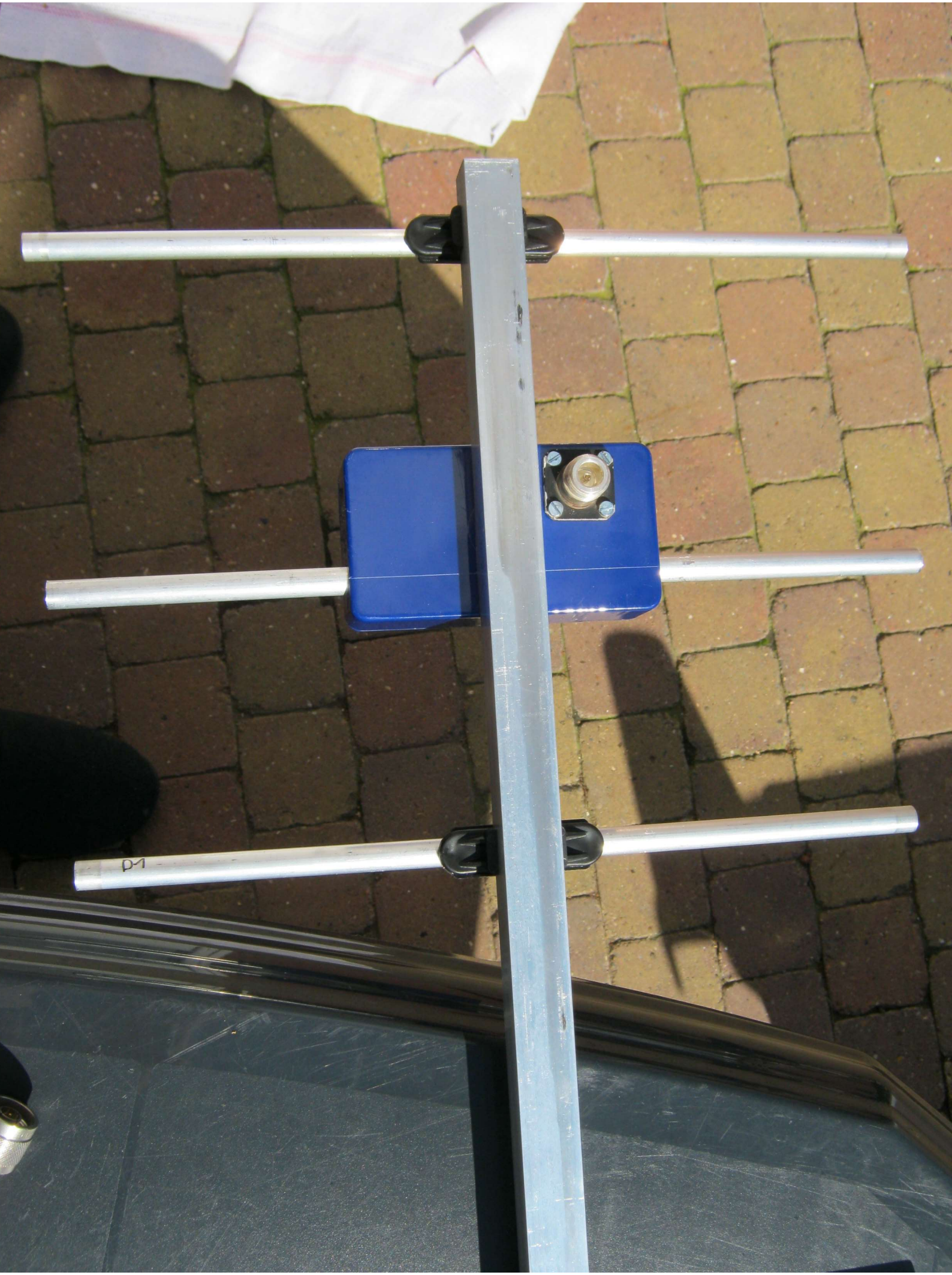
Prestaties op EME

- Is begonnen met de deelname aan de VHF Subregional Contests bij Gilbert ON4WY te Koekelare op 2 meter
- Bouwen van eigen preamps en lampenzenders
- Thuis station opgezet; 1 antenne 6 meter lang (DL6WU longyagi) met 1 kW – Contact gemaakt met W5UN in CW
- Dan 4 antennes van 4 meter boomlengte in H-stack en PA van 2,5 kW => Meerdere interessante contacten waaronder het WAN-award
- Dan in Lichtervelde 4 * 12 element long yagi's op 70 cm en 400 W SSPA

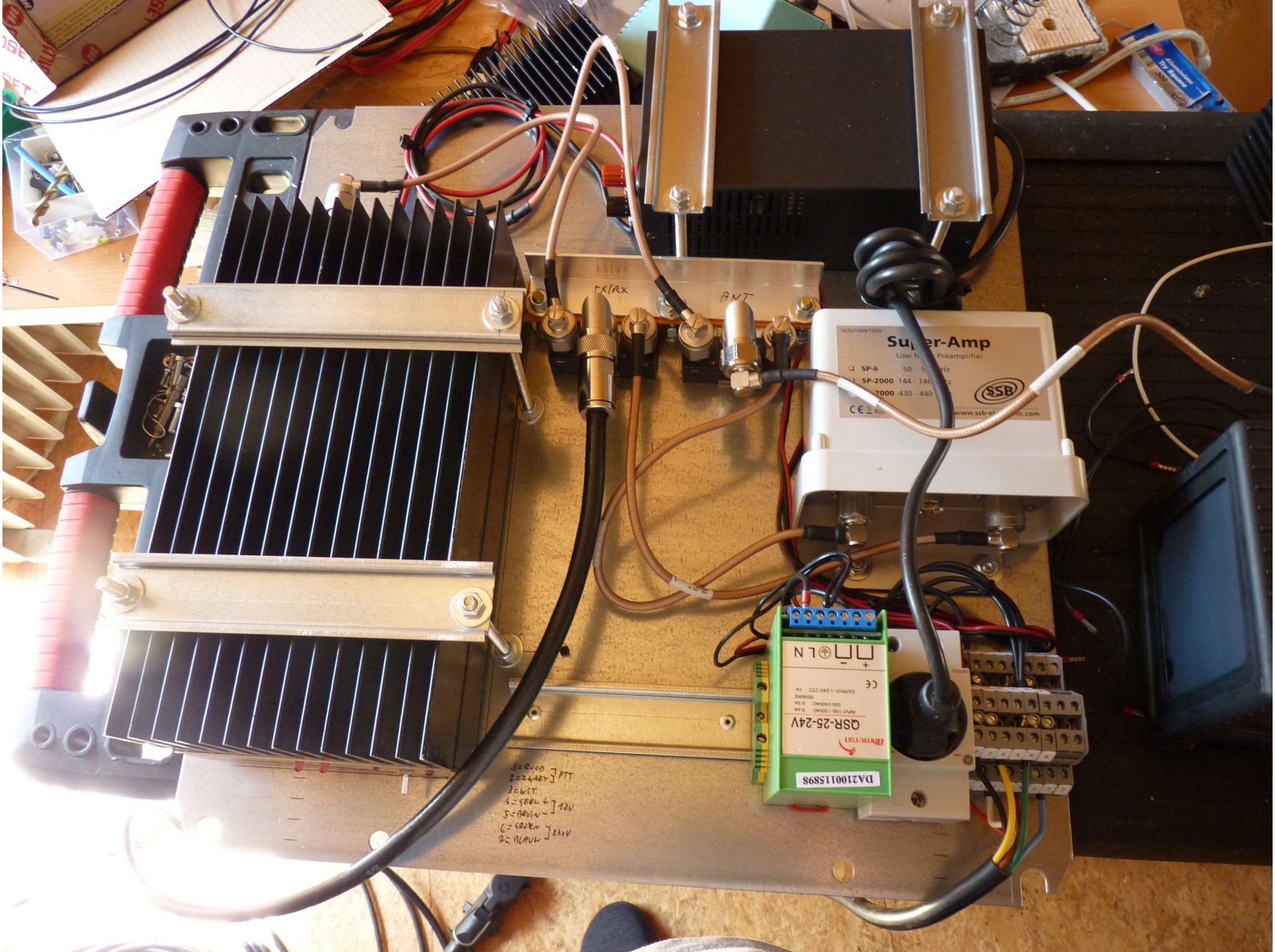


BBS2202
ERICSSON
LOAD
amplitec
UG:2-100/1500 LINEAR AMPLIFIER
PS:01 - POWER SUPPLY
ON4LN



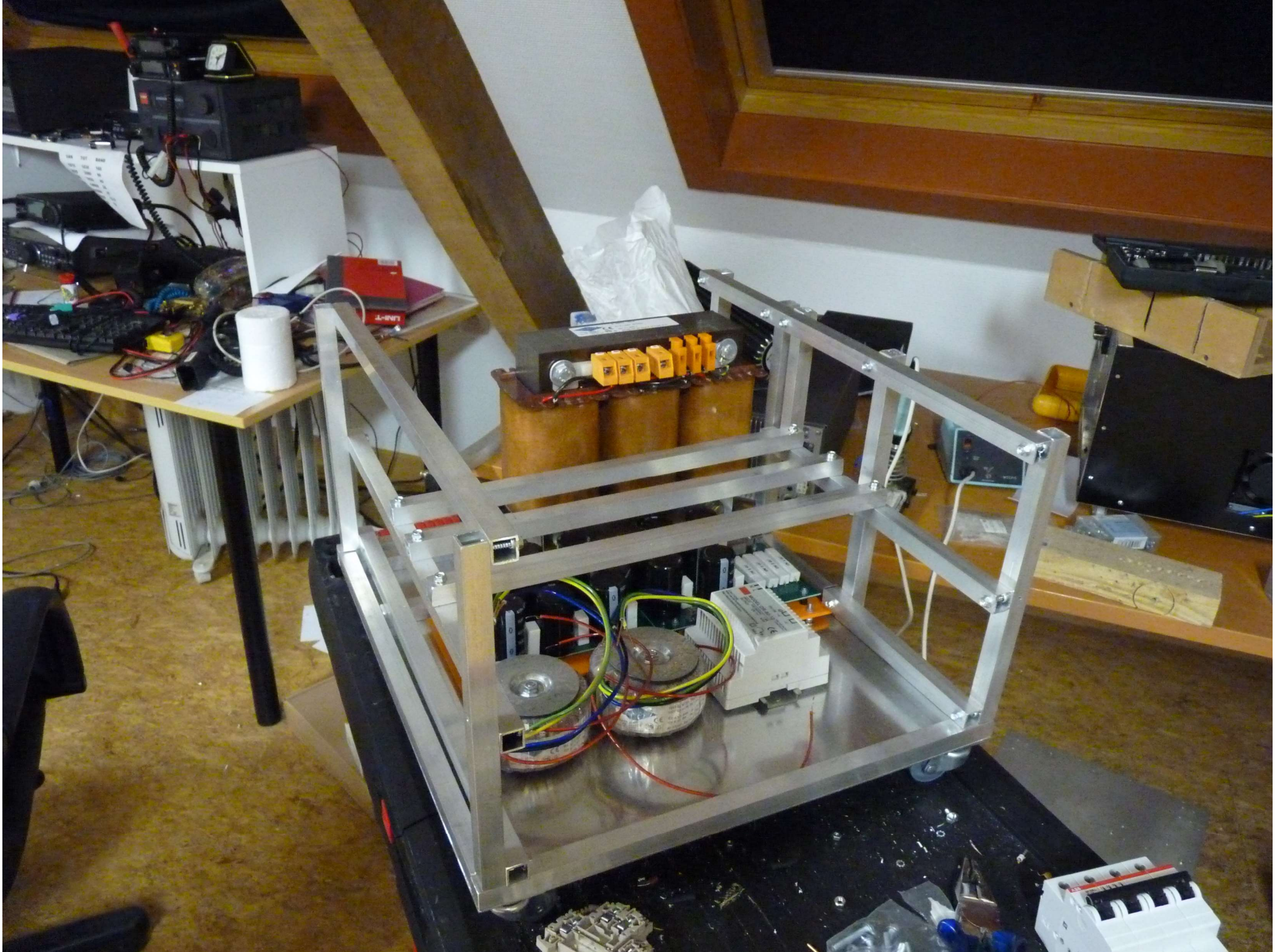

D1

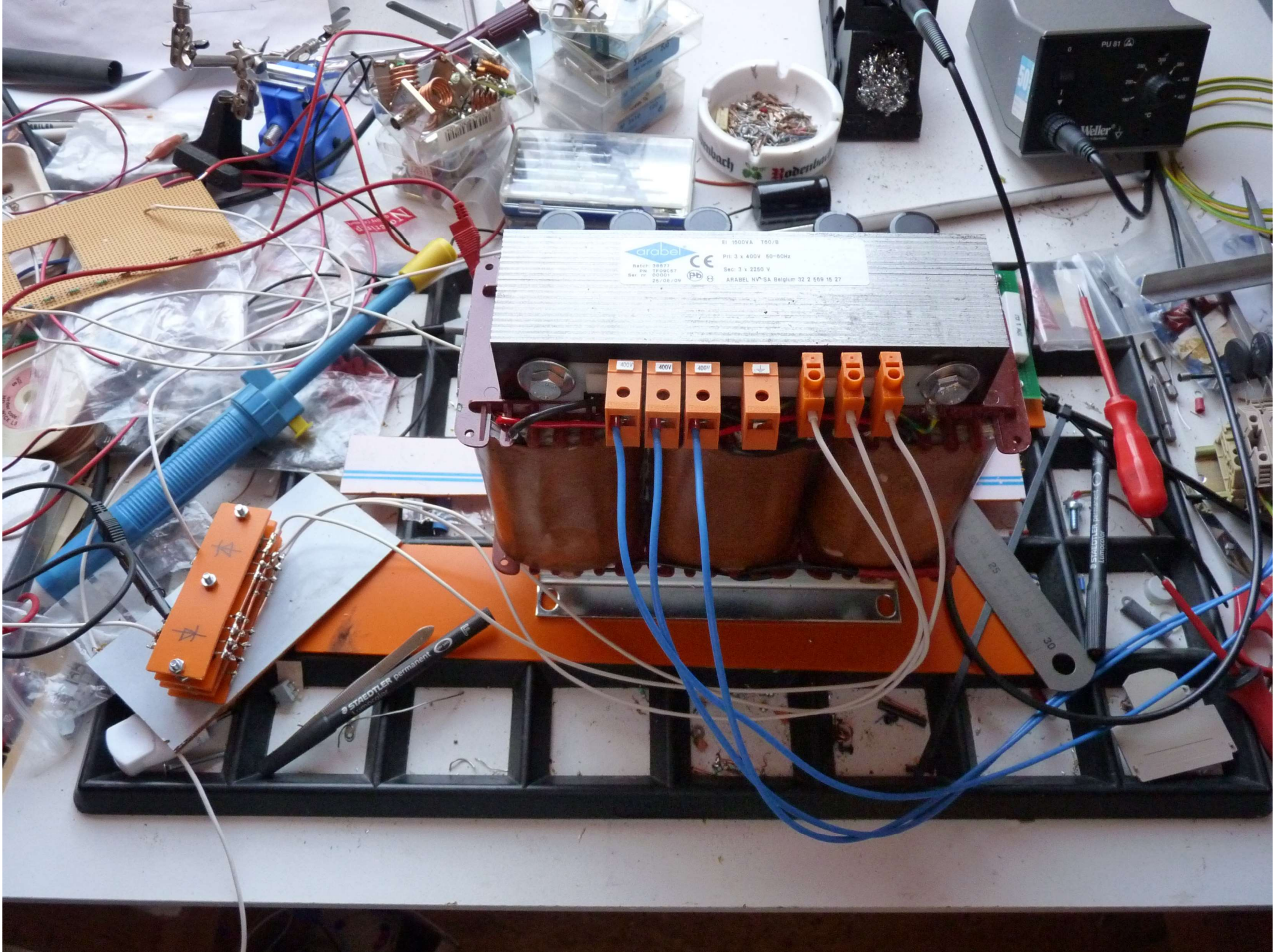
Petra Camp

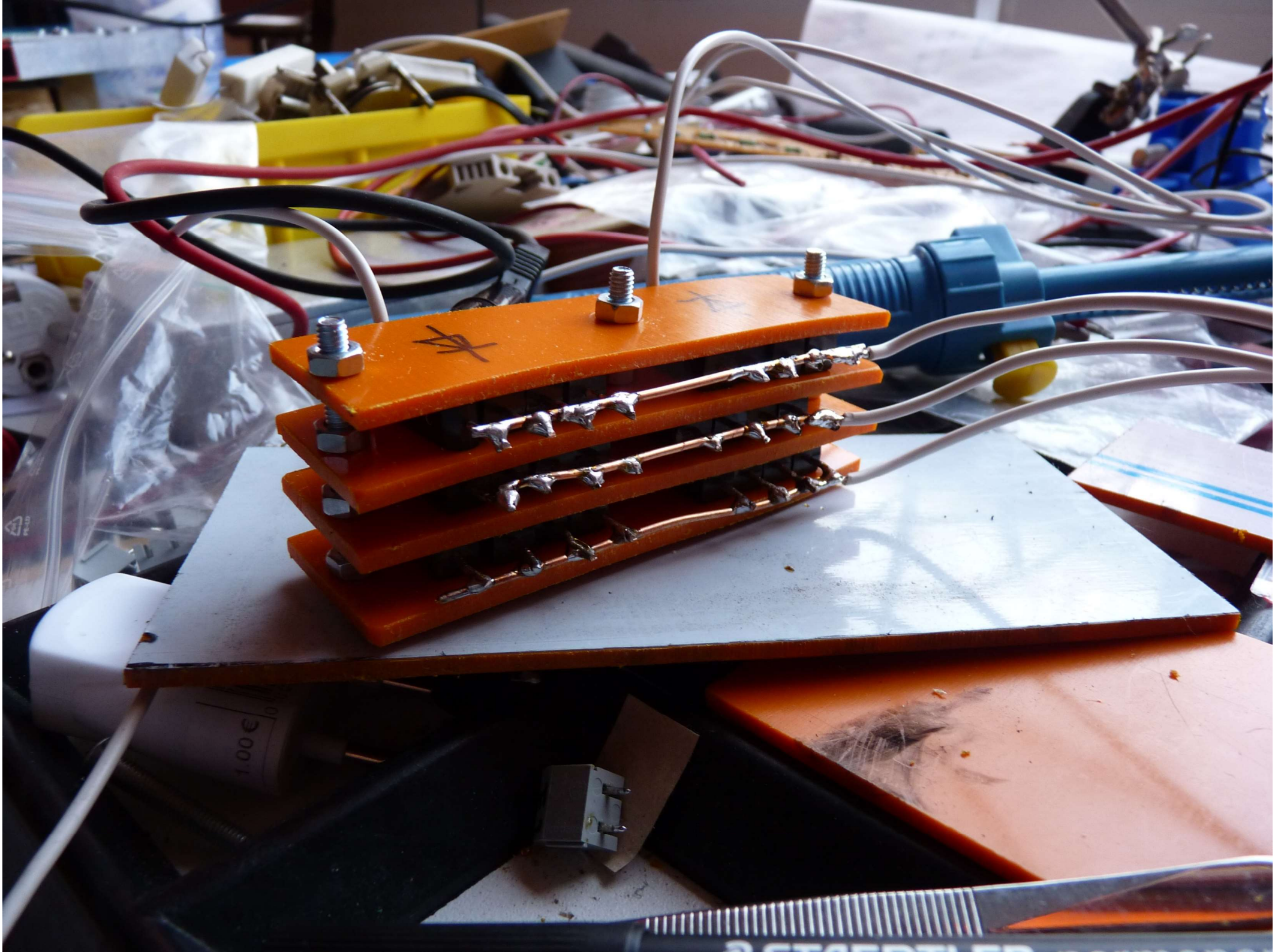

TX/RX
ANT
Super-Amp
SP-6
SP-2000
SSB
QSR-25-24V
DA21001158 98
1=ROOD
2=ZWART
3=WIT
4=GEEL +
5=GROEN ~
6=GROEN
7=BLAUW
PTT
12V
230V

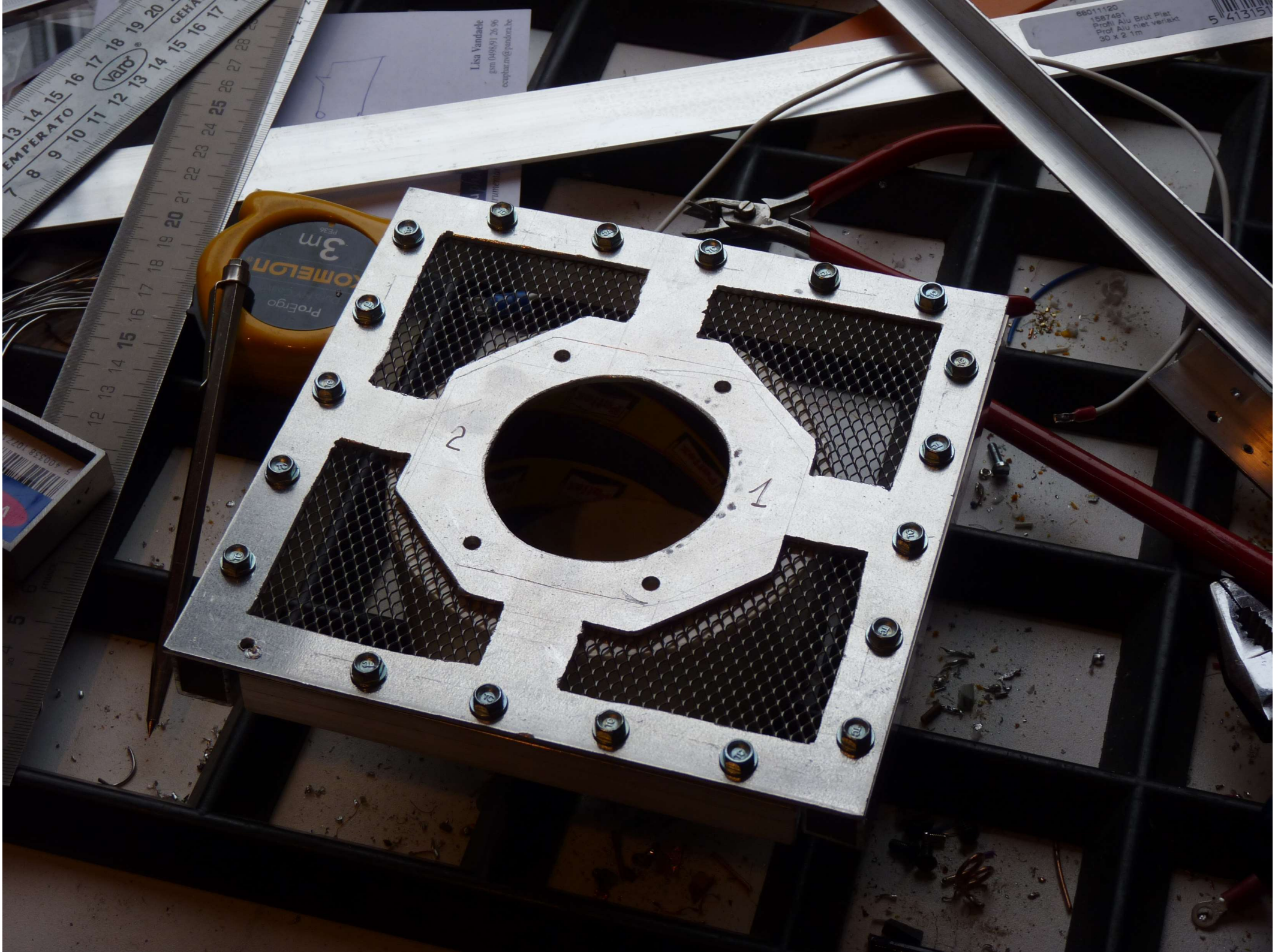
Super Amp
QSR-25-24V

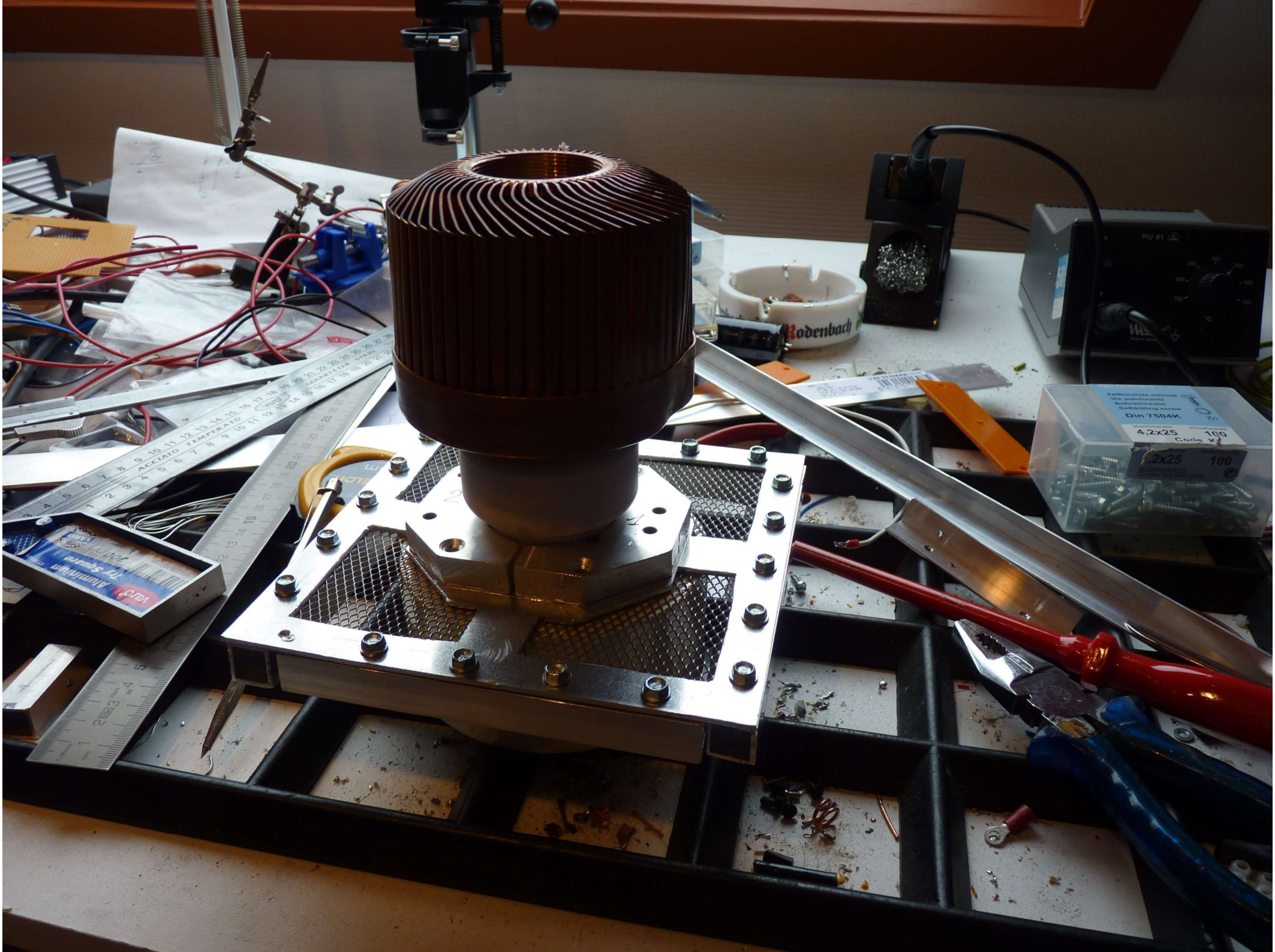
MODEL DR-60-12
HD-300

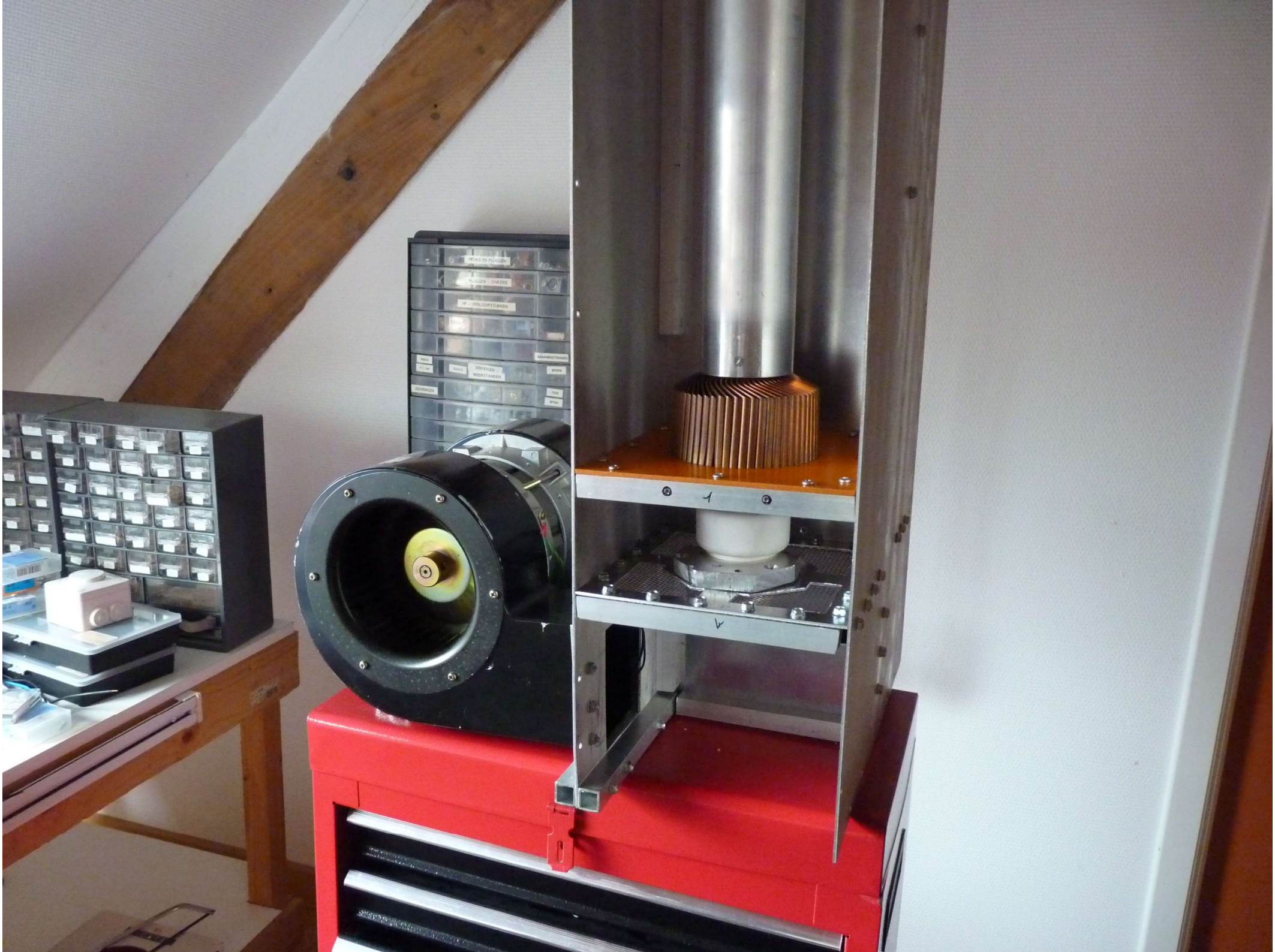



arabel
EI 1600VA T60/B
Batch: 38677
PN TF09C67
Ser. nr 00001
25/08/09
Pri: 3 x 400V 50-60Hz
Sec: 3 x 2250 V
ARABEL NV-SA Belgium 32 2 569 15 27
400V
400V
400V
PU 81
Weller
STAEDTLER permanent
STAEDTLER Lumocolor

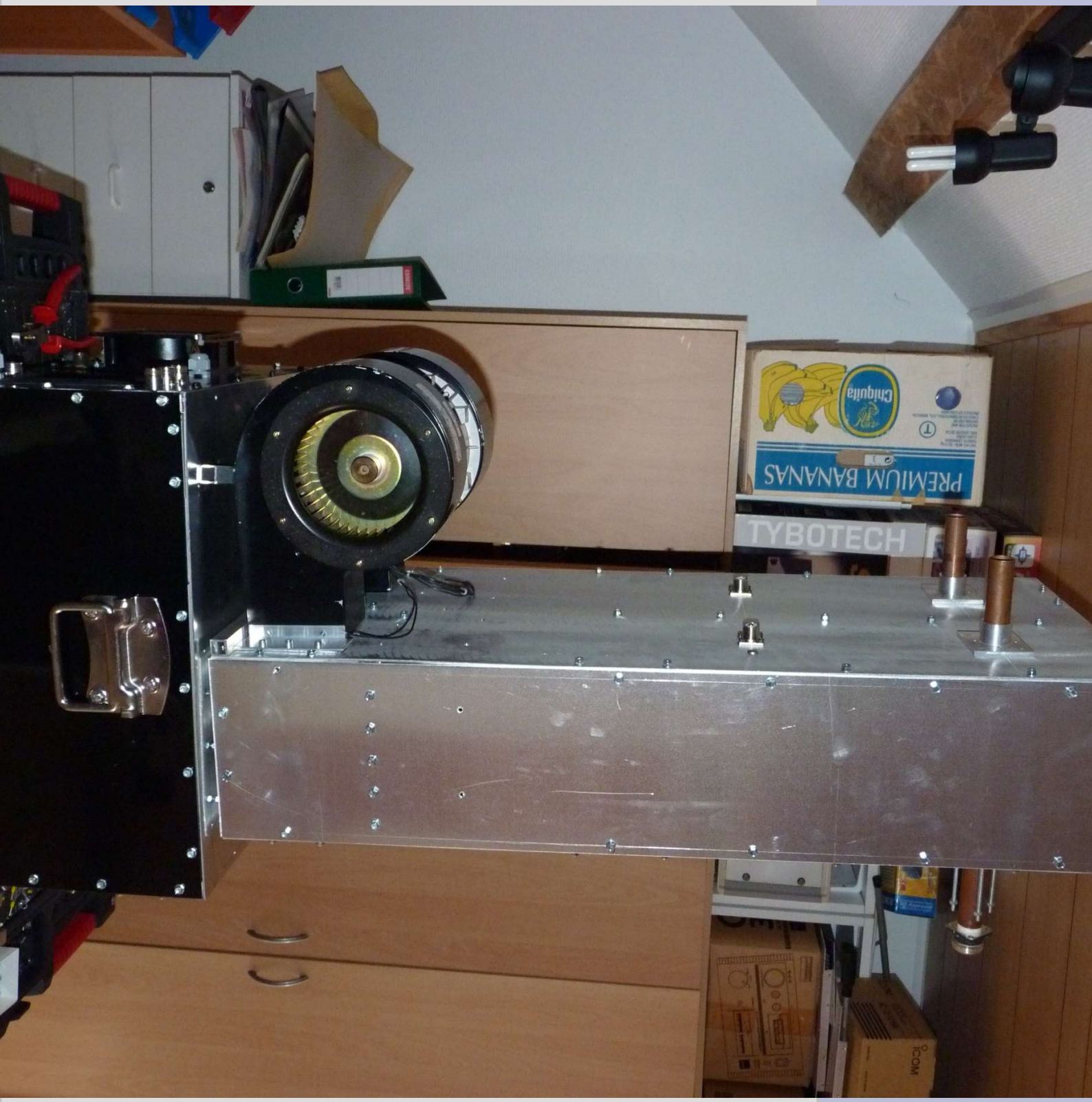



Lisa Vandaele
gsm 0498/91 26 96
ecuphar.nv@pandora.be
68011120
1587491
Prof. Alu Brut Plat
Prof. Alu niet verlakt
30 x 2 1m
5 413151
Vario
EMPERATO
GEHA
3m
PE36
ROMELON
Profergo
2
1


Rodenbach
Din 7504K
4,2x25
100
Code K
Aluminium
70mm
TT square


PEKKES EN PLUGGEN
PLUGGEN - CHASSIS
HF - VERLOOPSTUKKEN
VERVENGER - WEERSTANDEN
ZEKERINGEN

MAINS
PANEL
220V MAIN
SEC. HEATER 1
SEC. HEATER 2
PRIM. HV


PREMIUM BANANAS
Chiquita
TYBOTECH
ICOM

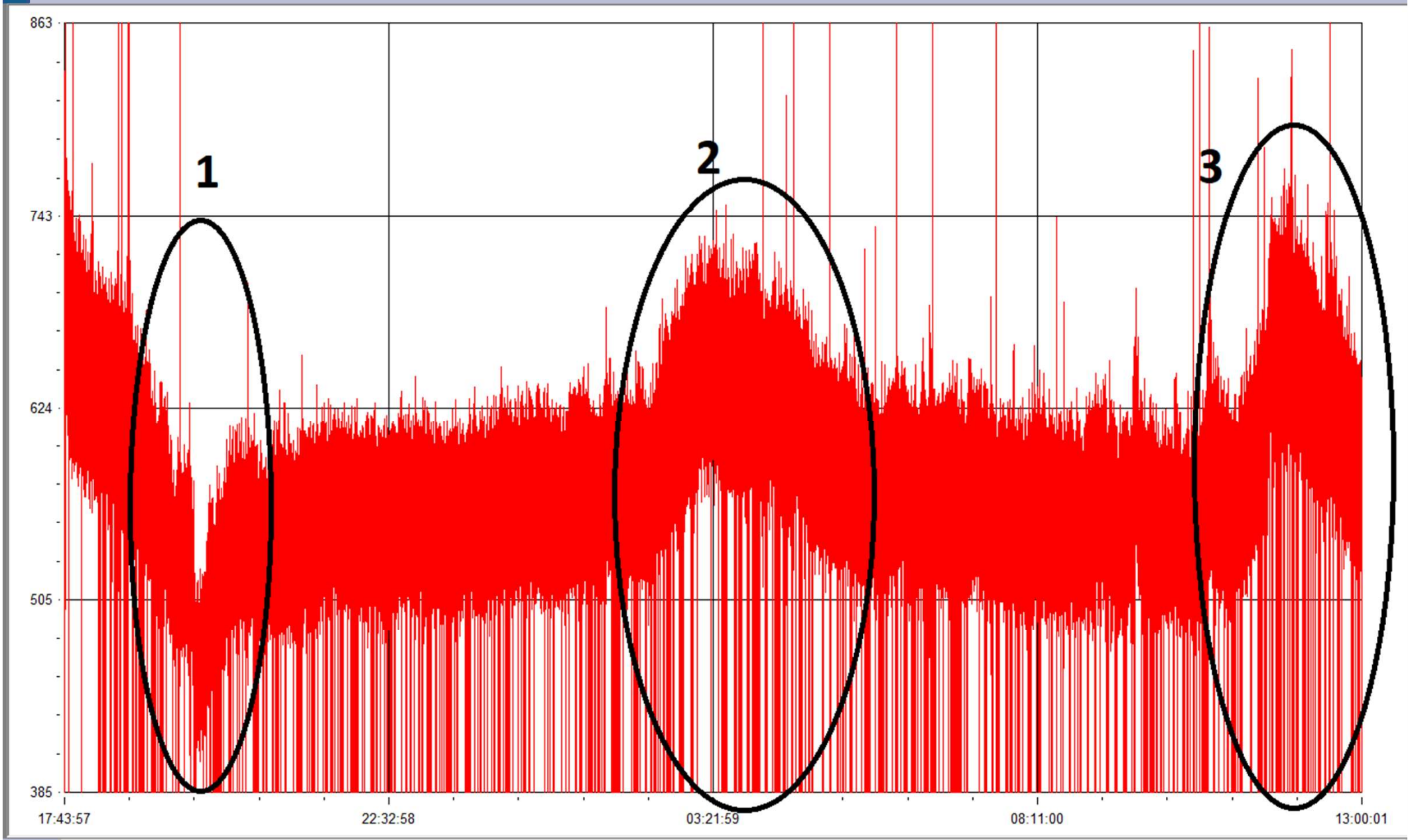
PREMIUM BANANAS
Speaker
WOOFER

Interferometer

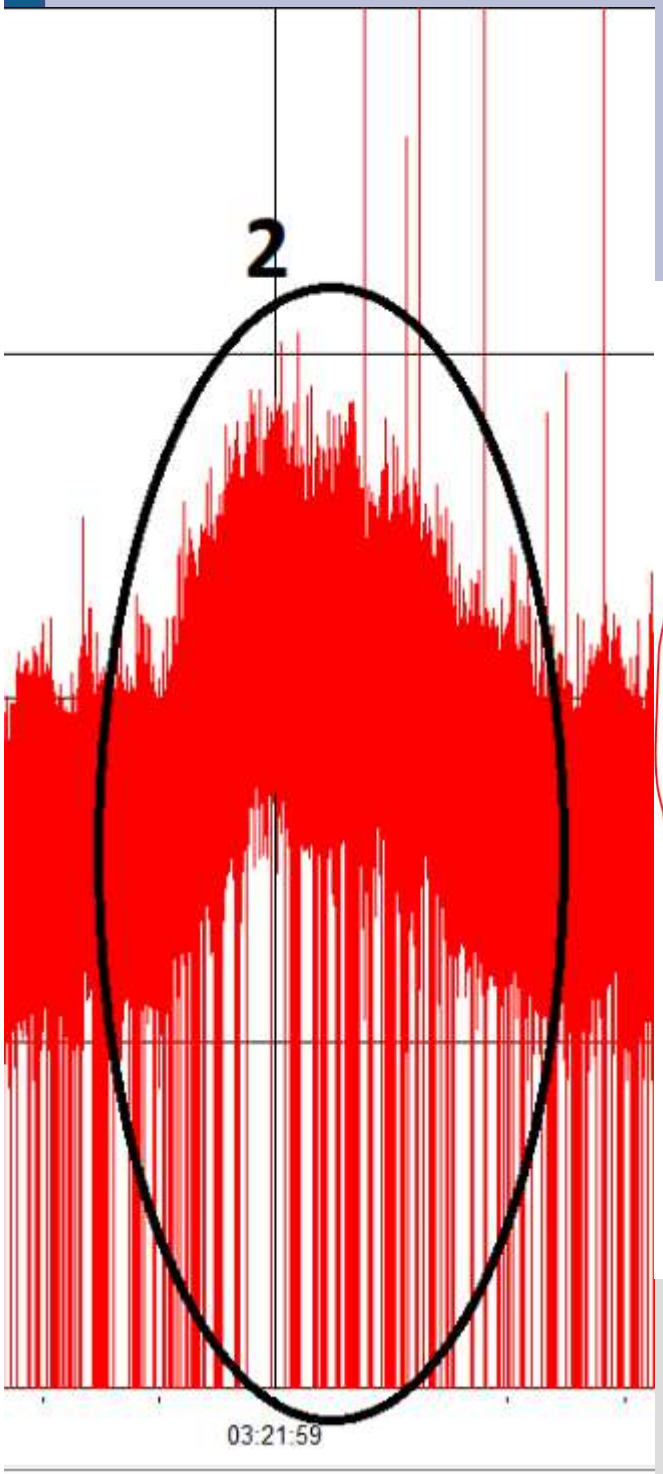
- 1 antennegroep kan gevoelig meten, maar er is veel achtergrondruis.
- Via interferometrie kan dit vermeden worden.
- 2 of meerdere antennes een x aantal golflengtes van elkaar zetten en faseren.

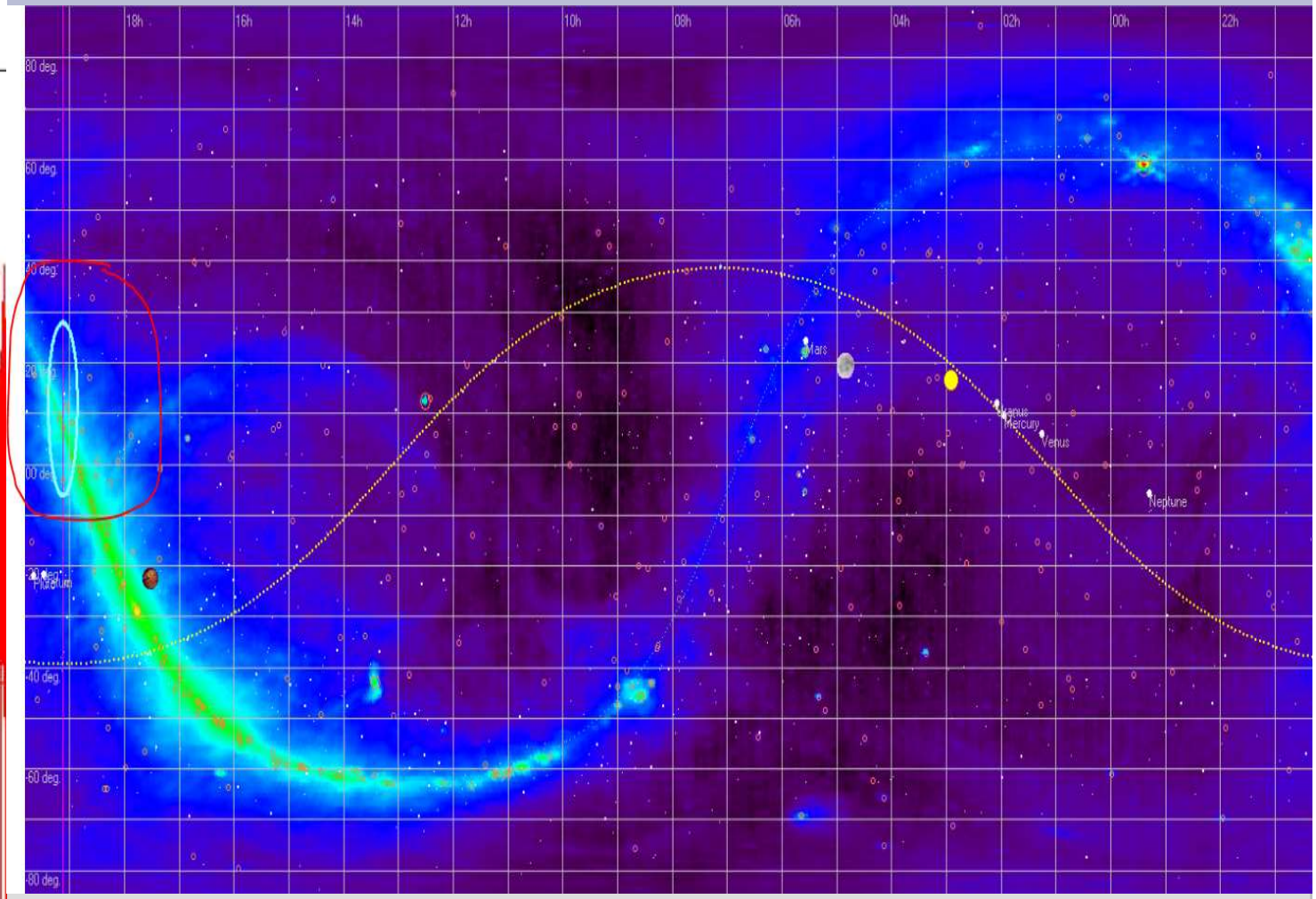
4 x 12 element EME 70 cm; QRG = 436,125 MHz; AGC = OFF; AZ = 180°; EL:90°

1 = Rustige plek ; 2 = Staart v/d melkweg; 3 = Zon

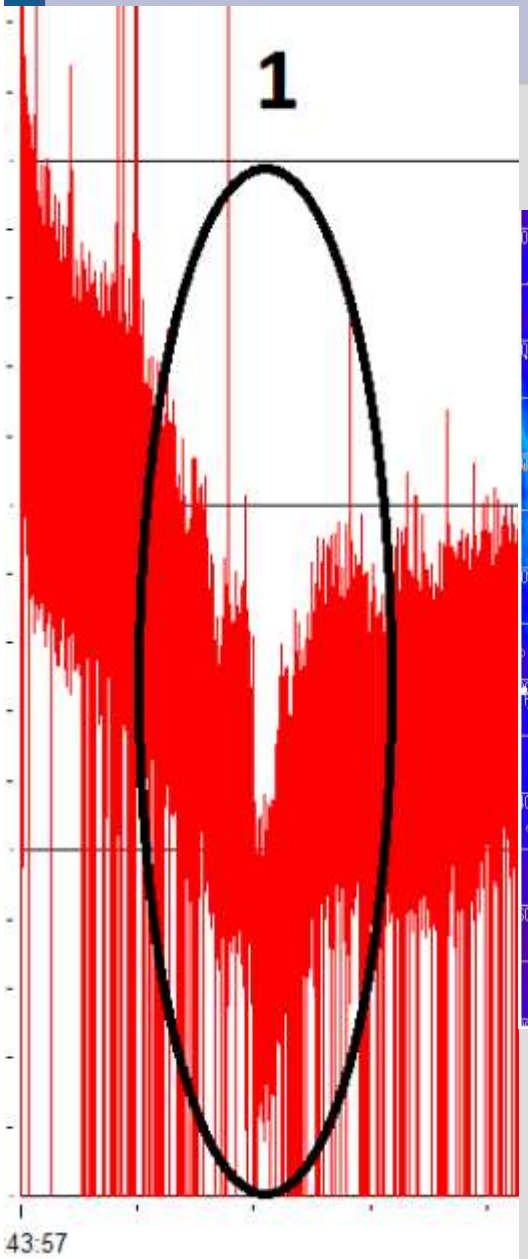


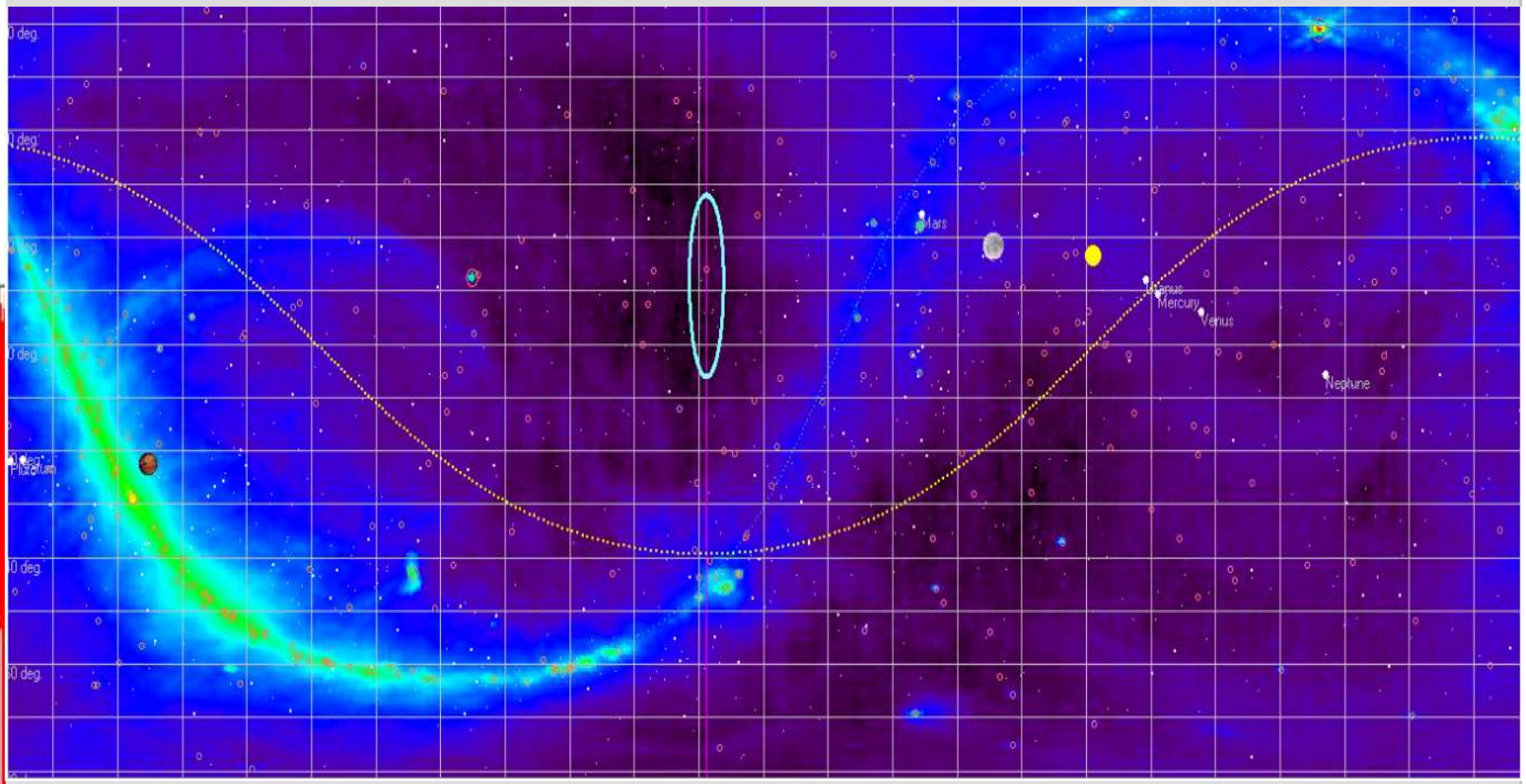
2 = Staart v/d melkweg



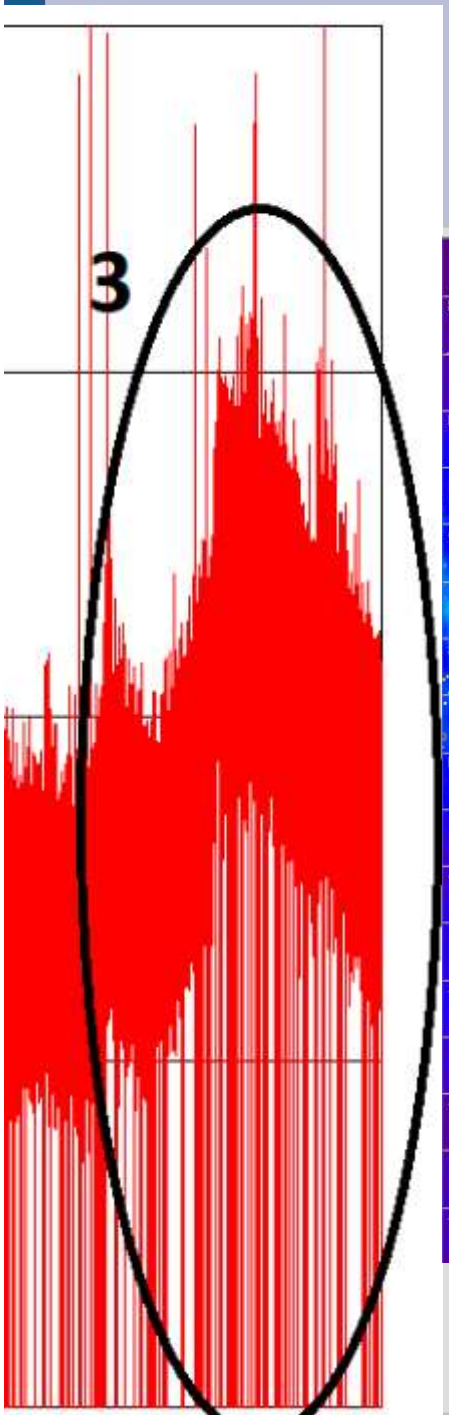


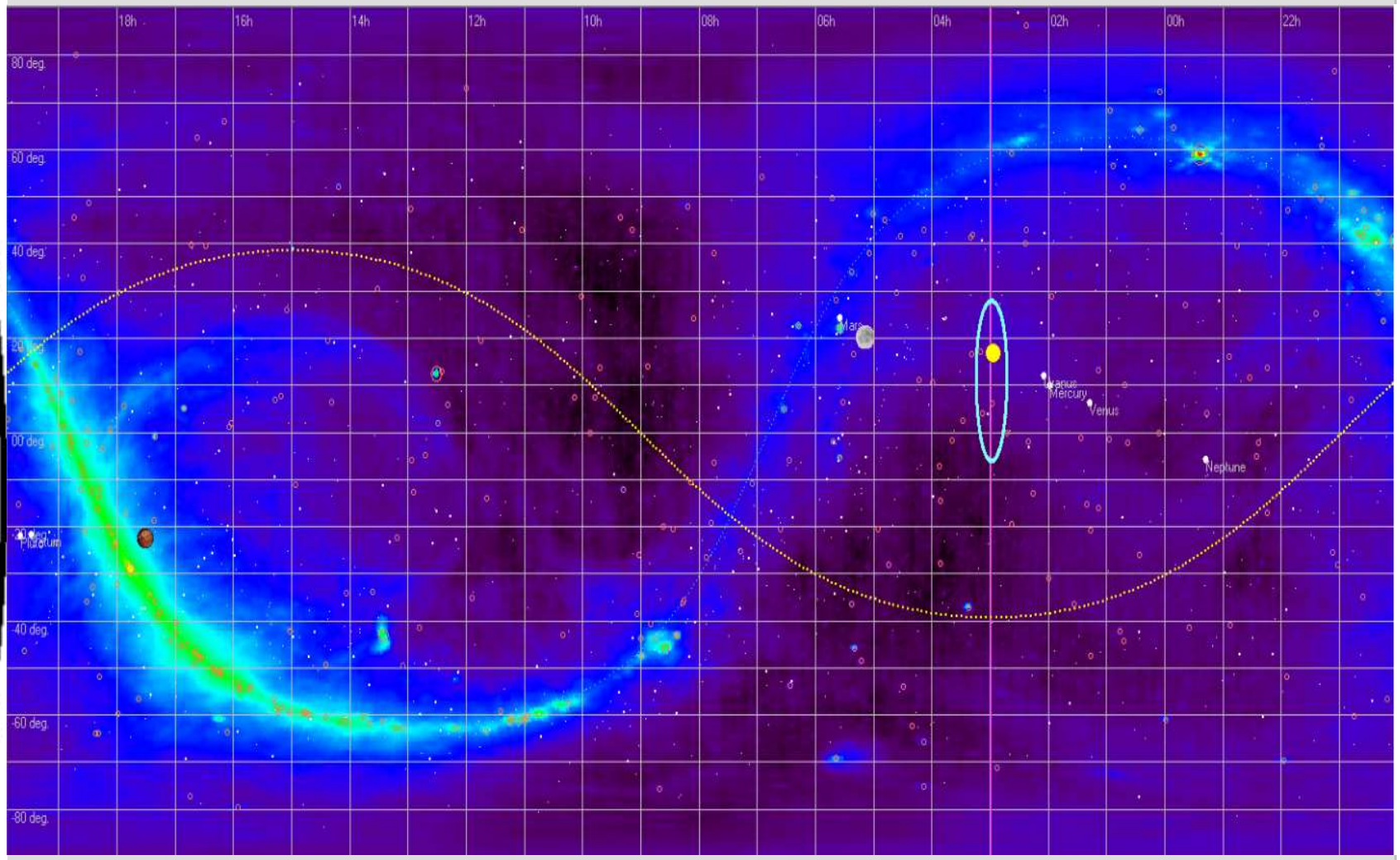
1 = Rustige plek



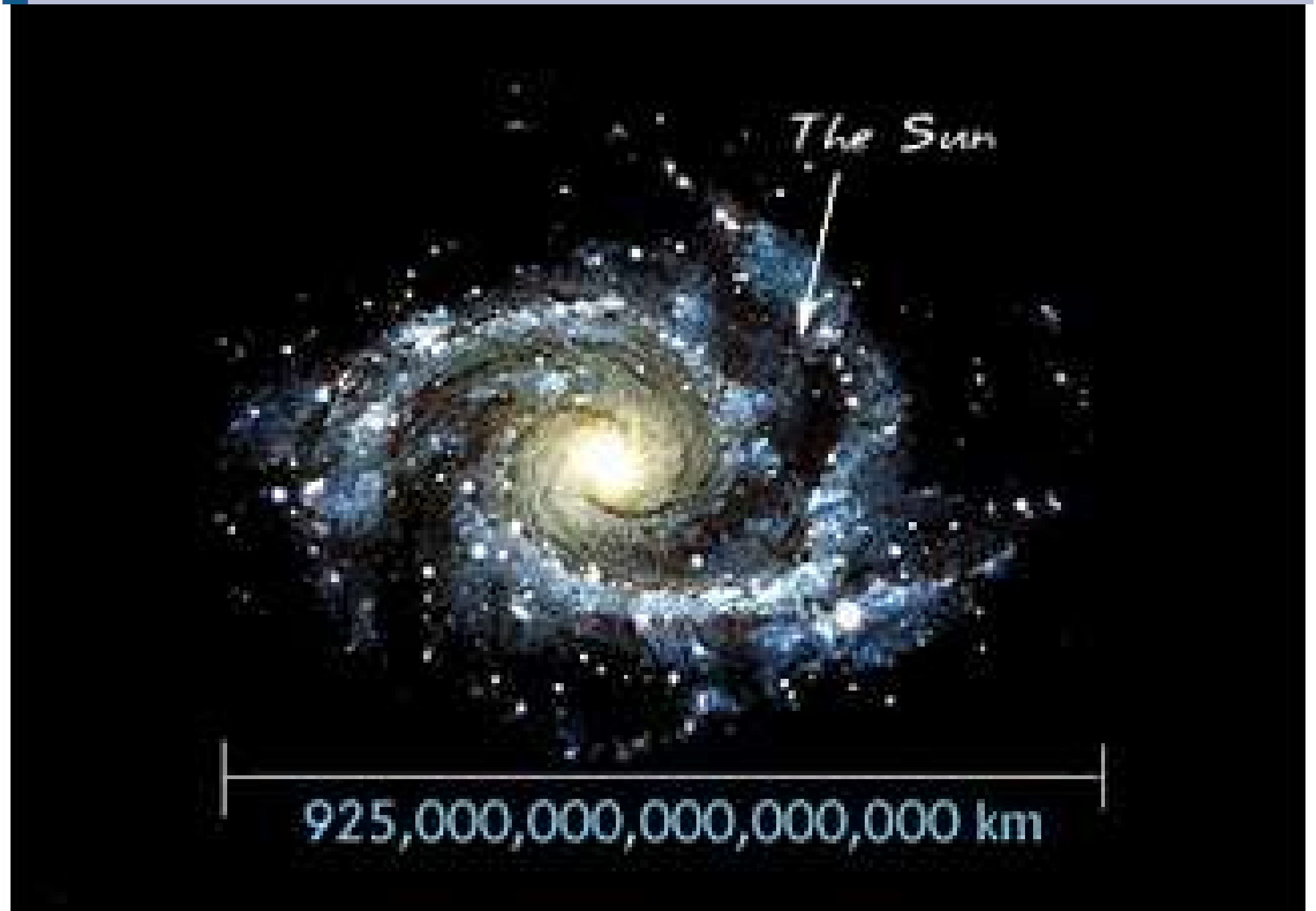


3 = de Zon

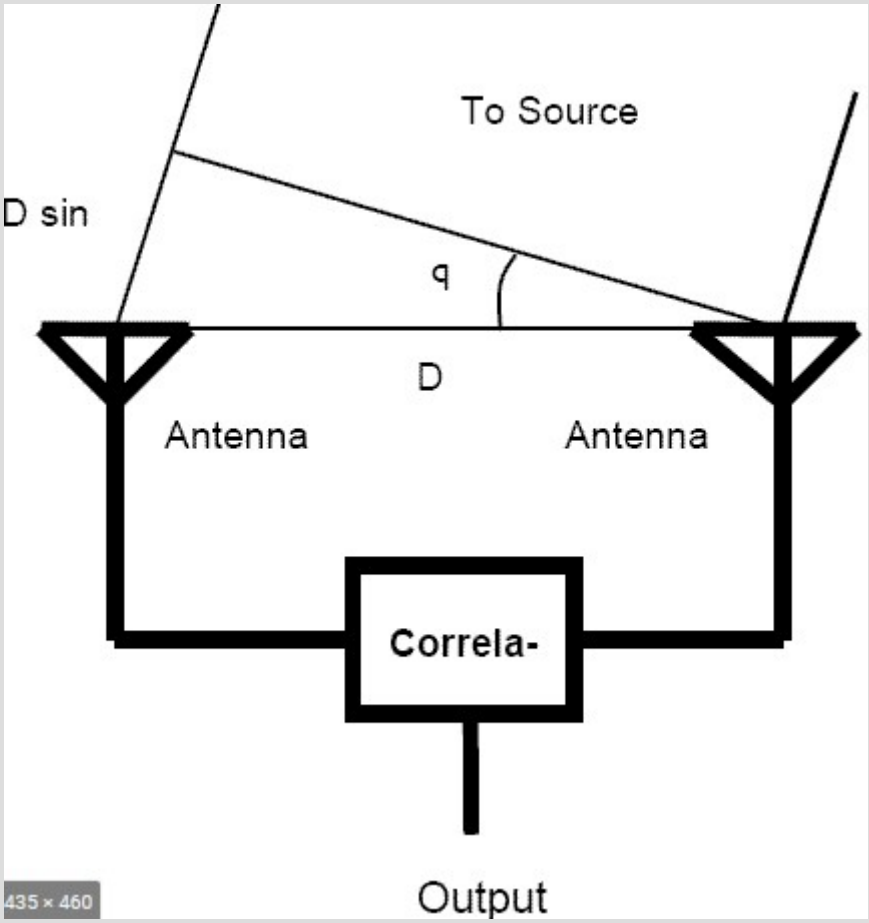

3


18h
16h
14h
12h
10h
08h
06h
04h
02h
00h
22h
80 deg.
60 deg.
40 deg.
20 deg.
00 deg.
-20 deg.
-40 deg.
-60 deg.
-80 deg.
Mars
Mercury
Venus
Neptune
Pluto

Positie in de melkweg

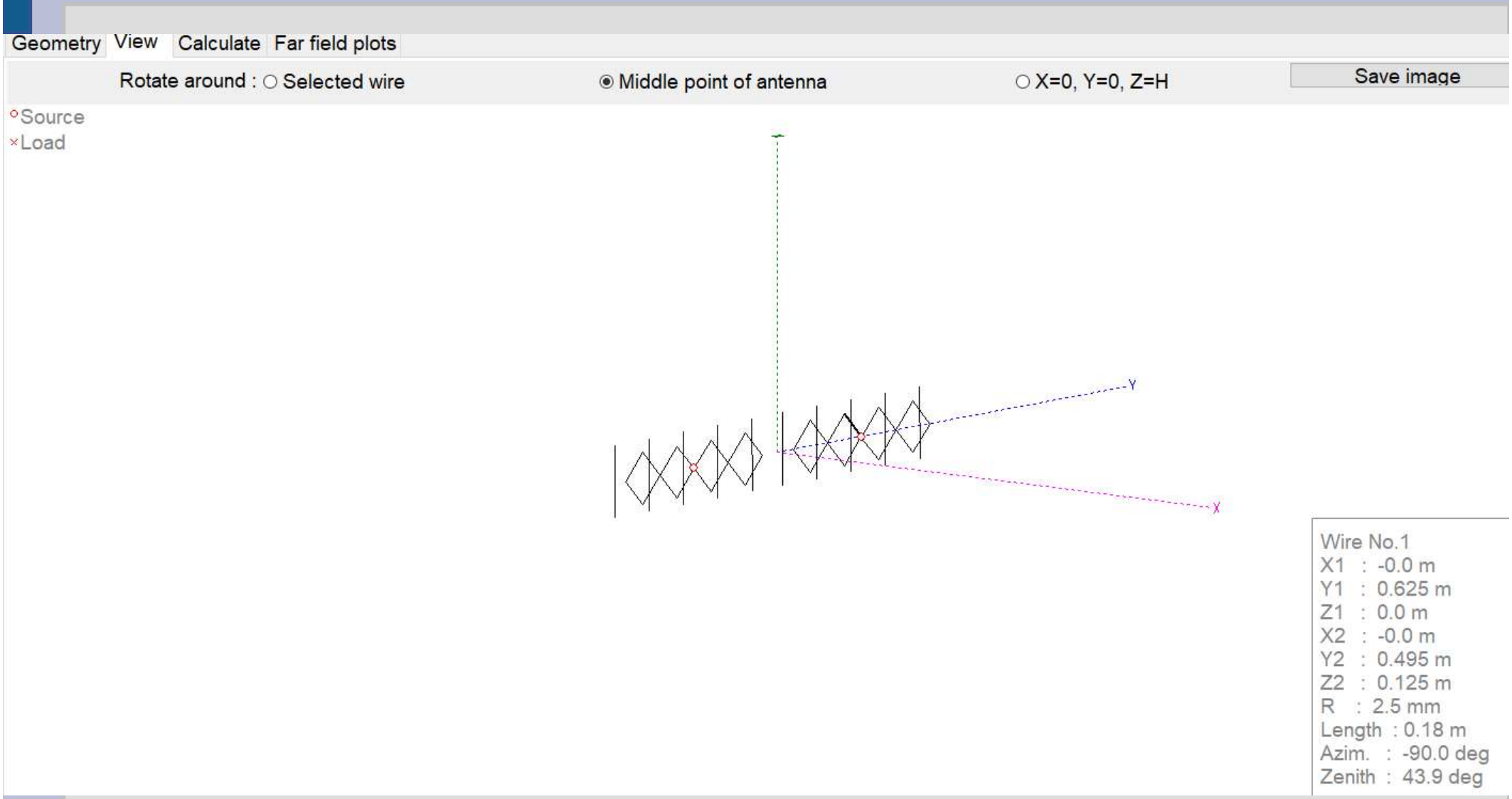


Interferometer

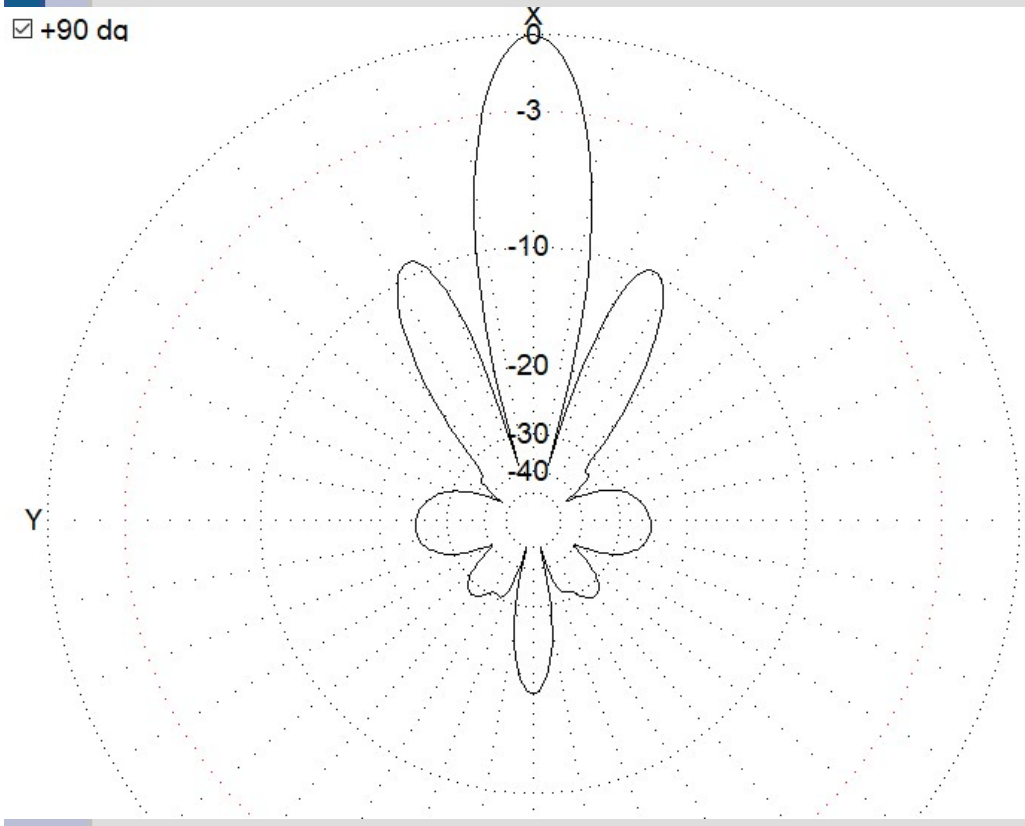


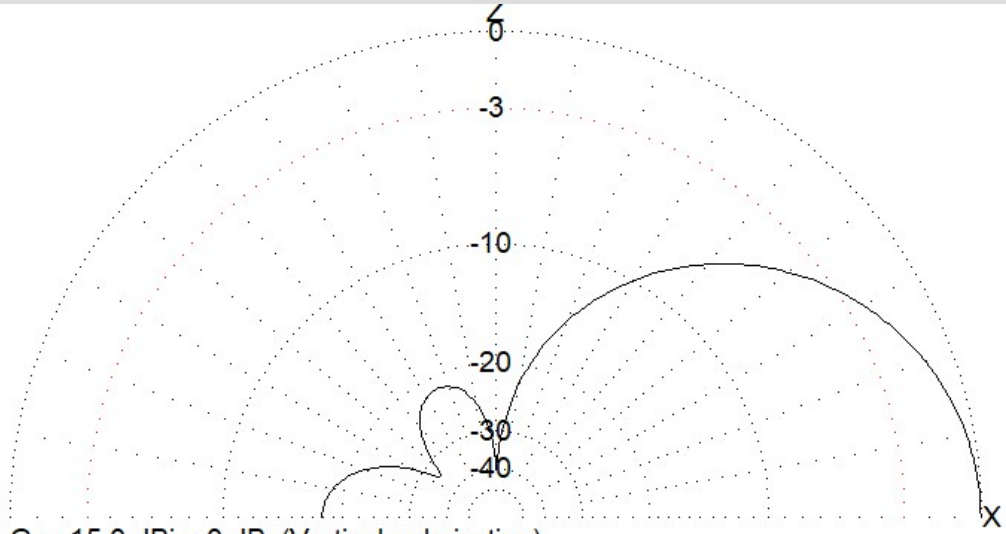
Antennepatroon 1 antennegroep “2 x doppelacht”

Normaal antennepatroon



Normaal antennepatroon

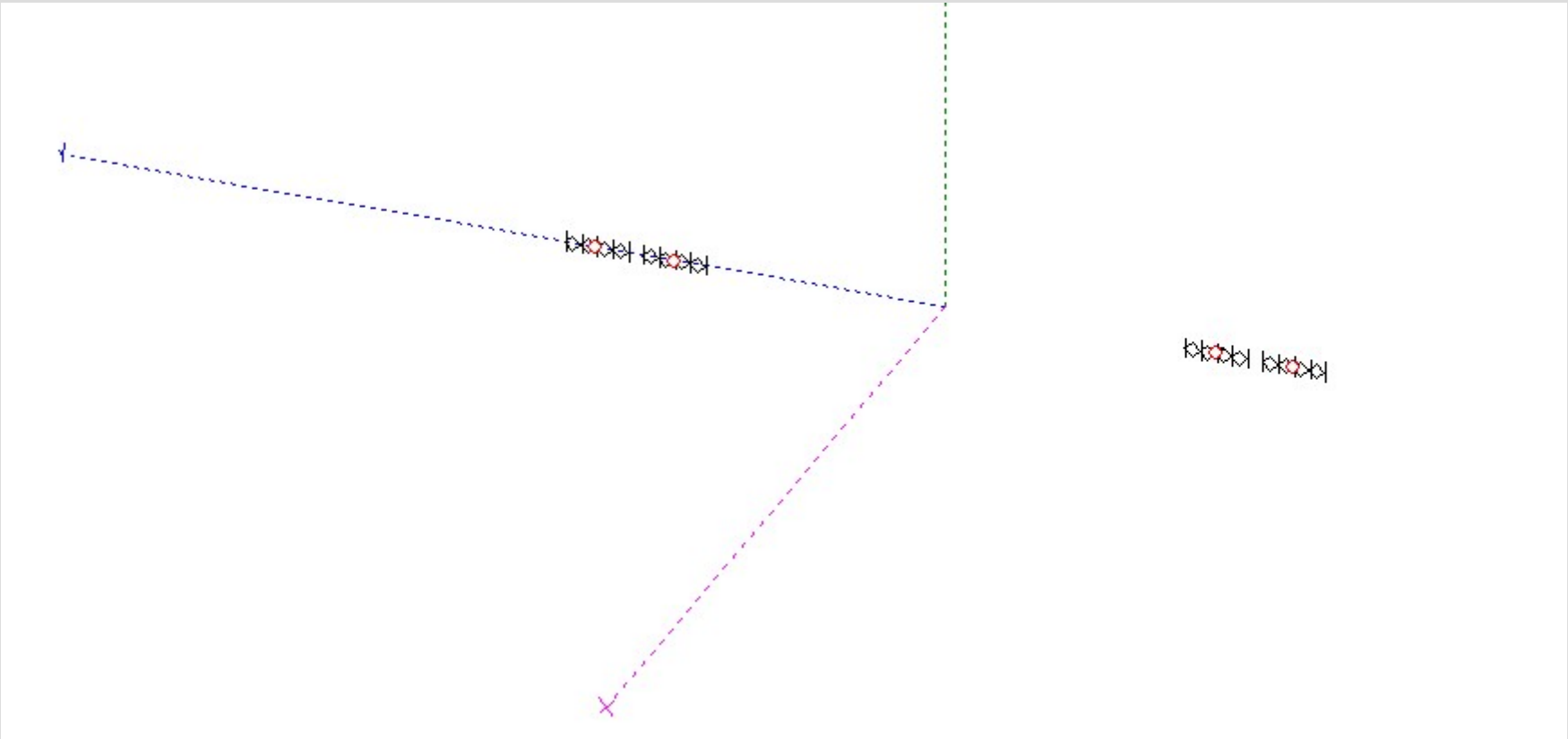




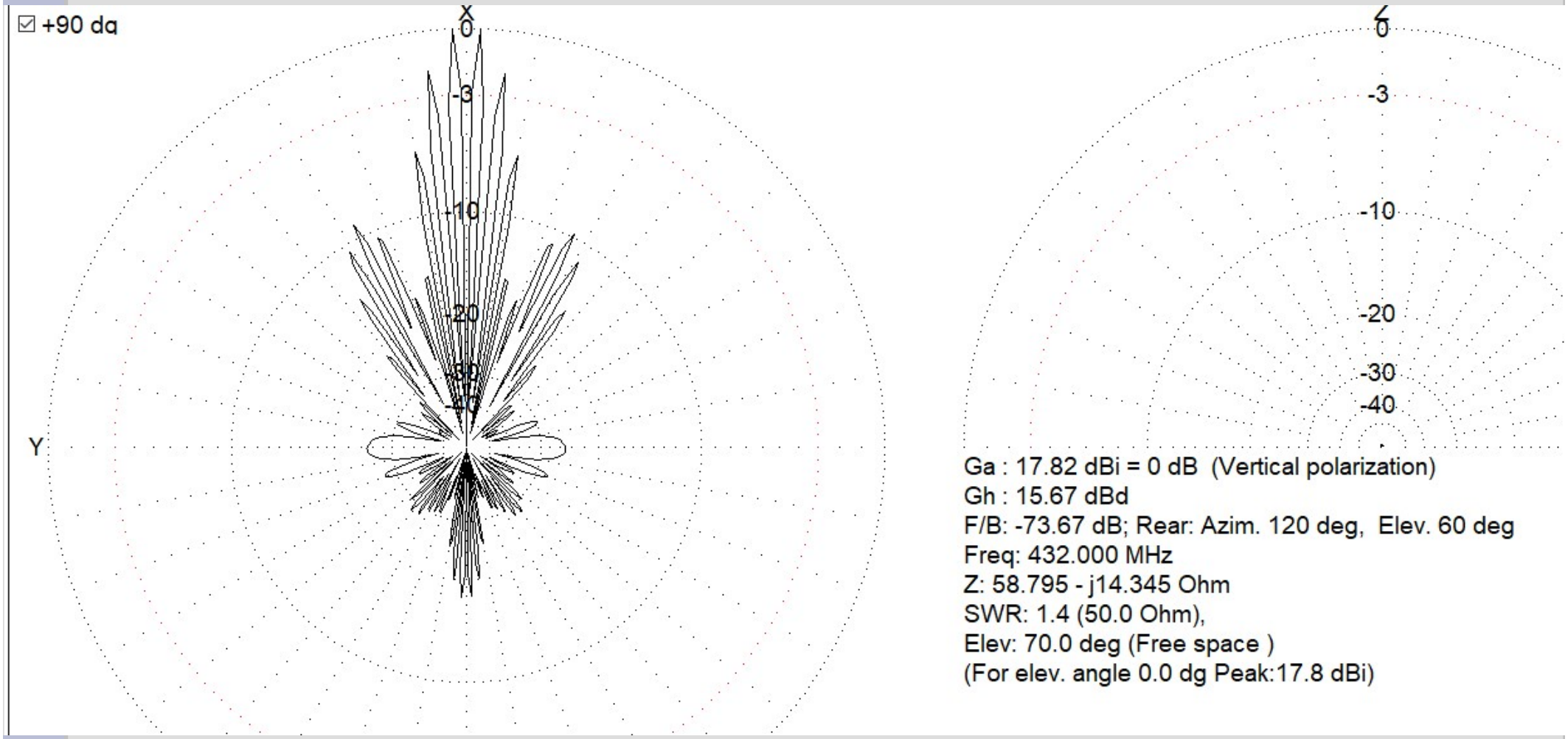
Ga : 15.0 dBi = 0 dB (Vertical polarization)
Gh : 12.85 dBd
F/B: 17.77 dB; Rear: Azim. 120 deg, Elev. 60 deg
Freq: 432.000 MHz
Z: 58.741 - j14.443 Ohm
SWR: 1.4 (50.0 Ohm),
Elev: 0.0 deg (Free space)

Antennepatroon 2x antennegroep “2 x doppelacht”

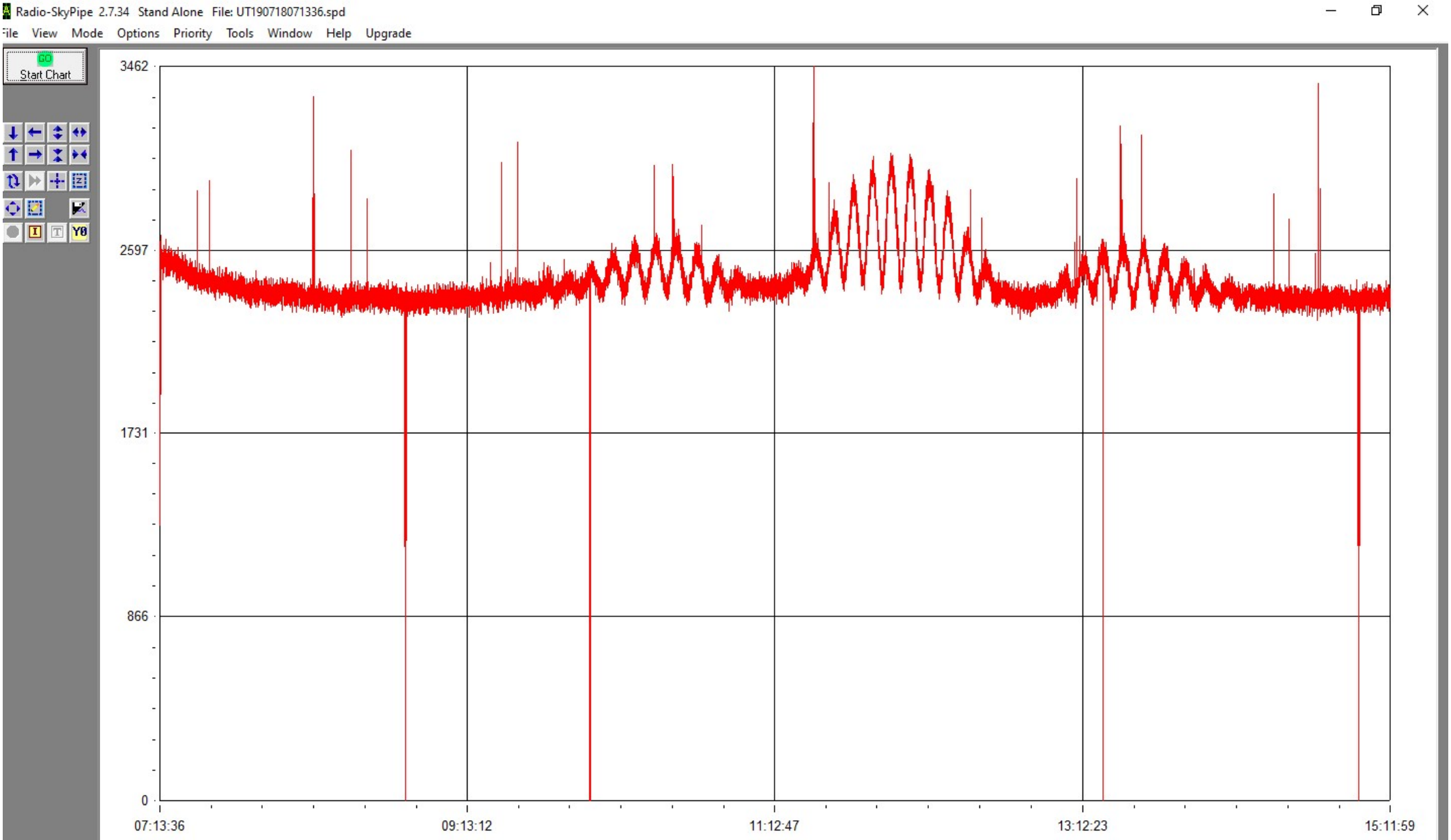
Interferometrie antennepatroon



Interferometrie antennepatroon



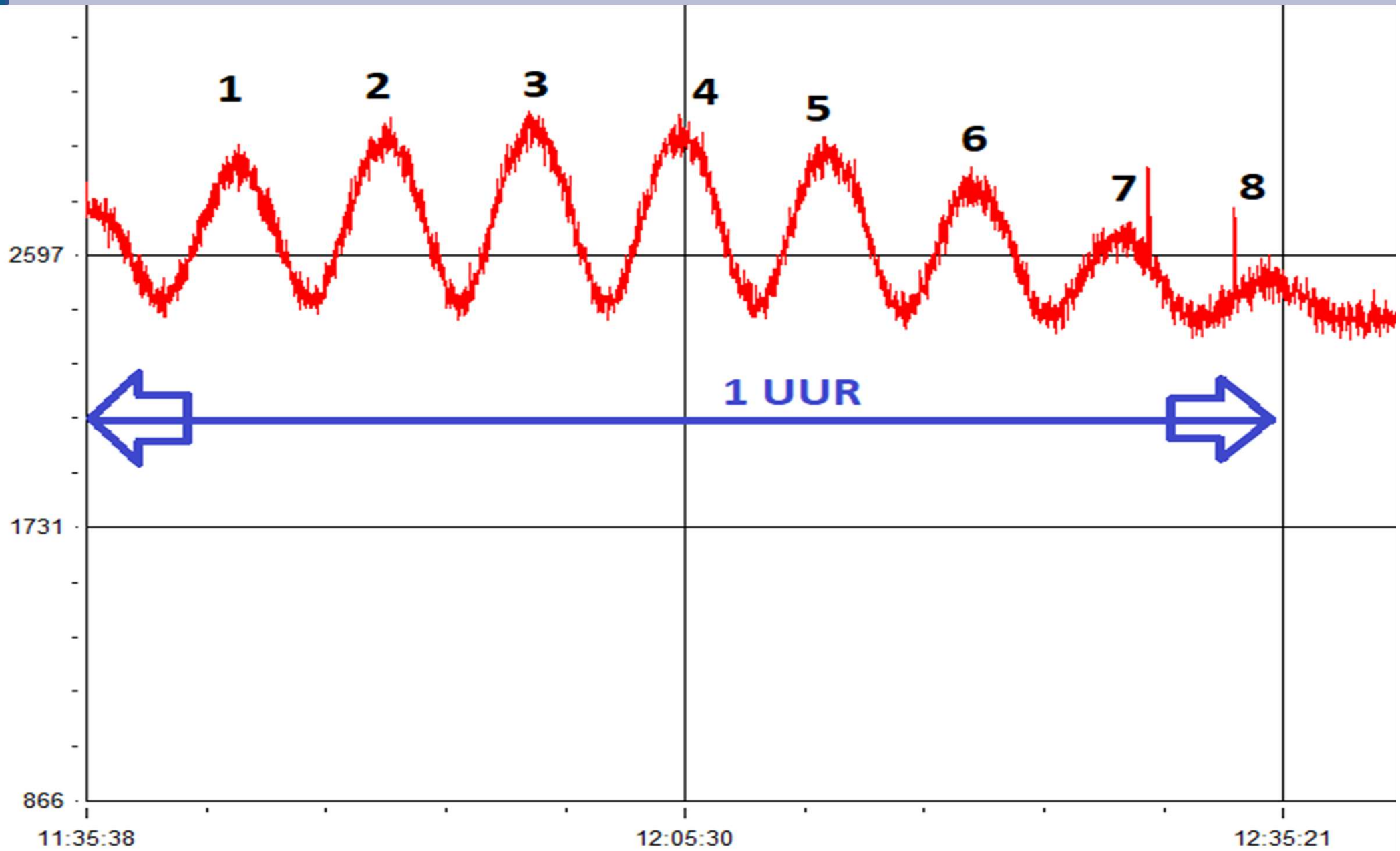
Interferometrie opname



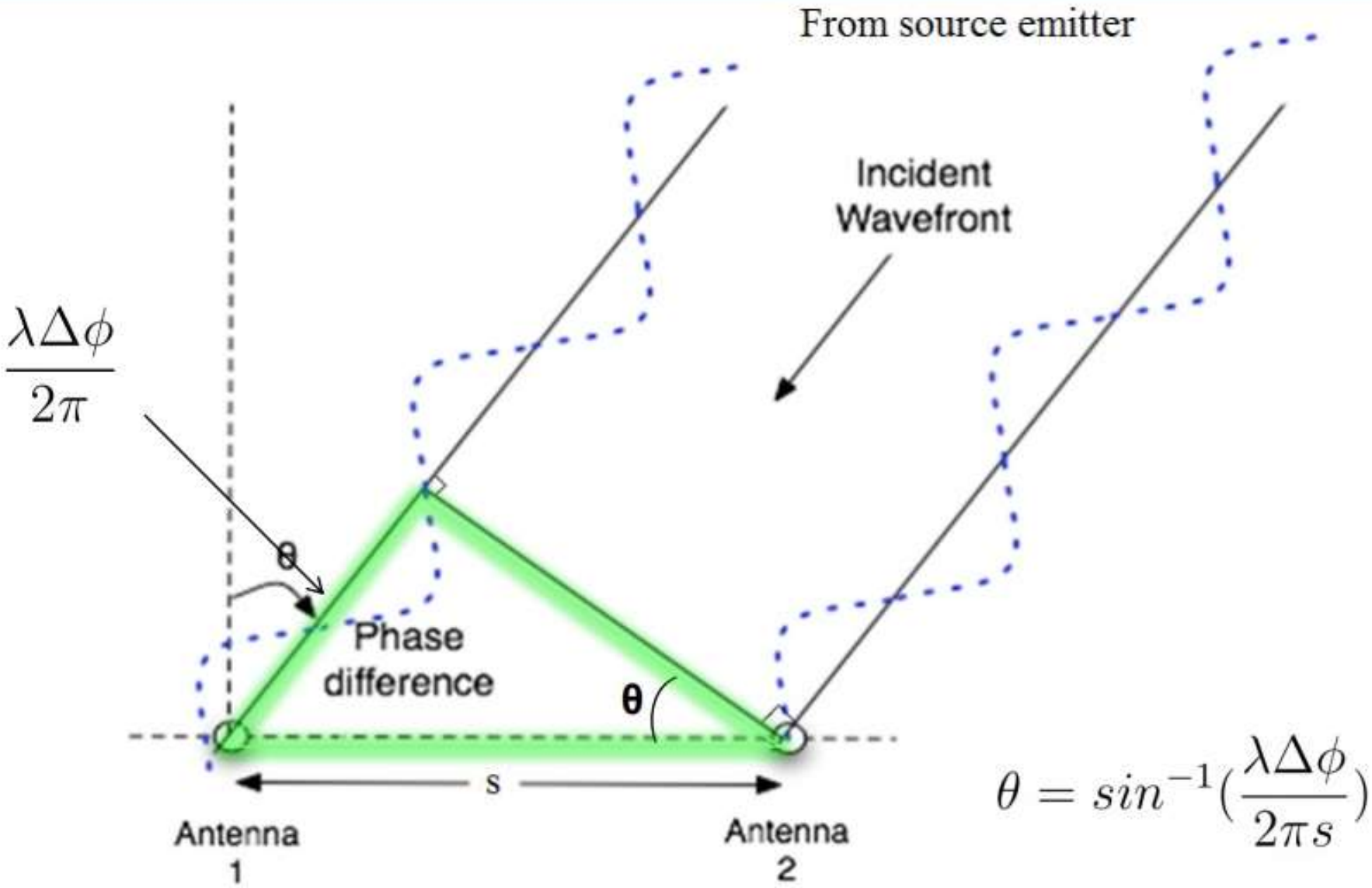
Interferometrie opname

- De EME – antennegroep heeft een winst van 20 dBd
- De doppelacht enkel heeft een winst van 13 dBd
- Met de interferometer zijn de toppen lager, maar de correlatie tussen fase en afstand tussen de antennes is duidelijk te zien
- Andere variaties in het signaal zijn lokale QRM; enkel variaties met de verwachte periode zijn van belang

Interferometrie berekening
Afstand tussen de antennes



Interferometrie berekening

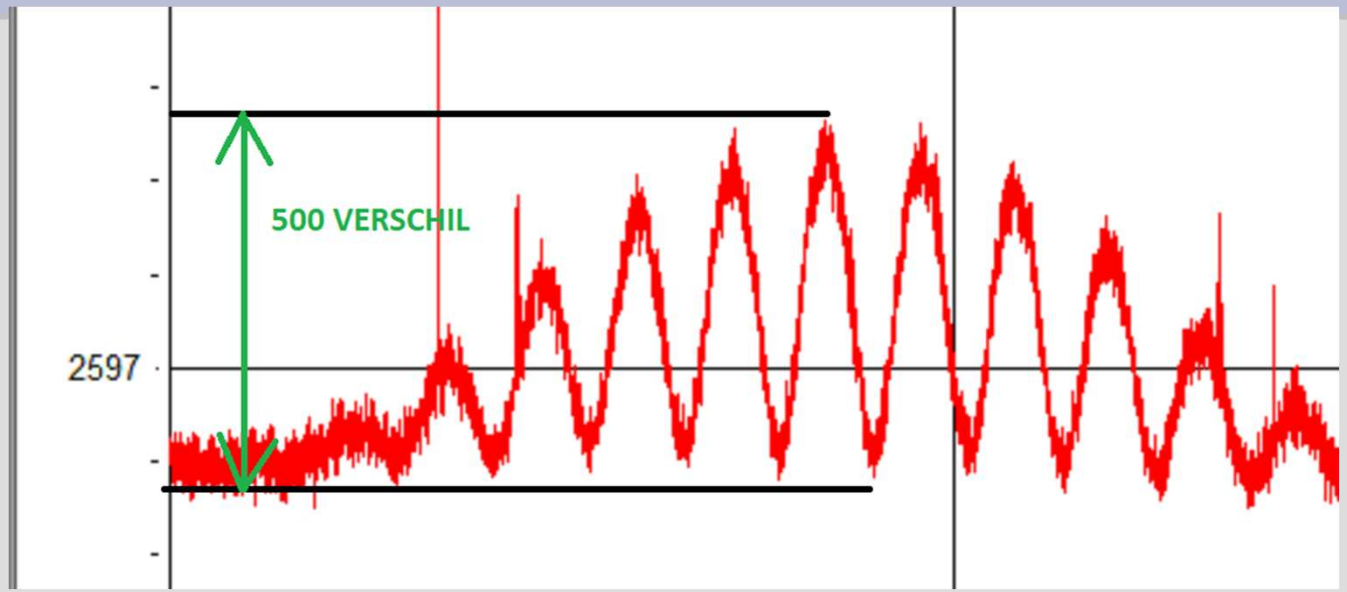


$$\theta = sin^{-1}(\frac{\lambda\Delta\phi}{2\pi s})$$

Interferometrie berekening

- 8 Periodes over 1 uur
- 1 periode = 7,5 minuten (8/60 min) fase naar fase
- 24 uur / dag => 1440 min/dag voor 360° te draaien
- Om 1° te draaien heeft de aarde 1440/360 of 4 minuten nodig
- om de minuut draait de aarde 0,25°
- 7,5 minuten komt overeen met 1,875° (7,5*0,25)
- Fase naar fase is 1 landa of 0,7 meter (432 MHz)
- sin a = d/D met d = landa en D = afstand tussen de antennes
- D = d/sin-1(a) ofwel 0,7/sin-1(1,875°) = 21,39 meter

Antenne berekening



- Opname is een audio meting
- 500/2600 = 0,19 of 19% variatie
- 20 log (0,19) = -14 dB
- Met de EME antennes is dit -6 dB (20 log (243/500))
- Verschil in prestatie is 14 -6 = 8 dB.
- M.a.w. de EME antennes hebben 20 dBi en de interferometer heeft 12 dBi wat ongeveer correct is

Waterstoflijn – Hydrogen line

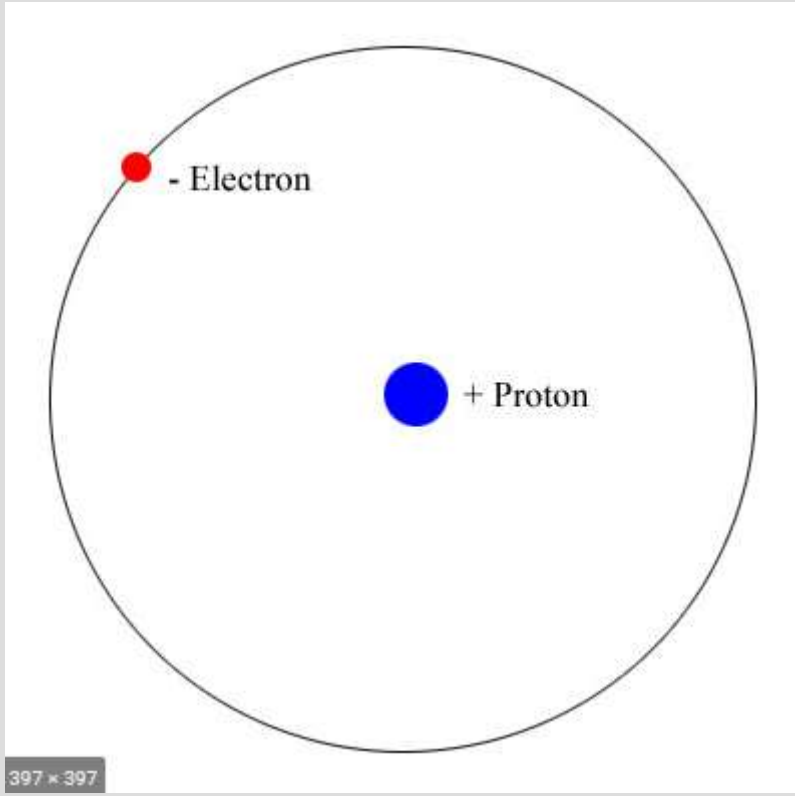
- Het universum is 13,8 miljard jaar oud
- Ontstond met de “Big Bang”
- Tijdens de oerknal ontstonden alleen de drie lichtste elementen: waterstof, helium en lithium
- Waterstof is nog altijd in wolkformaties vrij aanwezig in de interstellaire ruimtes.
- Is verantwoordelijk voor de vorming van sterrenstelsels
- Is een restant van (super)Nova’s en van de oerknal

Waterstoflijn – Hydrogen line

Component	Fractioneel volume	Temperatuur (K)	Dichtheid (deeltjes/cm³)	fase
Moleculaire wolken	< 1 %	20 - 50	10^3 - 10^6	waterstofmoleculen
Koud neutraal medium	1-5%	50 - 100	1 - 10^3	neutrale waterstofatomen
Warm neutraal medium	10-20%	1000 - 5000	10^{-1} - 10	neutrale waterstofatomen
Warm geïoniseerd medium	20-50%	10^3 - 10^4	10^{-2}	geïoniseerde waterstof
H-II-gebieden	~10%	10^4	10^2 - 10^4	geïoniseerde waterstof
Heet geïoniseerd medium	30-70%	10^6 - 10^7	10^{-4} - 10^{-2}	geïoniseerde waterstof meervoudig geïoniseerde zwaardere elementen

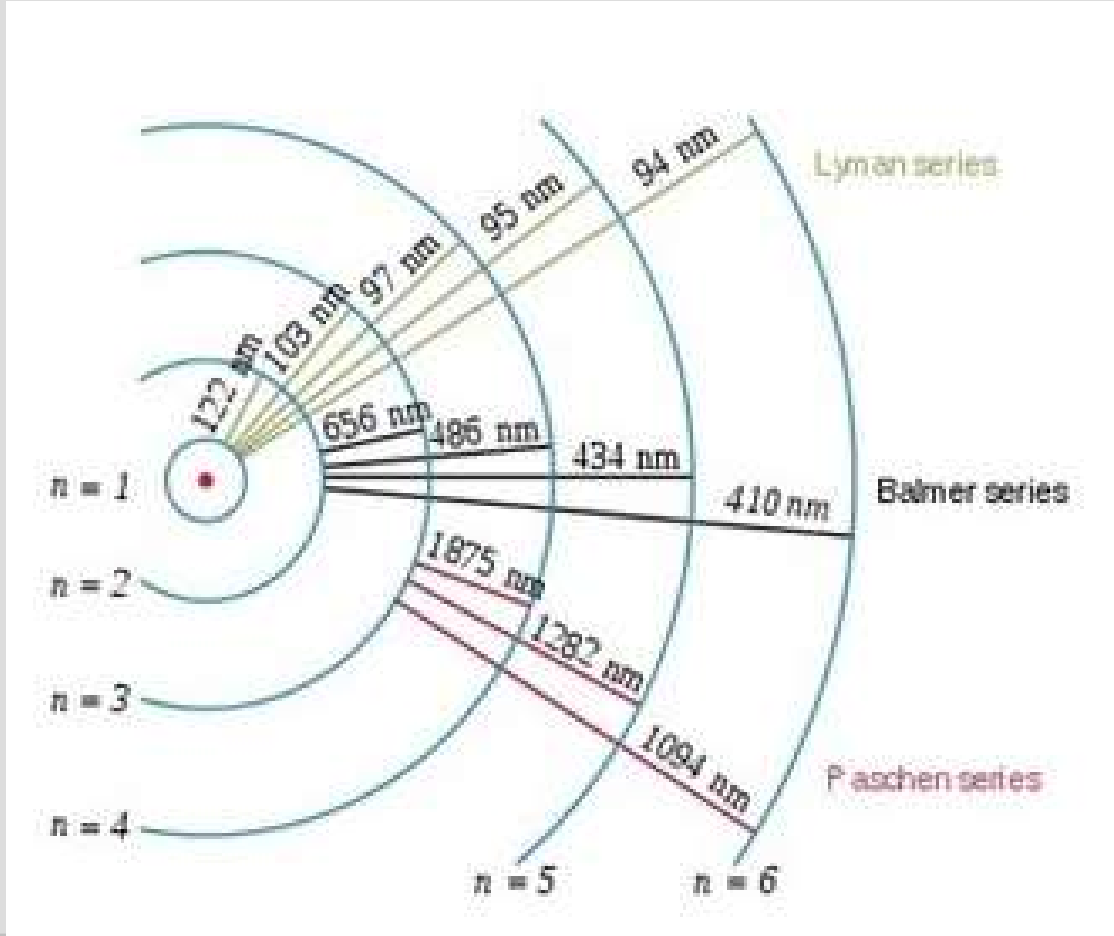
Waterstoflijn – Hydrogen line

- Waterstof bestaat uit 1 elektron en 1 proton



Waterstoflijn – Hydrogen line

- Het elektron kan zich op verschillende energieniveau's bevinden



Waterstoflijn – Hydrogen line

- Wanneer het elektron naar een ander energieniveau terugkeert in de hyperfijne 1S wordt er energie afgegeven in de vorm van een elektromagnetische golf met een frequentie van exact 1,420,405,751.7667±0.0009 Hz
- Deze energieverandering resulteert in een andere draaizin van het elektron (Spin-Flip)

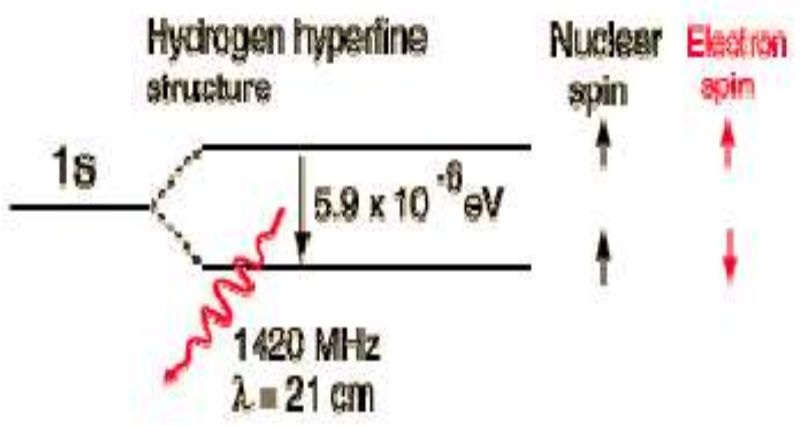
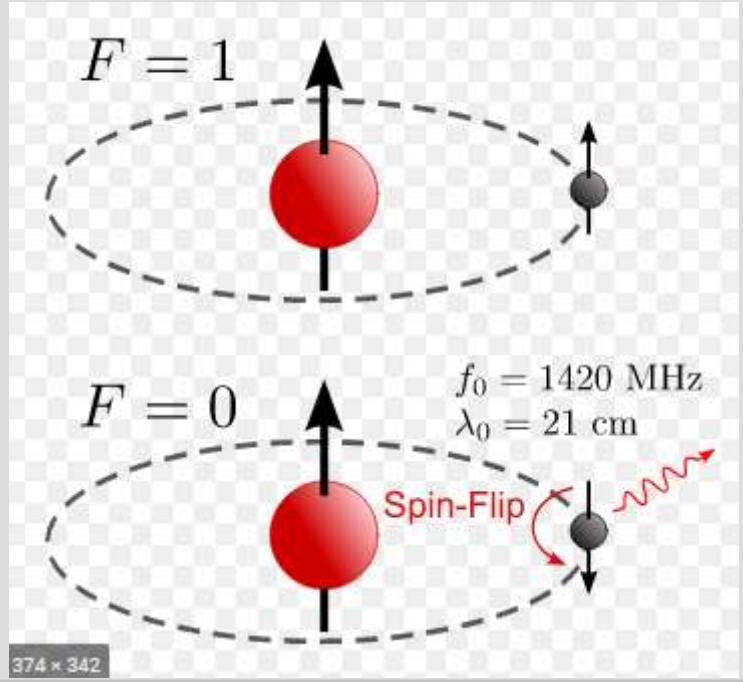


Figure 1: Hyperfine structure transition of hydrogen
Graphic from [2]



Waterstoflijn – Hydrogen line

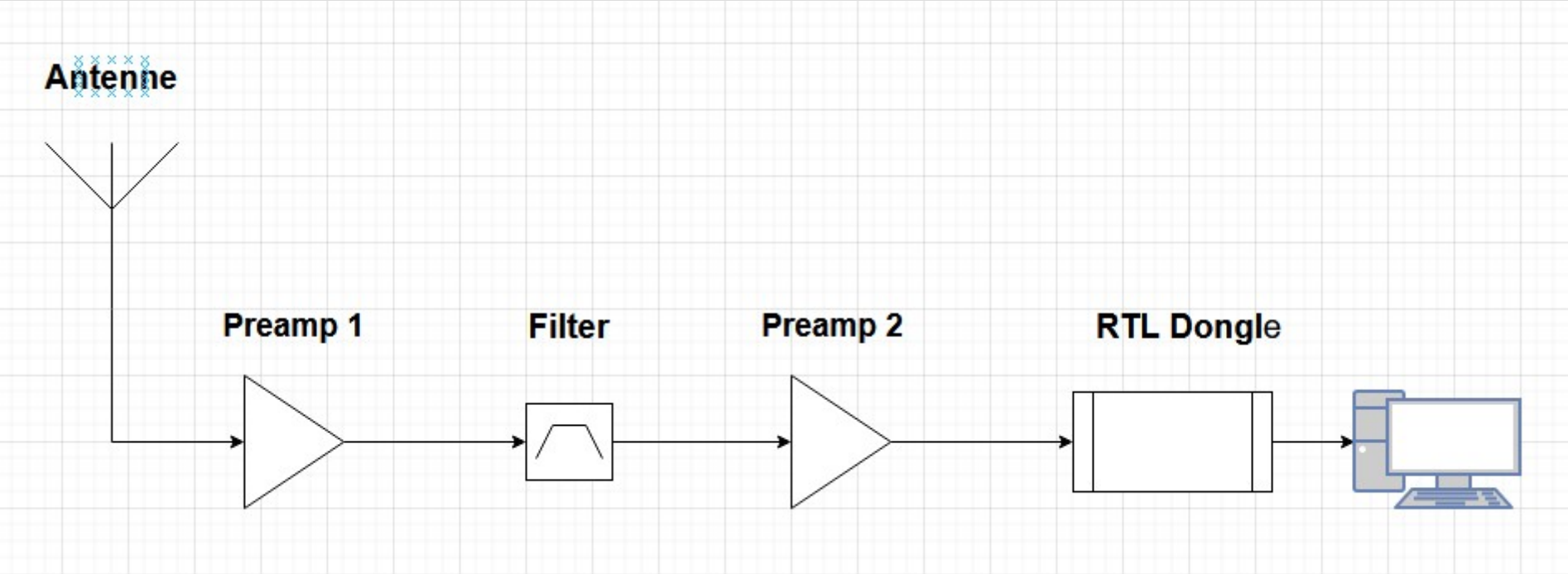
- Dit zou gebeuren door onderlinge botsingen tussen de atomen in de interstellaire ruimte
- De kans op botsing van een atoom met een ander is 1 keer om de 60 jaar
- Na die botsing blijft het atoom 11,000,000 jaar in deze hogere energiestatus om dan terug te keren en een EM-golfpuls van 1420 MHz af te geven.
- Omdat er echter zoveel waterstof in het universum is kan dit relatief gemakkelijk en continu gemeten worden.
- De lijn is voor het eerst gedetecteerd in 1951
- Kan met een eenvoudige antenne en een RTL-dongle gemeten worden.

Waterstoflijn – Hydrogen line

- Er kan waterstof gemeten worden uit de melkweg
- Melkweg :
  - Schijf met diameter van 30 kpsec (+/- 100,000 lj)
  - Hoe dichter bij het centrum, hoe dikker de schijf wordt
  - Buiten is de schijf 500 lj dik en in het centrum 10,000 lj
  - Wij zitten op 8 kpsec (+/- 25,000 lj) van het centrum
  - Het centrum draait sneller dan de buitenkant
  - Dichtste zon (Proxima Centauri) zit op 4 lj.
  - Gemiddelde afstand tussen de zonnen is 3à4 lj.
  - Massa = +/- 110 miljard x de massa van onze zon
  - Gasdichtheid (73% H + 25 % He) is 100 atomen/liter
  - 1 liter lucht = 30 triljard moleculen (30,000,000,000,000,000,000,000,000,000)

Waterstoflijn meten – wat nodig ?

- RTL-dongle
- Preamp
- filter
- antenne
- SDR Sharp
- Plugin IF Average

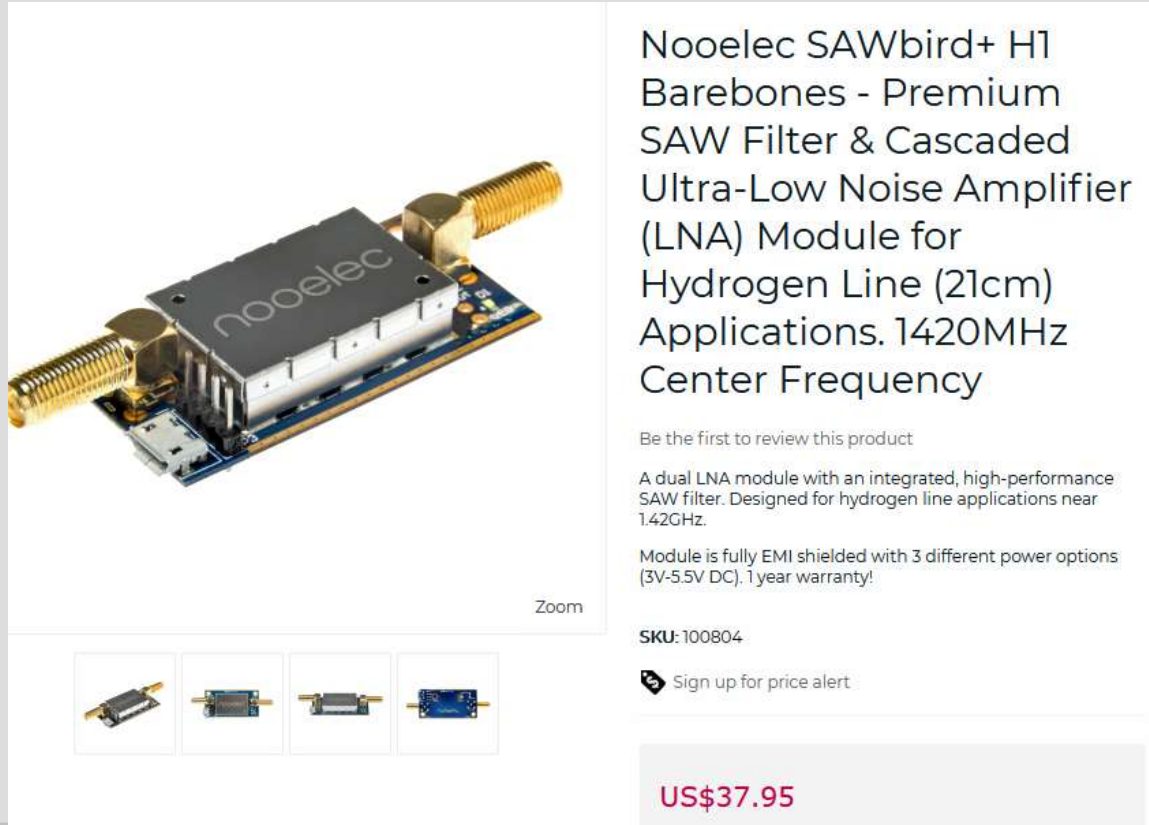


Waterstoflijn meten – wat nodig ?

- RTL-dongle
  - bij voorkeur afgeschermd met TCXO – 1 PPM drift max
  - 500 kHz tot 1,7 GHz
  - Is zeer snel overstuurd ! Front end is niet zo schitterend !

Waterstoflijn meten – wat nodig ?

- Preamp
- Normaal gezien zou een gewone preamp volstaan (LNA4ALL)
- Door oversturing en te weinig winst werkt dit niet…
- NOOELEC heeft een combinatie preamps/filter/dummyload :



Waterstoflijn meten – wat nodig ?

- Antenne
- Zijn te koop op internet (tamelijk duur)
- Er zijn ontwerpen voor zelfbouw ter beschikking op internet
- 1 Speciaal geval : de TP-link antenne voor 2,4 GHz :

Waterstoflijn meten – wat nodig ?

- Is (moeilijk) verkrijgbaar op internet voor een €100 verzendingskosten incl.
- Ideaal voor uplink QO100 sat
- Wordt ook gebruikt op 1,5 GHz voor INMARSAT ontvangst
- De SWR is ook goed op 1420 MHz.
- Nog beter resultaat als de reflector omgekeerd en iets verder gemonteerd wordt.

LIVE
VOLVO
1-JRU-660

LIVE

LIVE

LIVE

LIVE

LIVE

LIVE

LIVE

Pulsars

- Een Pulsar is een ster die in de eindfase van haar bestaan is.
- Sterren worden gevormd door nevels die door de zwaartekracht samenvallen => Protosterren (Hoofdreeks)
- Een ster zet waterstof om in helium t.g.v. kernfusie
- Wanneer bijna alle waterstof is omgezet koelt de ster af en wordt groter => reus of superreus (i.f.v. de massa)
- De ster stort in en explodeert. I.f.v. de masse wordt ze dan :
  - Zwarte dwerg
  - Neuron ster
  - Zwart gat

Zwart gat

- Ontstaat als zeer zware sterren ineen vallen
- De zwarte kern ontstaat omdat er niets aan de zwaartekracht kan ontsnappen, zelfs licht niet (deze stelling is controversieel).
- Het enige wat ontsnapt aan een zwart gat is de Hawkinstraling
- Deze straling heeft een temperatuur van enkele miljardsten van een Kelvin en dus extreem moeilijk zoniet onmogelijk waar te nemen.

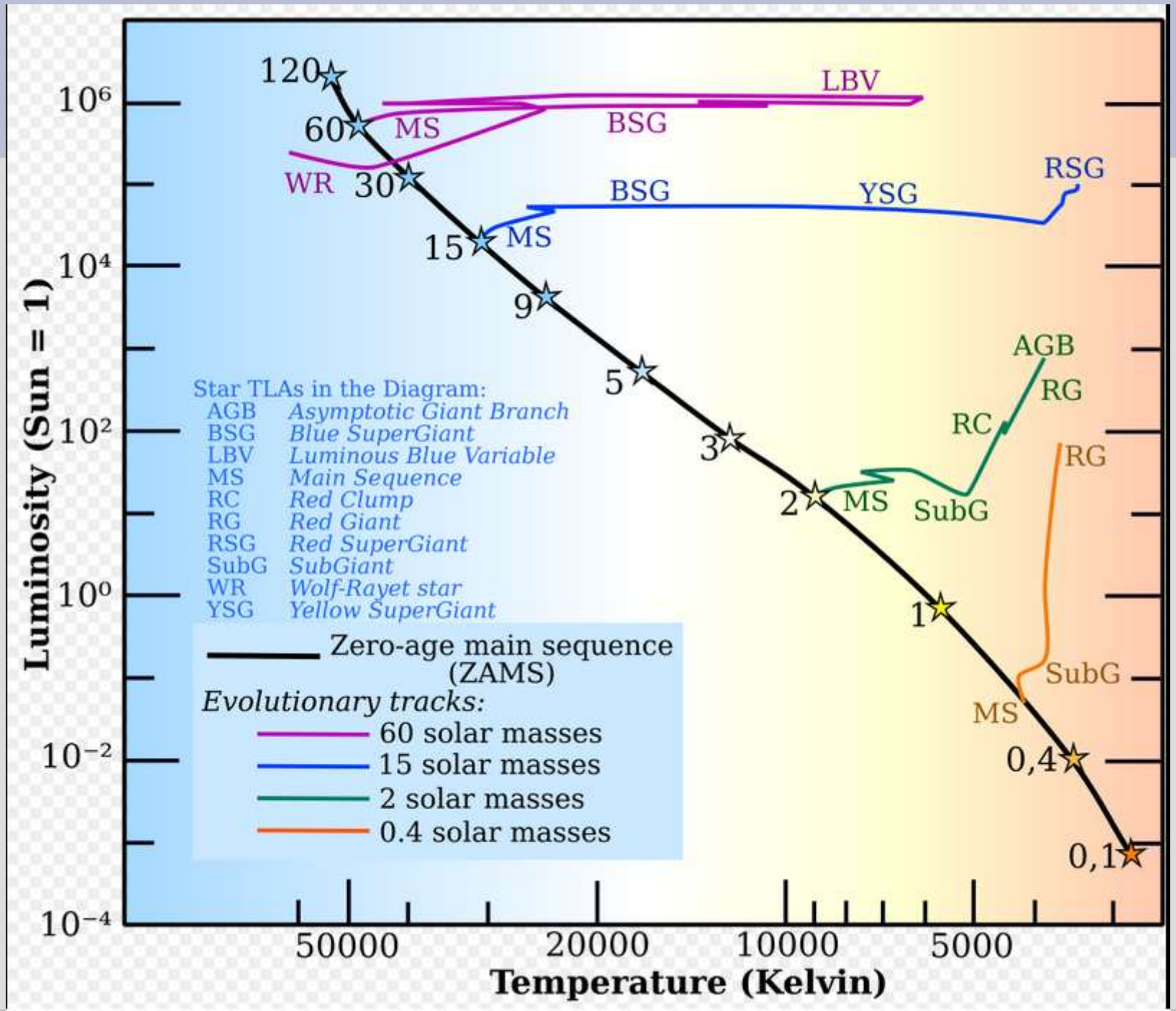
Zwarte dwerg

- Is hypothetisch omdat ze niet zichtbaar is
- Volgens de theorie zou de vorming ervan langer duren dan de leeftijd van het universum…
- Is enkel waar te nemen door verstoringen in de zwaartekrachtlijnen.

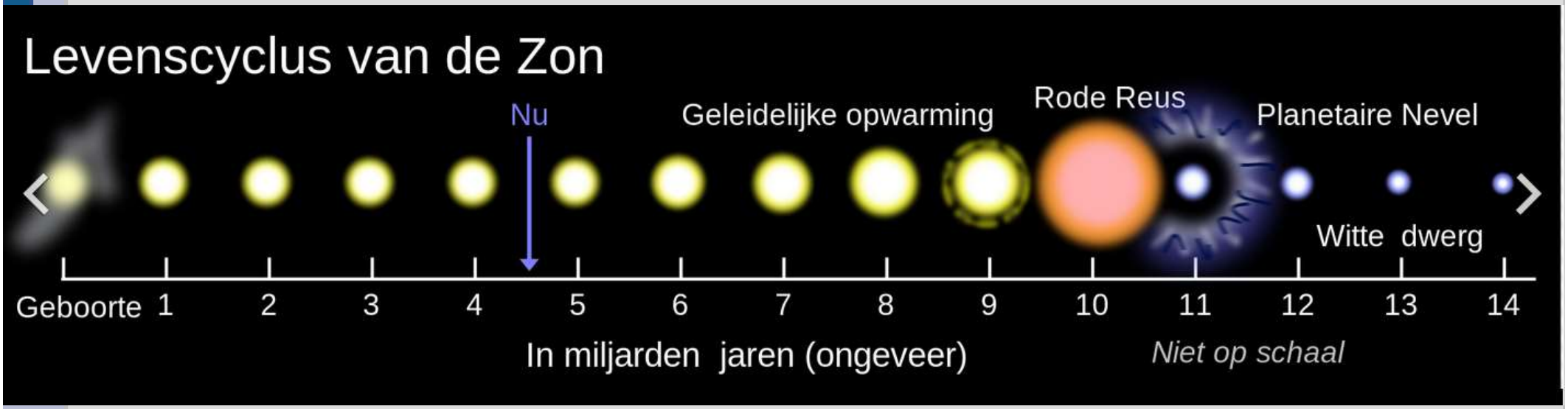
Neutron ster

- Diameter = 10 km en massa < 2,16 zonmassa's
- Ontstaat door combinatie van een supernova en zwaartekrachtimplosie van een zwarte ster
- Bestaat bijna geheel uit neutronen
- Elektronen en protonen combineren tot neutronen.

Pulsars

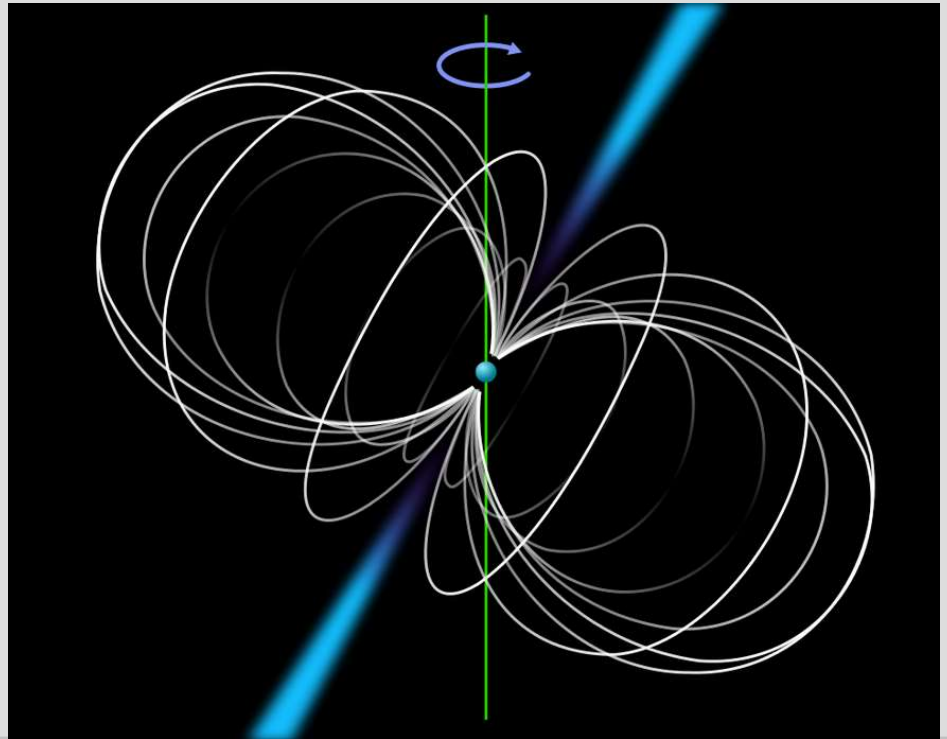

Luminosity (Sun = 1)
Temperature (Kelvin)
120
60
30
15
9
5
3
2
1
0,4
0,1
LBV
MS
BSG
WR
BSG
YSG
RSG
MS
AGB
RG
RC
RG
MS
SubG
SubG
MS
Star TLAs in the Diagram:
AGB Asymptotic Giant Branch
BSG Blue SuperGiant
LBV Luminous Blue Variable
MS Main Sequence
RC Red Clump
RG Red Giant
RSG Red SuperGiant
SubG SubGiant
WR Wolf-Rayet star
YSG Yellow SuperGiant
Zero-age main sequence (ZAMS)
Evolutionary tracks:
60 solar masses
15 solar masses
2 solar masses
0.4 solar masses

Pulsars


Levenscyclus van de Zon
Nu
Geleidelijke opwarming
Rode Reus
Planetaire Nevel
Witte dwerg
Geboorte 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
In miljarden jaren (ongeveer)
Niet op schaal

Pulsars

- Een pulsar is een snel ronddraaiende neutronenster
- Snel = tussen 2 msec en 10 sec, maar uiterst stabiel
- Geven een elektromagnetisch veld af die ontvangen wordt als een puls over het gehele spectrum



Pulsars

- De sterktste pulsar is de PSR B0329 +54
- Zit op 1 kpc of 3261 lj van ons verwijderd
- Straalt uit met 1500 mJy op 400 MHz
- Periode van 0,71452 sec
- Zal nog 5,530,000 jaar actief zijn
-

Pulsars

- Sterkte = 1500 mJy
- 1 Jy (Jansky – geen SI eenheid)

$$1\,\mathrm{Jy} = 10^{-26}\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{Hz}\cdot\mathrm{m}^2} = 10^{-26}\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s}\cdot\mathrm{m}^2\cdot\mathrm{Hz}}.$$

Pulsars

- Stel : 1,5 Jy hier op aarde ontvangen;
- Bandbreette 2 MHz (RTL-dongle)
- Isotrope antenne
- Vermogensdichtheid is 3x10e-20 Watt/m2
- Stel antenne met effectieve oppervlakte 6 m2 (parabool diam.2 meter) => 18x10e-20 Watt
- Pn=kTB
- T = Pn/kB = 0,0065K !
- Spanning op de klemmen van de antenne : 3x10e-9V ofwel 3nV
- EME – signalen : 1,8x10e-8 V ofwel 18 nV ofwel 16 dB sterker
- M.a.w. pulsars zitten tussen de 35 en 60 dB onder de ruis !!!

Pulsars

- Trajectverzwakking :

$$L = 20 \log (R) + 20 \log (F) + 32{,}45 \text{ dB}$$

- Voor 3261 lj : L = 595 dB
- Op parabool 18x10e-20 W
- D.w.z. dat de puls die uitgezonden wordt een EIRP heeft van ***1,7x10e78 Watt***
- ***Dit alleen al in een bandbreette 430 – 432 MHz***

Pulsars – hoe te ontvangen

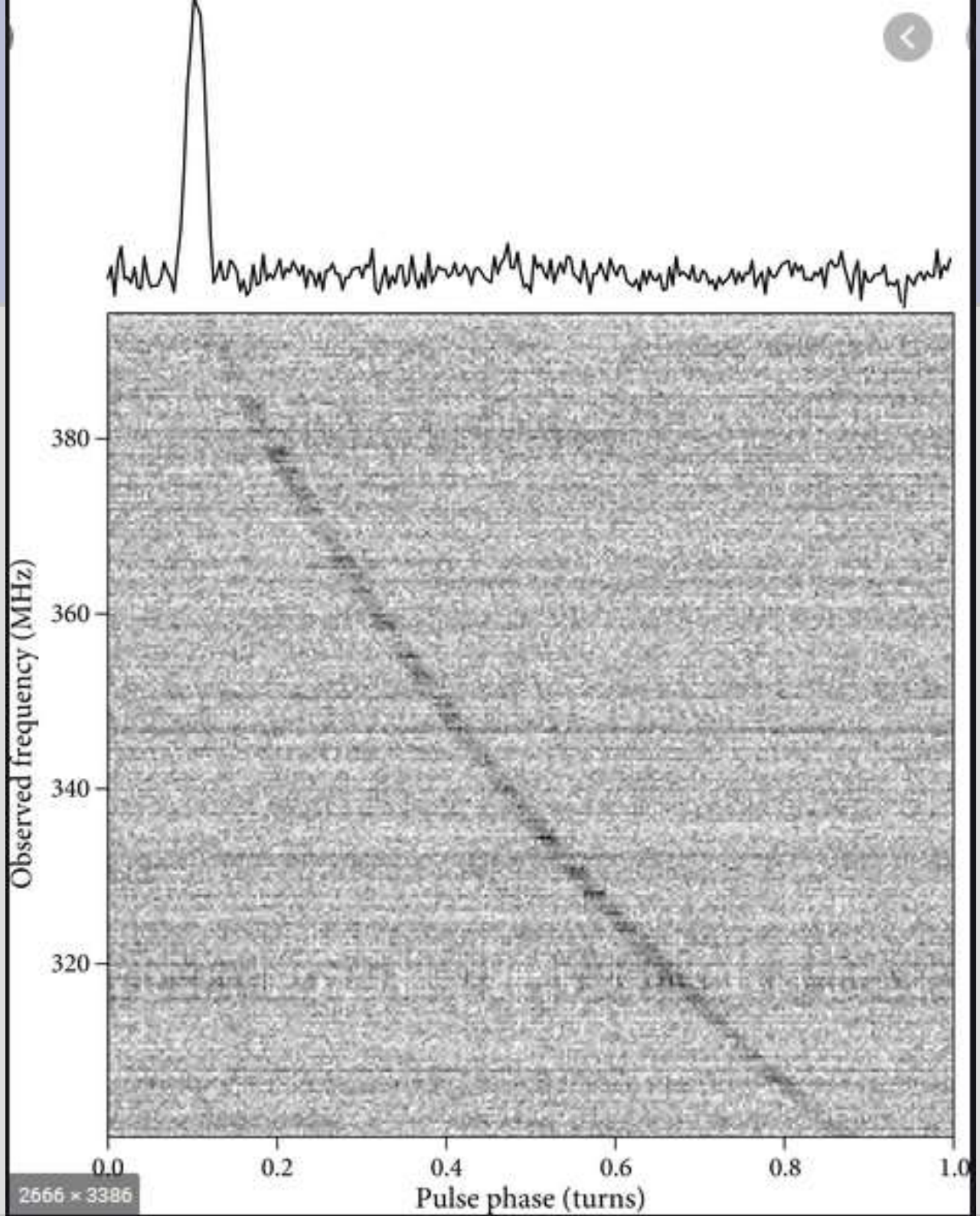
- Speciale technieken nodig om signaal processing te doen.
- Je volgt de pulsar met de antenne (via Murmur o.i.d.) voor een 2-tal uur.
- Je gebruikt een SDR ontvanger met een zo breed mogelijk bandbreette (liefst 10 MHz). Een dongle kan stabiel 2 MHz aan.
- Je stelt de dongle in om te ontvangen op vb. 431 MHz of errond waar er weinig background noise is. Sample rate >2M/sec
- Plaats een goede bandpassfilter na de preamp om oversturing van de dongle te vermijden. De versterking van de dongle moet al hoog liggen om in het lineair gebied te zitten. Liefst 2 à 3 preamps in cascade zetten om aan 60 dB versterking te komen.

Pulsars – hoe te ontvangen

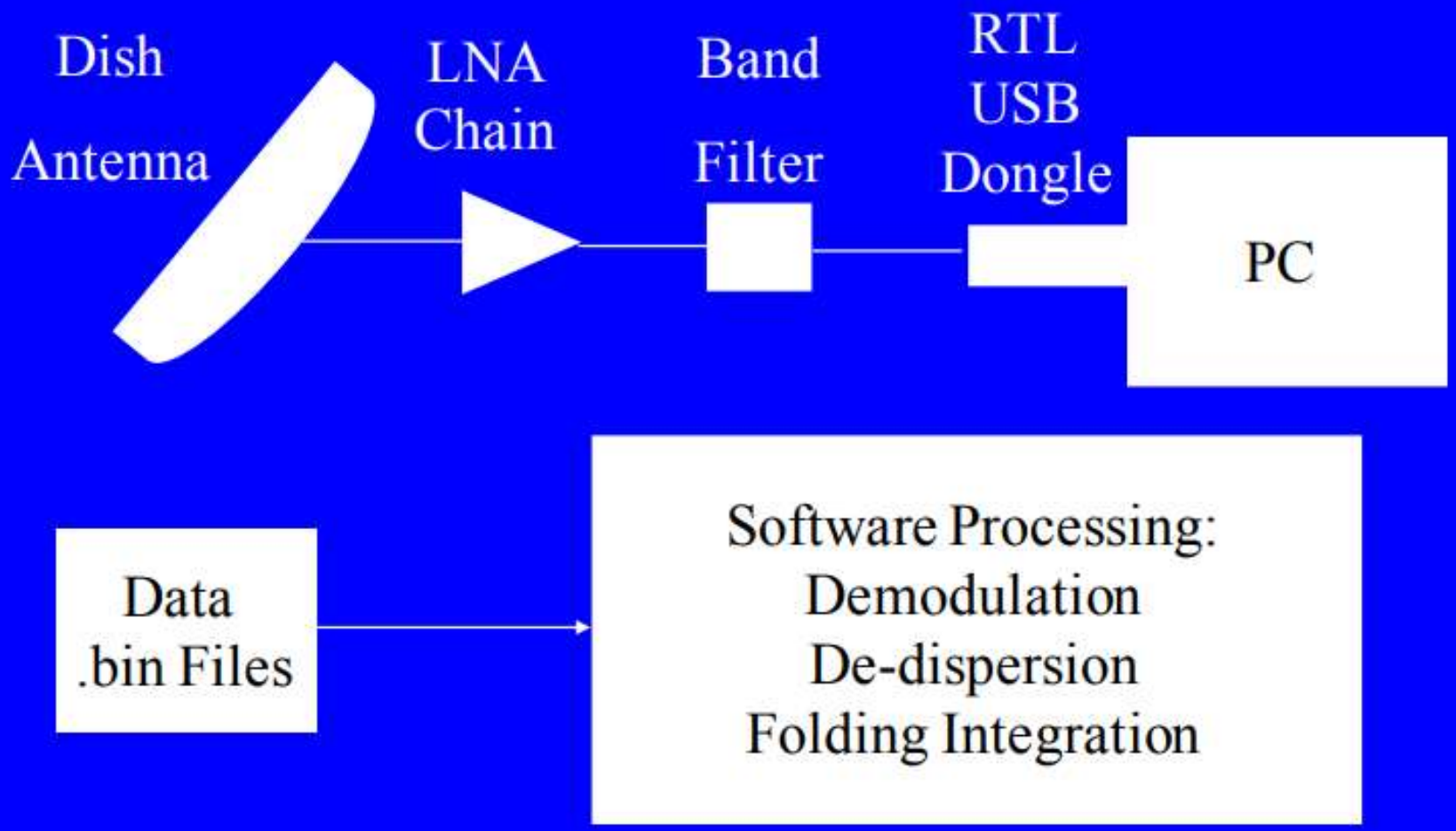
- Neem gedurende die 2 uur de data op (kan > 30 GB zijn!!!)
- Dit kan met een simpel C-programma van Osmocom RTL_SDR Tools (vrije software) en wordt in een command-venster van Windows gestart.
- Het programma “rapulsar” bewerkt dan die data.
- In principe wordt de 2 uur data verdeeld over verschillende blokken van elk exact de lengte van de pulsduur van de pulsar.
- Deze blokken worden dan digitaal over elkaar gelegd (folding) en dan wordt het kwadratisch gemiddelde steeds met elkaar opgeteld.
- De verwerking kan zelfs op een performante PC wat tijd in beslag nemen (1/2 uur).

Pulsars – problemen bij ontvangen

- Dispersion
  - Doordat er veel vrije elektronen zijn tussen de pulsar en de ontvanger verschuift de fase van de puls i.f.v. de frequentie.
  - Dit maakt het folding proces moeilijker omdat de puls dan in feite “uitgesmeerd” wordt over de periode en dus minder goed detecteerbaar is.
  - Op 70 cm kan de faseverschuiving van de puls op 2 MHz een 5 à 10 % bedragen.
  - Er is een speciaal programma ontwikkeld om dit effect te compenseren (Dedispers.exe).
- Scintillation
  - Terristial scintillation : t.g.v. troposferische variaties in de atmosfeer
  - Astronomical scintillation : t.g.v. variaties in de ruimte


380
360
340
320
Observed frequency (MHz)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Pulse phase (turns)
2666 × 3386

RTL Pulsar Radio Telescope



Available Software

Testing: SDR# + Zadig Driver
from: sdrsharp.com

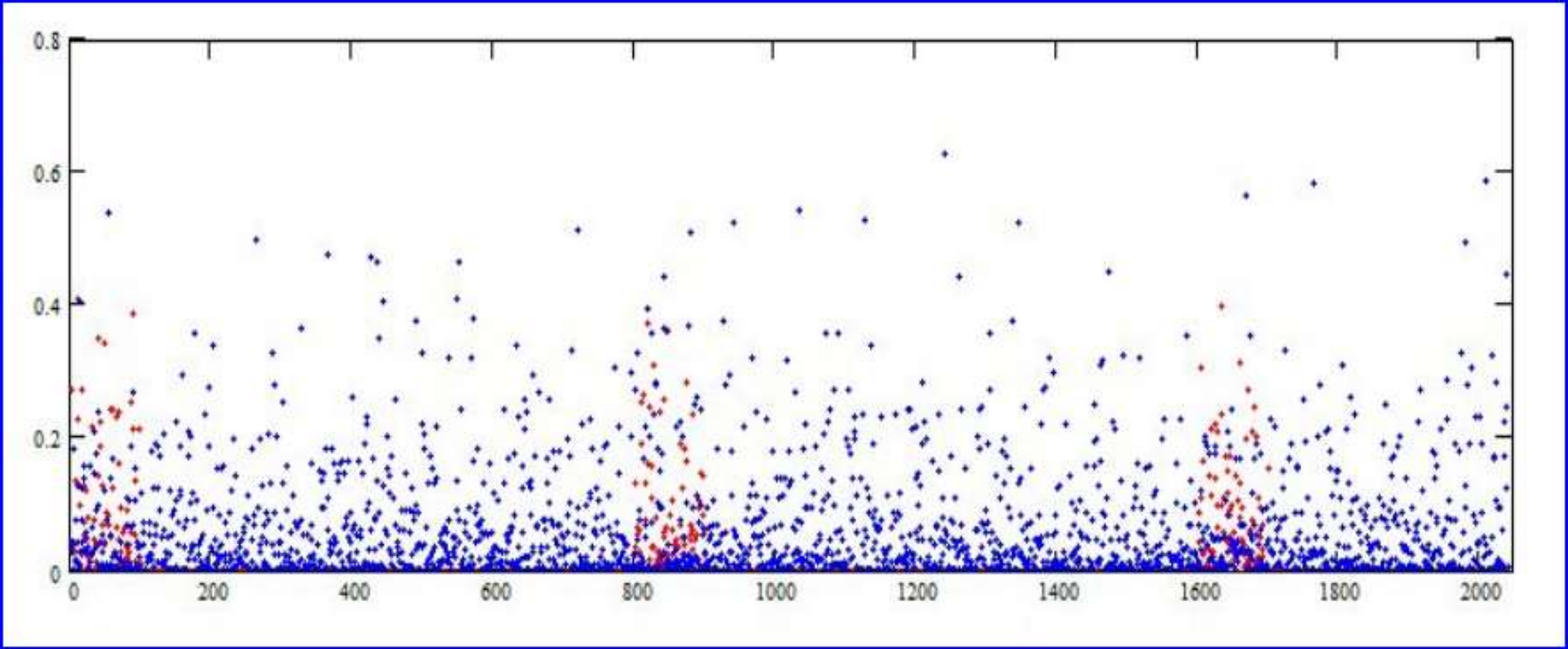
Data: Osmocom rtl tools rtl_sdr.exe
from: sdr.osmocom.org

Folding: rapulsar2.exe
from: y1pwe.co.uk/RAProgs

Display: Excel/MathCad

Professional: Tempo, Presto, Sigproc
from: pulsarastronomy.net

RTL Detected Pulsar Data



Detection Process

Within the pulsar pulse:

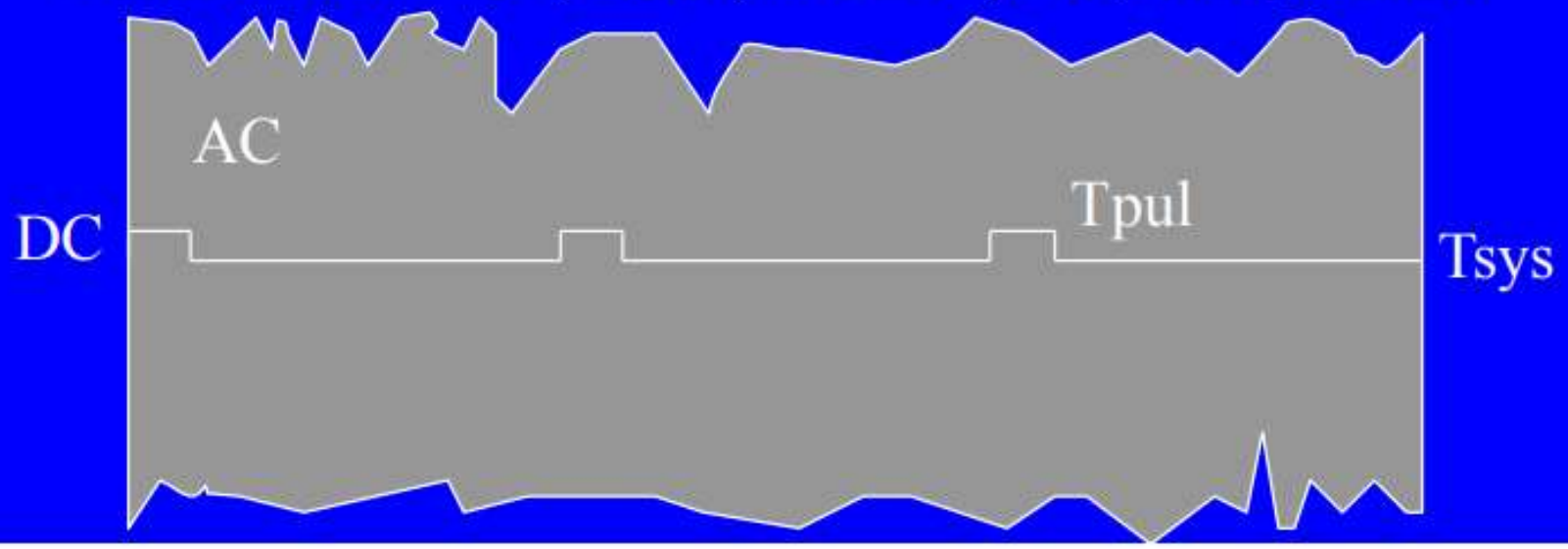
The receiver noise $= k(T_{pul} + T_{sys})B$

and outside $= k(T_{sys})B$

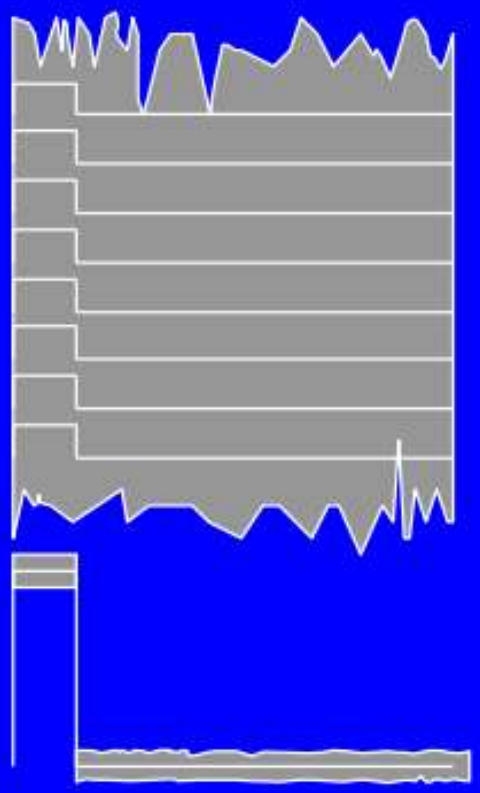
T_{pul} and T_{sys} are the pulsar and system noise temperatures.

k is Boltzsmann's Constant, B the RF bandwidth

Squaring the I and Q components (square-law detection) results in both AC (α BBv) and DC (α B^2) components.



Folding



* Pulse adds linearly
* Noise adds as square root
* SNR improves as √(No. Folds)

$$SNR = \sqrt{(BT/N)} \times Tp/Tsys$$

* Optimum No. bins = Period/Pwidth
* Highly tuned period filter

Data Processing – DOS cmd.exe

OsmoCom rtlsdr library & capture tool: 'rtl_sdr.exe'.
The capture tool generates files containing raw IQ ADC data from the dongle in hex form (viewing software: 'hexdump.exe').

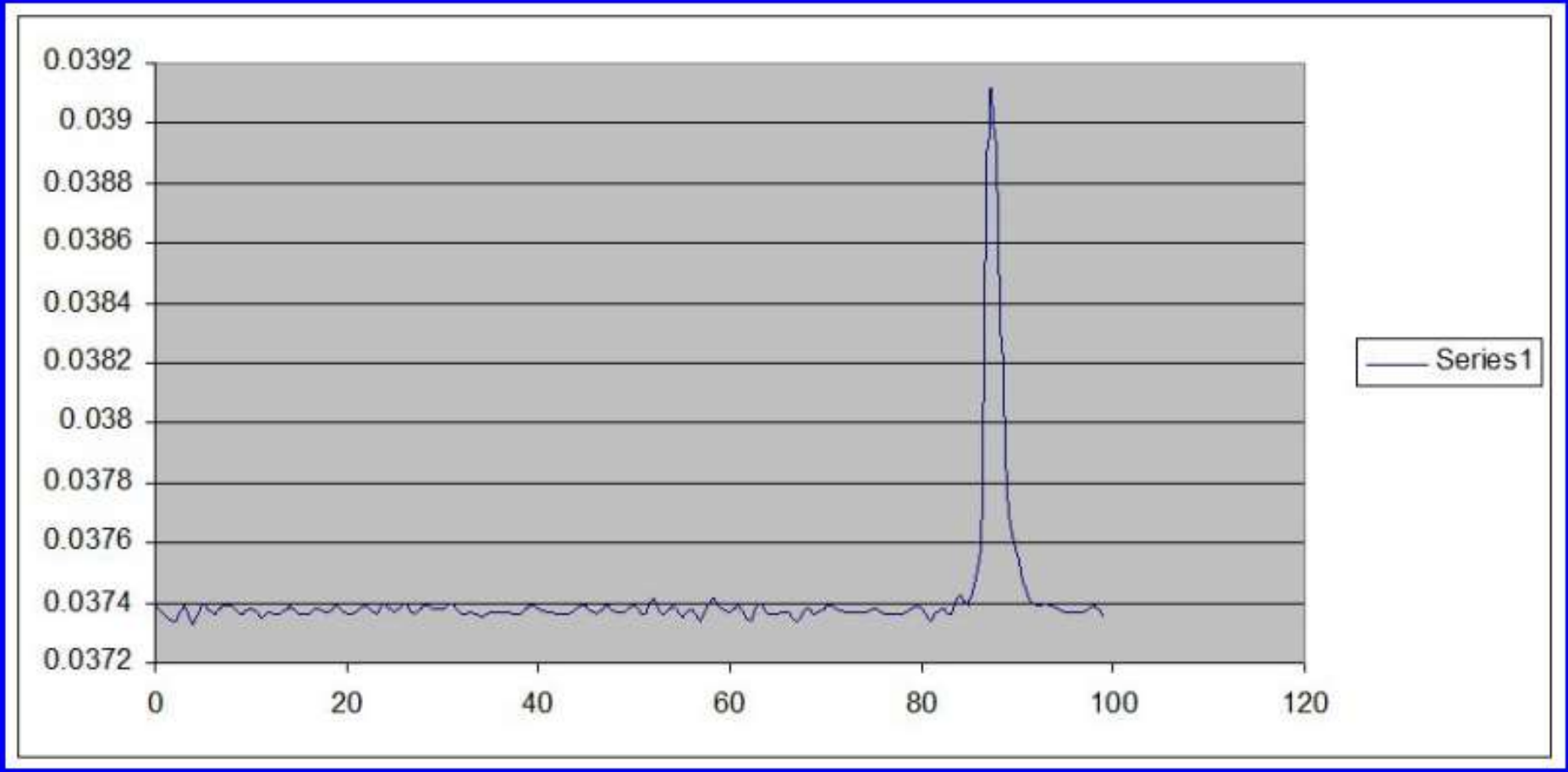
```
rtl_sdr ./data.bin -f 1420e6 -g 42 –n 1e9
```

rapulsar2.exe processes this to carry out folding.

- It breaks data into blocks equal in time to the pulsar period
- Sums the blocks.
- Outputs a text file that can be viewed in Excel or Math CAD.

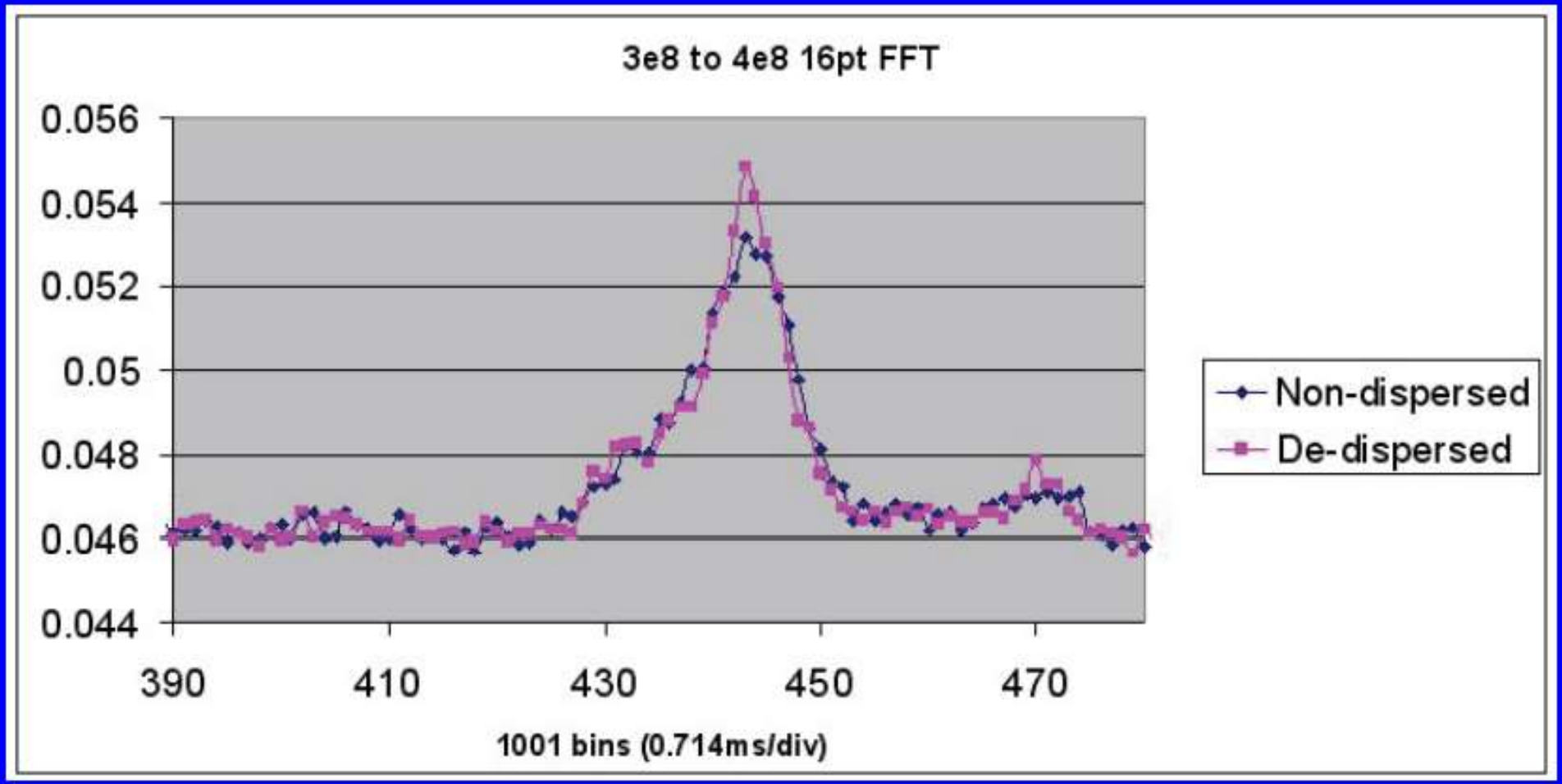
```
rapulsar2 data.bin data.txt 100 89.39
```

Vela Pulsar B0833-45



Data Source (30m): Guillermo Gancio

PSR B0329+24

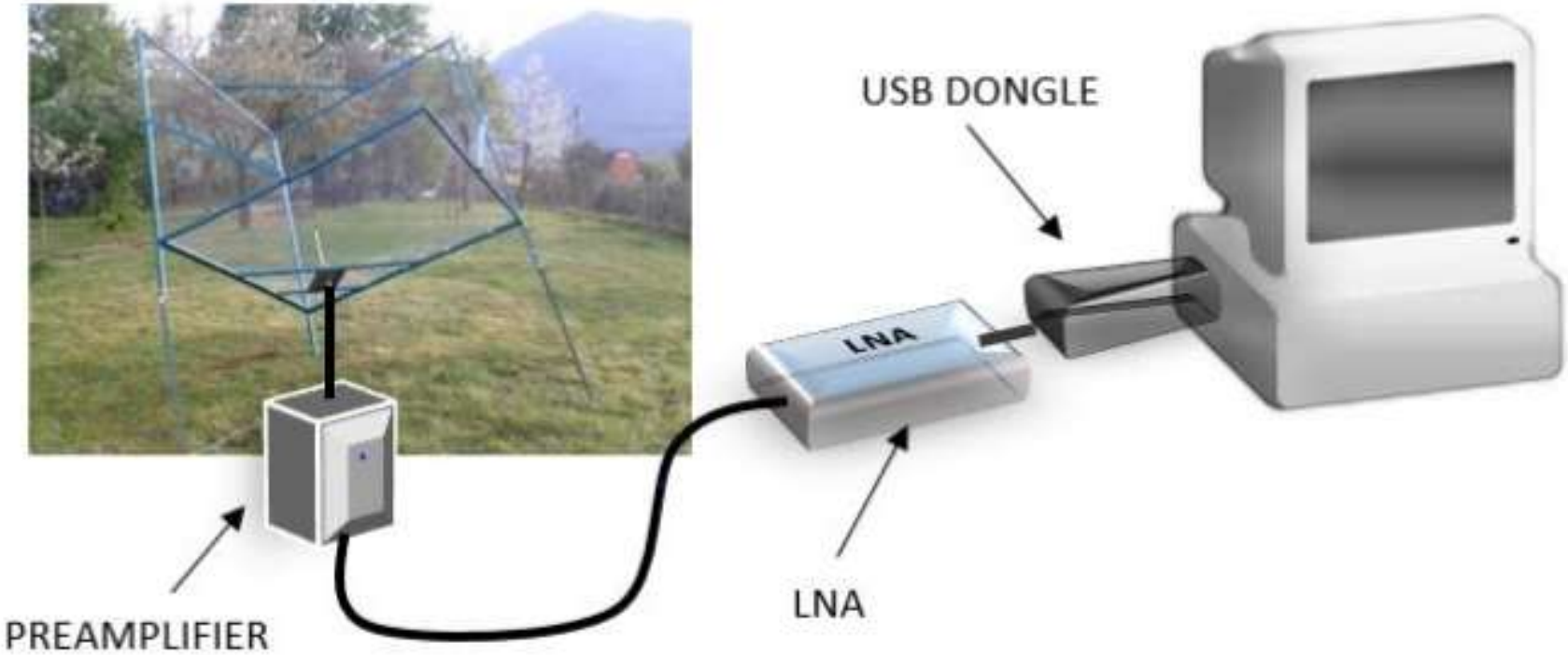


Data Source (25m): Michiel Klaassen

Pulsar - metingen

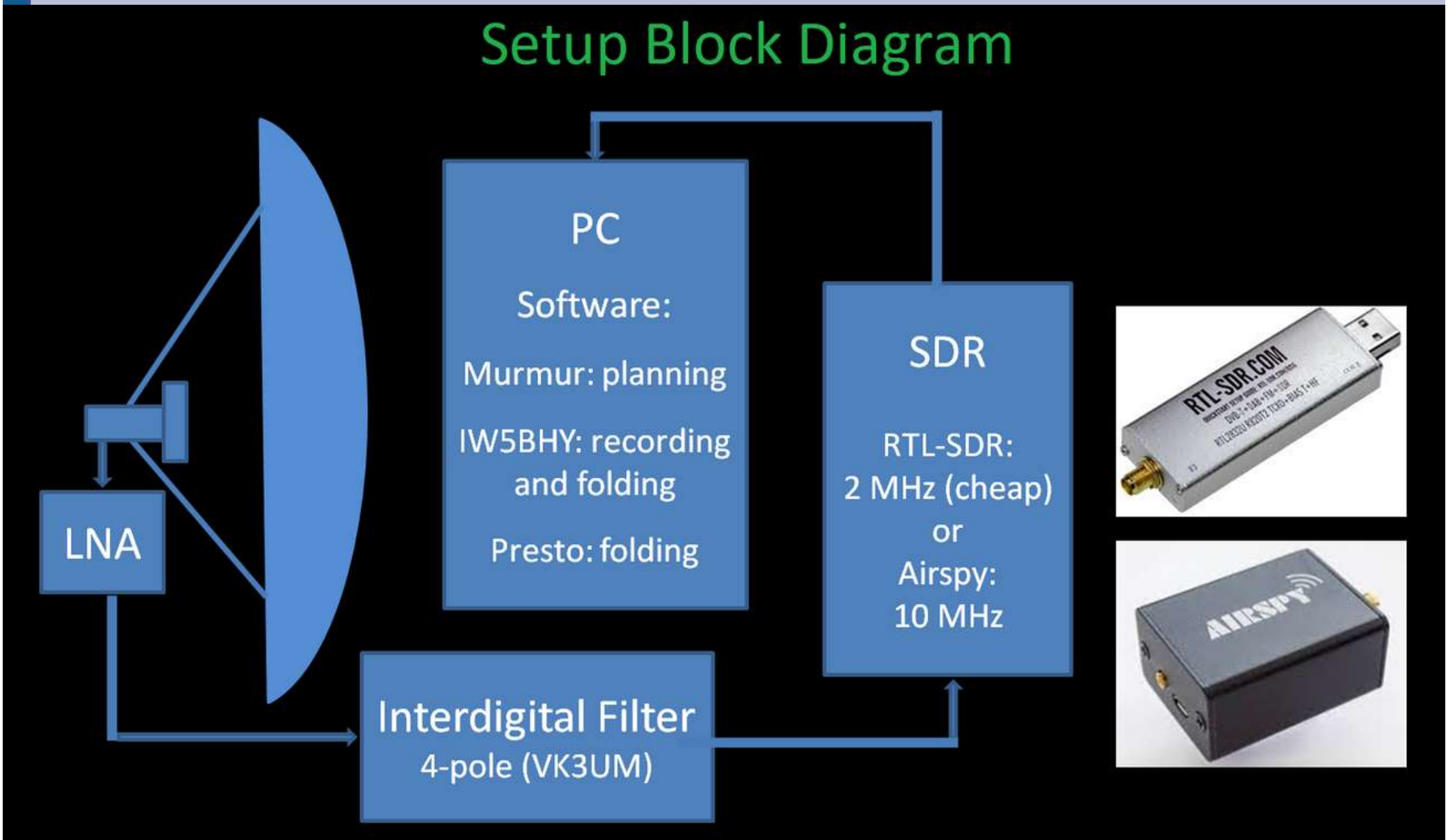
- IW5BHY – dagelijkse metingen

Receiving System



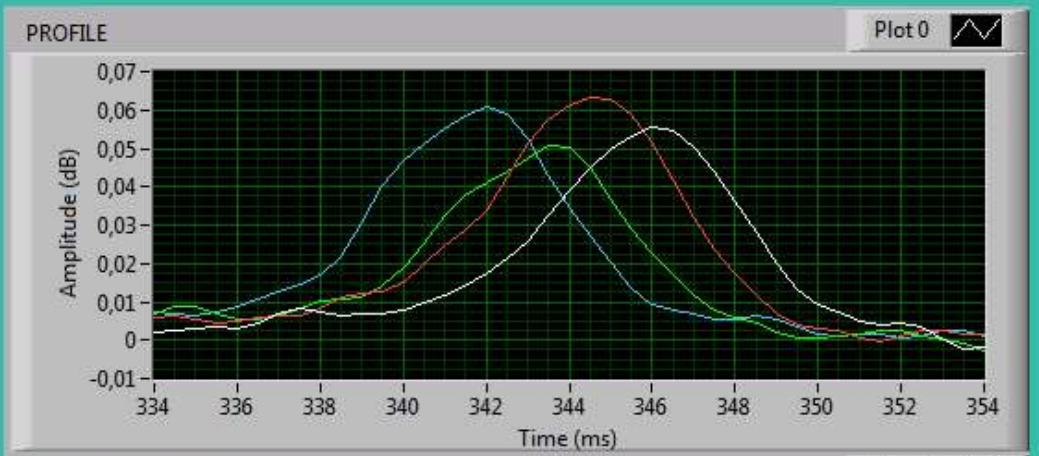
Pulsar - metingen

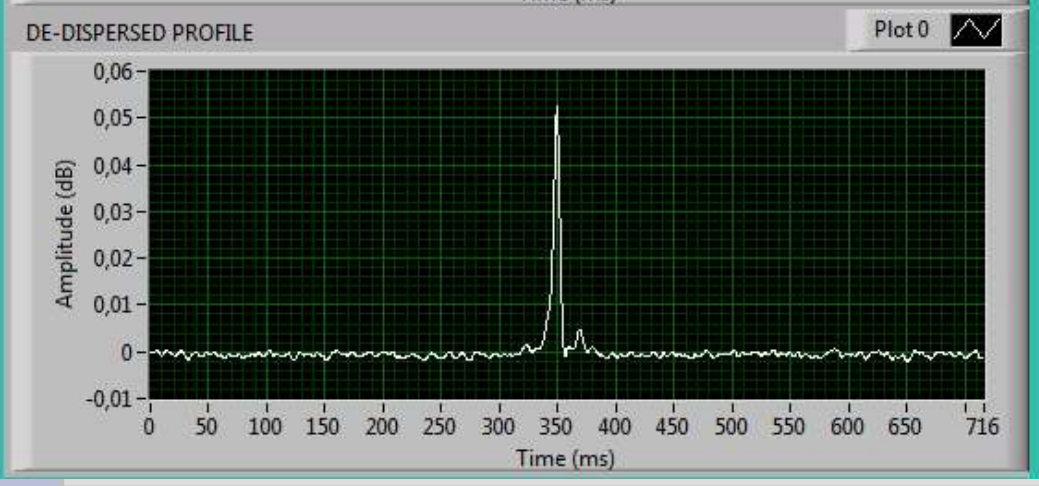
- OE5JFL



Pulsar - metingen

- OE5JFL
- 7,3 m antenneschotel !!!
- 3 grafieken met elk 500 kHz verschil -> Dispersion = 2,9 ms/MHz





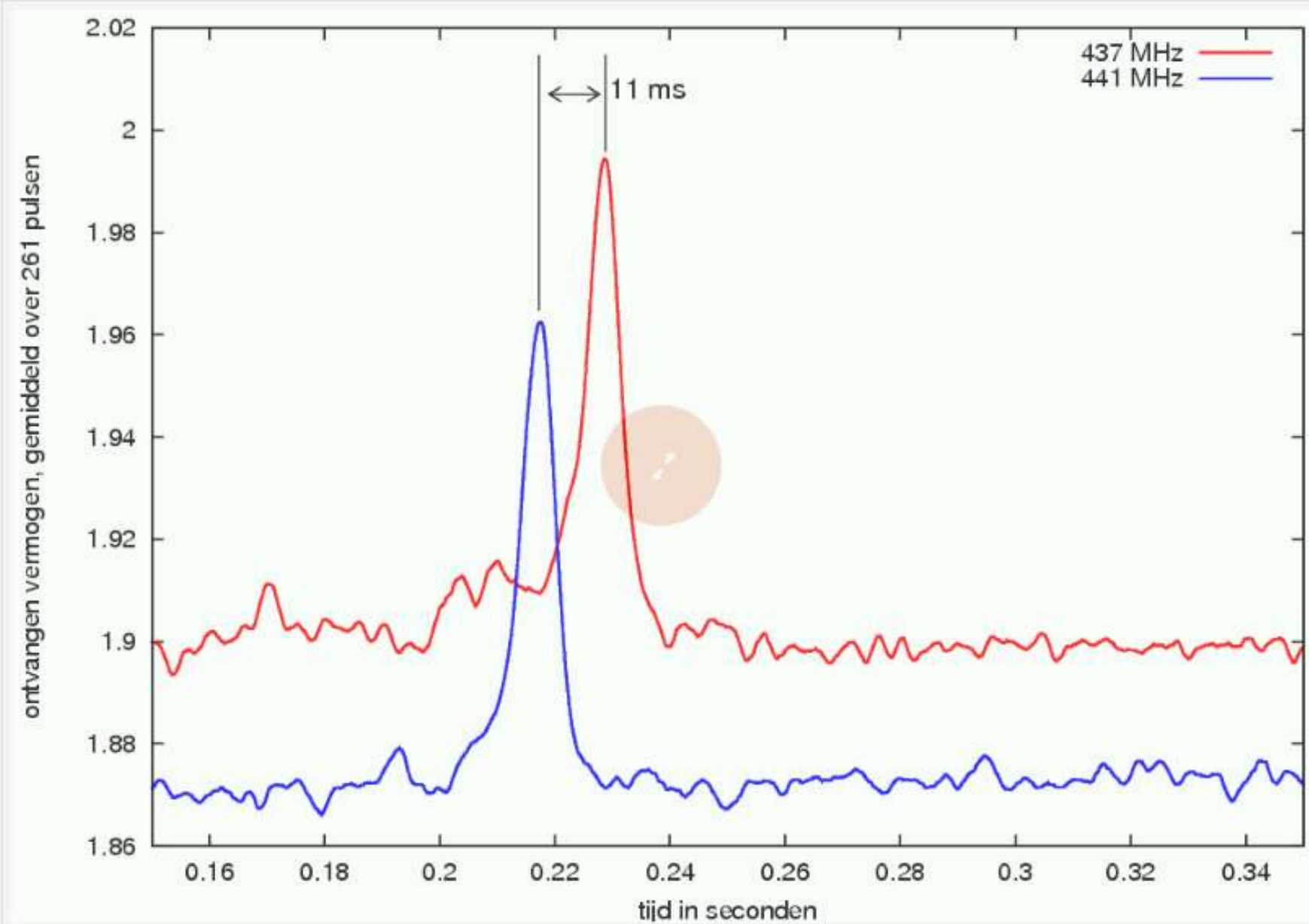
These graphs of a 424MHz reception illustrate the effect of dispersion. The bandwidth of 2 MHz is divided into 4 subbands, 500 kHz each.

The upper graph shows the subbands separately and zoomed. The blue line is offset by slightly more than 4 ms from the white line. The difference of the center frequencies is 1.5MHz. This is a good coincidence to the 2.9ms/MHz dispersion of the pulsar on 420 Mhz.

The lower graph shows a beautiful pulse after de-dispersion.

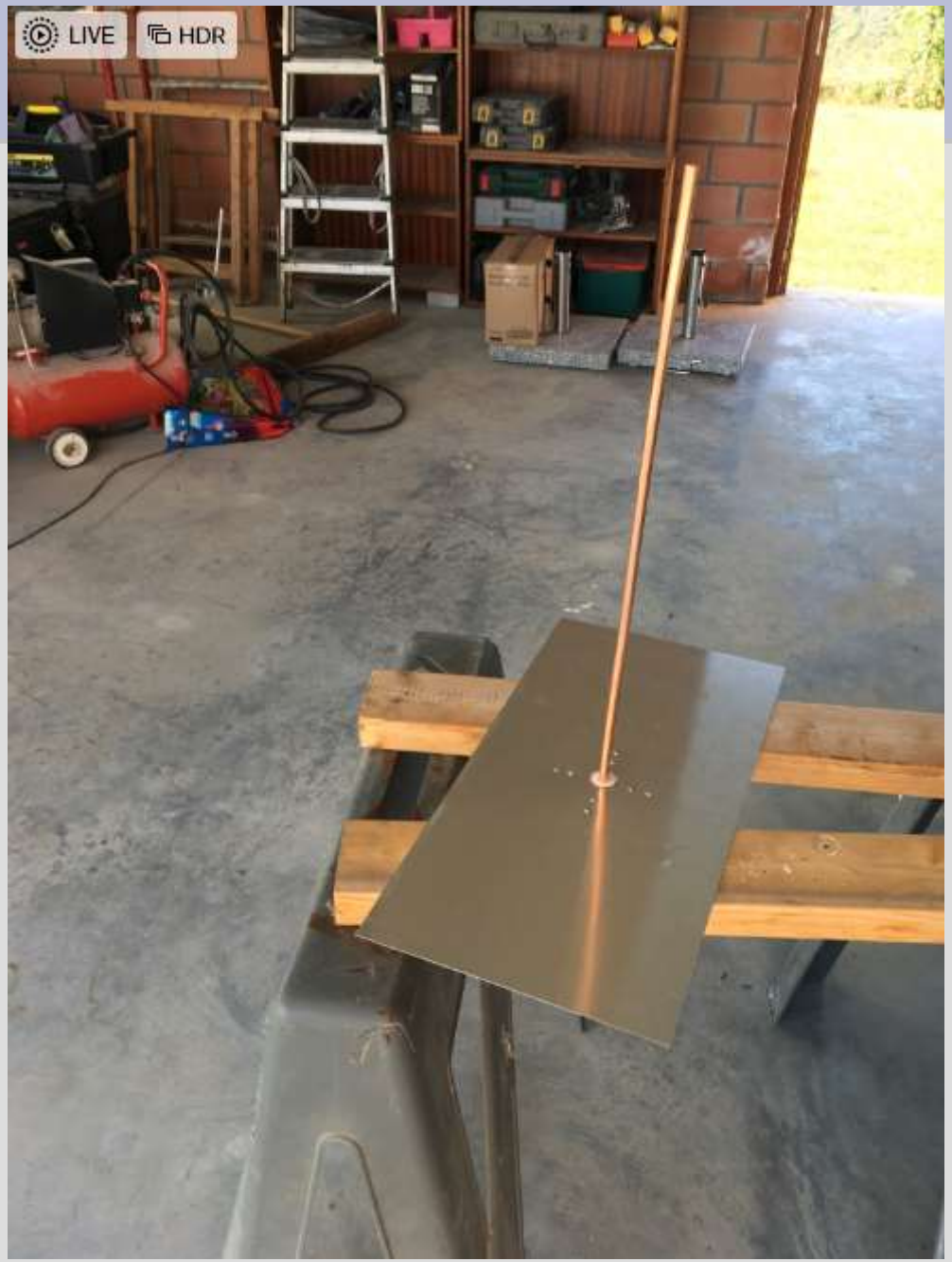
Pulsar - metingen

- PI9CAM - Dwingeloo
- 25 m antenneschotel
-



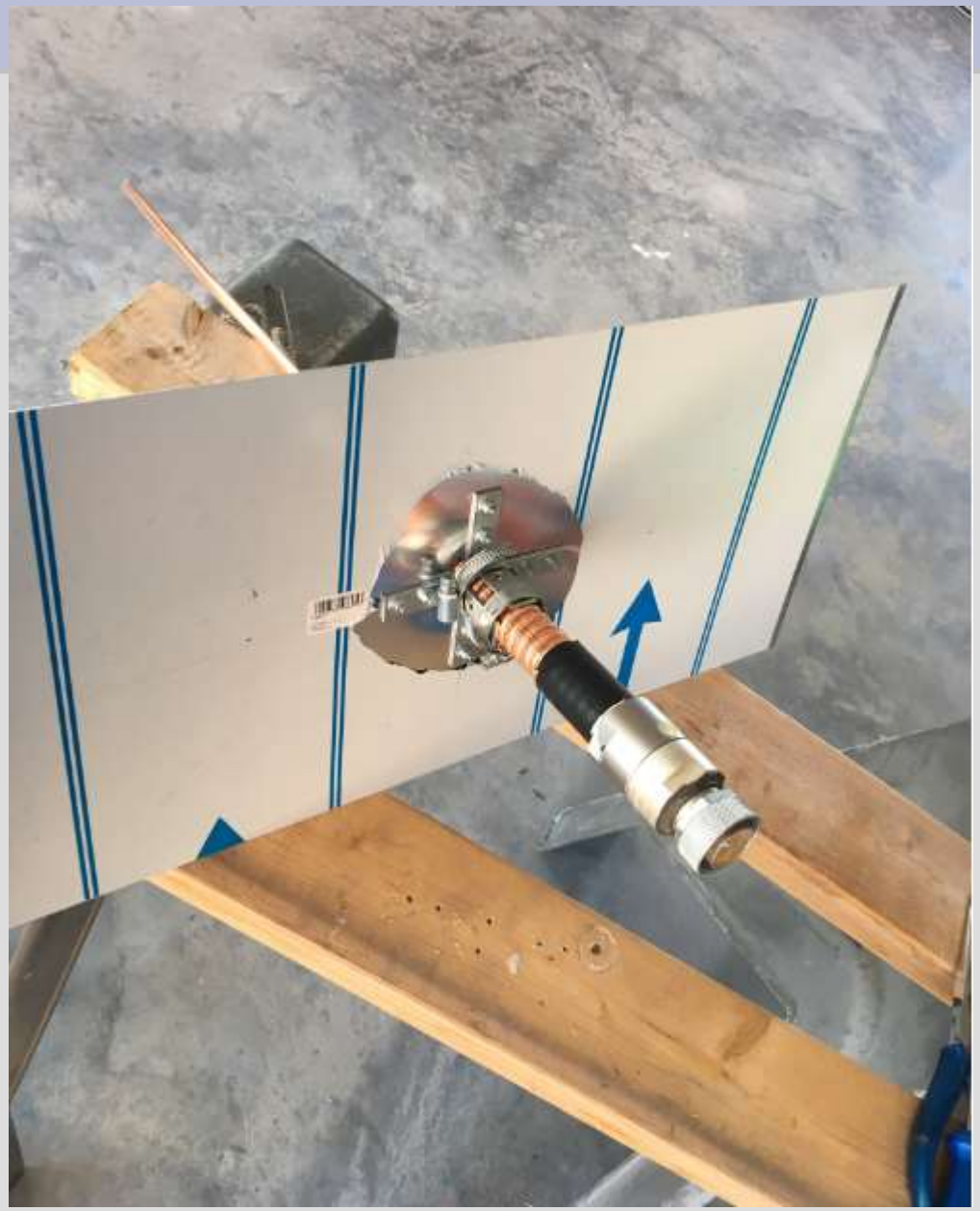
Pulsar - metingen

- ON4CGX



Pulsar - metingen

- ON4CGX



Pulsar - metingen

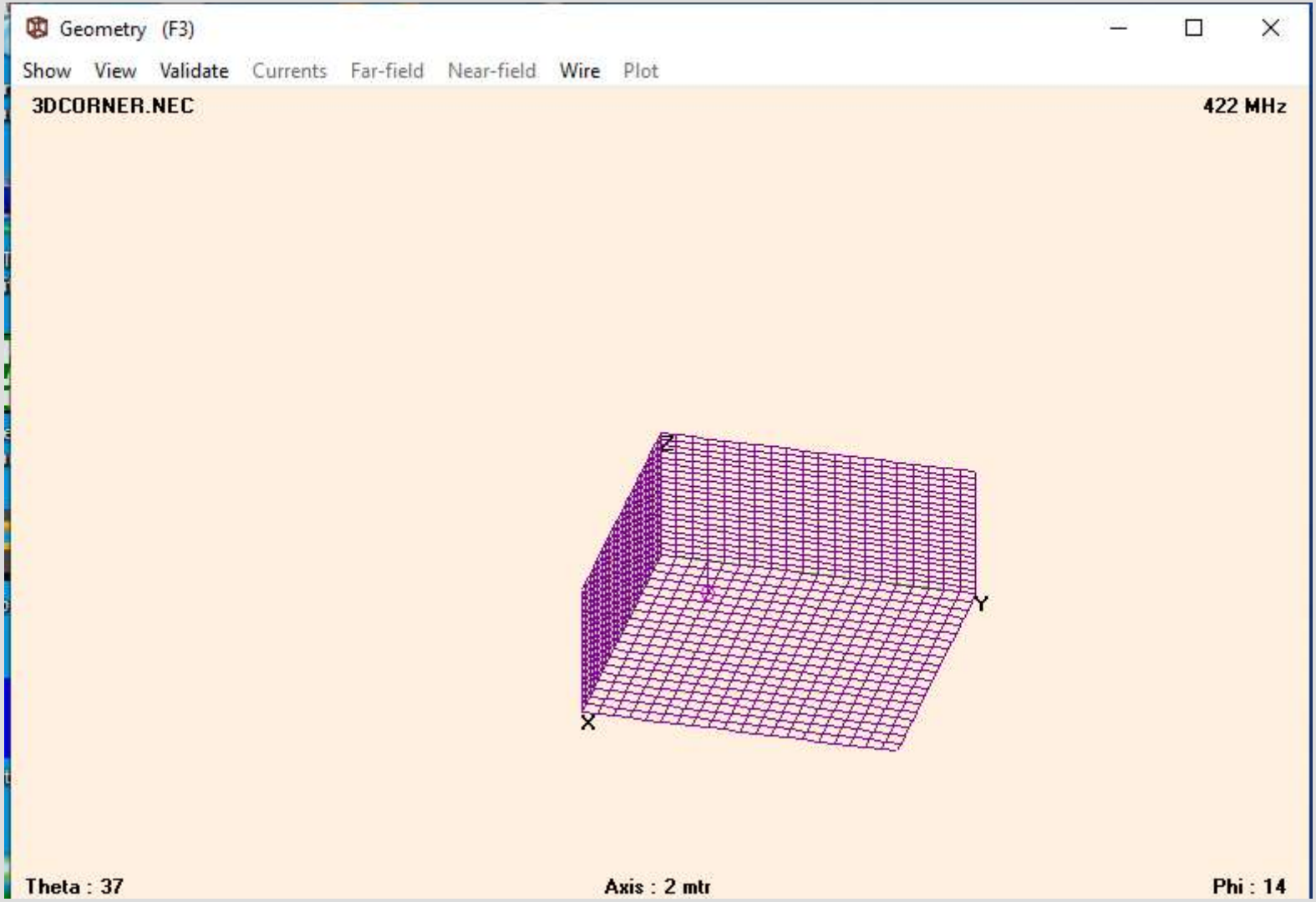
- ON4CGX

Pulsar - metingen

LIVE

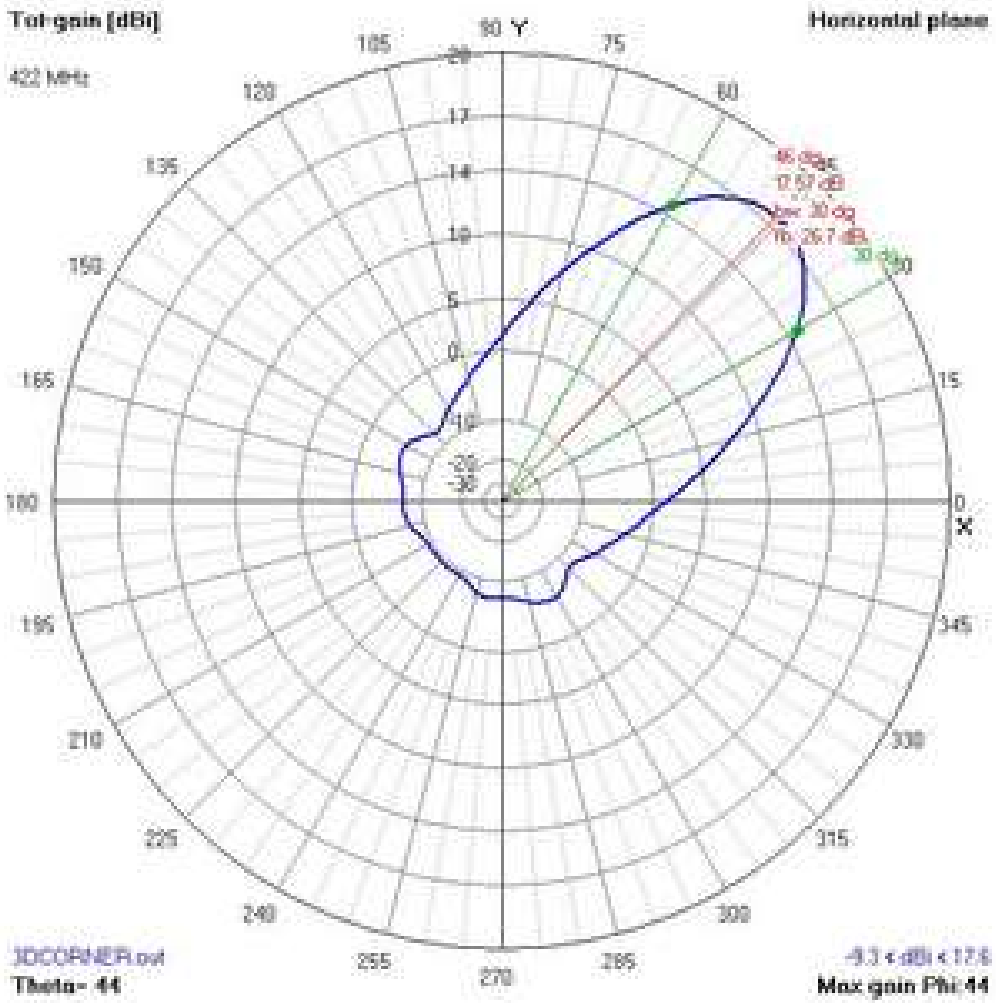
Pulsar - metingen

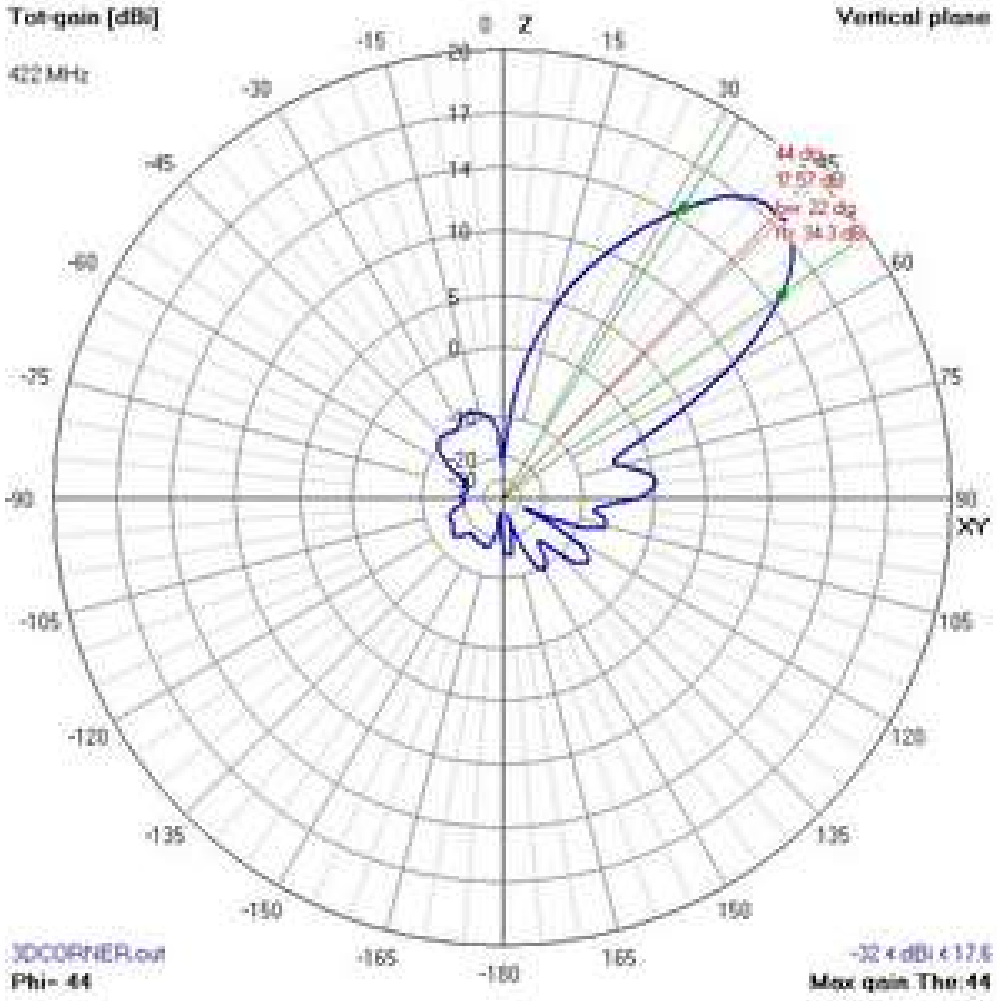
- ON4CGX
- Berekening 4NEC2



Pulsar - metingen

- Equivalent van een 2,2 meter schotel
- 15 K
- 17 dBi

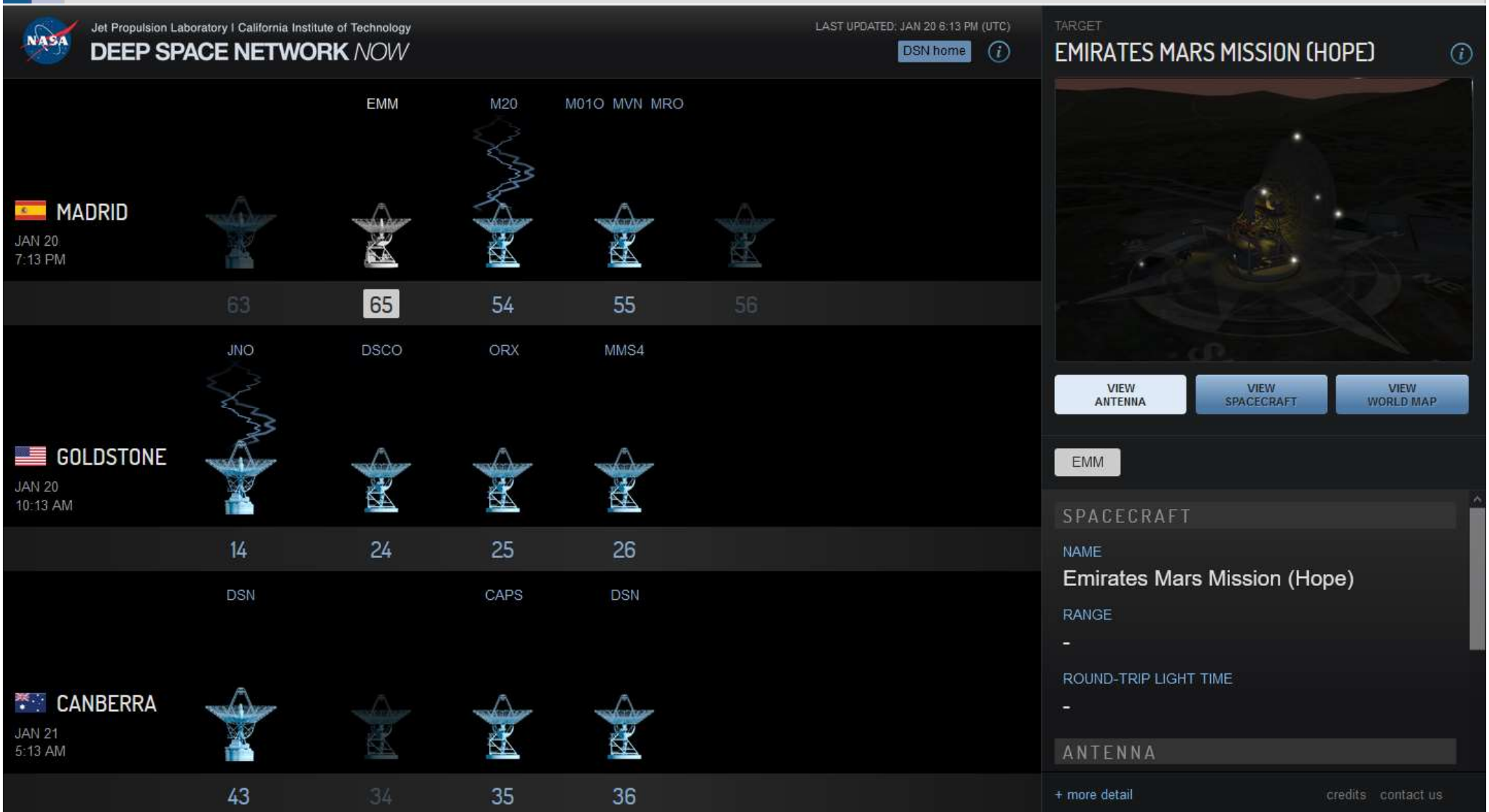




DSN

- DSN staat voor Deep Space Network
- NASA's netwerk van telescopen over de wereld die alle sondes bestuurt (sonde <> satelliet)
- DSN wordt gebruikt door de NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL)
- JPL bestaat uit 3 locaties op aarde ongeveer 120° verschillend van elkaar zodat op gelijk welk tijdstip alle sondes kunnen bereikt worden
- JPL :
  - Canberra, Australië
  - Madrid, Spanje
  - Goldstone, California

DSN


Jet Propulsion Laboratory | California Institute of Technology
DEEP SPACE NETWORK NOW
LAST UPDATED: JAN 20 6:13 PM (UTC)
DSN home
EMM
M20
M01O MVN MRO
MADRID
JAN 20
7:13 PM
63
65
54
55
56
JNO
DSCO
ORX
MMS4
GOLDSTONE
JAN 20
10:13 AM
14
24
25
26
DSN
CAPS
DSN
CANBERRA
JAN 21
5:13 AM
43
34
35
36
TARGET
EMIRATES MARS MISSION (HOPE)
VIEW ANTENNA
VIEW SPACECRAFT
VIEW WORLD MAP
EMM
SPACECRAFT
NAME
Emirates Mars Mission (Hope)
RANGE
-
ROUND-TRIP LIGHT TIME
-
ANTENNA
+ more detail
credits
contact us

DSN

- DSN bestaat hoofdzakelijk uit 2 segmenten :
  - S-band – 2230 MHz
    - Lunar explorers/orbiters
  - X-band – 8450 MHz
    - TX : 7,1 GHz
    - RX : 8,4 GHz
    - Is opgesplitst in verschillende kanalen die al redelijk bezet zijn
    - Alle sondes die verder dan 1AE zijn (MRO e.d.)
  - 32 – 45 GHz
    - Weinig van bekend

DSN - uitdagingen

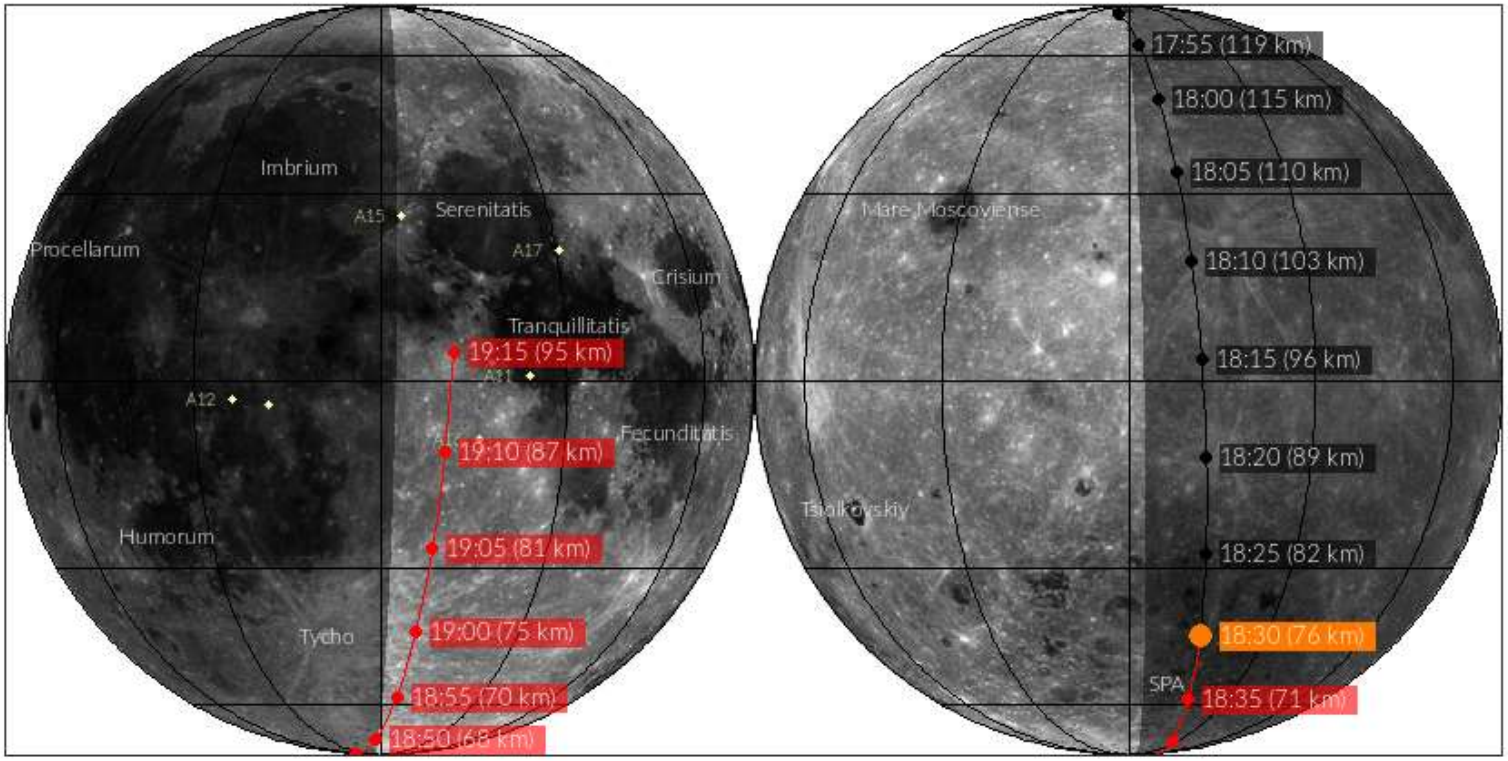
- S-band is qua materiaal relatief gemakkelijk.
- TP-link Wifi antenne is al bruikbaar, maar is een uitdaging
- Goede preamp
- Bouwplannen en tips zijn te vinden op UHF Satcom
- Satellietschotel van 1 meter diameter + de helical antenne voor QO100 is ook bruikbaar.
-

DSN - uitdagingen

- Sondes op S-band :
  - LRO (Lunar Reconnaiscance Orbiter)
    - NASA
    - Gelanceerd in 2009
    - Brengt het maanoppervlak in kaart
    - Omlooptijd : 2 uur
    - Hoogte : 50 km
    - Snelheid : 1,6 km/sec
    - Instrumenten zijn uitgeschakeld om energie te besparen.
    - Draait in polaire orbit zodat die de helft van de tijd hoorbaar is.
    - Tracking op : http://lroc.sese.asu.edu/about/whereislro

What is LROC?
Objectives
Specifications
LROC Team
LROC Patch
Terms of Use
Where is LRO?
Observation Request
Contact

LRO's *Current* Location



Current Location | Projected Location | Past Location | 24-hour Clock: e.g. 15:35 | Surface Distance: e.g. (80 km) | ♦ Apollo Sites: e.g. A11

Configure Map

DSN - uitdagingen

- Sondes op X-band :
  - Solaire sondes
    - Stereo A en B
    - SOHO (2245 MHz)
    - ACE (2278,377 MHz)
    - DISCOVR (2245,0 MHz)
    - WIND (2275,0 MHz)

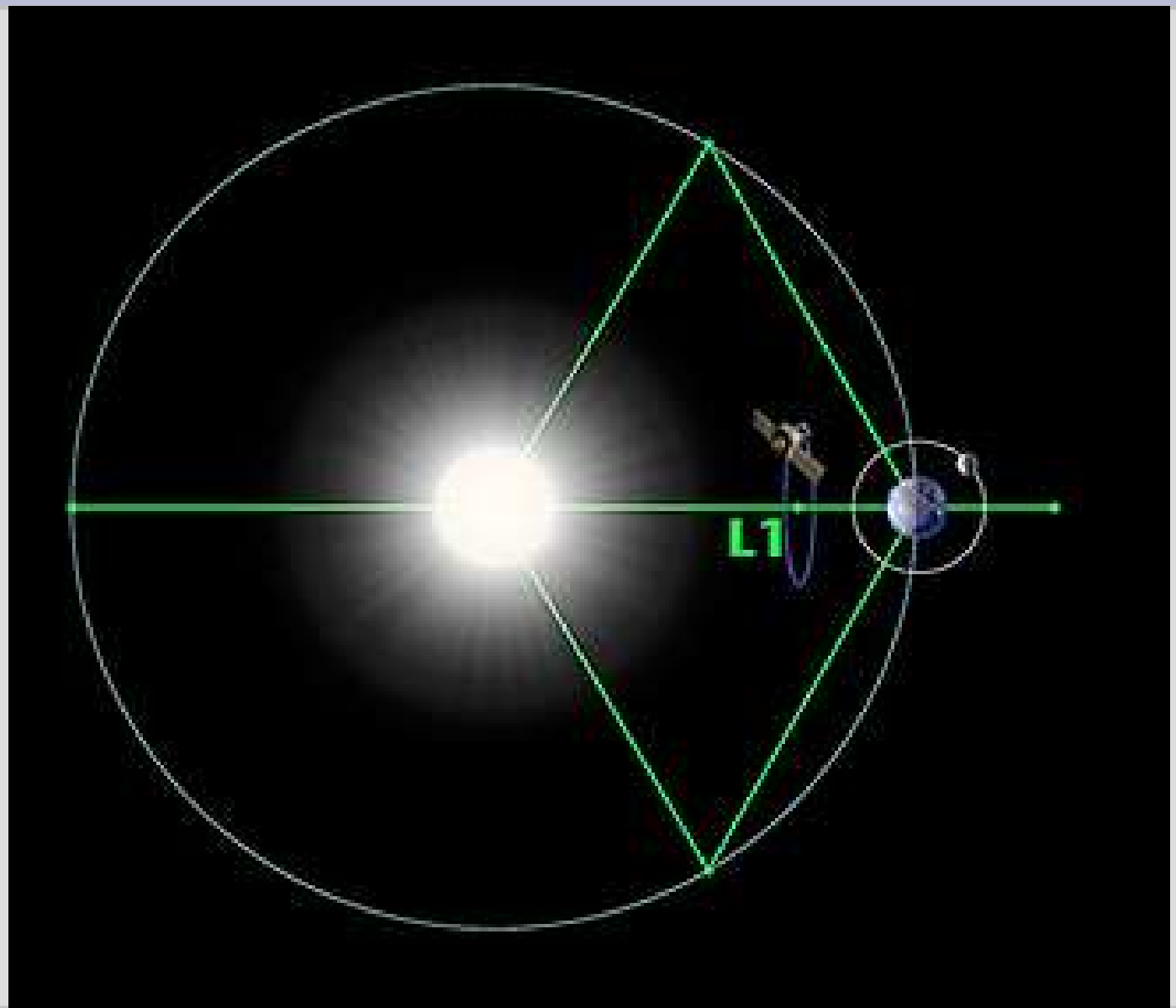
STEREO A en B

- NASA
- Heliocentrisch
- Nemen foto’s van de zon (onderzoek magnetische stormen)
- Stereo A (Ahead) staat dichter bij de zon en draait dus sneller om de zon dan Stereo B (Behind)
-

SOHO

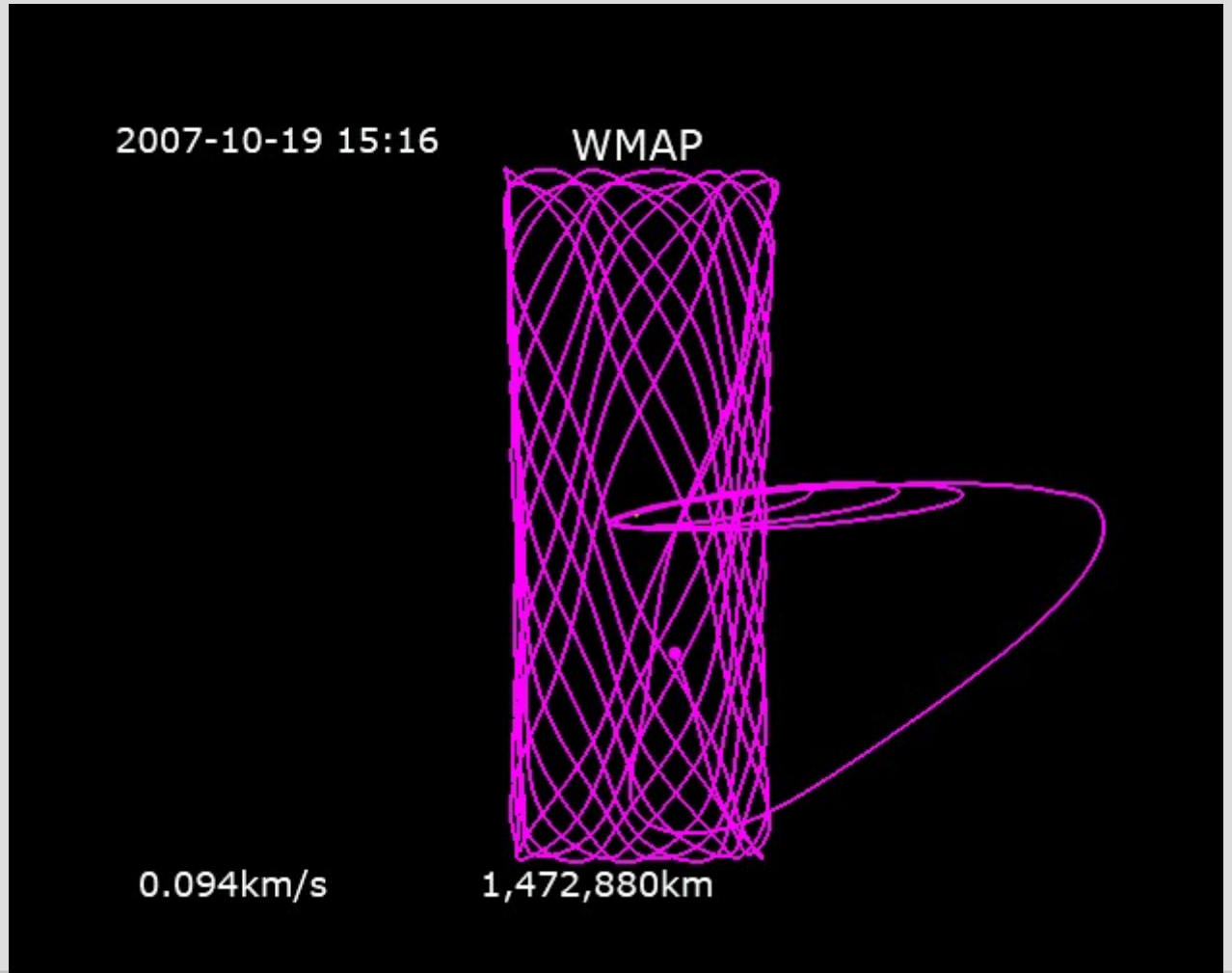
- NASA - ESA
- Telescoop
- SOlar and Heloispheric Observatory
- Zit op L1 in een halo baan.
- L1 is 1,5 miljoen km van de aarde op de lijn aarde – zon
- Halo met lange as 660,000 km
- Kan dus beide polen van de zon zien.

SOHO



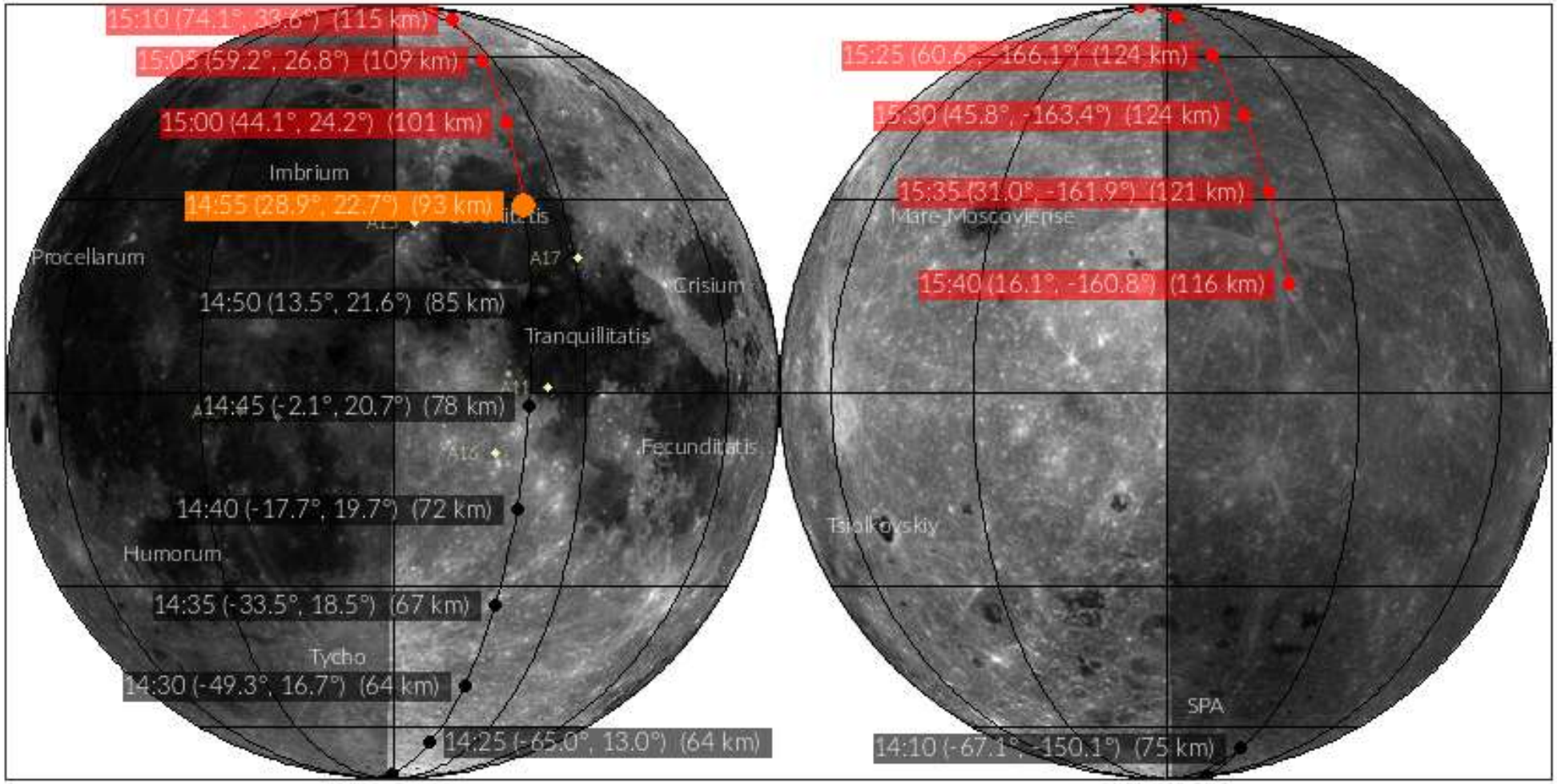
ACE

- Advanced Composition Explorer
- NASA
- Onderzoek naar zonnewinden
- Zit op L1 met daarrond Lissajous orbit



OBSERVATIES : LRO

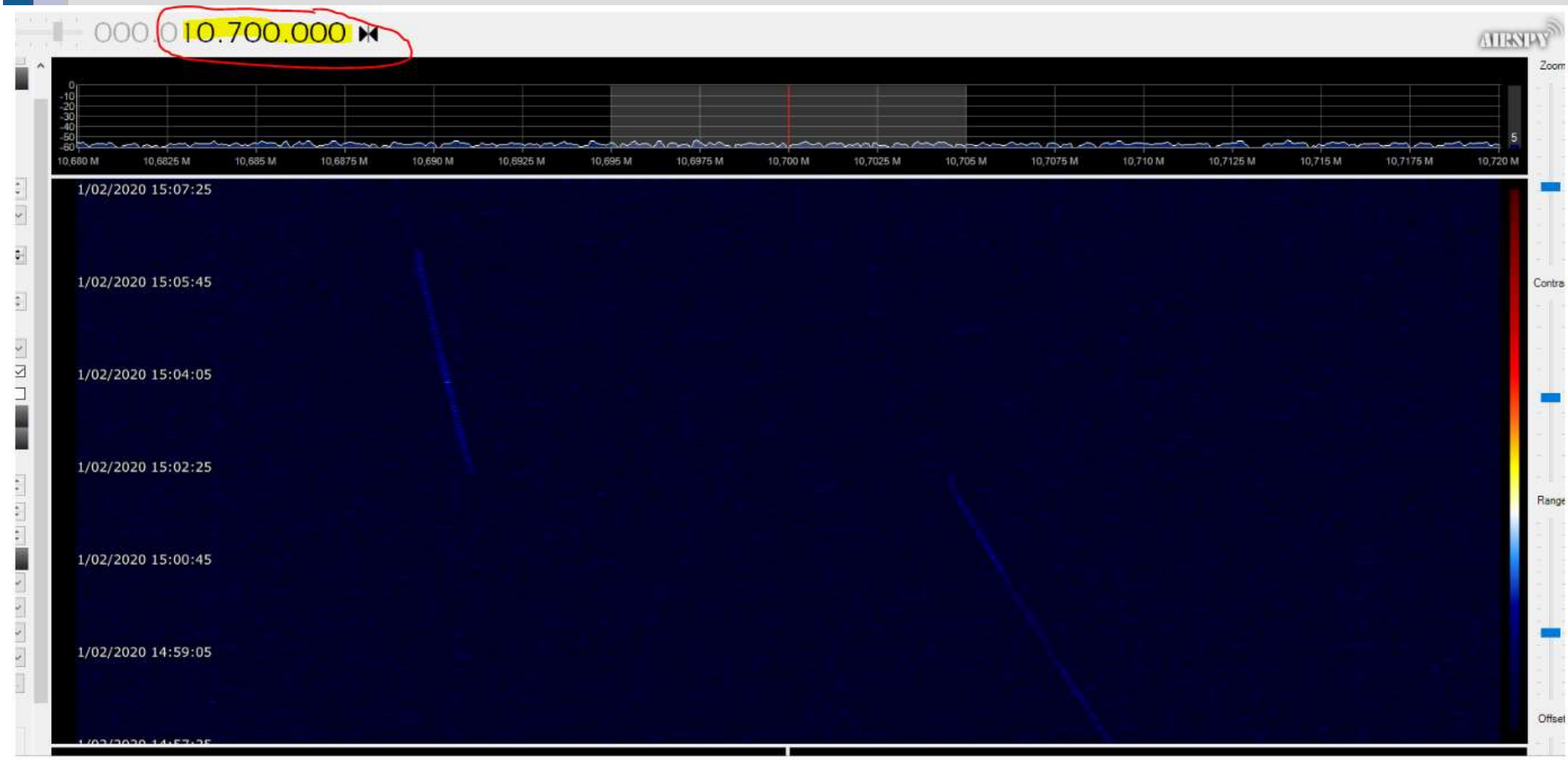
LRO's *Current* Location



Current Location | Projected Location | Past Location | 24-hour Clock: e.g. 15:35 | Surface Distance: e.g. (80 km) | ♦ Apollo Sites: e.g. A11

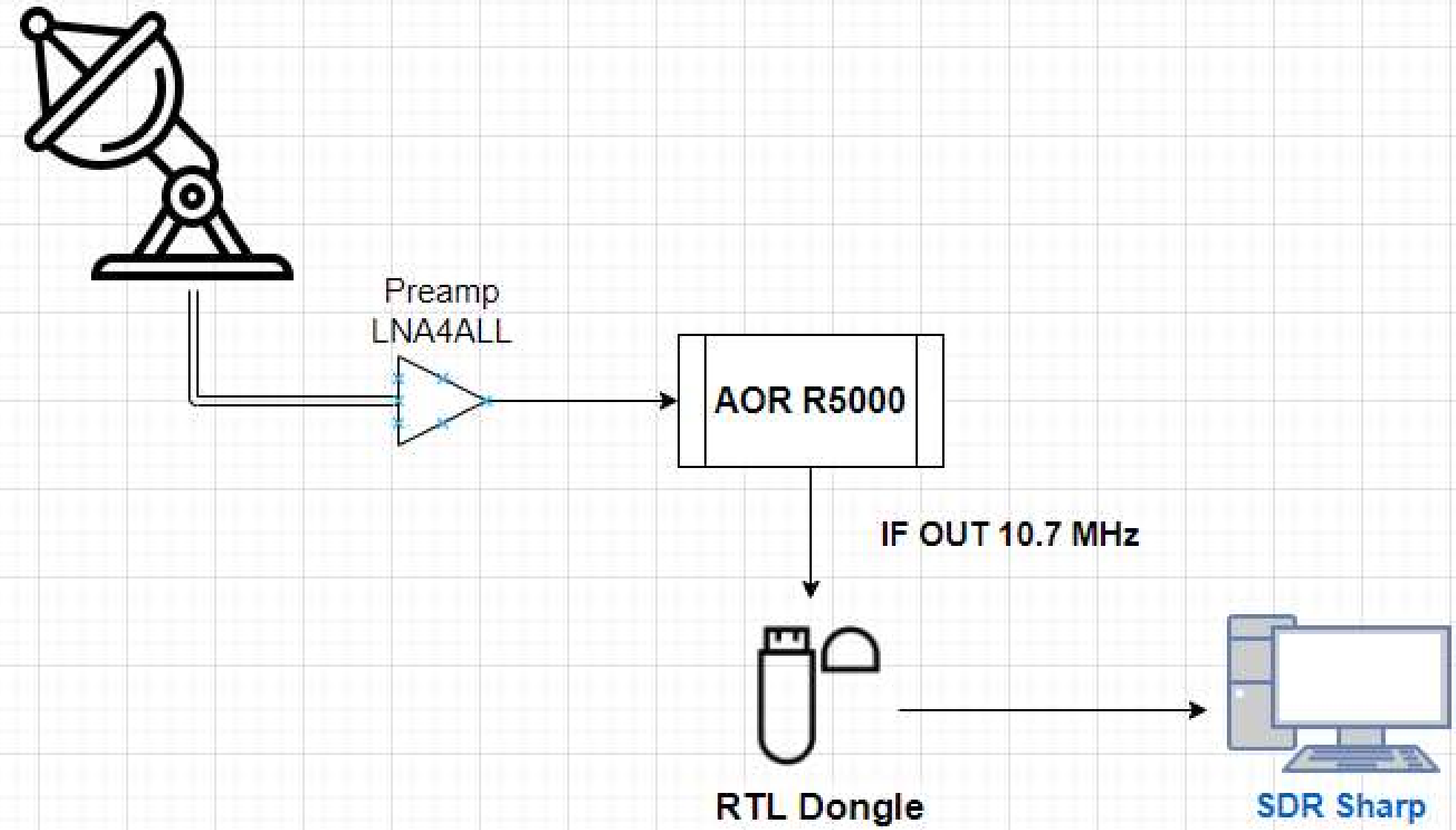
Configure Map

OBSERVATIES : LRO

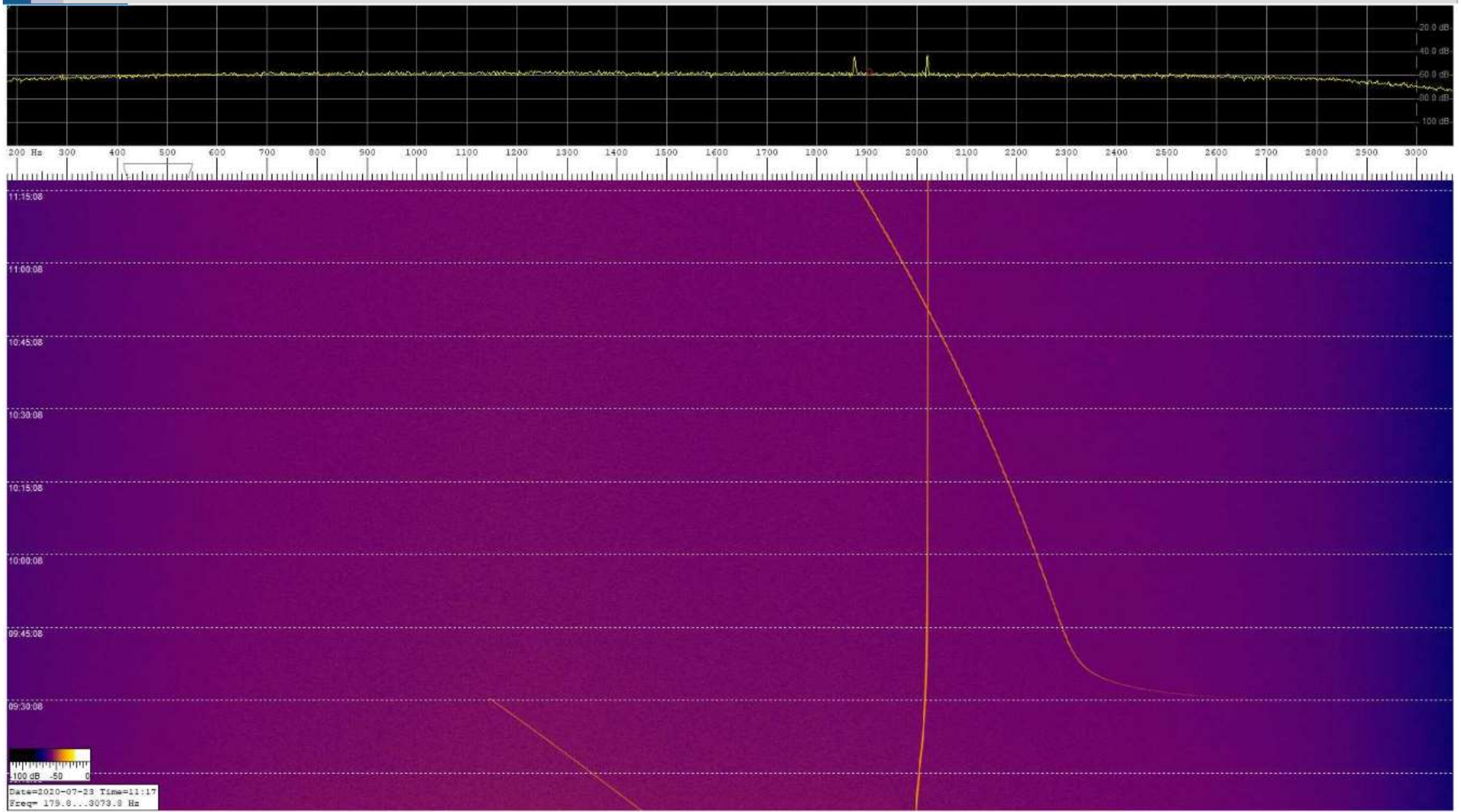


OBSERVATIES : LRO

LRO : 2271.200 MHz



OBSERVATIES : Queqiao: 2234.523050 MHz

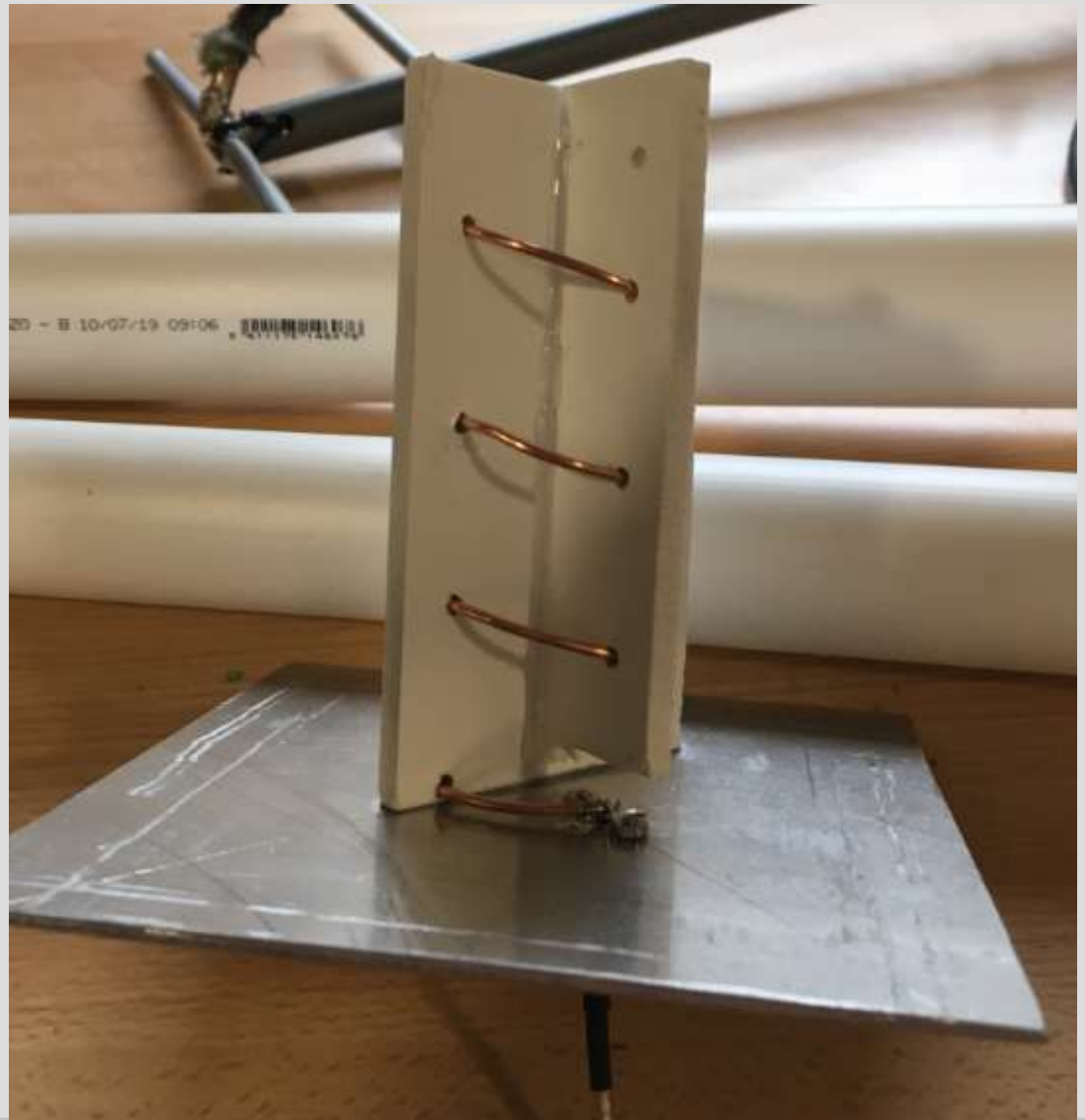


OBSERVATIES : Queqiao – Change 4

- Chinese satelliet
- 2234.5218 MHz
- Is een relaisstation voor de Lunar Rovers
- Als op 2234.5218 MHz staat , heb ik 2 carriers een 200 Hz verschil.
- Doppler is op dat ogenblik 2168 Hz
- 1 carrier op 2 kHz en een andere floating. De floating carrier is van de sonde; de vaste carrier niet.
- Gedetecteerd als de maan boven India zit.
-

Antennes voor S-band

- Schotel van 1 meter diameter met antenne voor QO100 is voldoende
- Mijn metingen met schotel 2,8 meter en home made feeder:

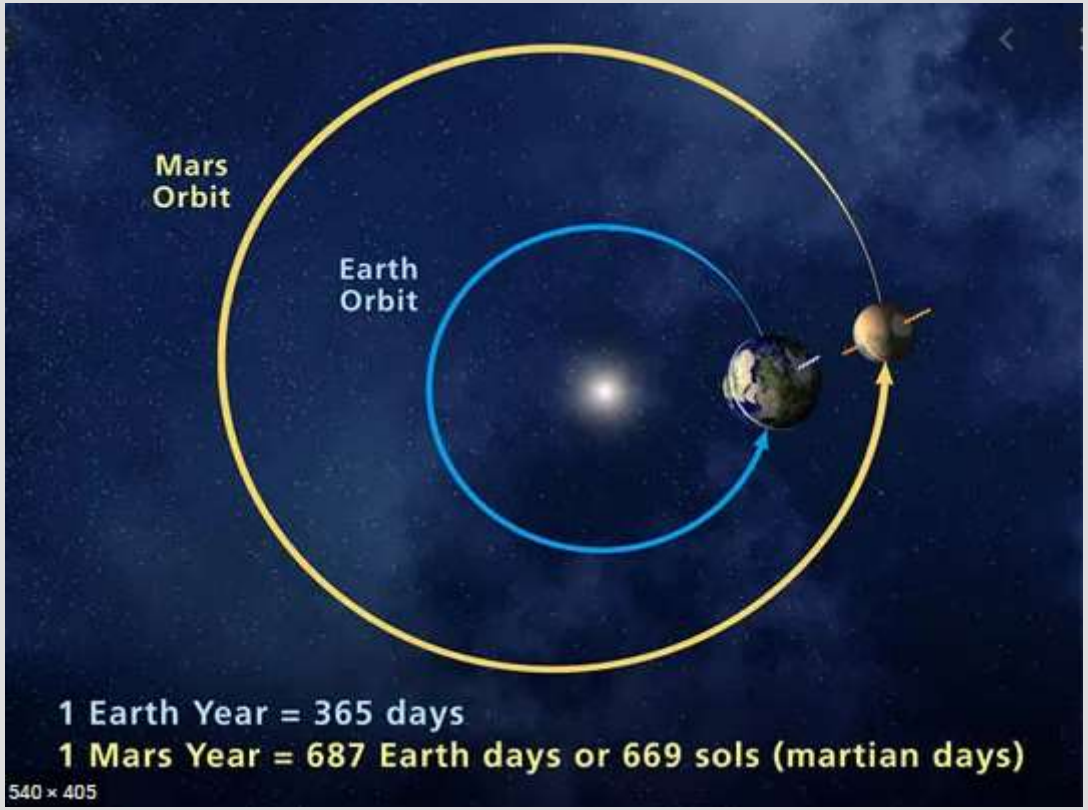


OBSERVATIES op de X-band

- Tianwen -1
- MRO
- Mars express
- Mars Odyssey
- Mars 2020 Cruise

OBSERVATIES op de X-band

- Mars zit tussen 0,2 en 2,6 AE van de aarde (60 – 400 milj. Km)



OBSERVATIES op de X-band

- MRO is het sterkst
- MRO wordt gebruikt als relaisstation voor de rovers.
- De rovers zenden en ontvangen info via MRO, maar kunnen ook rechtsreeks contact maken (uitzonderlijk)
- MRO heeft een TWT van 500 W op 8,4 GHz en een schotelantenne van 3 meter diameter

Materiaal op 8,4 GHz

- Zeer moeilijk te vinden
- Op e-bay staat soms materiaal, maar meestal peperduur.
- Wat heb je nodig ?
  - Feeder
  - Preamp
  - Filter
  - Mixer
  - Oscillator

Feeder

- Zelf maken…

Feeder

- Zelf maken…

Feeder

- Of kopen :
  - RF Hamdesign : Septum feed (+/- 500 €)

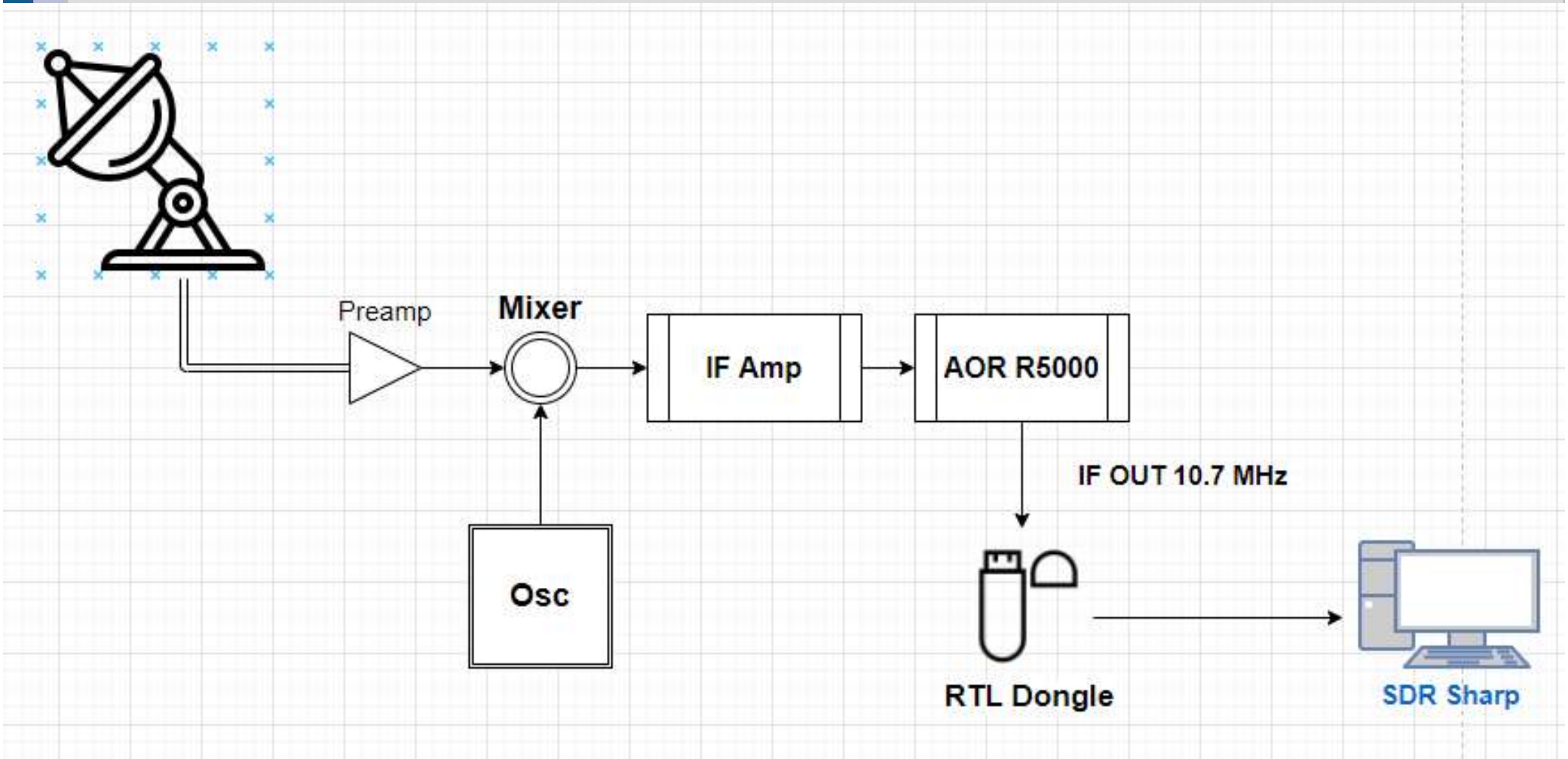
Preamp

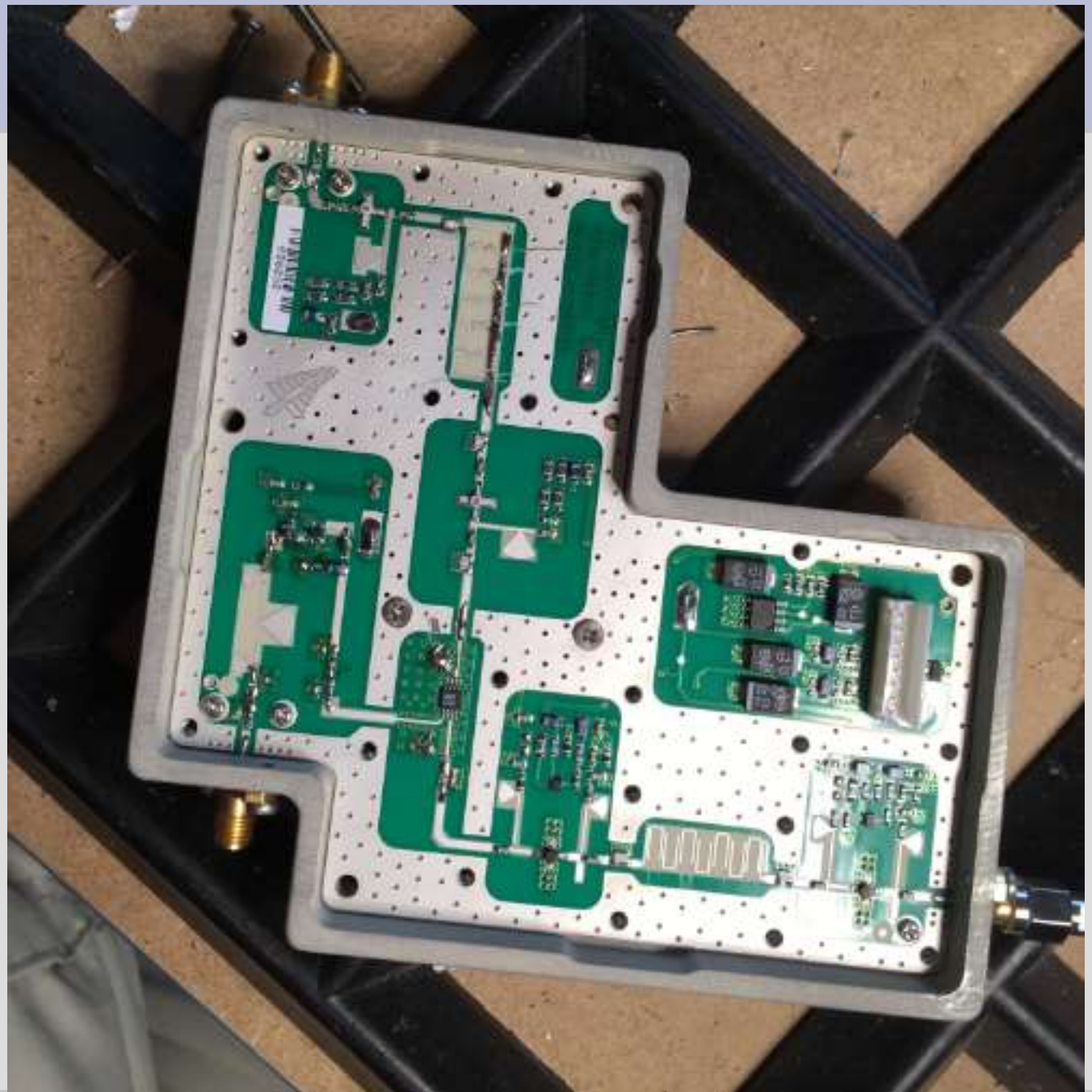
- Kan zelf gemaakt worden door een LNB voor 10 GHz om te bouwen
- Kan nieuw gekocht worden bij Kuhne (**KU LNA 8000 B) – 500 €**
- Kan tweedehands gevonden worden op Ebay. Vb. STM in Israël:
  - Amplitech – 150 $
  - Moet gekoeld worden…

Mixer

- Tweedehands kopen op Ebay +/- 80 $.

Opstelling


Preamp
Mixer
IF Amp
AOR R5000
IF OUT 10.7 MHz
Osc
RTL Dongle
SDR Sharp

Opstelling

Opstelling