Starten met Amateur Satellieten

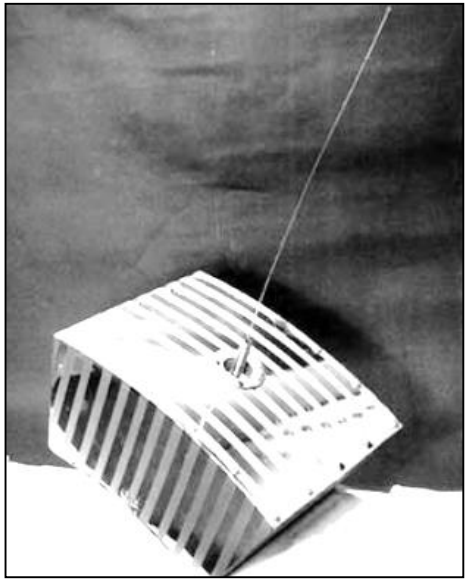
Ivo Klinkert PA1IVO
Henk Hamoen PA3GUO

Satellietdag Apeldoorn
25 April, 2015

Agenda

- Amateur satellieten
  - Geschiedenis
  - Wat zijn Cubesats ?
- Satellietbanen
  - Kepler sets & Tracking software
  - Doppler Effect
- Apparatuur
  - Antennes & rotoren, voorversterkers & filters
  - Zenders & ontvangers, Computerbesturing
- Verbindingen maken
  - Spraak & digitaal, transponders & repeaters
  - Zendamateurs & Universiteiten & NASA
- Vragen

Amateur satellieten

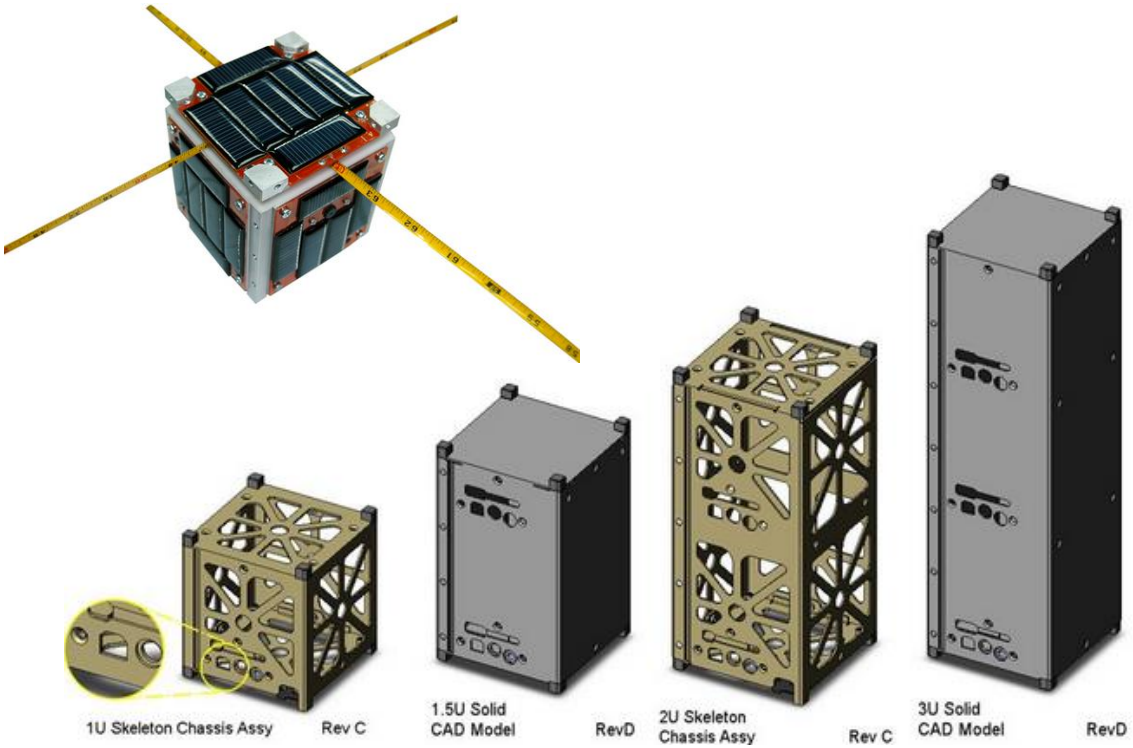


- Eerste: OSCAR-1 - 1961
- Oudst werkende: AO-7 - 1974
- Grootste: AO-40: 450kg - HEO - Ariane 5

- Duur ➔ 2e payload
- Cubesats: kleiner & goedkoper

- Nederland: Delfi-C3, Delfi-n3Xt, AO-73 (FUNcube-1) !

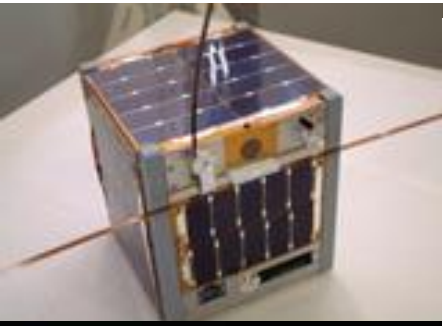
Wat zijn Cubesats ?

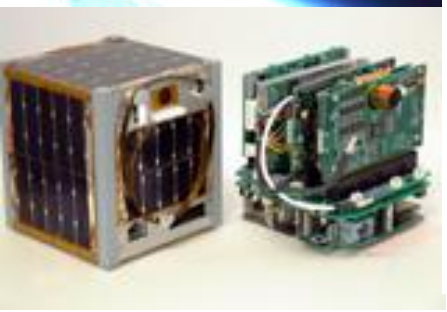


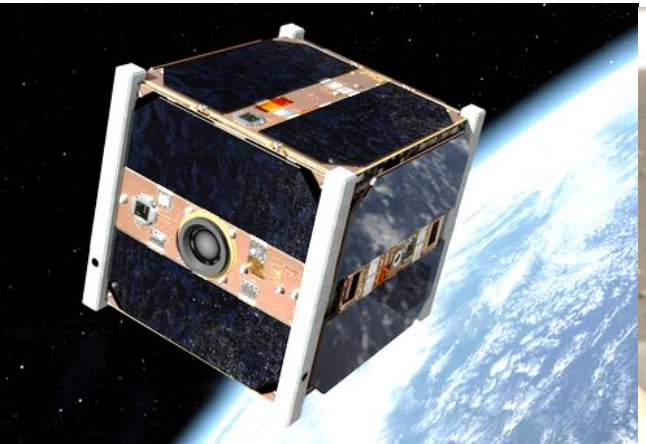
- Stanford University
- Prof. Twiggs - 1998
- <1.33 kg
- 10 x 10 x 10 cm units
- 1U, 2U, 3U, 6U, ...

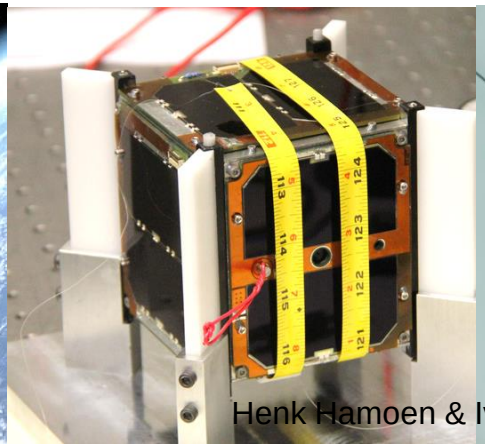
- Eerste lancering: 30 juni 2003
- “Support Hands-on University-level Space Education”
- 50+ gelanceerd, 300+ in ontwikkeling

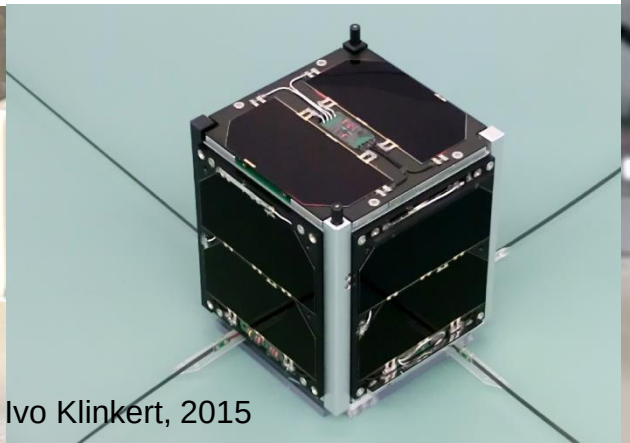
Voorbeelden van Cubesats

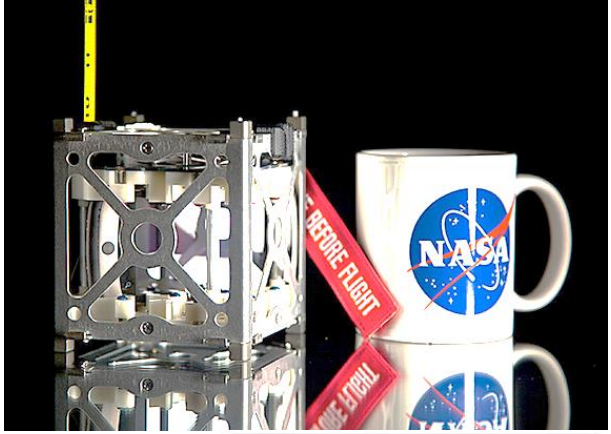


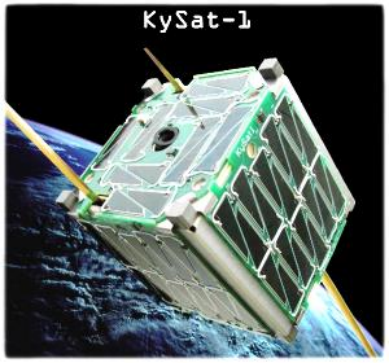


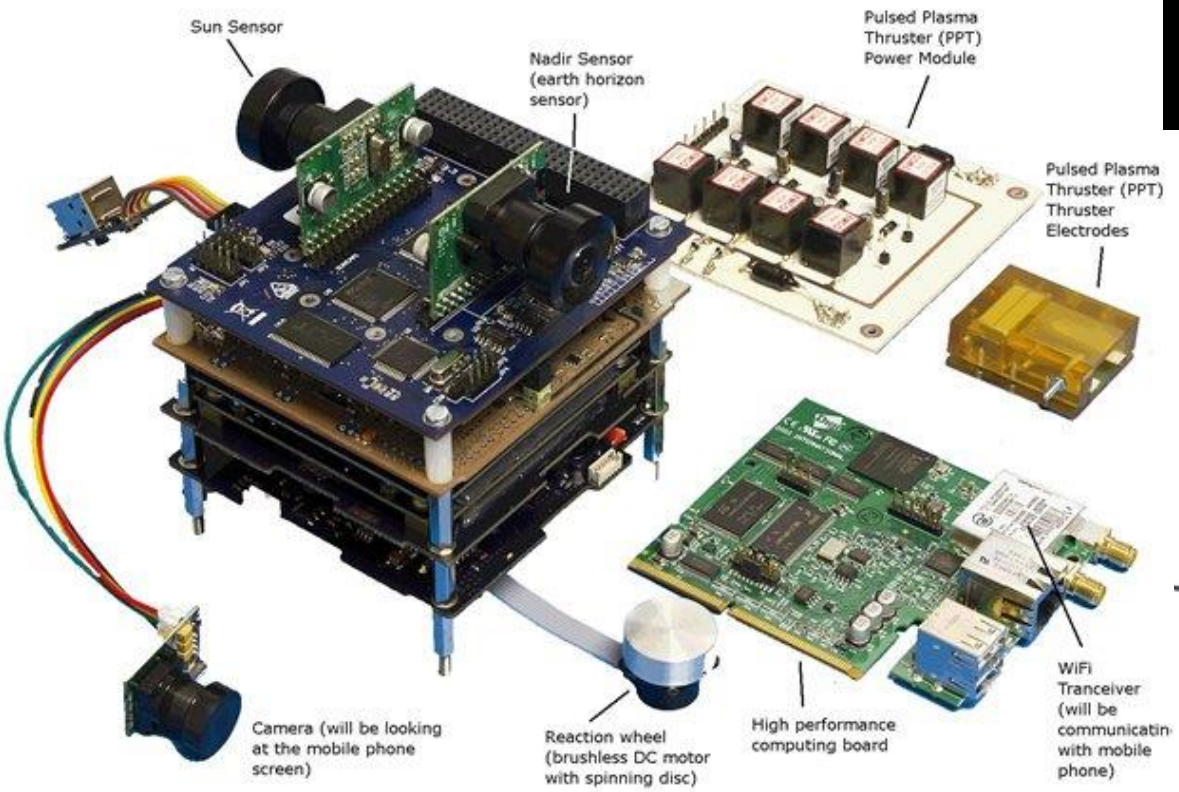


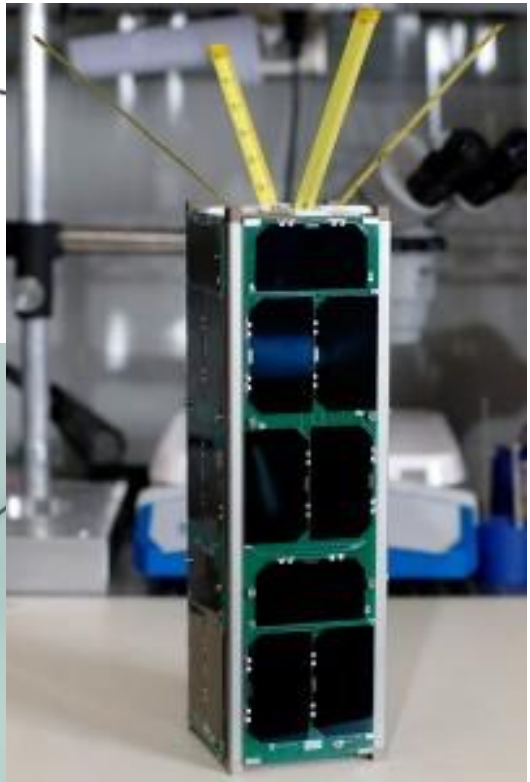






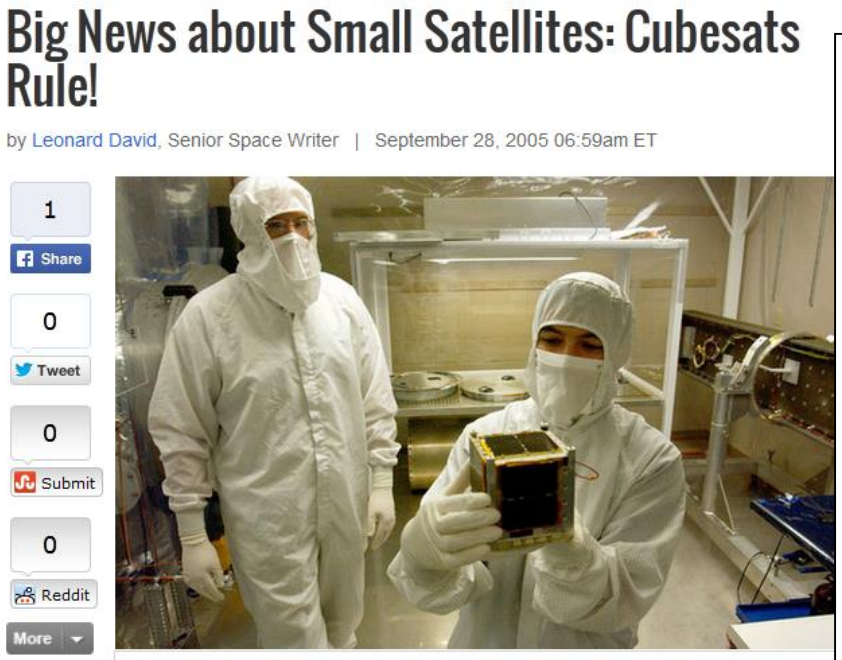






Cubesats in 2014 = $$$

- Magazines
- NASA
- Internet

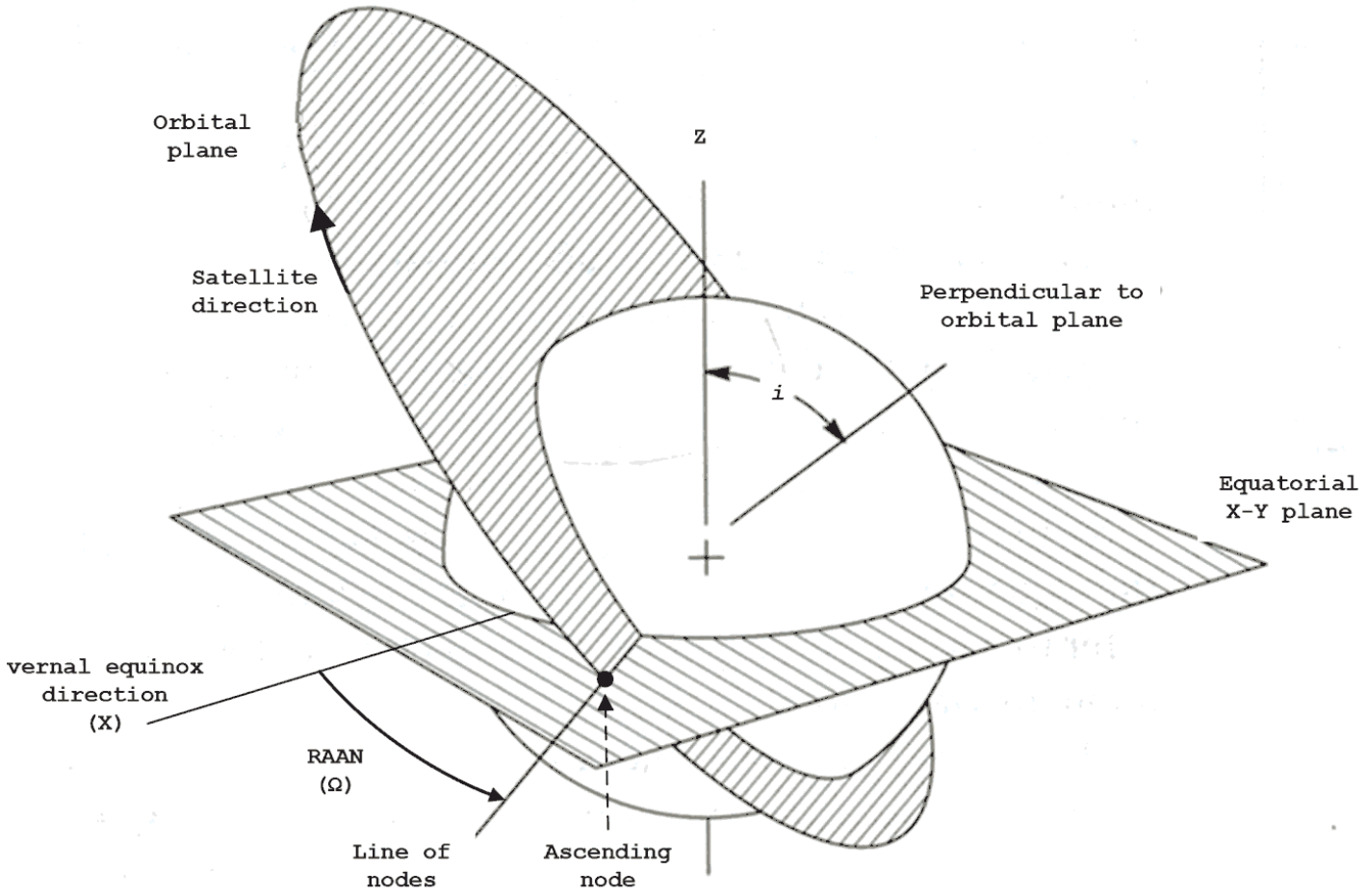


Satellietbanen

LEO = Low Earth Orbit
HEO = High Earth Orbit

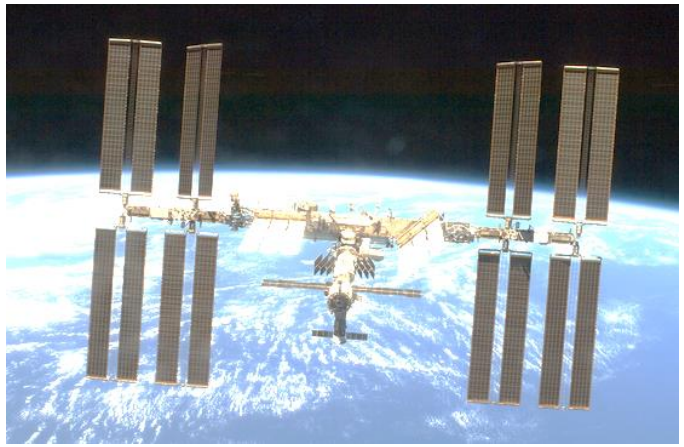
6 baan-parameters

- Soort baan:
  - Inclination
  - Mean Motion
  - Eccentricity
- Positie baan:
  - RAAN
  - Argument of perigee
- Positie satelliet:
  - Mean Anomaly

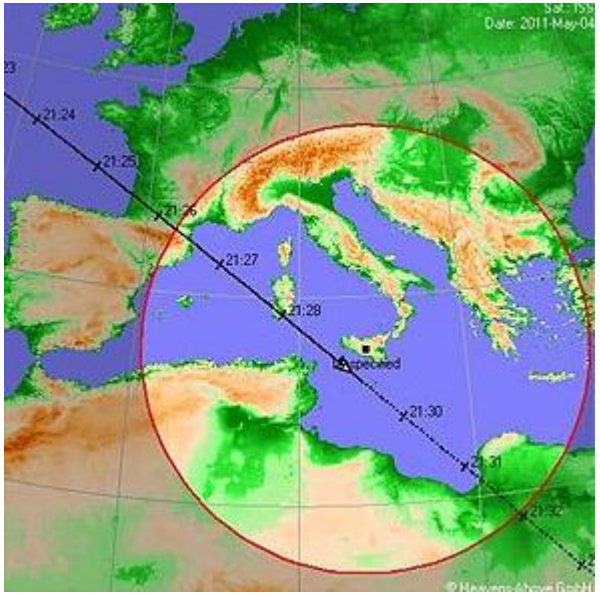


- AO13, AO40: Ellips-vormig
- LEO-satellieten: Cirkel-vormig (‘rond’)

LEO banen

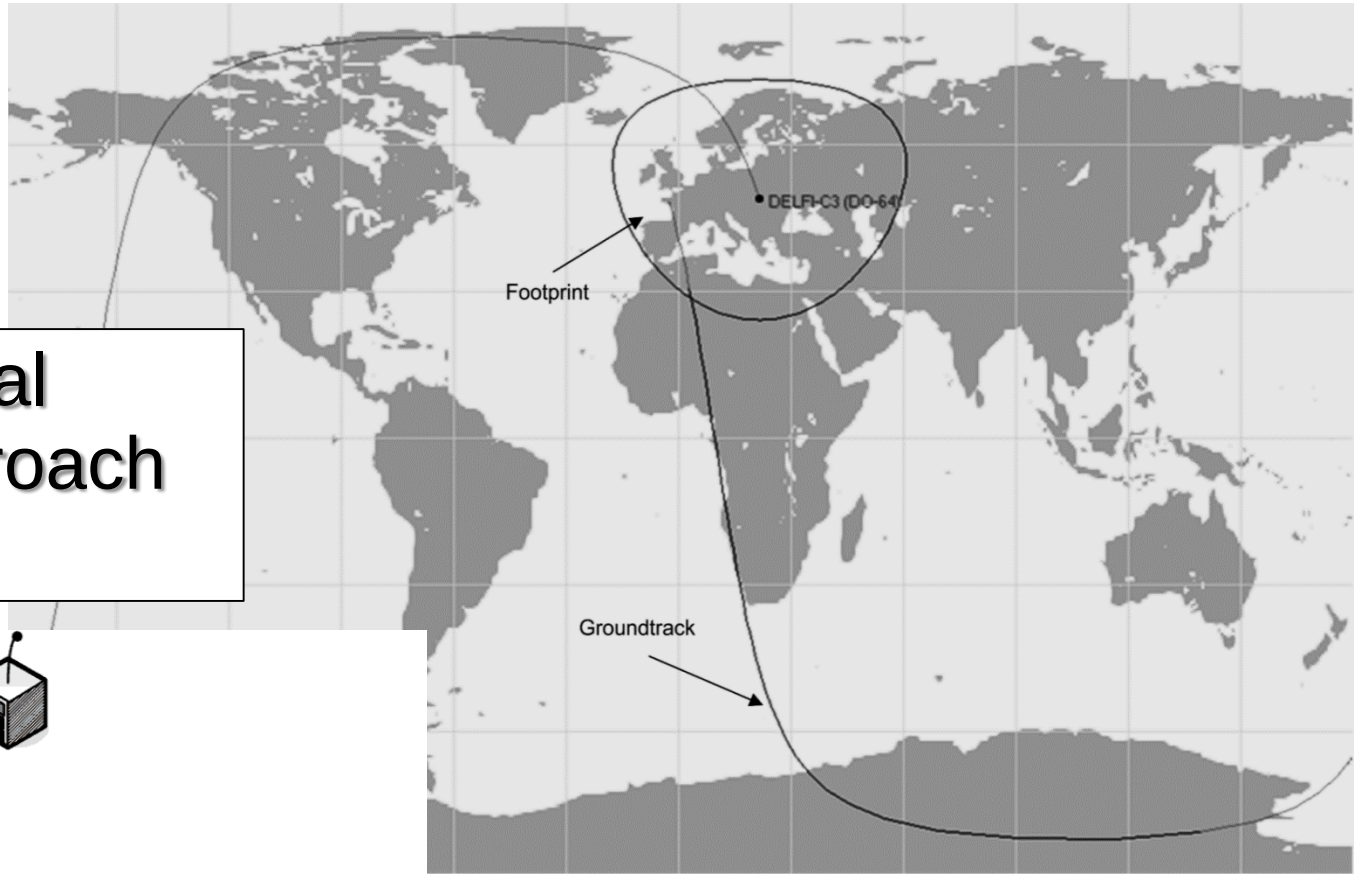


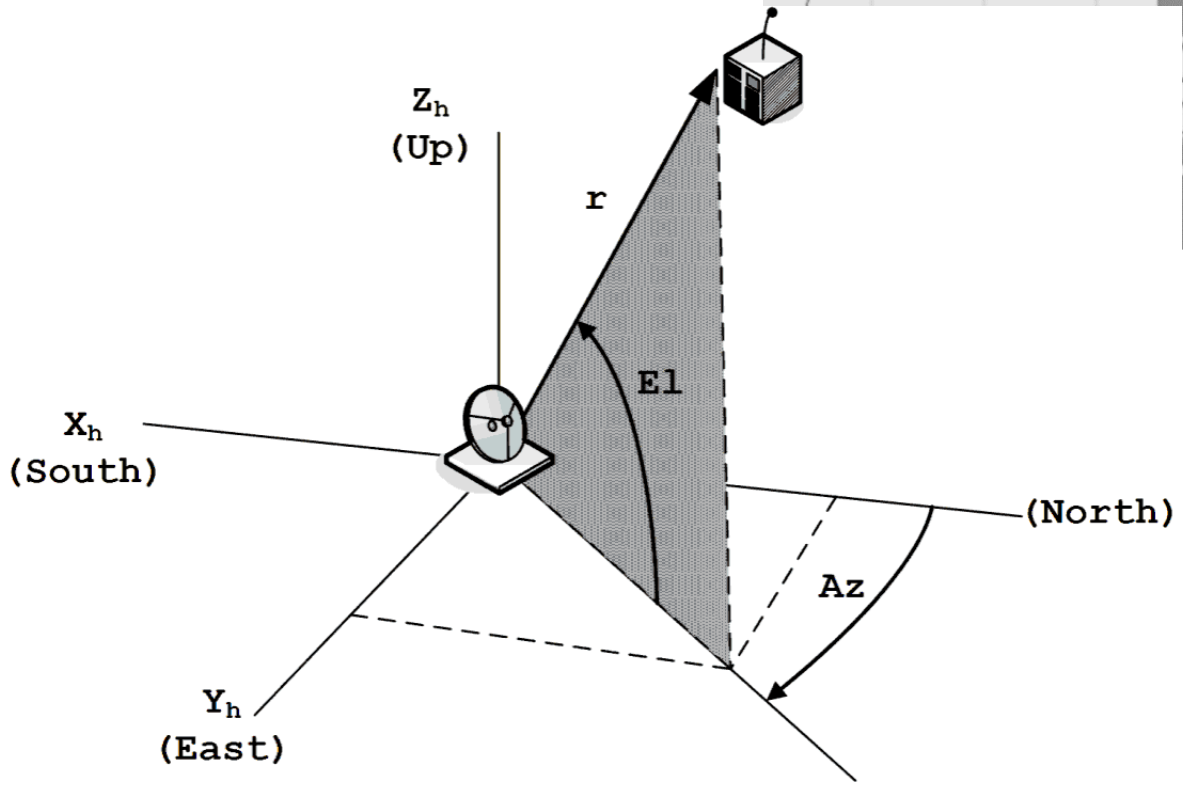
- Low-Earth-Orbit (LEO) banen
  - Satelliet komt ongeveer elke 1,5 uur over
  - Passage maximaal rond 15 minuten
  - Ongeveer 3 tot 4 passages, dan weer tijdje ‘niet-zichtbaar’
  - Noord → Zuid of Zuid → Noord
- Footprint
  - Gebied waarin met de satelliet een verbinding gemaakt kan worden



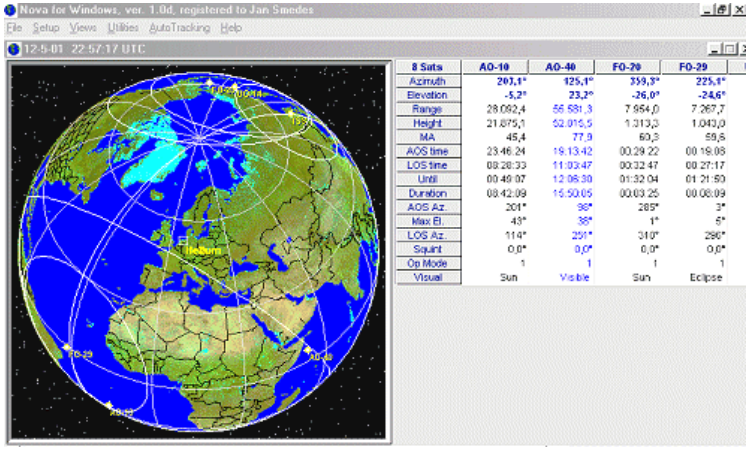
Satelliet positie

AOS Aquisition of Signal
TCA Time Closed Approach
LOS Loss of Signal





TLE’s



- Two Line Elements (TLE)
- Software berekent de satelliet positie met TLE’s

```
1 35004U 09028D   09156.84140383  .00003395  00000-0  87986-4 0   154
2 35004   40.4627 308.3133 0027431  81.4359 278.9560 15.39970114  2598

1 35004U 09028D   09156.84140383  .00003395  00000-0  87986-4 0   154
2 35004   40.4627 308.3133 0027431  81.4359 278.9560 15.39970114  2598
           incl    RAAN     e     argofper   MA        MM
```

- Beschikbaar op internet:

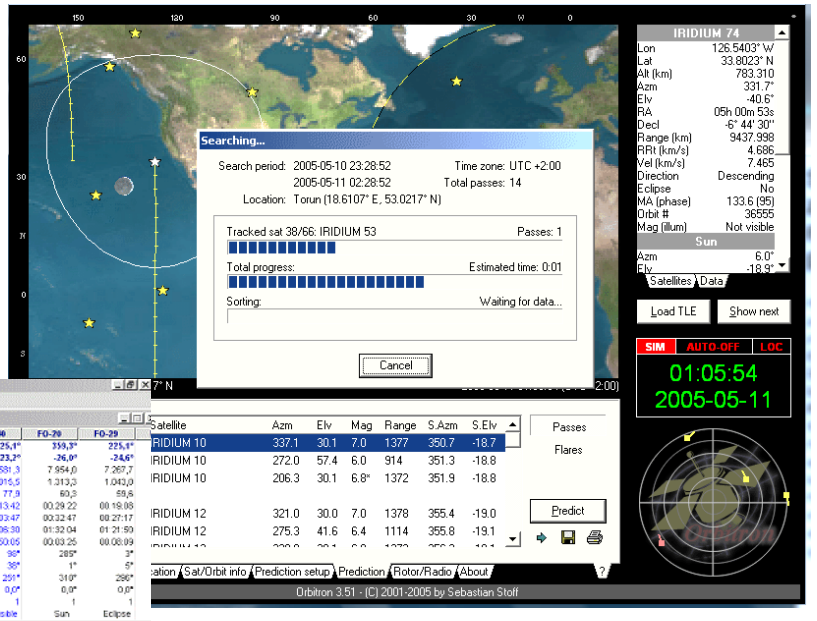
  http://www.celestrak.com/NORAD/elements/

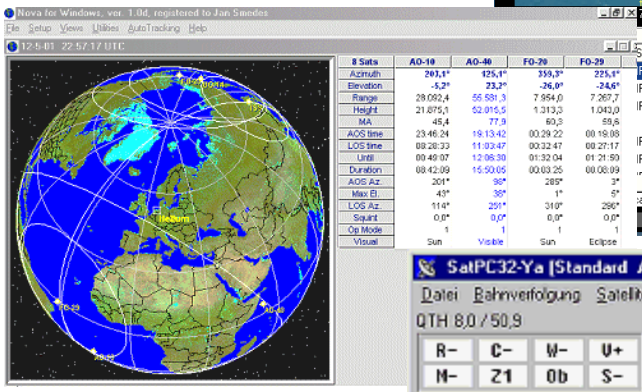
  http://www.amsat.org/amsat/ftp/keps/current/nasa.all

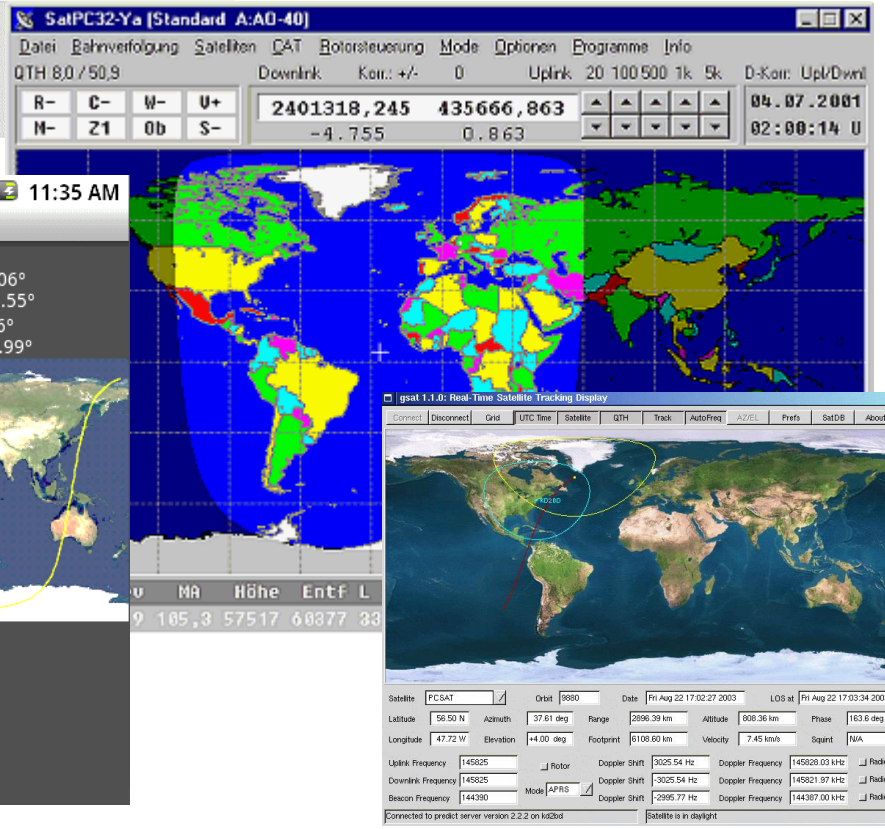
  …

Tracking Software

- PC:
  - Orbitron
  - SATPC32
  - HRD
  - NOVA
  - Gpredict
  - MacDoppler
- Tablets:
  - App’s
- Online:
  - www.Amsat.org
  - Heavens Above







Doppler Effect: Wat is het ?

- Voorbeelden
  - Formule 1
  - Politie sirene
  - Trein bij overweg
- Frequentieverschuiving
  - Door snelheidsverschil bron ←→ waarnemer
  - Ook bij satellietsignalen!
- Typische LEO-passage:
  - 145 MHz ~3 kHz
  - 435 MHz ~9 kHz

Doppler Effect: Sirene

$$f_w = f_b \left(\frac{v}{v - v_b} \right)$$

en bij verwijdering van de waarnemer:

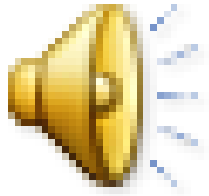
$$f_w = f_b \left(\frac{v}{v + v_b} \right)$$

met

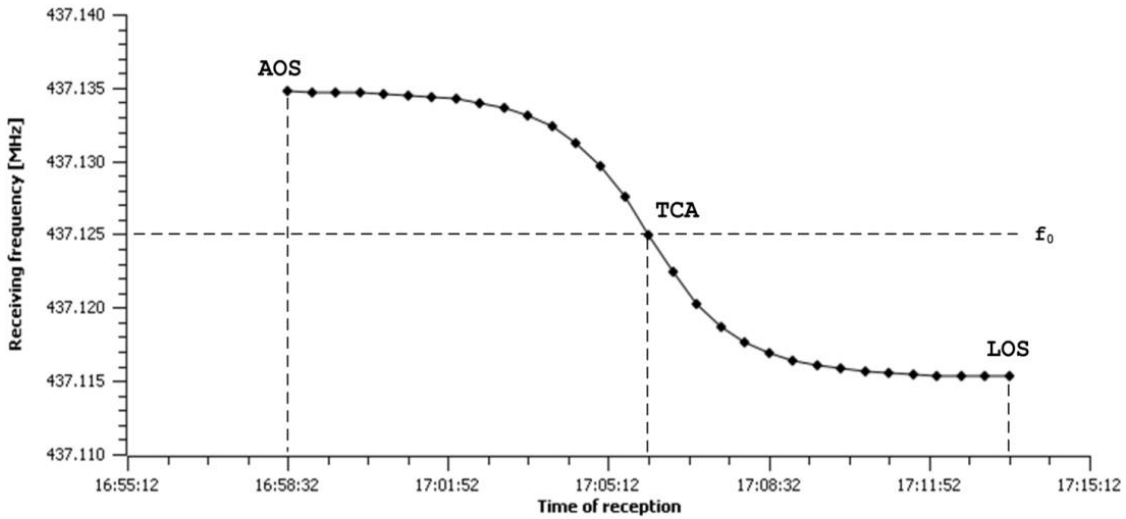
- f_b de echte frequentie van de golf die de bron uitzendt,
- v de voortplantingssnelheid van de golf in het medium en
- v_b de snelheid waarmee de golfbron beweegt in de richting van de waarnemer,

Doppler Effect: Varieert tijdens een passage

- Goed te voorspellen als je weet:
  - Waar jij (stil) zit
  - Waar de sateliet is
  - Hoe snel de satelliet gaat

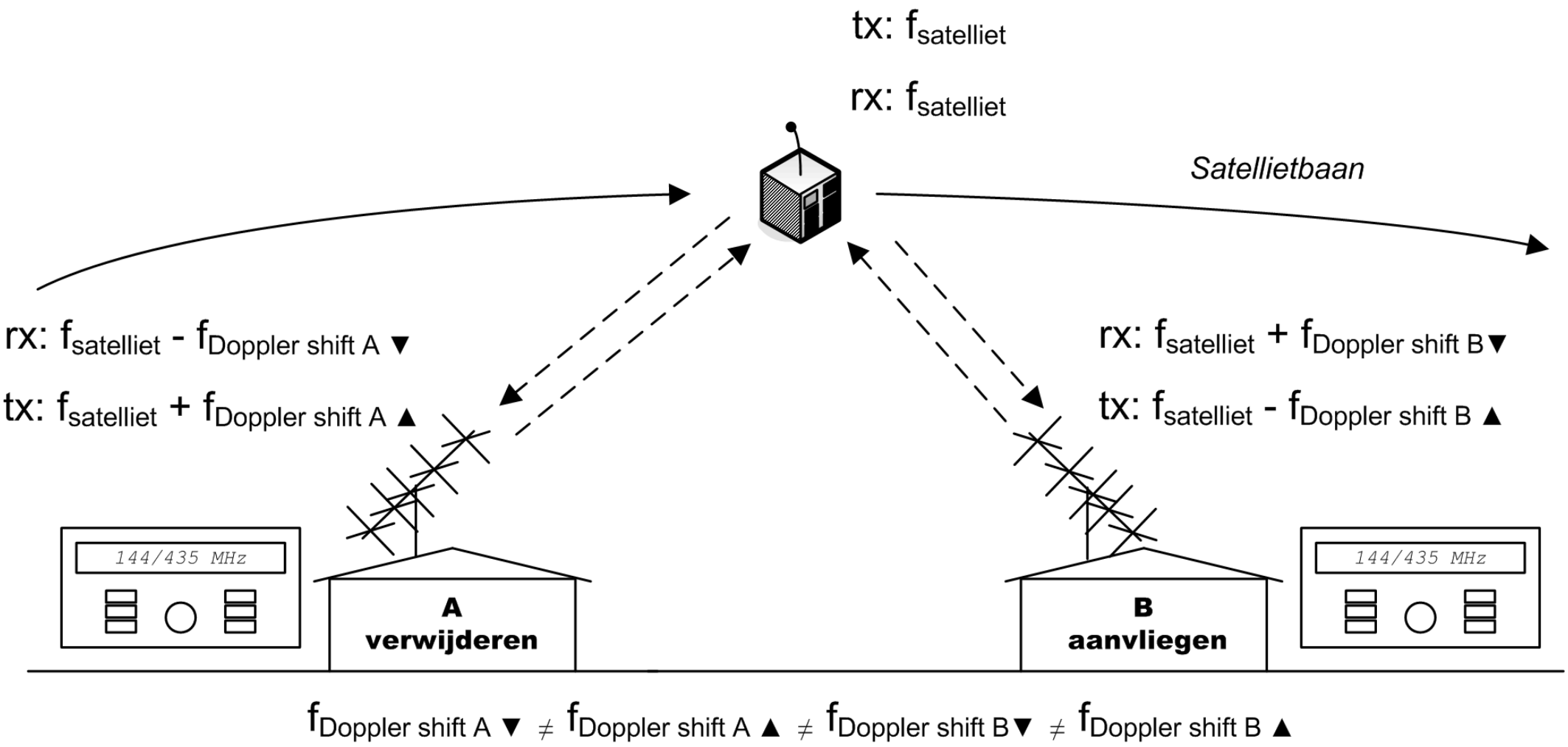


LO19 CW 437 MHz



- Grootst bij AOS en LOS
- Nul (slechts heel even) bij TCA
- Verandering van frequentie grootst bij TCA!

Doppler Effect: Full duplex voorbeeld



$f_{Doppler\ shift\ A}$ ▼ ≠ $f_{Doppler\ shift\ A}$ ▲ ≠ $f_{Doppler\ shift\ B}$▼ ≠ $f_{Doppler\ shift\ B}$ ▲

Apparatuur: Antennes

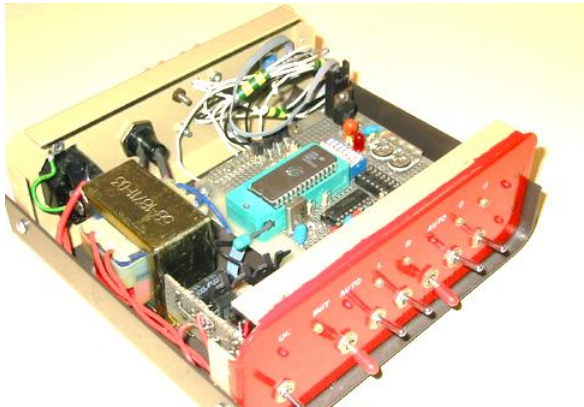
- ¼ golf rondstraler werkt ‘aardig’
  - Bijvoorbeeld voor ISS (sterk)
  - Geeft zeker niet het beste resultaat

- Richtingsgevoelige antenne is beter
  - 4 elements (145 MHz) of 7 elements (435 MHz)
  - Meer elementen → meer winst
    maar: een kleinere openings hoek!
  - Voorbeelden: Arrow, DL6WU, DK7ZB

Apparatuur: Rotoren

- Antenne moet de satelliet ‘volgen’
  - Horizontaal (Azimuth: 360º)
  - Verticaal (Elevatie: 90º)
  - Redelijk nauwkeurig (5º)
    - Openingshoek richt-antenne is klein

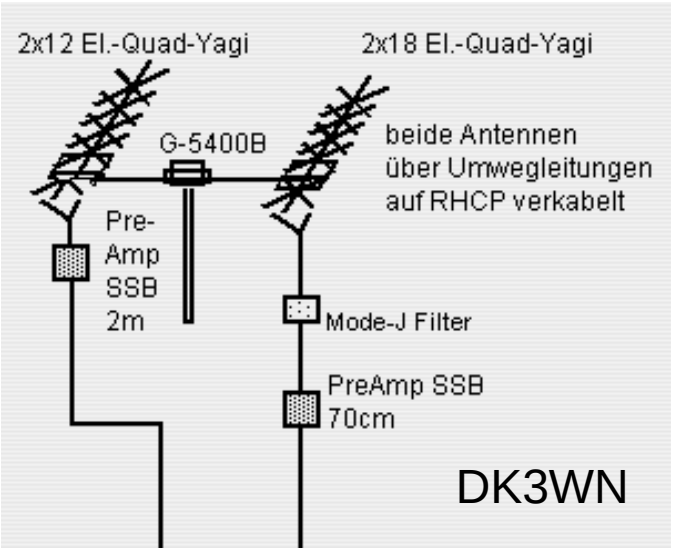
- Behoorlijk snel draaien:
  - 45º .. 90º .. 45º elevatie in <5 minuten
  - Optie: vaste elevatie op 25º
    - Satelliet meeste tijd <40º elevatie



- Hand of Computer besturing (interface)
  - Zelfbouw of bouwpakket (LVB tracker)

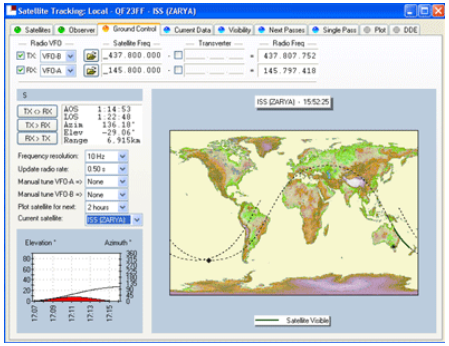
Apparatuur: Filters, Coax, Voorversterkers

- ‘Mode-J’ filter
  - Invloed TX op RX (harmonische)
  - 145 MHz uplink bij 435 MHz downlink
- Antennekabel (coax)
  - Portabele (<2 meter): gewoon RG58 gebruiken
  - Vaste opstelling (rotor lussen etc. → 15 meter): goede coax
- Voorversterkers
  - Niet nodig voor betere SNR (ontvangers goed genoeg)
  - Compenseren verlies door lange antennekabels (coax)



Apparatuur: Zenders & Ontvangers

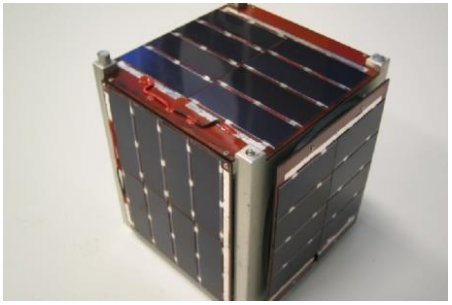
- Full-duplex?
  - Geïntegreerde full-duplex set is fraai
  - Maar twee losse sets gaat ook prima!
  - All-mode 2m en 70cm beste eerste keus
- Wees creatief
  - Zonder de nieuwste set kan het ook!
  - SDR (FUNcube Dongle) + TX (FT817ND)
- Doppler correctie
  - Handmatig/geheugens of PC
    - SATPC32, HamRadioDeluxe, ..



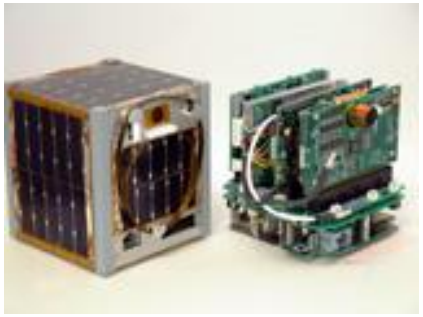
Memory	ISS freq (RX)
Mem A	145.827
Mem B	145.825
Mem C	145.823

Verbindingen maken: 1e stap (leren ontvangen)

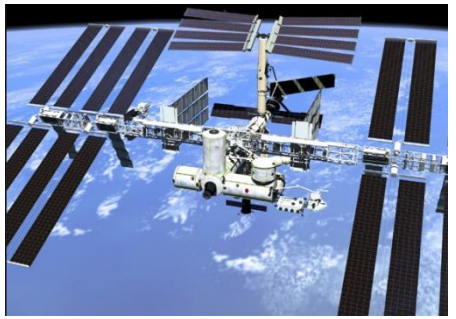
SEEDS II (CO-66)	437.485 MHz	CW	90mW
CU XI-V (CO-58)	437.465 MHz	CW	80mW



jq1ygu seeds



BJ1SA …



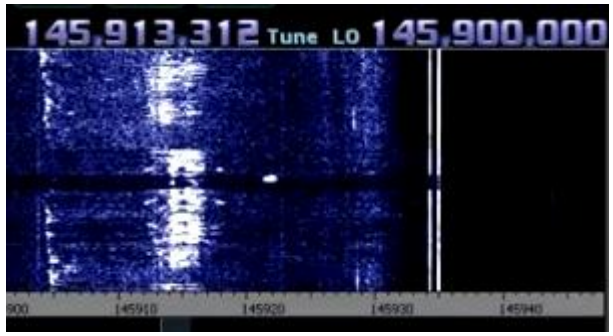
Hope-1 (HO-68)	435.790 MHz	CW	200mW
ISS	145.825 MHz	APRS	10-25W

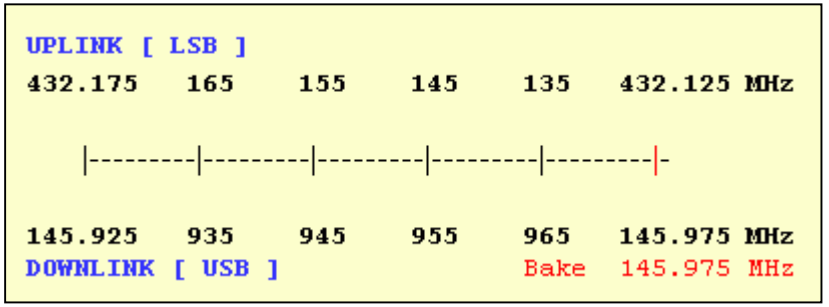
→ **Ervaring met richten & grootte van antennes**

→ **Gevoel voor sterkte en verloop (doppler) van signalen**

Verbindingen maken: Spraak & Digitaal

- Spraak
  - FM repeater: net als een gewone ‘land’ FM repeater
  - SSB transponder: als een stukje kortegolf band dat gekopieerd wordt (goed zichtbaar op een SDR)





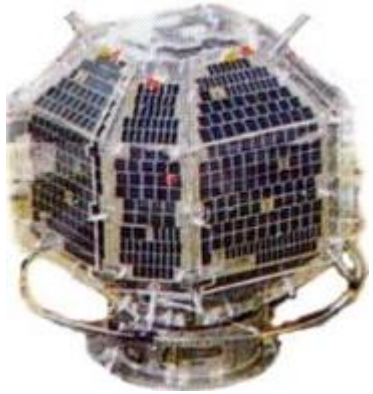
Bron: DK3WN (AO7 Transponder)

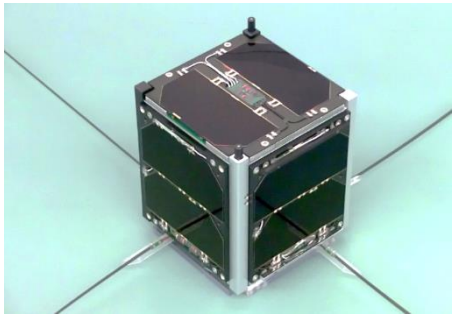
- Digitaal
  - ISS APRS: net als normaal APRS op 144.800 MHz
    - Settings: “HBAUD 1200” + “U CQ VIA ARISS” op 145.825 (U/D)
    - Livestream: www.ariss.net en kijk op www.issfanclub.com
    - “chatten” via ISS: “Hello IK8ABC, 73’s from Holland”

Verbindingen maken: Repeaters & Transponders

SO-50 Up 145.850 (FM + 67 Hz tone) Down 436.800 (FM)

ISS Up 145.825 (FM) Down 145.825 (FM)





FO-29 Up 145.900 - 146.000 (LSB) Down 435.800 - 435.900 (USB)

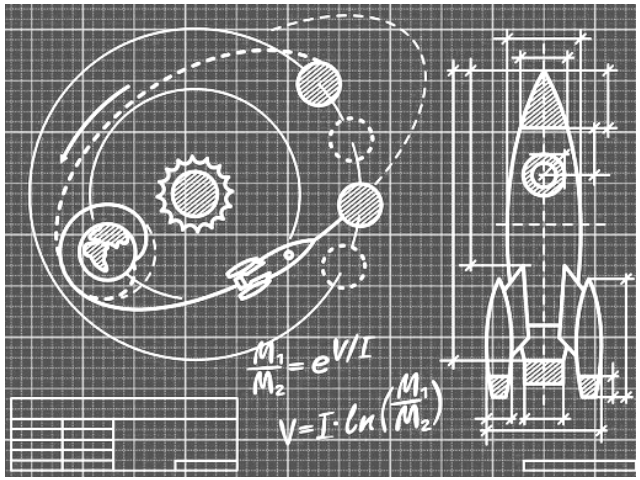
AO-73 Up 435.150 - 435.130 (LSB) Down 145.950 - 145.970 (USB)

→ **Tegelijkertijd antenne richten & een QSO maken (FM)**

→ **Nauwkeurig afstemmen, up & down tegelijk! (SSB)**

Zendamateurs en ruimtevaart

- OK... dus wat kunnen we doen BEHALVE gebruik maken van Amateur Satelieten?



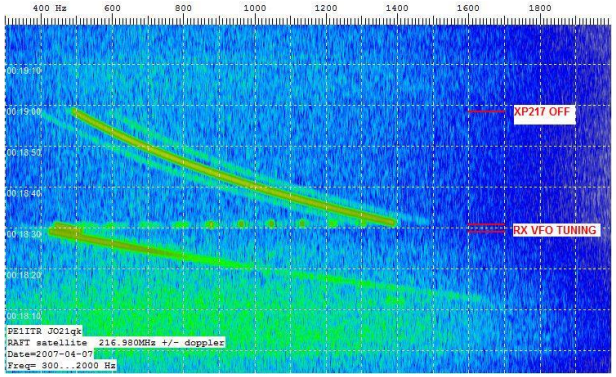
- Wetenschappelijke Experimenten!

- RAFT, ANDE1, ANDE2, ..
- RAX, Grifex, Nanosail, O/OREOS
- Delfi, LithuanicaSAT01, .. (onderzoek + HAM radio!)
- + vele Japanese projecten

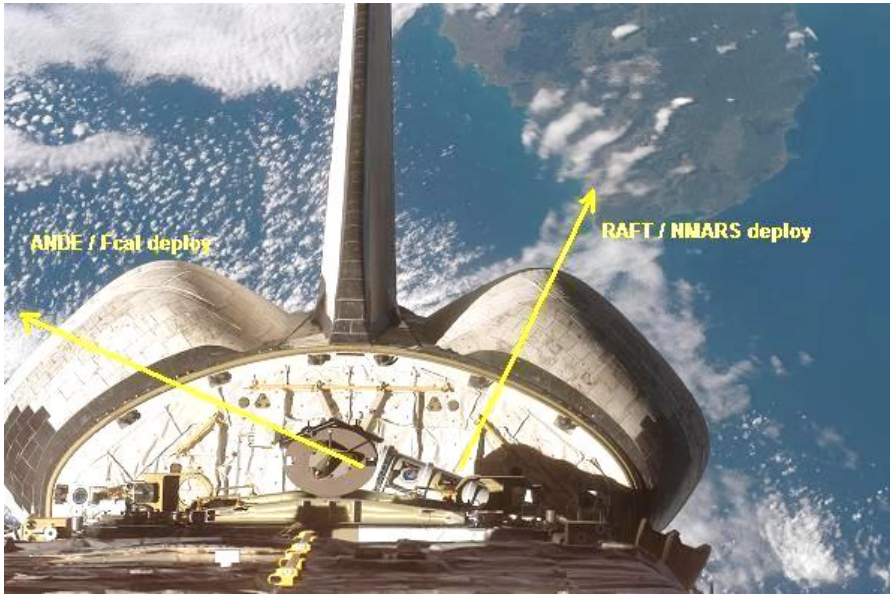
Daarom zijn Radio Amateur belangrijk!

- Radiocommunicatie
  - Niet onderzoeks-hoofddoel van de universiteiten
  - Soms (vaak) zelf geen grondstation
- Footprint / access
  - Spannend moment: direct na lancering
  - Meer contacttijd: meer data
- Ervaring is beschikbaar
  - Bewezen radio-installaties & operators staan klaar, óók tijdens weekenden
  - Hulp bij bepalen van de juiste kepler set's na lancering

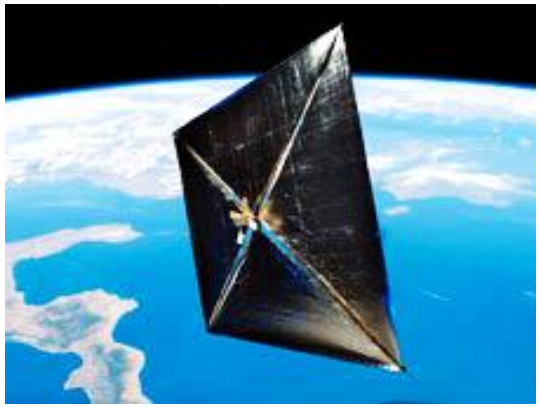
RAFT, ANDE, MARS, FCAL



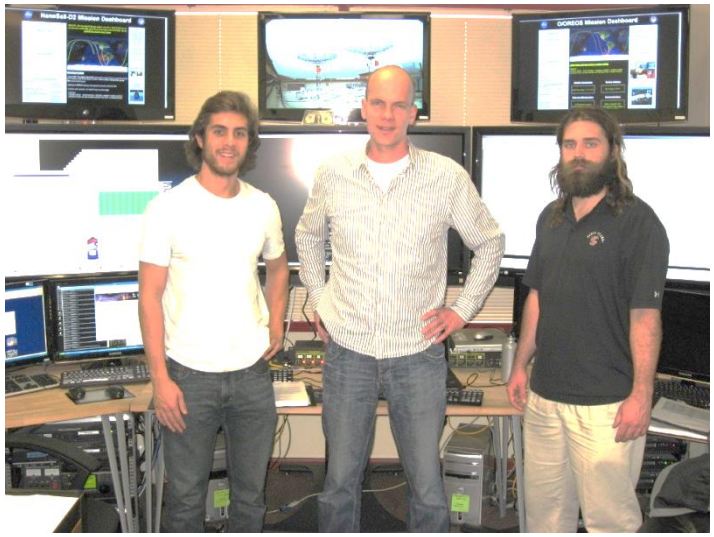
- USNA Satellite Lab, Bob Bruninga
- PE1ITR/Rob, DK3WN/Mike, PA3GUO/Henk
- RAFT moest bewezen worden boven US (vliegend door de ‘radar fence’)

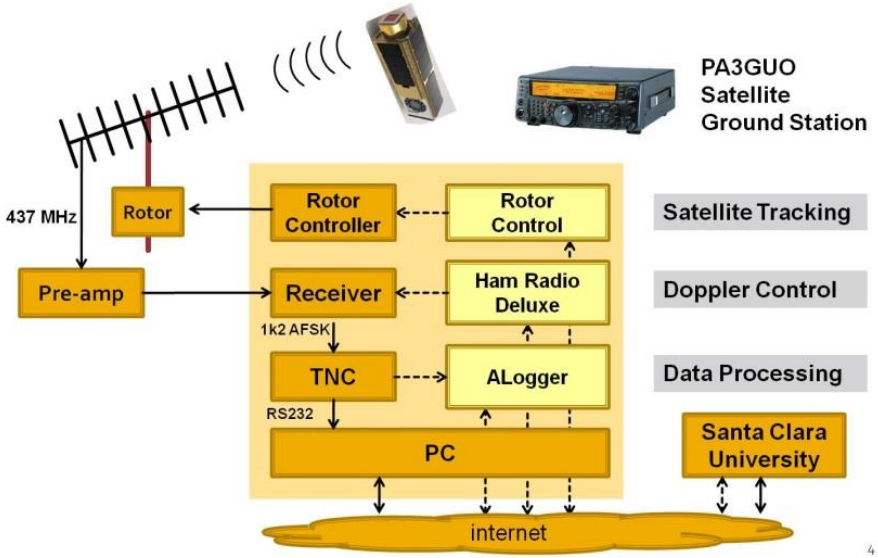


Nanosail & O/OREOS



- NASA projecten
- Ondersteund door SCU (San Jose, US)

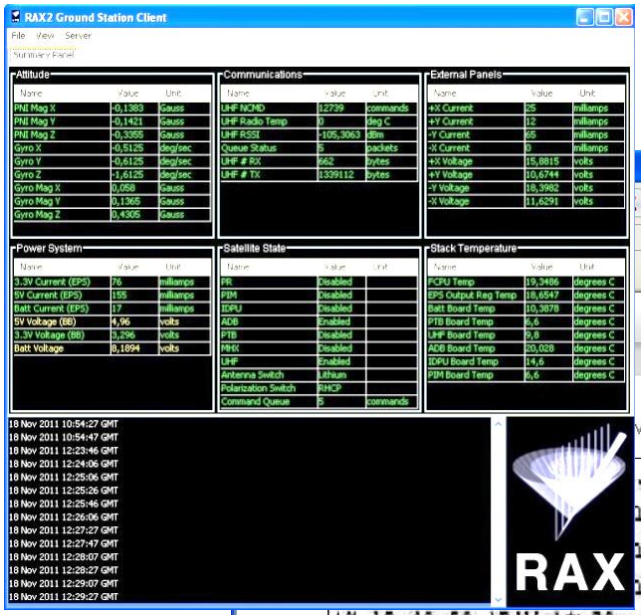


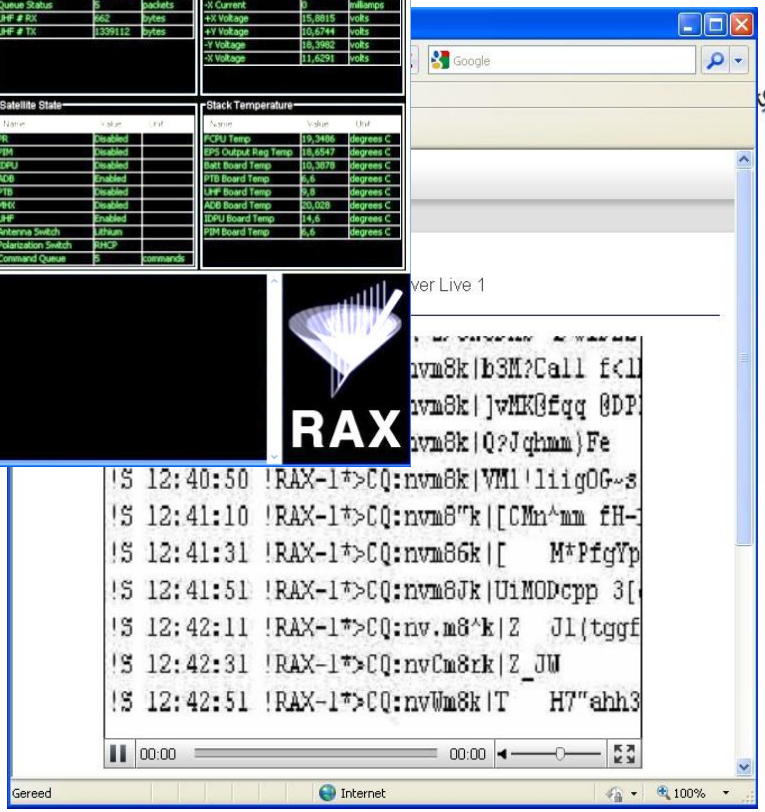


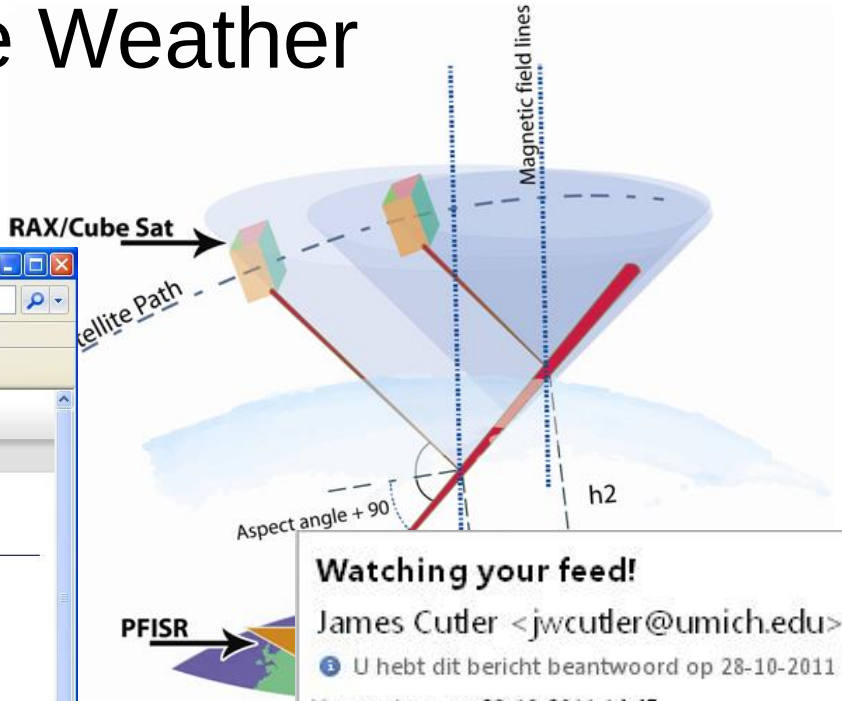
- FASTSAT Lancering, geen ‘deploy’, toen ‘her-ontdekt’
- Sail opende boven Spanje: alleen bereik vanuit Europa

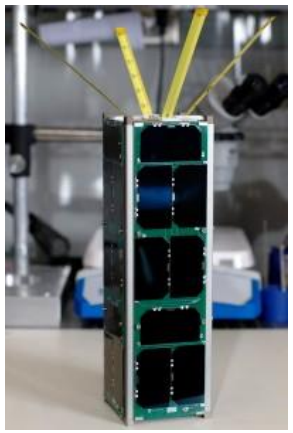
RAX, Mcubed, Grifex

- University of Michigan, James Cutler
- Onderzoek van Space Weather









Watching your feed!

James Cutler <jwcutler@umich.edu>

U hebt dit bericht beantwoord op 28-10-2011 14:48.

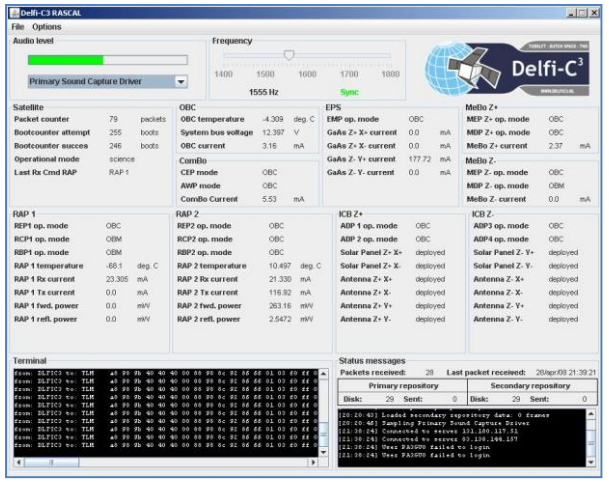
Verzonden: vr 28-10-2011 14:45

Aan: Henk Hamoen

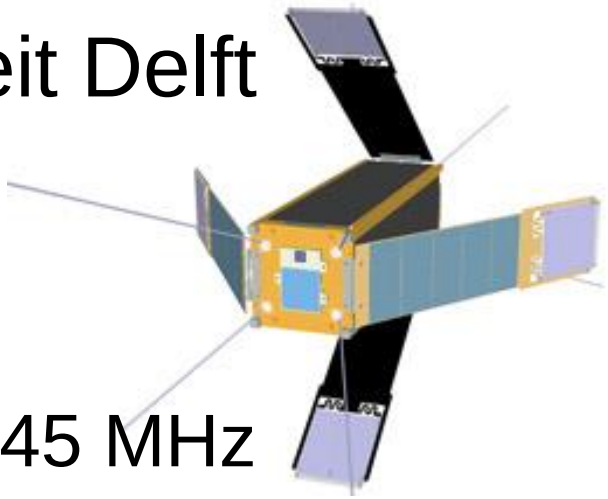
Thanks, looks great!

--
James Cutler, Assistant Professor
University of Michigan
Department of Aerospace Engineering

Delfi-C3, Delfi-n3Xt



- Technische Universiteit Delft
- Delfi-C^3
  - Lancering: 2008
  - Telemetry downlink: 145 MHz
  - Transponder: niet meer functioneel (435 → 145 MHz)



- Delfi-n3Xt (2013)
  - Lancering: 2013
  - Telemetry downlink: 145 MHz

- Delfi-??
  - Meer in de lezing van Nils !

Meer informatie

http://amsat.org/pipermail/amsat-bb	AMSAT wereldwijd bulletin board (BB)
www.amsat.org	Vooral nieuws uit US, meeste info niet actueel
www.dk3wn.info	Alle details over elke satelliet + sat blogs
www.issfanclub.com	Laatste nieuws, status ISS, discussie forums
www.amsat-uk.org/	Actueel satellite nieuws
www.southgatearc.org	Veel nieuws, prettig leesbaar, actueel
www.ariss.net	Real-time APRS data van het ISS

Vragen ?