



ASTRON

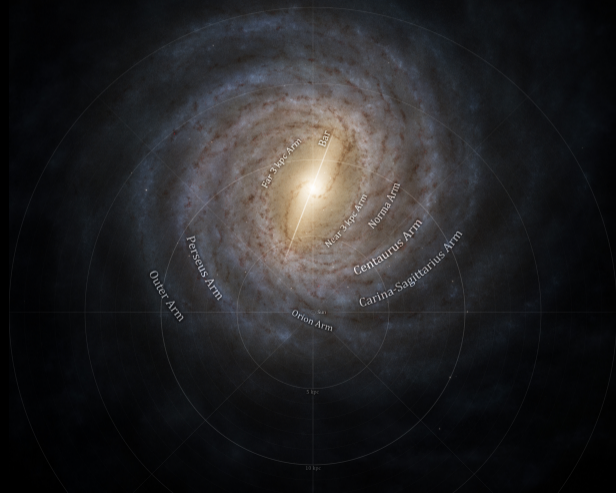
Netherlands Institute for Radio Astronomy

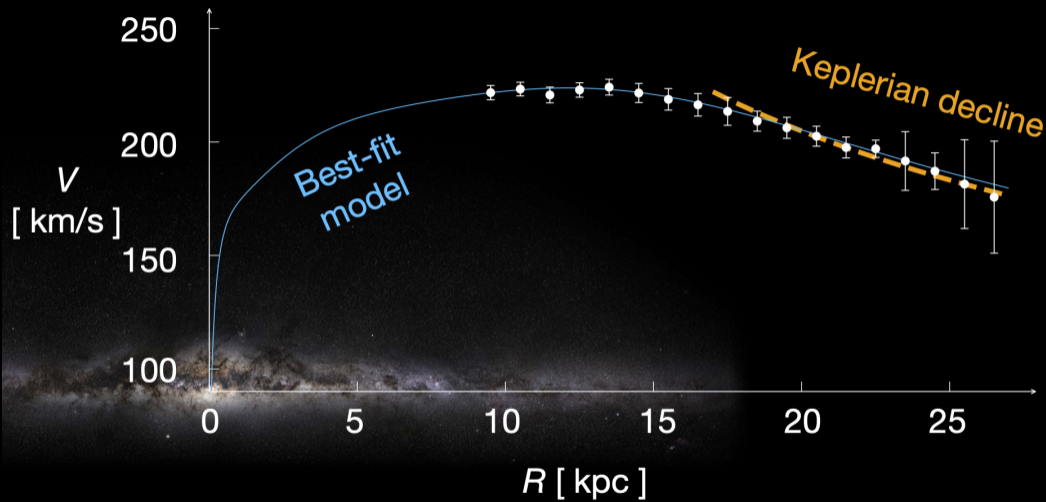
Verfblik astrofysika

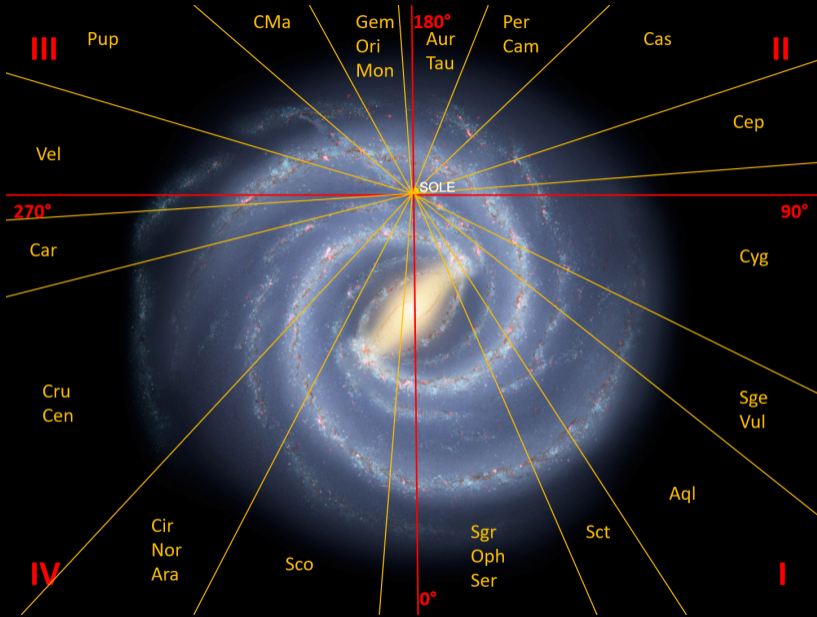
Michiel Brentjens

ASTRON, Dwingeloo, The Netherlands

March 14, 2026







Radio-termen

- SNR “Signal-to-noise-ratio”: de signaal-ruis verhouding (signaalvermogen gedeeld door ruisvermogen)
- Decibel (dB): $10 \log_{10} x \rightarrow x = 10^{dB/10}$
 - ▶ 10 dB = factor 10
 - ▶ 20 dB = factor 100
 - ▶ 5 dB \sim factor 3
 - ▶ 3 dB \sim factor 2
 - ▶ 1 dB \sim factor 1.25
- Gain : versterkingsfactor, meestal in dB
- Attenuation: verzwakkingsfactor, meestal in dB
- Ruisgetal (NF), meestal in dB: hoeveel beroerder de SNR is nadat je door het apparaat bent gegaan.
- Systeem-temperatuur: $T_{\text{sys}} = (10^{NF/10} - 1) \cdot 290 \text{ K}$
- Low Noise Amplifier (LNA): lage-ruis versterker. Heeft ruisgetal onder de ~ 1 , vaak 20–40 dB gain.

Verfblik spectrometer *Iara Guerreiro Tiago*



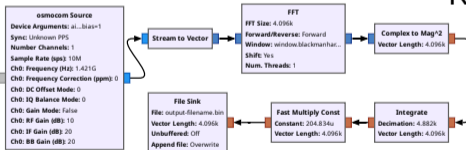
- 1: 5 liter verfblik (185 mm × 220 mm extern)
- 2: **LNA NooElec SAWBird H_i** (40 dB gain, 60 K noise ~0.8 dB NF)
- 3: 10 m low-loss coax kabel
 - ▶ LMR-400 ~17 dB/100 m
 - ▶ Ecoflex-7 ~23 dB/100 m
 - ▶ LMR-195 ~56 dB/100 m
 - ▶ LMR-100 ~99 dB/100 m
- 4: Software defined radio (RTL-SDR V4, SDRPlay RSP1B, Airspy R2, HackRF Pro, BladeRF-2.0, USRP B210)
- 5: Laptop + GNORadio

Verfblik spectrometer

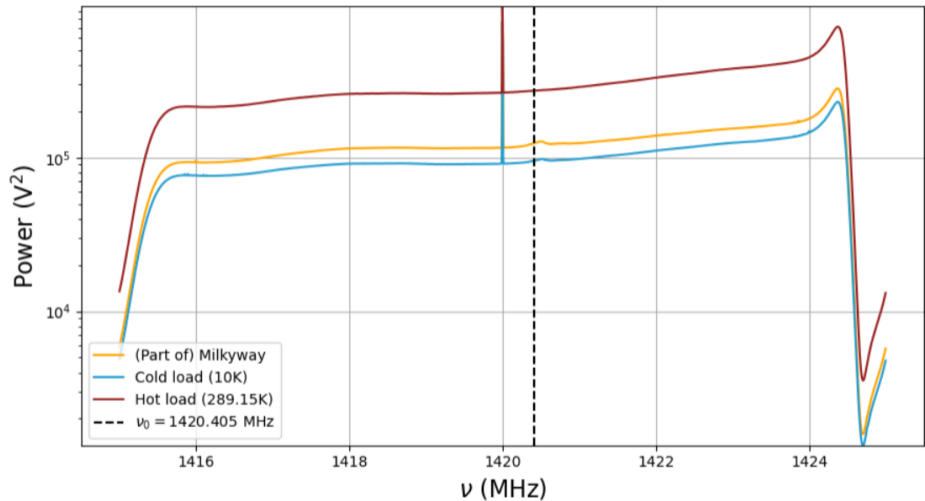


- Enkele polarisatie
- Frequentiebereik: 1415–1425 MHz
- Opening: 170 mm
- Bundelbreedte FWHM $\sim 80^\circ$
- $T_{\text{sys}} \sim 150 \text{ K}$
- SEFD $\sim 2.3 \text{ MJy}$
- Kanaalbreedte 0.7–9 kHz = 0.16–2 km/s

Options	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable
Title: Paint can spectrometer Author: brentjens Output Language: Python Generate Options: QT GUI	ID: sample_rate Value: 10M	ID: freq_D Value: 1.421G	ID: num_chan Value: 4.096k	ID: integration_time Value: 2	ID: num_avg Value: 4.882k



Ruwe data



Kalibratie (ijking): Y-factor

- Twee onbekenden: vermenigvuldigingsfactor g in “meeteenheden/Kelvin” en systeemruis T_{sys} die bij het hemelsignaal wordt opgeteld;
- Meet iets “heets” (de grond op 280–300 K)
- Meet iets “kouds” (“leeg” universum op ~ 10 K)

$$P_{\text{hot}} = g (T_{\text{hot}} + T_{\text{sys}}) \quad (1)$$

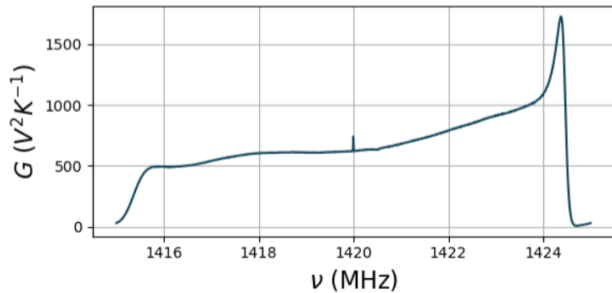
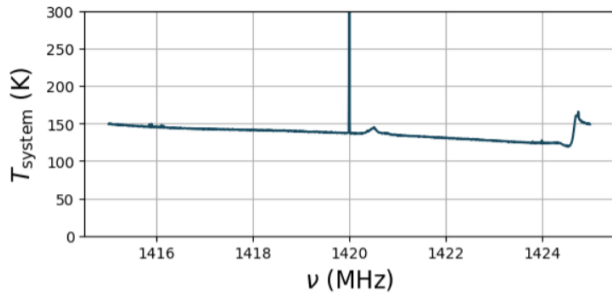
$$P_{\text{cold}} = g (T_{\text{cold}} + T_{\text{sys}}) \quad (2)$$

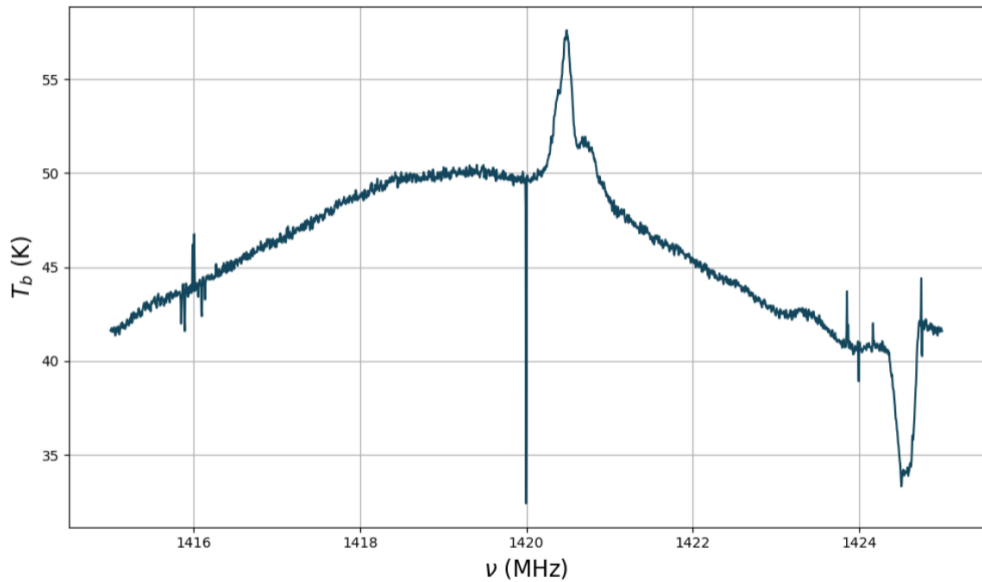
$$g = \frac{P_{\text{hot}} - P_{\text{cold}}}{T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}}} \quad (3)$$

$$T_{\text{sys}} = P_{\text{hot}}/g - T_{\text{hot}} \quad (4)$$

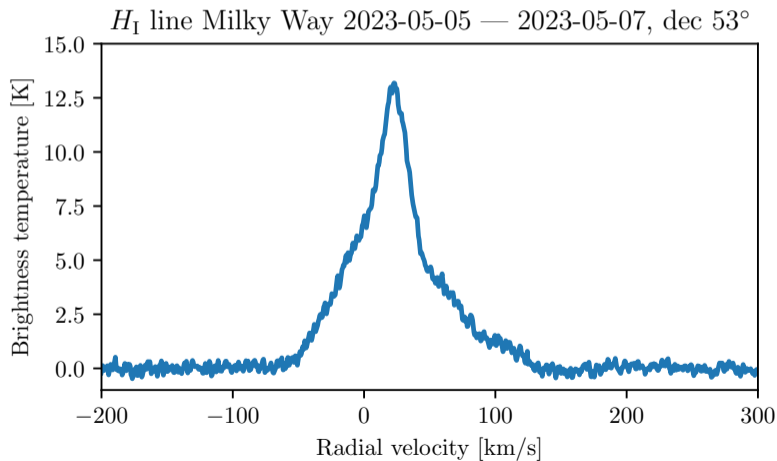
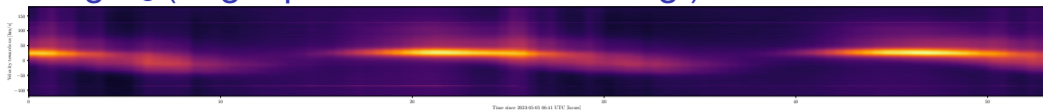
- Corrigeer “hemel” meting:

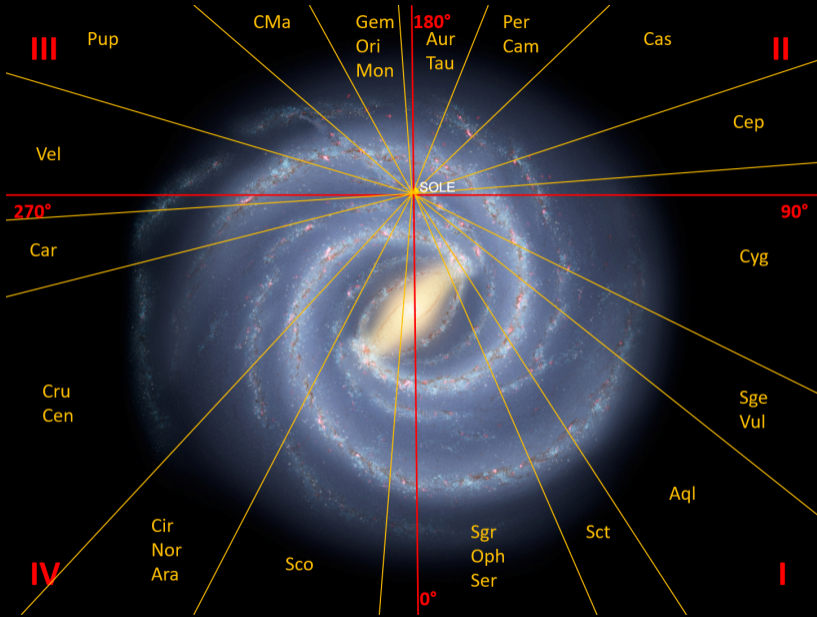
$$T_{\text{sky}} = P_{\text{sky}}/g - T_{\text{sys}} \quad (5)$$



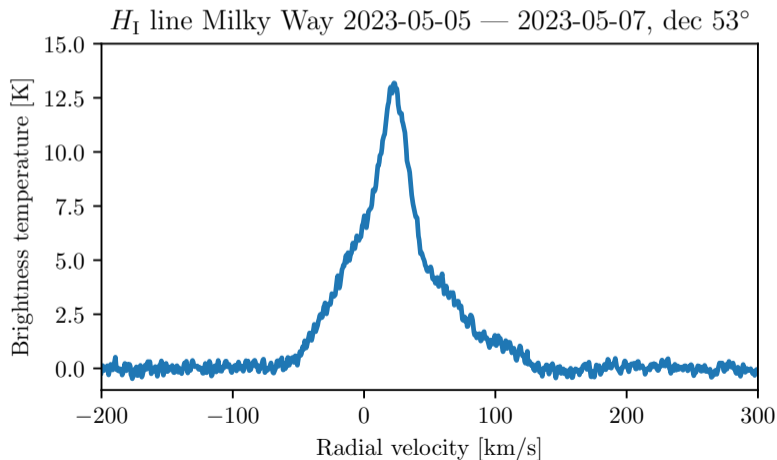
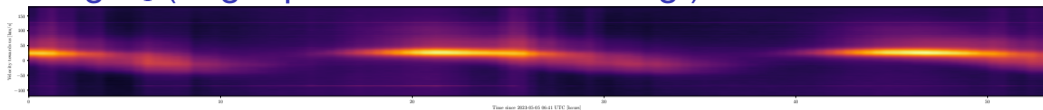


Melkweg H_I (bright part: lon \sim 60–170 deg)





Melkweg H_I (bright part: lon \sim 60–170 deg)



Melkweg massa

GAIA $M_{\text{total}} \sim 2 \cdot 10^{11} M_{\odot}$ **Gas massa**

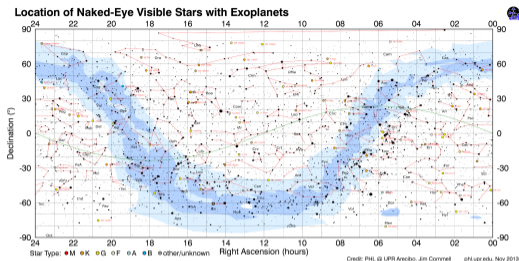
- Bepaal oppervlakte onder T-v grafiek
- $N_{\text{H}} \sim 1.82 \cdot 10^{13} \int T_{\text{line}}(v) dv$
atomen / cm^2
- $\text{Opp} \sim 13 \text{ K} \times 100 \text{ km/s} = 10^7 \text{ cm/s}$
 $= 1.3 \cdot 10^8$
- $2.4 \cdot 10^{21}$ atomen / cm^2
- Meet over de hele hemel en vertaal naar platte projectie.
- Aanname uniforme helderheid, melkweg 50 kpc bij 4 kpc: $8 \cdot 10^9 M_{\odot}$
- Aanname melkweg 15 graden dik $\sim 1/5$ van gemiddelde bundel hier: $4 \cdot 10^{10} M_{\odot}$

Zwaartekrachts-massa

- Maak opnamen langs hele melkwegvlak (zoveel mogelijk lengtes)
- Bepaal maximale radiële snelheid op zo groot mogelijke afstand
- (omloopsnelheid is altijd groter)
- 130 km/s op $r \sim 6$ kpc:
- $M \sim v^2 r / G \sim 2 \cdot 10^{10} M_{\odot}$

Donkere materie nodig? Of beter meten? Optische fotos maken?

Schaal van zonnestelsel



- Omloopsnelheid aarde is ongeveer $0.2 \mu\text{AU s}^{-1}$
- Bepaal omloopsnelheid in km s^{-1} !
- Vind punten waar **ecliptica het melkwegvlak snijdt** (Taurus-Gemini area)

- Bepaal tenminste half jaar lang radiospectrum dagelijks
- Kies een referentiedag “dag 0” en bepaal voor iedere dag de verschuiving t.o.v. de referentiedag.
- Min/max Doppler zou paar honderd kHz moeten zijn
- \Rightarrow Aardse snelheid in km s^{-1}
- Daarmee ligt AU ook vast!
- Je kunt misschien zelfs de ellipticiteit van de aardbaan ontdekken!

Andere ideeën

- Solar radio bursts
- Andere melkwegstelsels: M31, M33,...hebben waarschijnlijk meer gevoelig oppervlak nodig (wok? schotel?)
- Pulsar(s?)
- Extreme FRBs?
- Enorme uitgebreide objecten? (tientallen graden groot?)
- Iets anders? Als het maar heel groot of best helder is!



