

Masterclass 2008

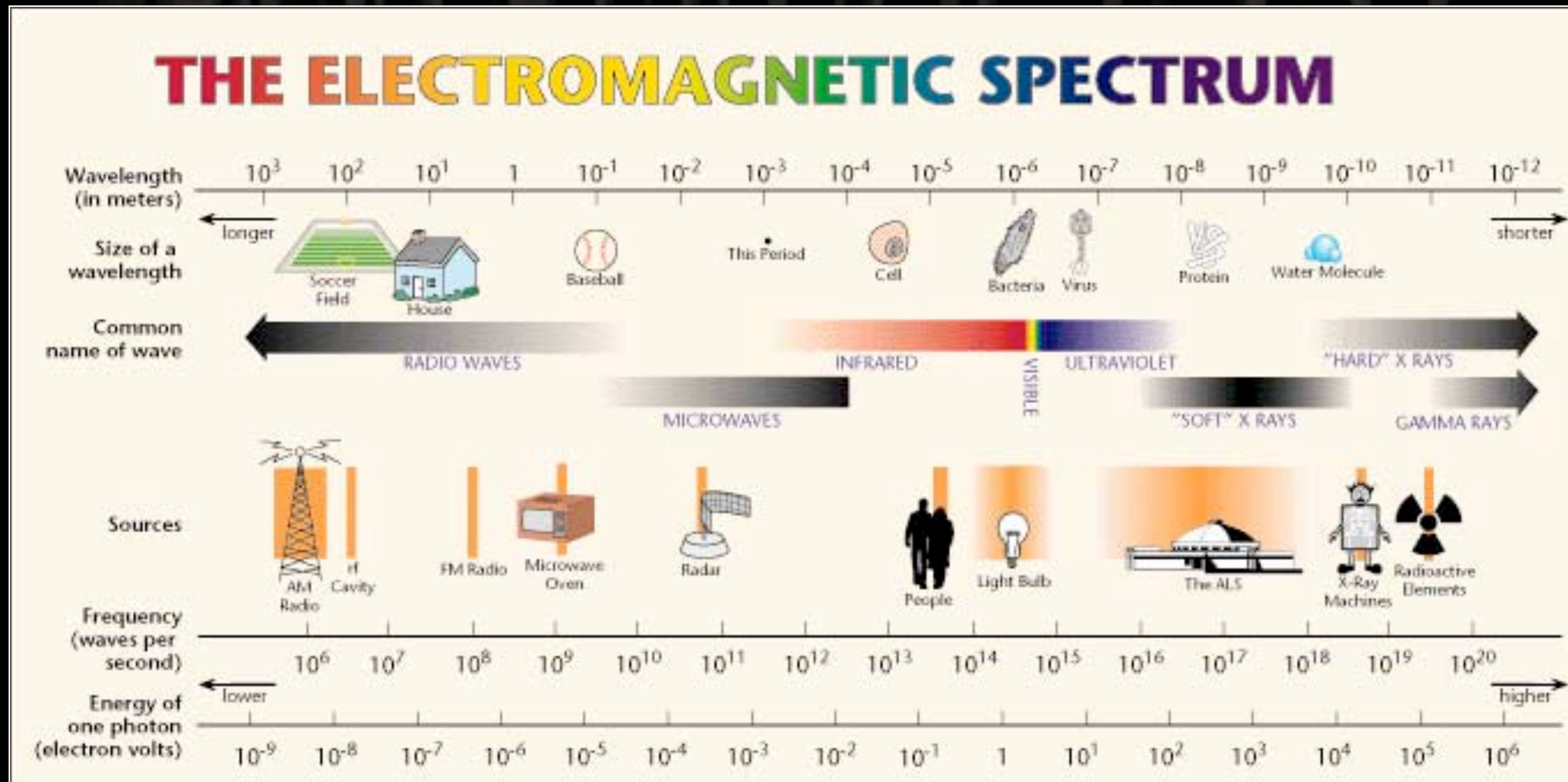
Tom Oosterloo
(ASTRON/Kapteyn)

Overzicht praatje

- ▶ Radiosterrenkunde; Geschiedenis
- ▶ Hoe werkt een radio telescoop
- ▶ Van waarneming naar beeld

Radiosterrenkunde

Radio: golflengte van 10 m tot 0.1 mm

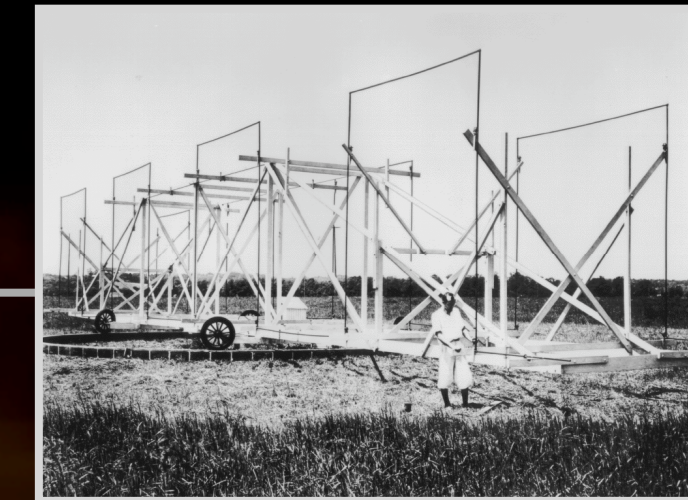


Straling met verschillende golflengte wordt door verschillende processen uitgezonden

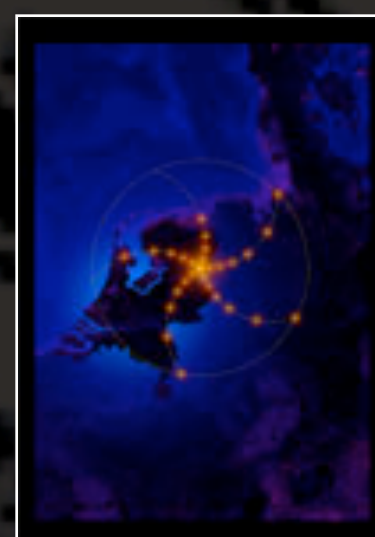
“Normaal” licht: sterren
Radio: gas van 10000 °C
supersnelle elektronen
koud gas (-200 °C tot 1000 °C)

Belangrijk onderdeel van moderne sterrenkunde.
Hoewel maar 5% van de astronomen “radio doen”,
zijn de helft van de sterrenkunde Nobelprijzen voor radio onderzoek

Geschiedenis (NL versie)



- ▶ Rond 1930: Karl Jansky ontdekt radiostraling van Melkweg
- ▶ Tijdens WOII: van de Hulst voorspelt dat waterstof radio straling uitzendt
- ▶ 1951: waterstof straling waargenomen
- ▶ 1956: Dwingeloo telescoop
- ▶ 1970: Westerbork telescoop
- ▶ 1978: VLBI
- ▶ 2008: LOFAR

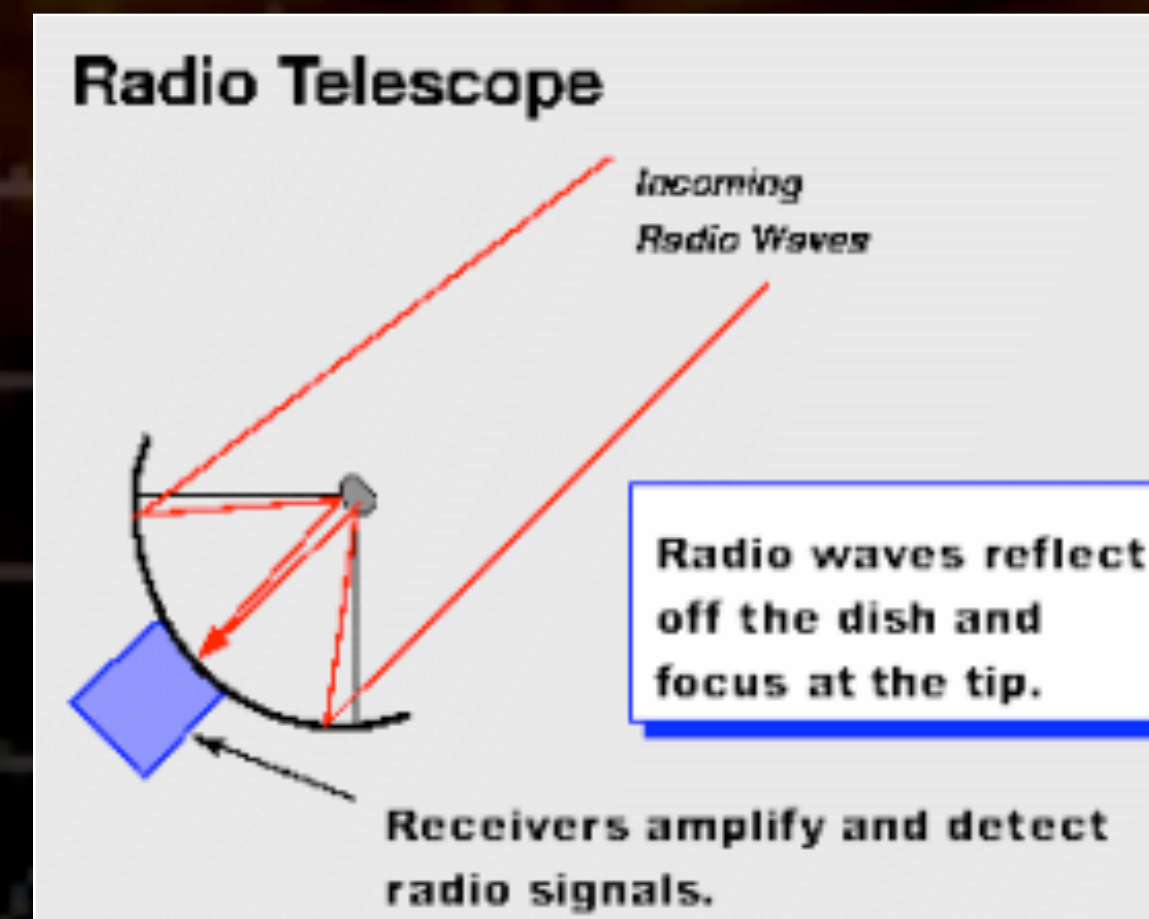


Wat kunnen we meten

- ▶ Waar vandaan
 - ▶ Wanneer
 - ▶ Chemische samenstelling
 - ▶ Bewegingen
 - ▶ Magnetevelden
 - ▶ Geschiedenis
- Beeld
 - Tijd (bv pulsar, supernova)
 - Verschillende golflengtes
 - Verschuiving golflengte
 - In welke richting trilt de straling
 - Verder weg = langer geleden

Hebben grotere telescopen nodig:

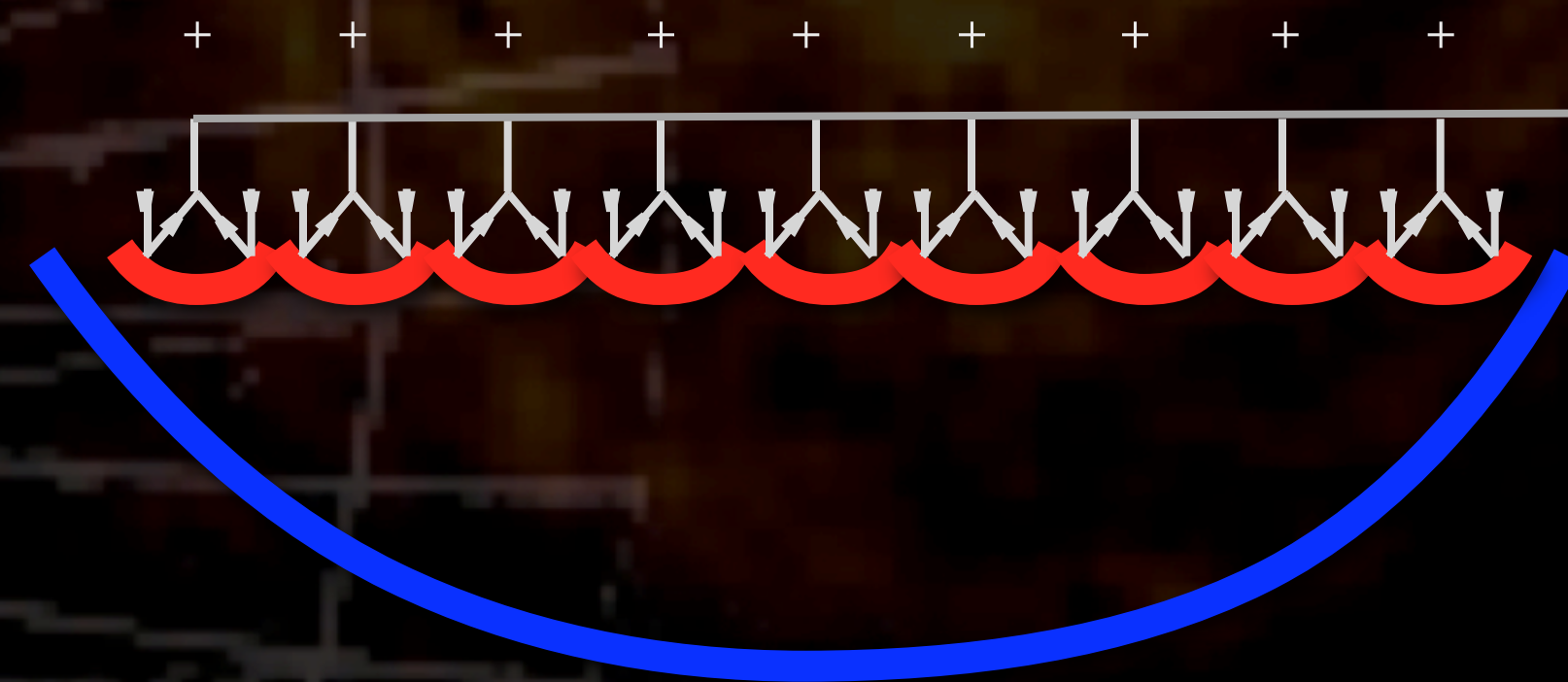
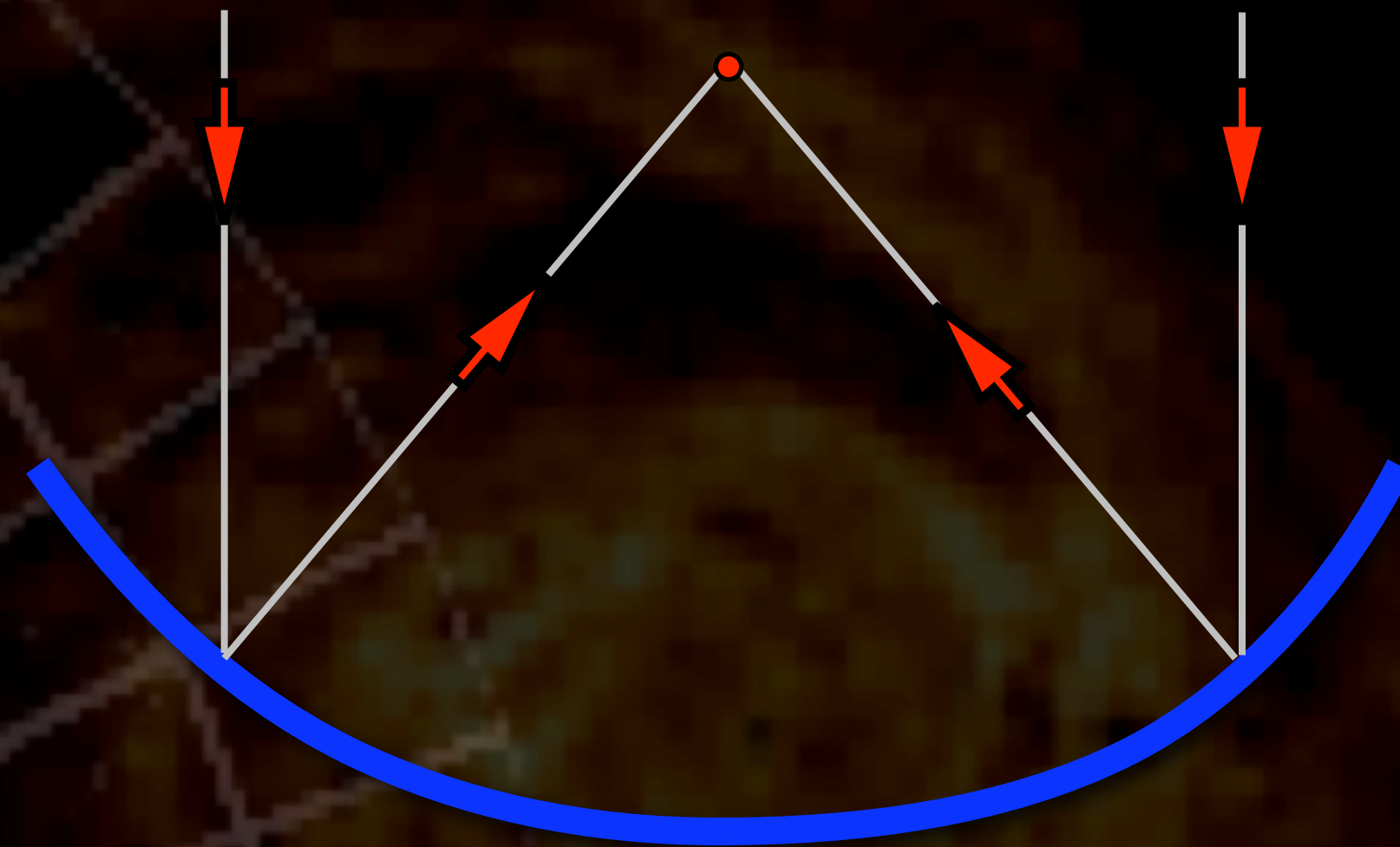
- ▶ Gevoeliger, dus zwakkere objecten
- ▶ Scherper beeld



Radio telescoop

Parabolische schotel
combineert signalen en
maakt beeld, net als camera

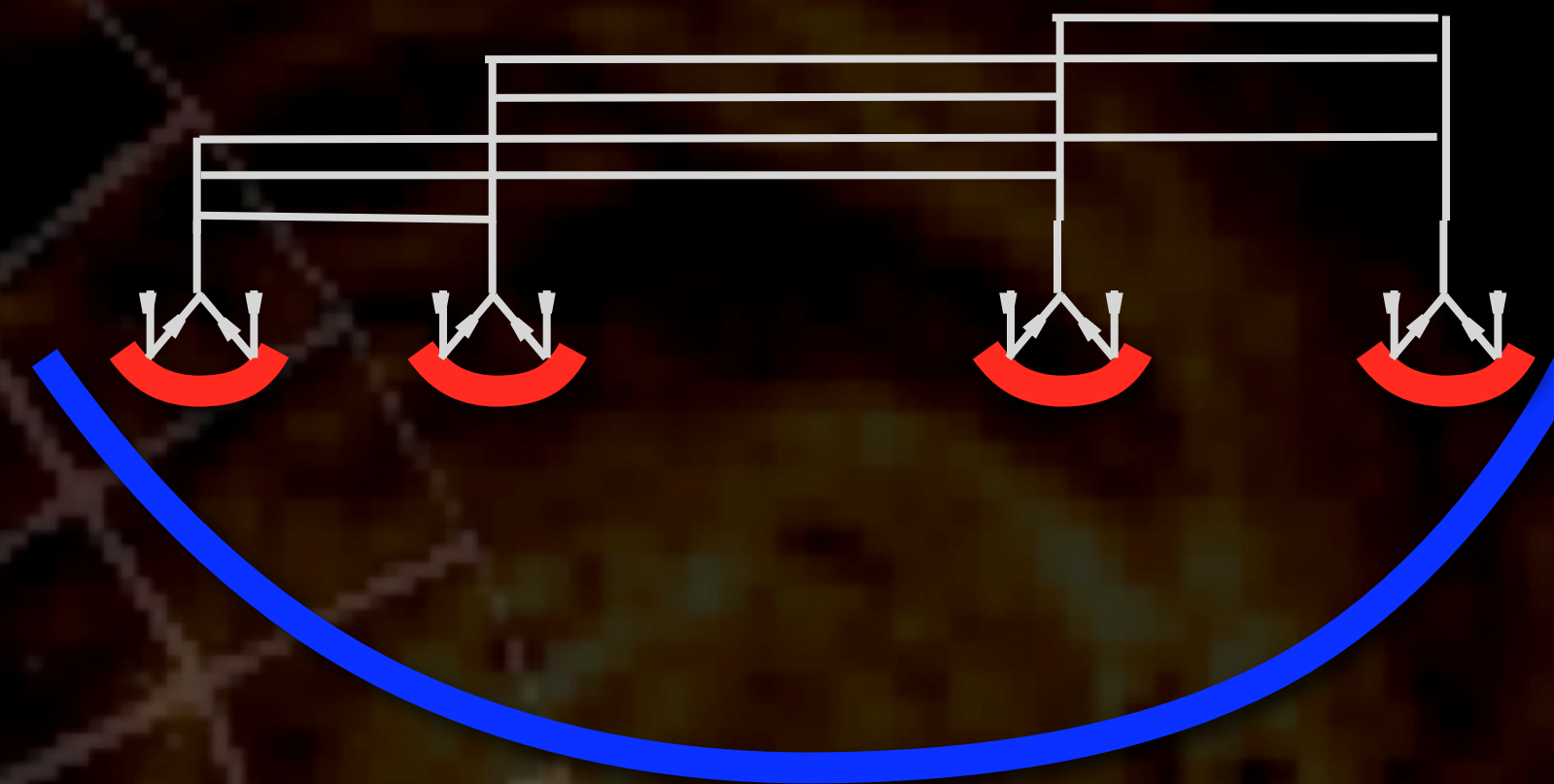
Kan ook op een andere manier:
combineer signaal van veel
kleinere telescopen



Voor telescoop van 3 km: 1500 schotels van 25 meter nodig!!

Synthese telescoop

- ★ Optie 1: laat schotels weg.
Minder gevoelig maar wel net zo scherp.
Veel verschillende afstanden tussen schotels.
Combinatie in paren,
WSRT 14 schotels, 91 combinaties



- ★ Optie 2: gebruik rotatie aarde.
In 12 uur helemaal rond

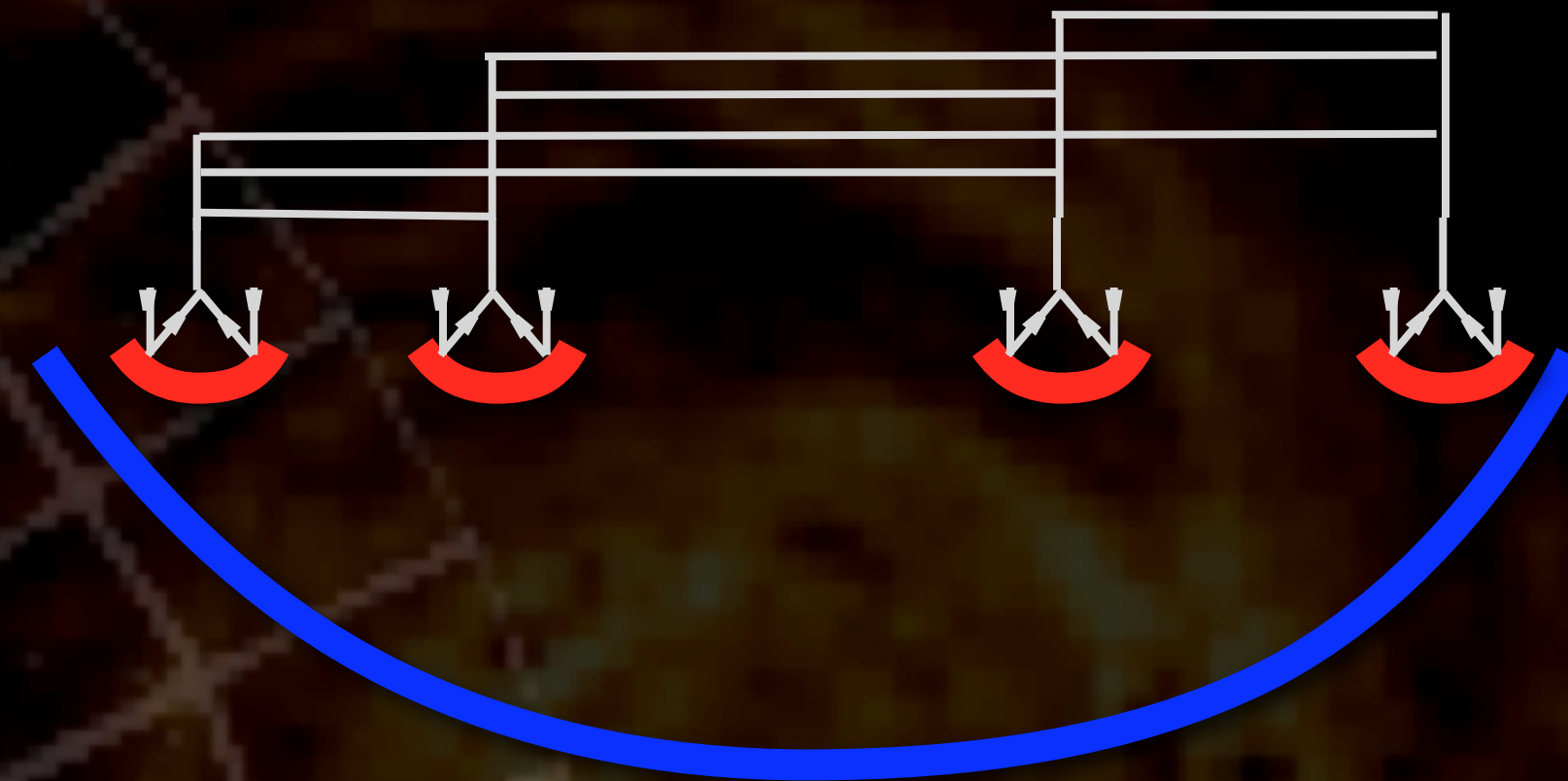
Grotere telescoop → scherper beeld.
Daarom VLBI: combineer telescopen over de hele wereld.



Kan een voetbal op de maan zien

Synthese telescoop

- ★ Optie 1: laat schotels weg.
Minder gevoelig maar wel net zo scherp.
Veel verschillende afstanden tussen schotels.
Combinatie in paren,
WSRT 14 schotels, 91 combinaties



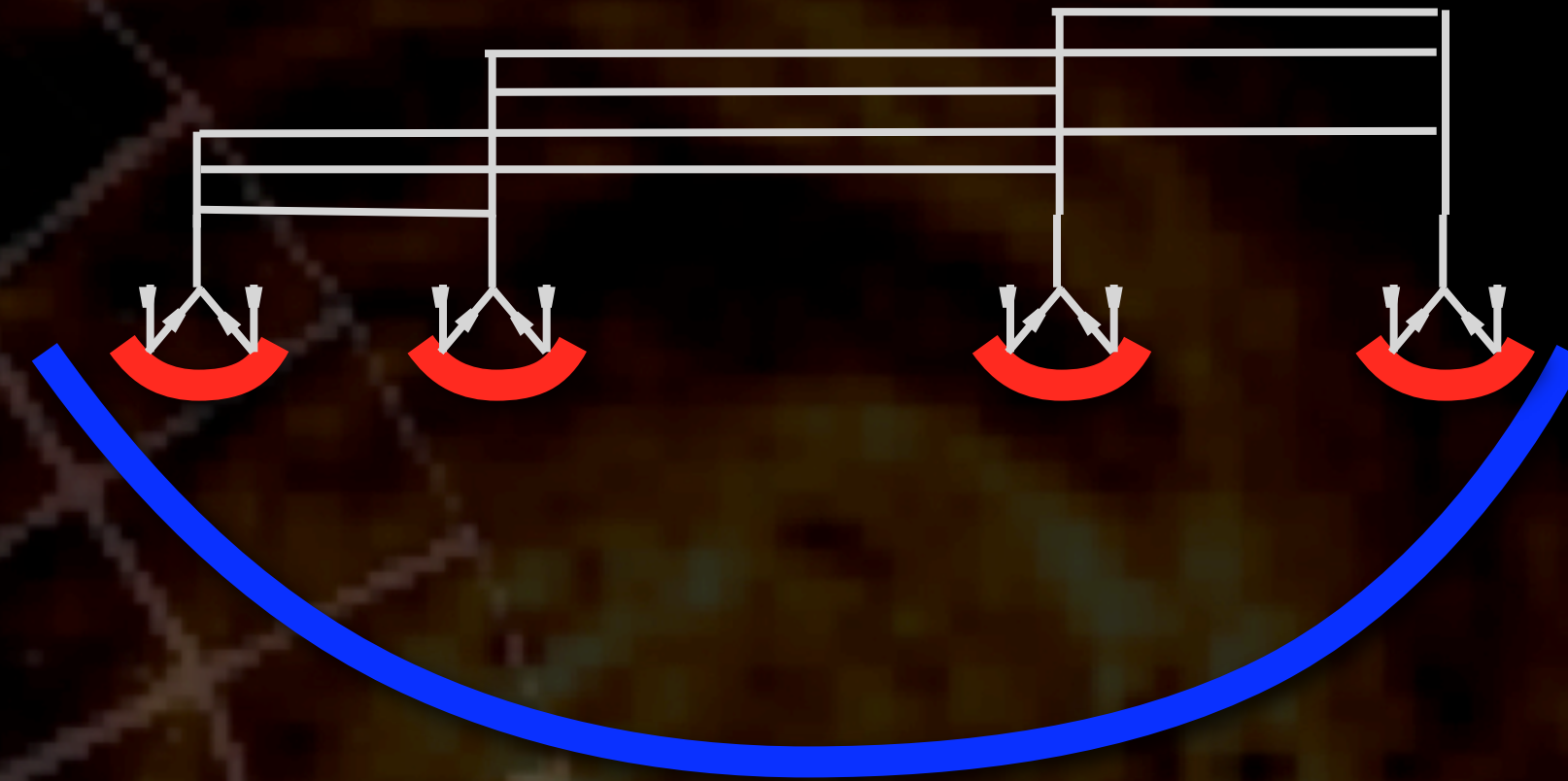
- ★ Optie 2: gebruik rotatie aarde.
In 12 uur helemaal rond
Grotere telescoop → scherper beeld.
Daarom VLBI: combineer telescopen over de hele wereld.



Kan een voetbal op de maan zien

Synthese telescoop

- ★ Optie 1: laat schotels weg.
Minder gevoelig maar wel net zo scherp.
Veel verschillende afstanden tussen schotels.
Combinatie in paren,
WSRT 14 schotels, 91 combinaties



- ★ Optie 2: gebruik rotatie aarde.
In 12 uur helemaal rond

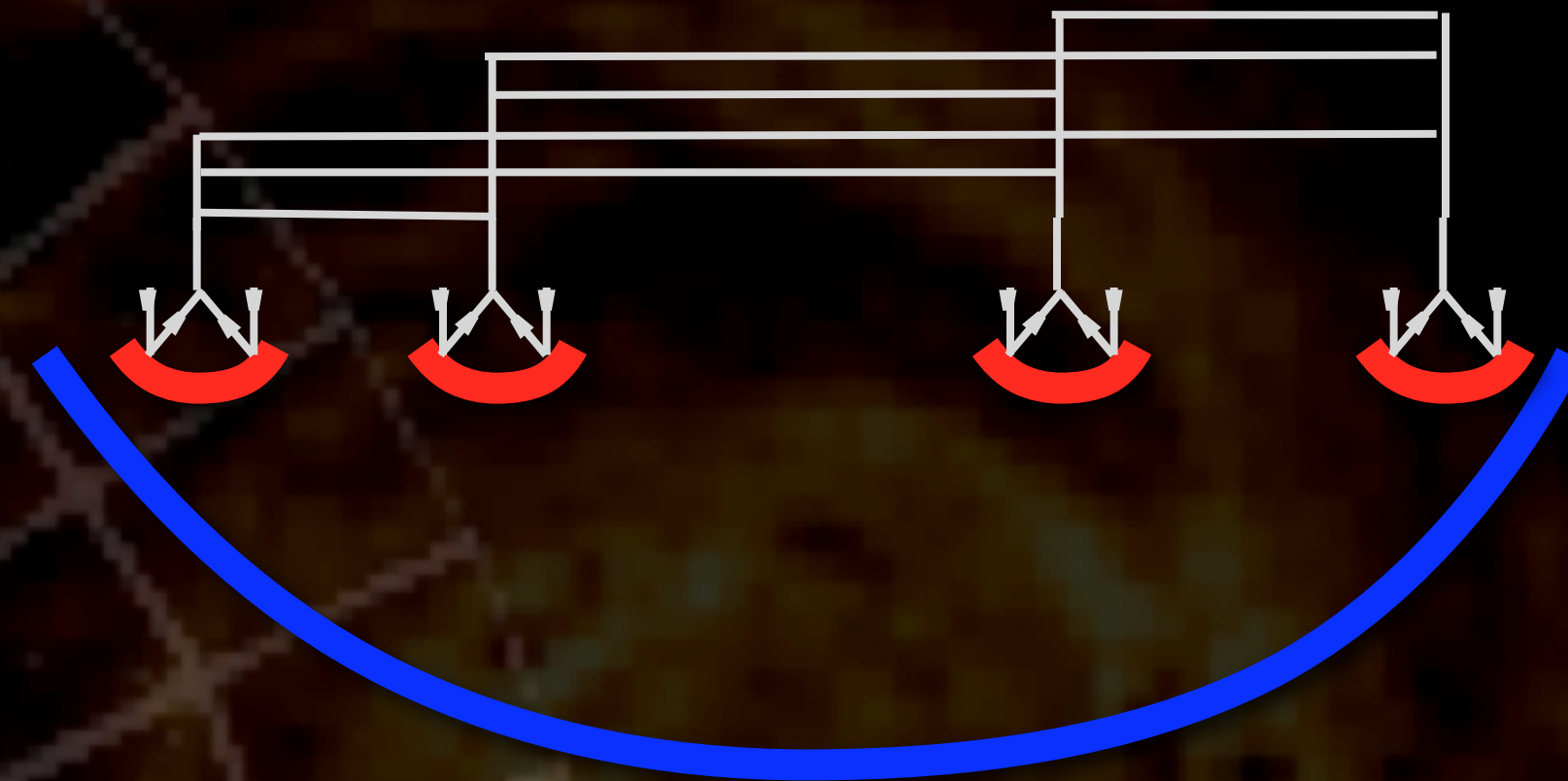
Grotere telescoop → scherper beeld.
Daarom VLBI: combineer telescopen over de hele wereld.



Kan een voetbal op de maan zien

Synthese telescoop

- ★ Optie 1: laat schotels weg.
Minder gevoelig maar wel net zo scherp.
Veel verschillende afstanden tussen schotels.
Combinatie in paren,
WSRT 14 schotels, 91 combinaties



- ★ Optie 2: gebruik rotatie aarde.
In 12 uur helemaal rond

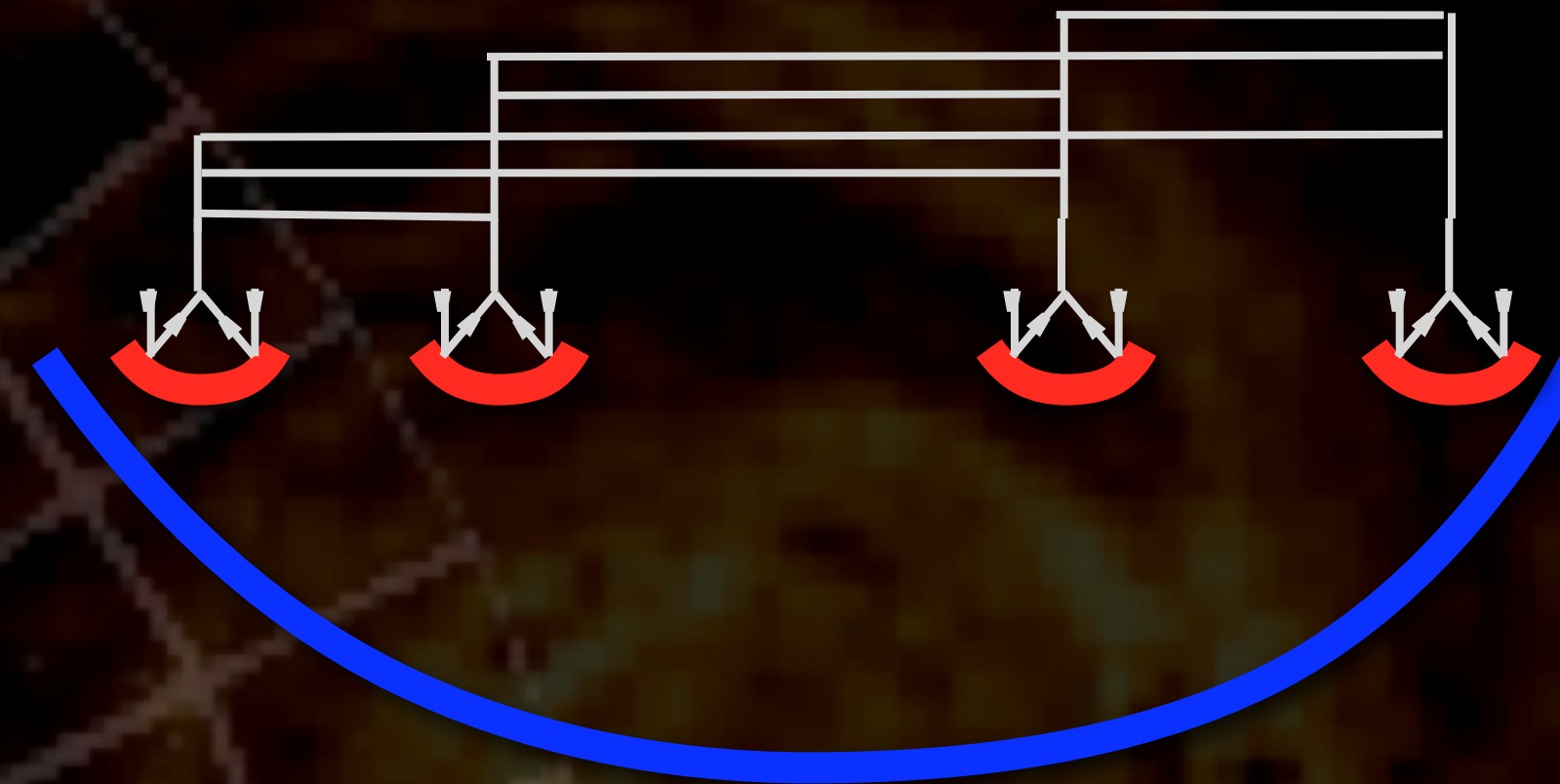
Grotere telescoop → scherper beeld.
Daarom VLBI: combineer telescopen over de hele wereld.



Kan een voetbal op de maan zien

Synthese telescoop

- ★ Optie 1: laat schotels weg.
Minder gevoelig maar wel net zo scherp.
Veel verschillende afstanden tussen schotels.
Combinatie in paren,
WSRT 14 schotels, 91 combinaties



- ★ Optie 2: gebruik rotatie aarde.
In 12 uur helemaal rond
Grotere telescoop → scherper beeld.
Daarom VLBI: combineer telescopen over de hele wereld.

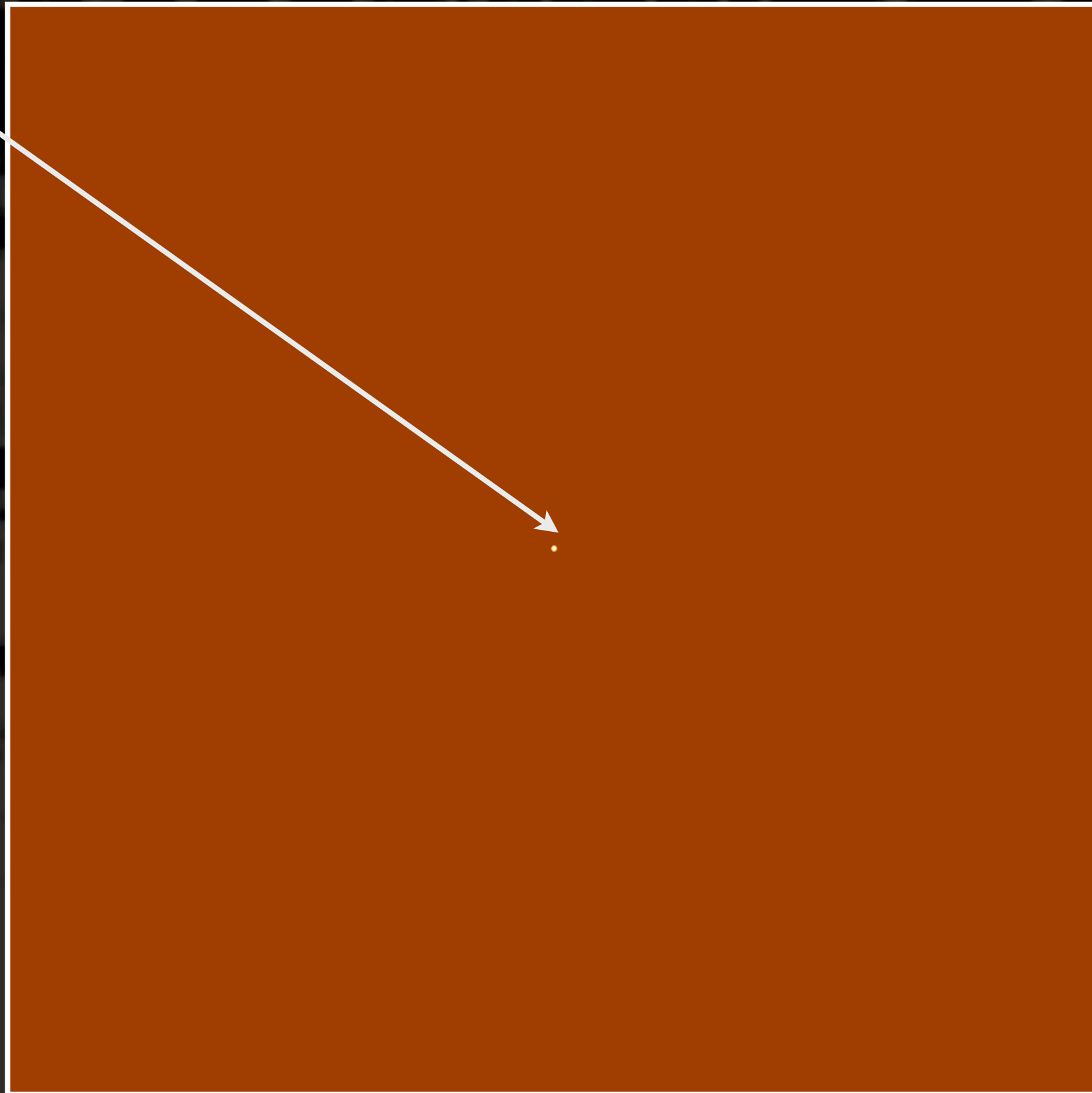


Kan een voetbal op de maan zien

Wat ziet de WSRT?

Puntbron

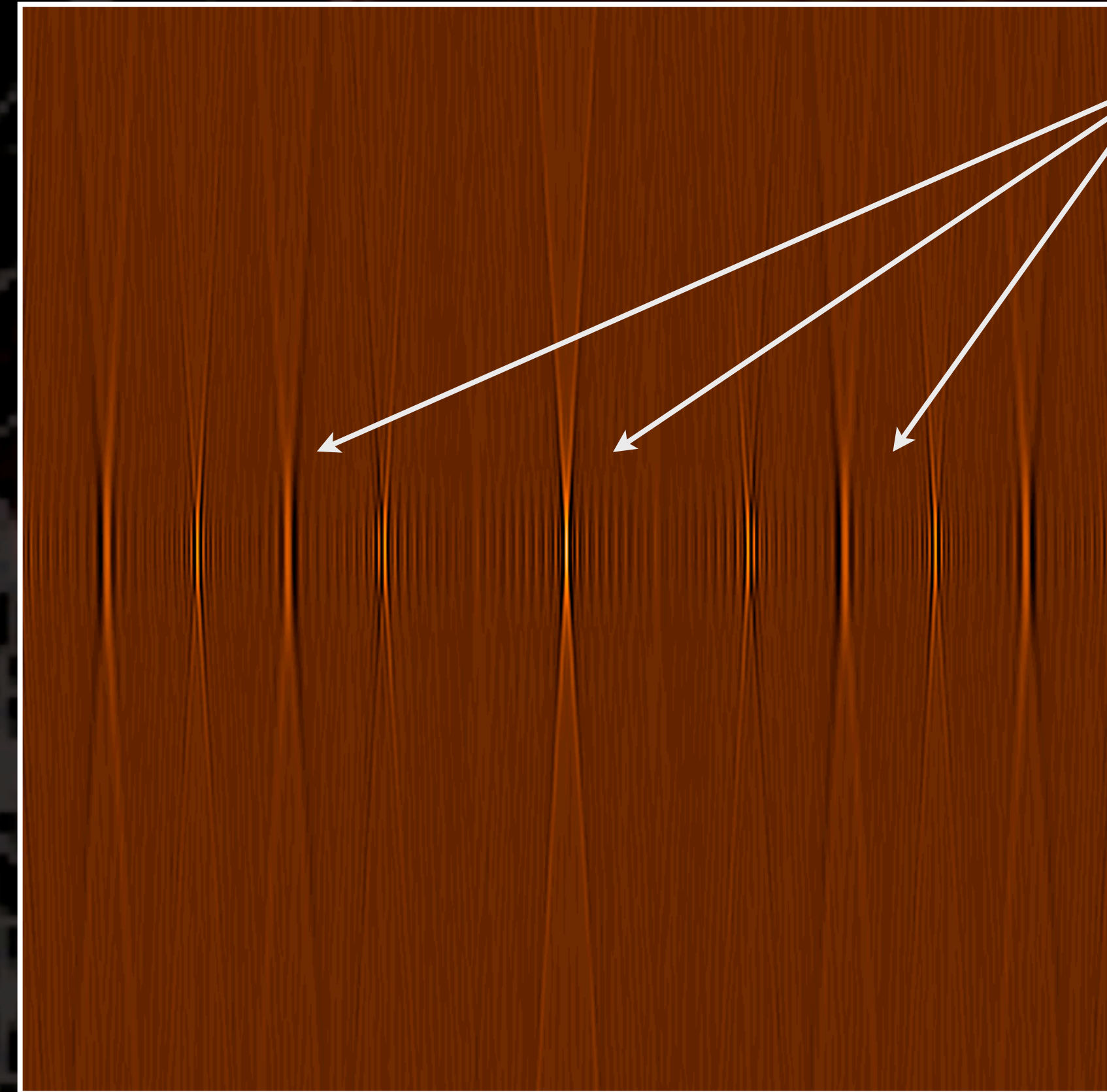
op één
bepaald
moment



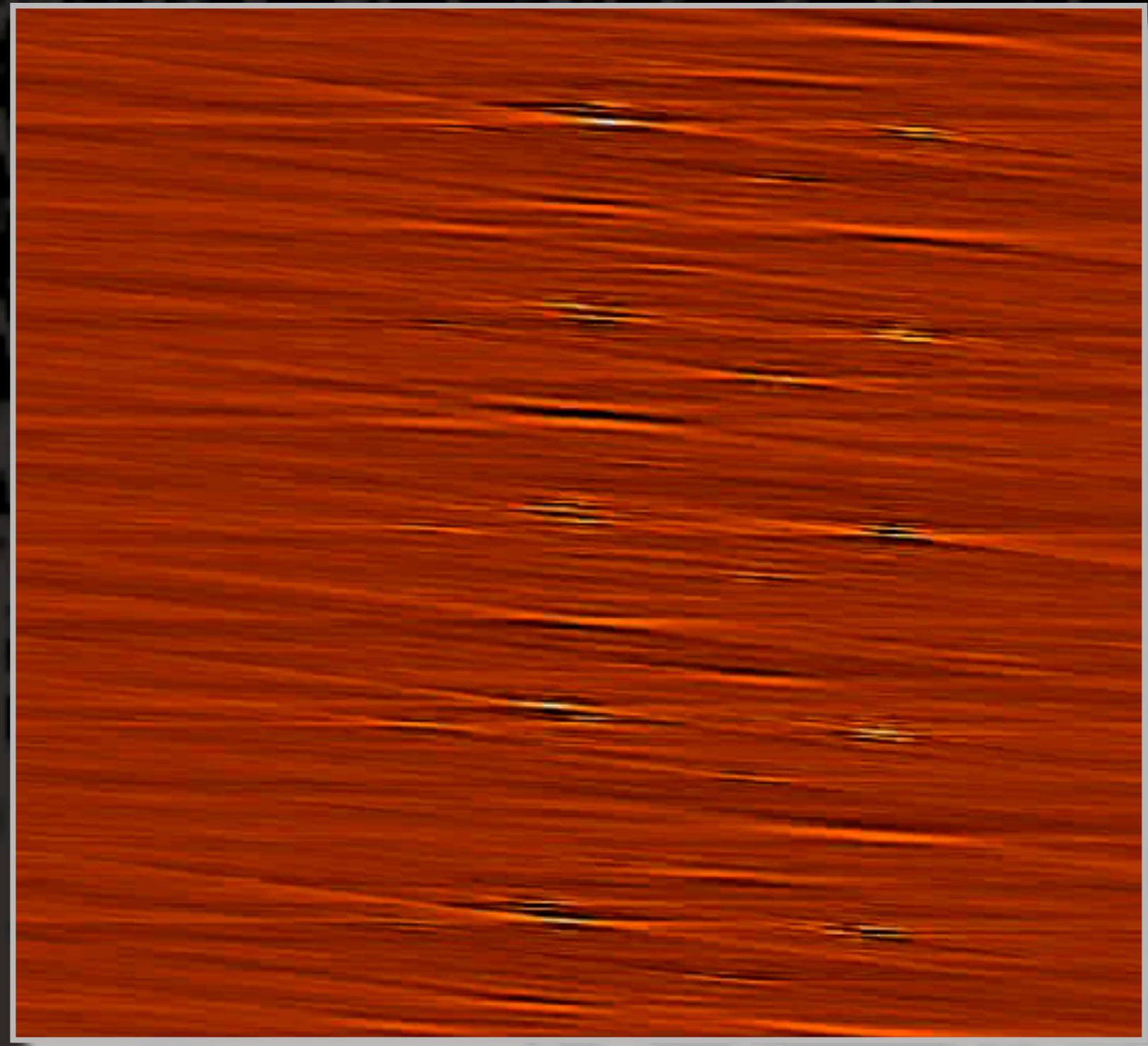
Strepen

omdat

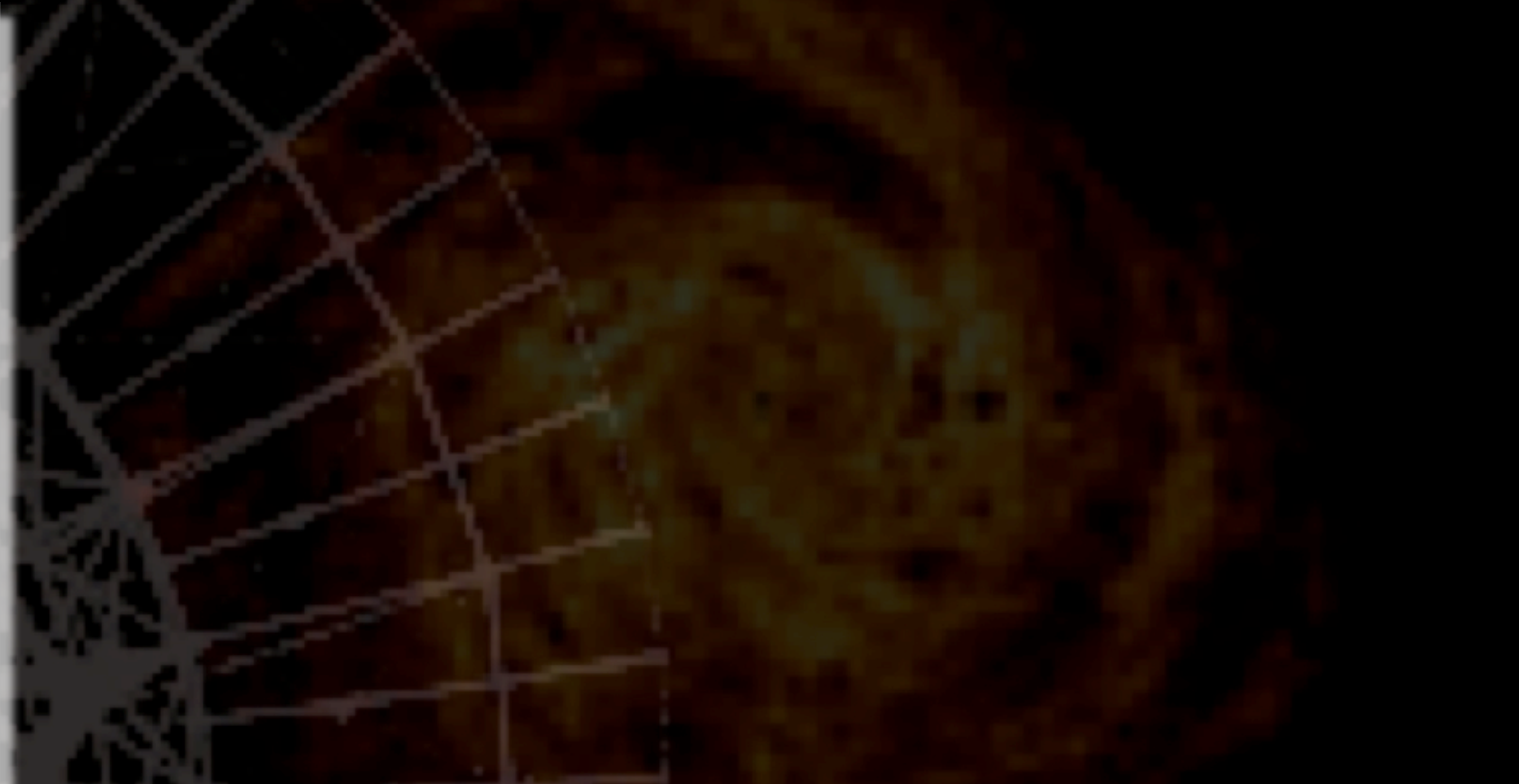
- er zitten gaten in de telescoop
- op één lijn, 1-dimensionaal beeld



Hoe de WSRT een beeld opbouwt

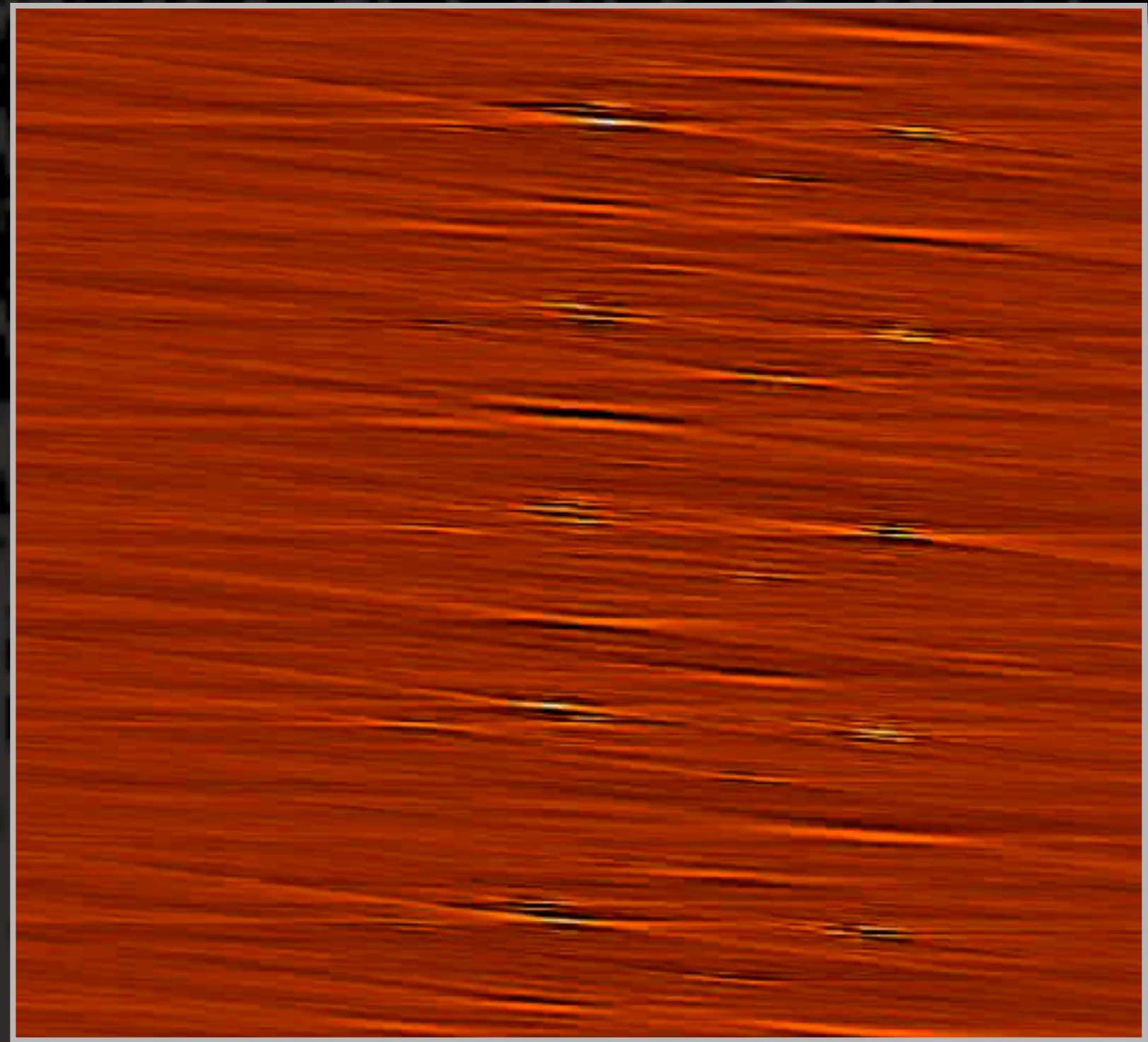


het beeld op één bepaald moment
tijdens een meting van 12 uur.
1-dimensionaal beeld van de hemel



als je alle 1-dimensionale beelden van de
hele meting van 12 uur optelt, krijg je het
2-dimensionale beeld

Hoe de WSRT een beeld opbouwt



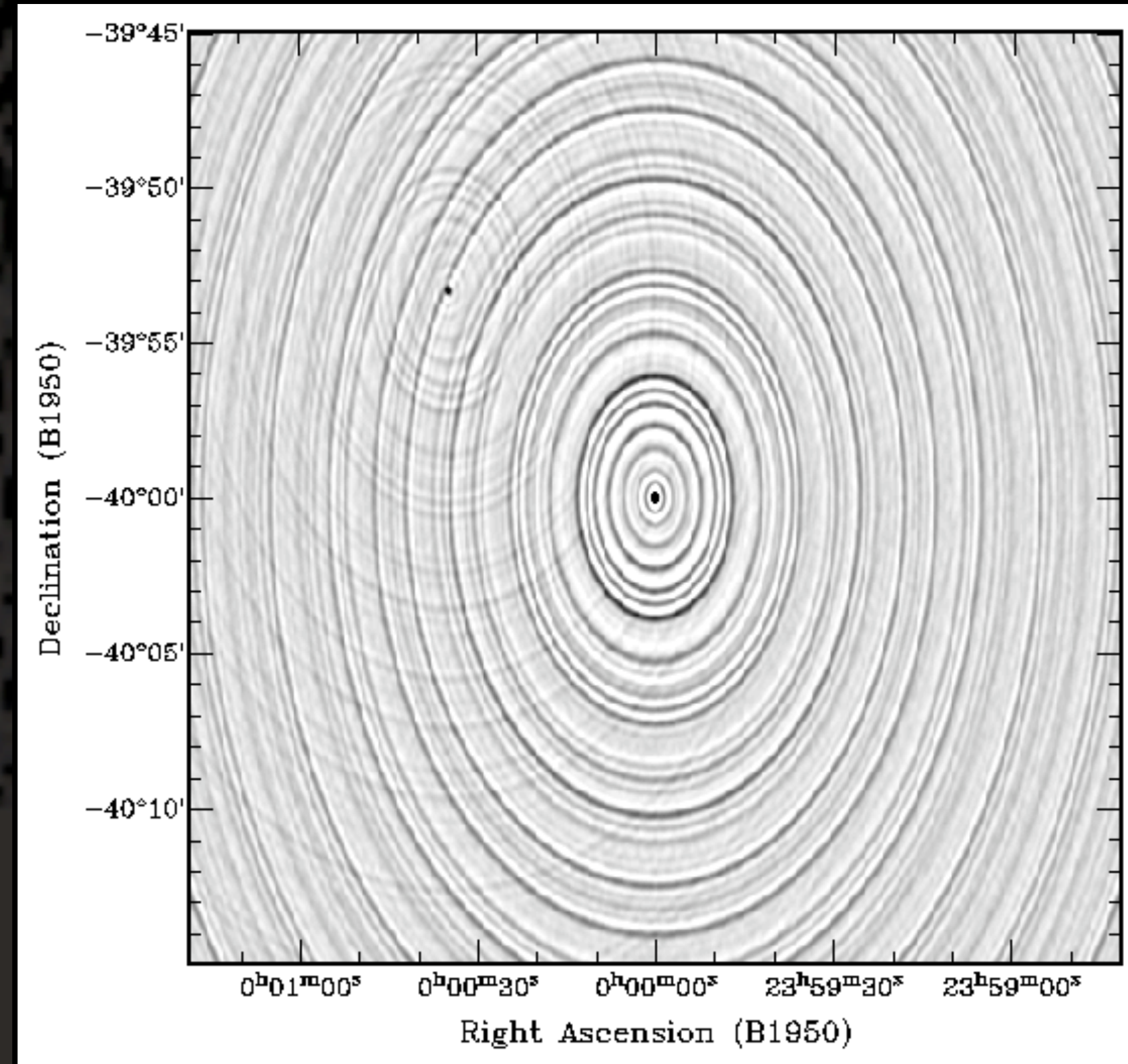
het beeld op één bepaald moment
tijdens een meting van 12 uur.
1-dimensionaal beeld van de hemel



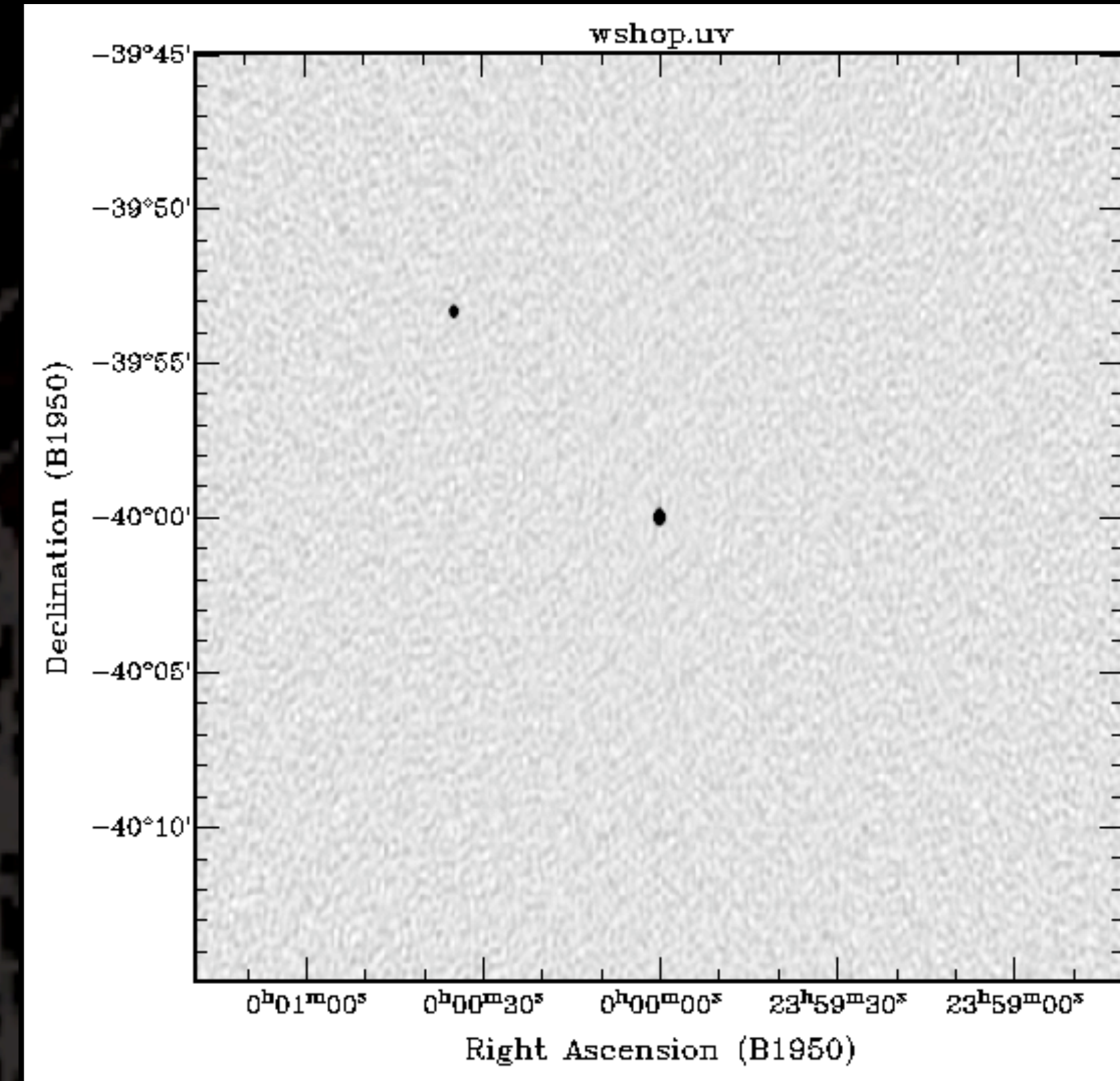
als je alle 1-dimensionale beelden van de
hele meting van 12 uur optelt, krijg je het
2-dimensionale beeld

Wat doen we met de ringen?

Dirty image

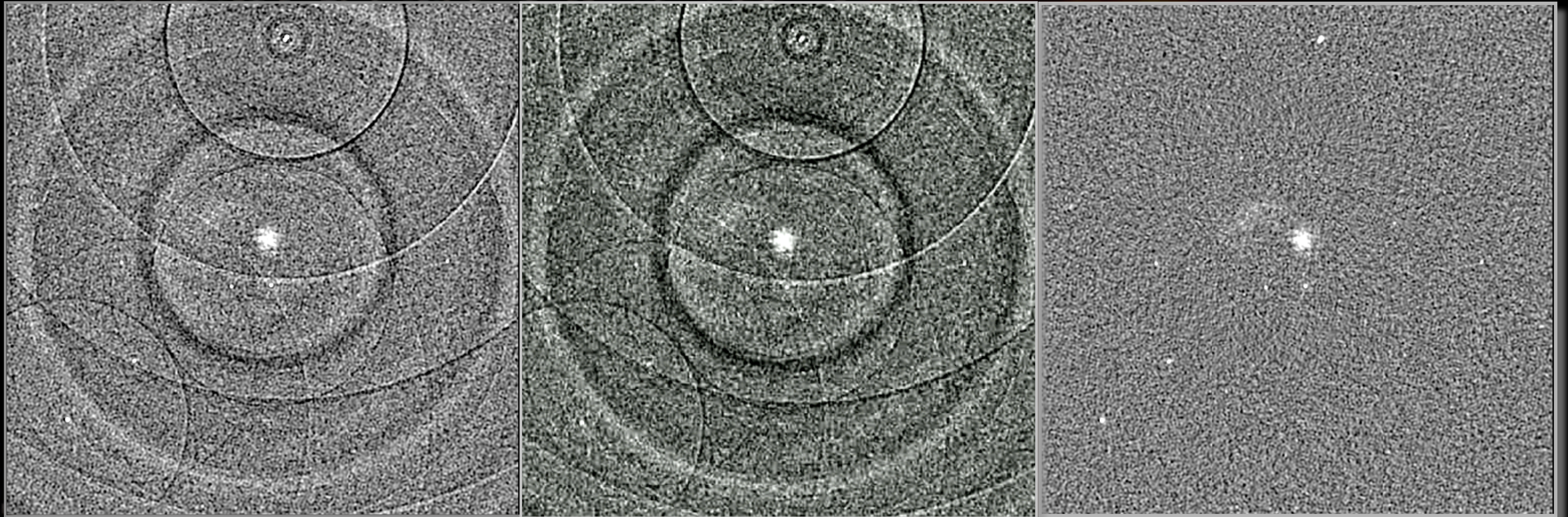


Clean image



We weten hoe de ringen tot stand komen,
dus in principe kunnen we er voor corrigeren

Cleaning dirty images

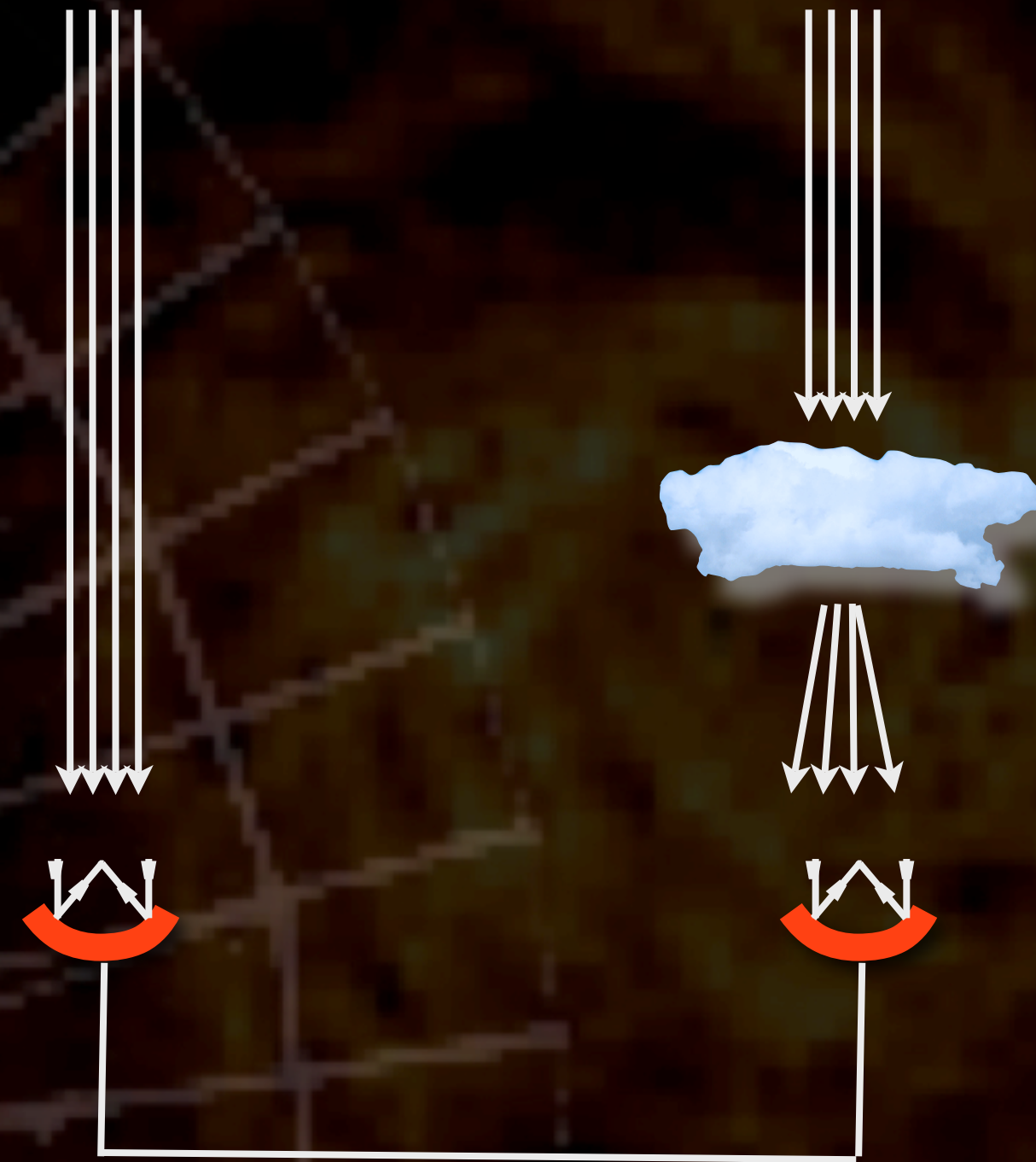


Mbv computer kunnen ringen worden verwijderd, stapsgewijs
Helderste bron eerst, dan de volgende, etc etc.

Ander probleem: het “weer”

De atmosfeer
en de ionosfeer
verstoren de golven

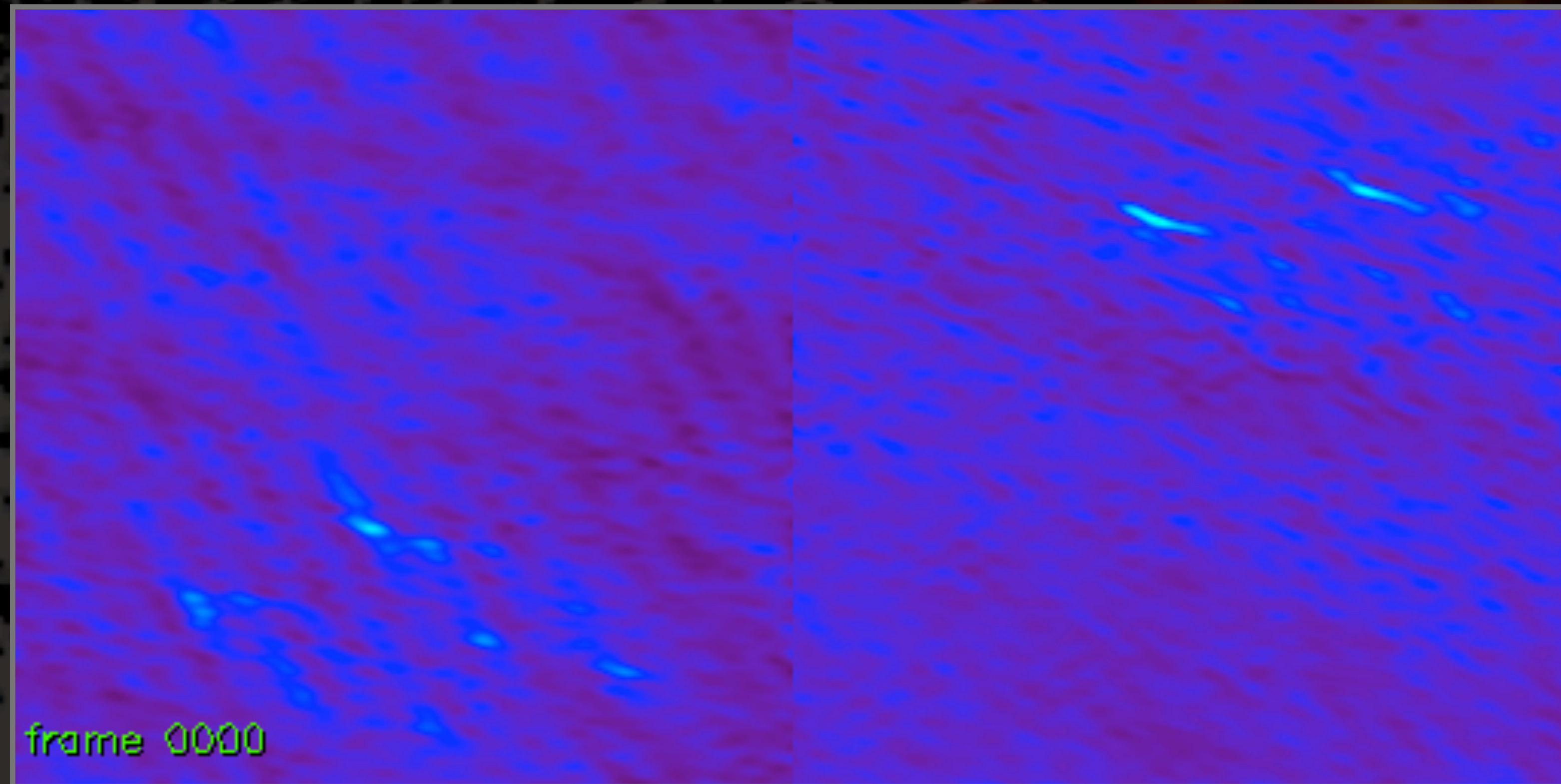
Hierdoor wordt het
beeld onscherp



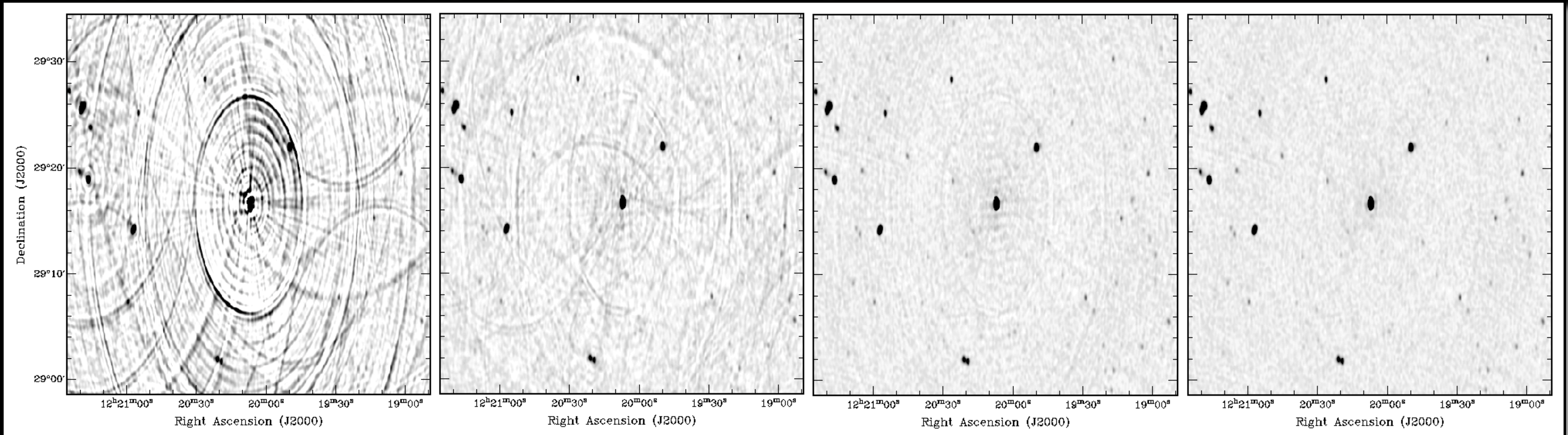
Vooraf bij LOFAR een sterk effect

Naar de sterren kijken vanaf de bodem van een zwembad.....

Naar de sterren kijken vanaf de bodem van een zwembad.....



Verbeteren van de beelden



Ruwe beeld

Beter beeld

Nog beter beeld

Beste beeld

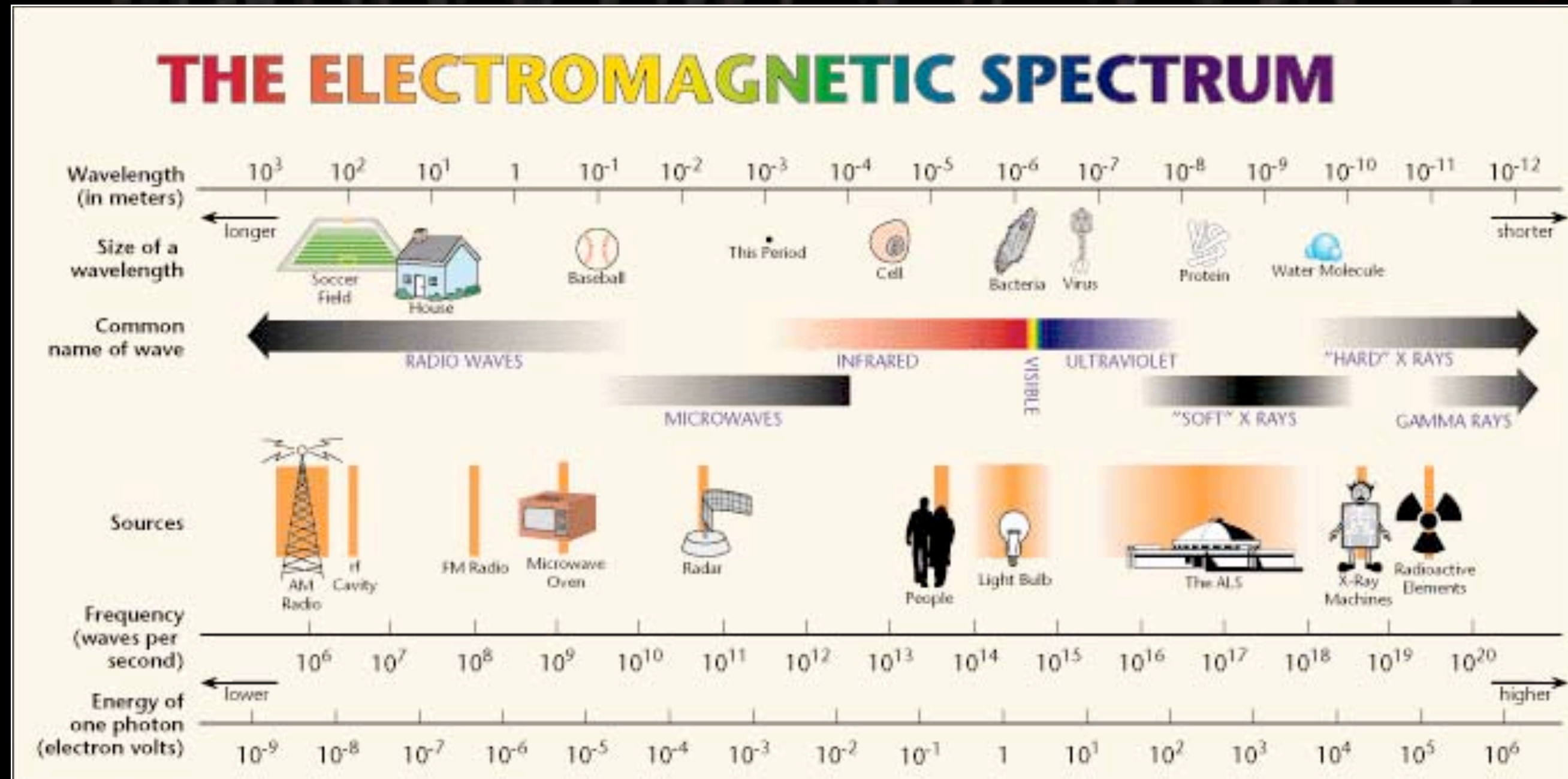
Ringen niet goed
verwijderd vanwege
verstoringen

De verstoringen kunnen stapsgewijs verwijderd worden

Einde

Radiosterrenkunde

Radio: golflengte van 10 m tot 0.1 mm



Straling met verschillende golflengte wordt door verschillende processen uitgezonden

“Normaal” licht: sterren
Radio: gas van $10000\text{ }^\circ\text{C}$
supersnelle electronen
koud gas ($-200\text{ }^\circ\text{C}$ tot $1000\text{ }^\circ\text{C}$)

Belangrijk onderdeel van moderne sterrenkunde.
Hoewel maar 5% van de astronomen “radio doen”,
zijn de helft van de sterrenkunde Nobelprijzen voor radio onderzoek

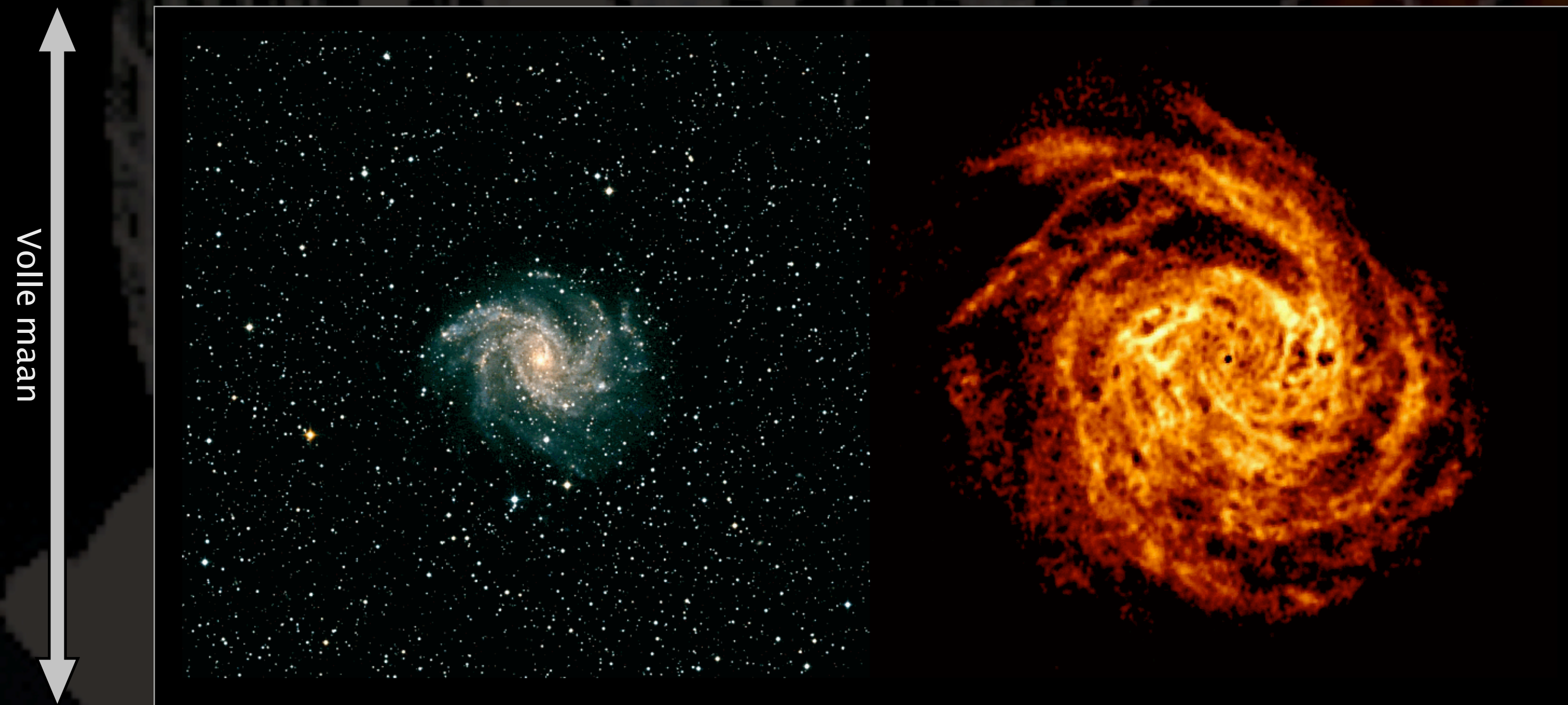
Wat kunnen we meten

- ▶ Waar vandaan
 - ▶ Wanneer
 - ▶ Chemische samenstelling
 - ▶ Bewegingen
 - ▶ Magnetevelden
 - ▶ Geschiedenis
- Beeld
 - Tijd (bv pulsar, supernova)
 - Verschillende golflengtes
 - Verschuiving golflengte
 - In welke richting trilt de straling
 - Verder weg = langer geleden

Zon, planeten, sterren, pulsars, sterrenstelsels, zwarte gaten,
wat er tussen sterren en sterrenstelsels zweeft... ET...

Wat nemen we waar?

Met een radio telescoop ziet het heelal er heel anders uit



Sterren

Waterstof gas

Waterstofgas
straalt op 21 cm

Kunnen de ook de bewegingen
van dit gas meten

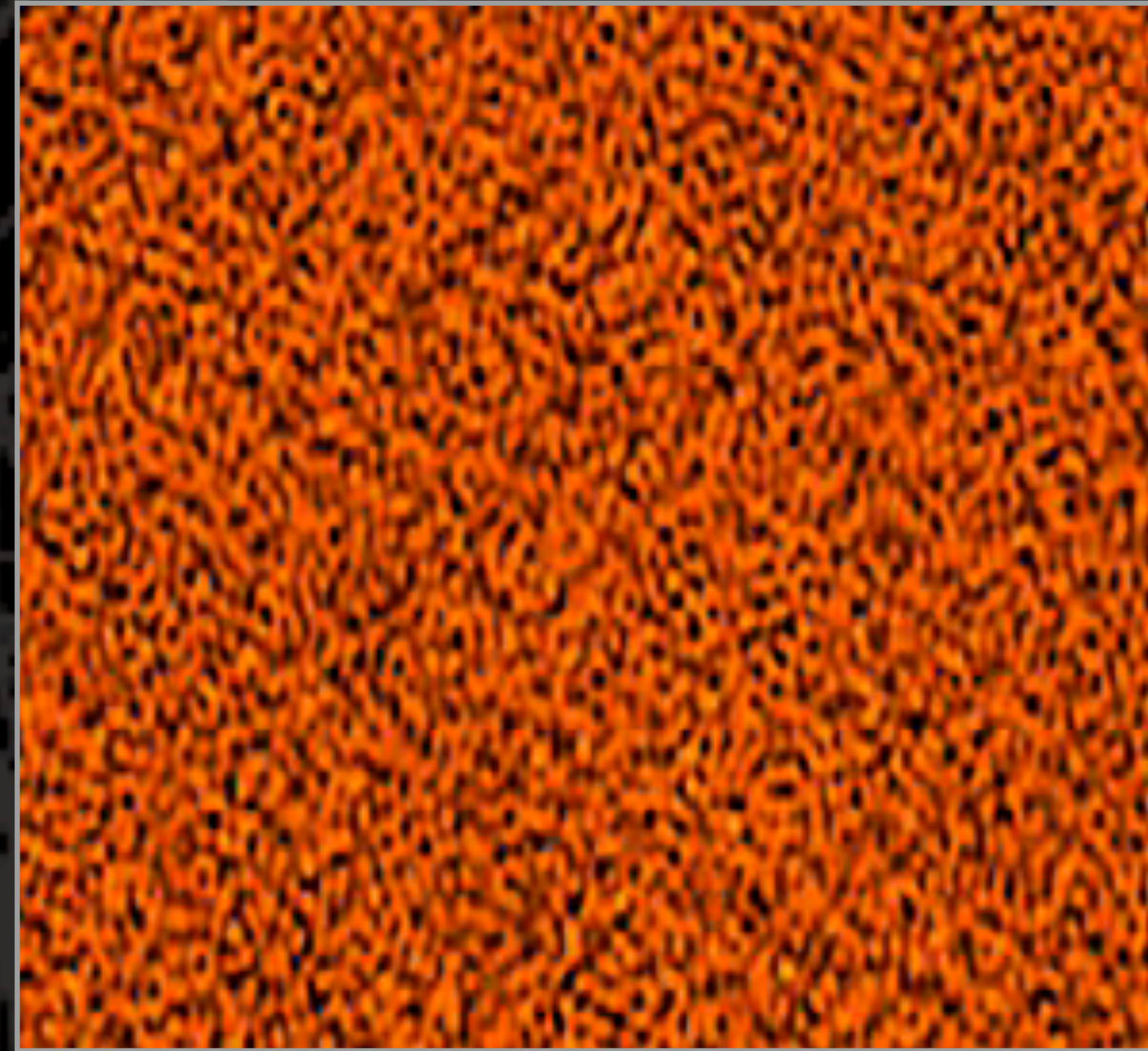
LOFAR zal het
waterstof signaal van de
allereerste objecten gaan meten
(meer dan 10 miljard jaar oud)

koud gas ($-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ tot $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$) nieuwe sterren ontstaan uit dit gas

We maken meer dan 1000 beelden tegelijk,
elk beeld op een iets andere golflengte



Space Telescope



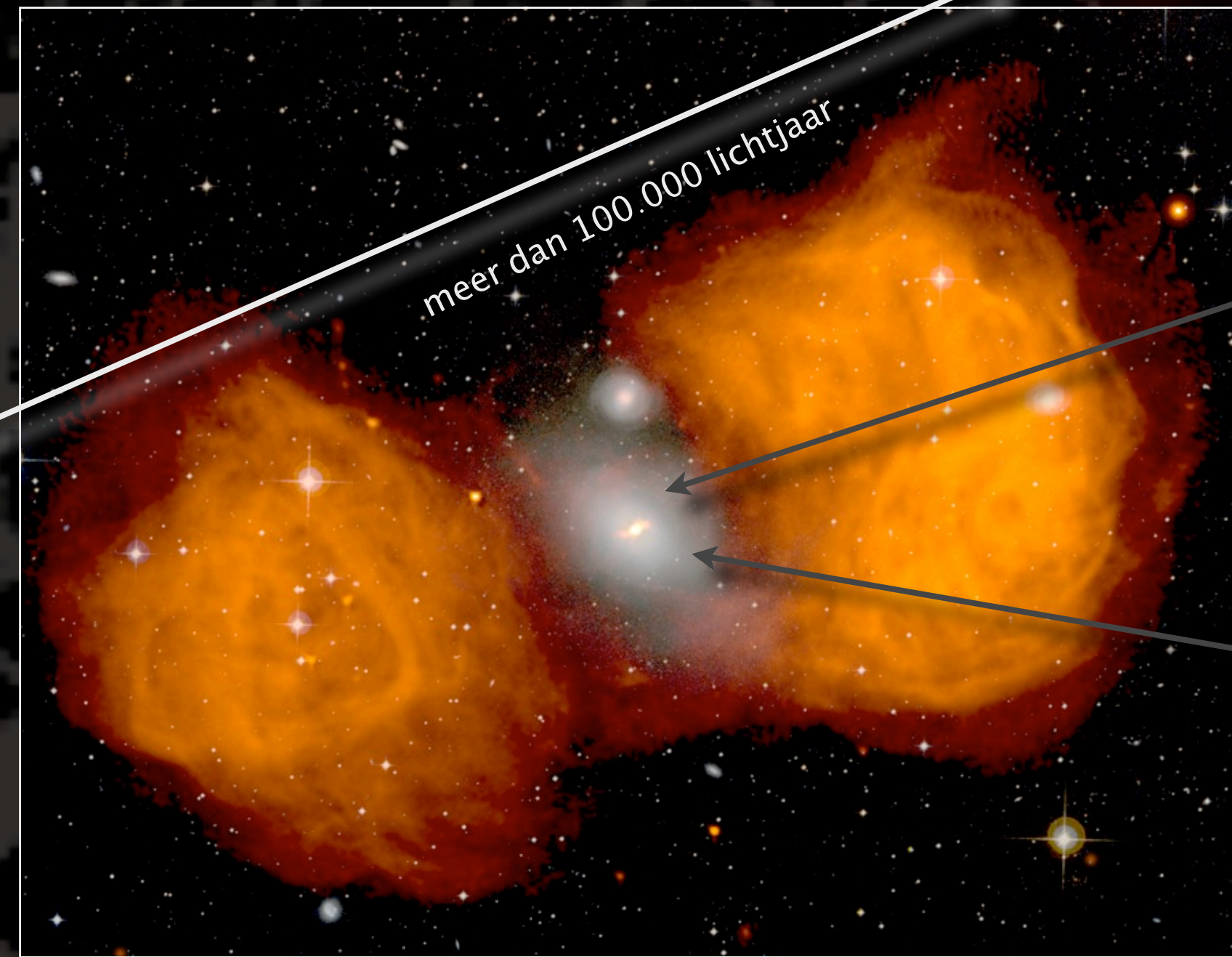
WSRT

Kunnen de bewegingen van het waterstofgas meten.
De meeste materie in het heelal is “onzichtbaar”

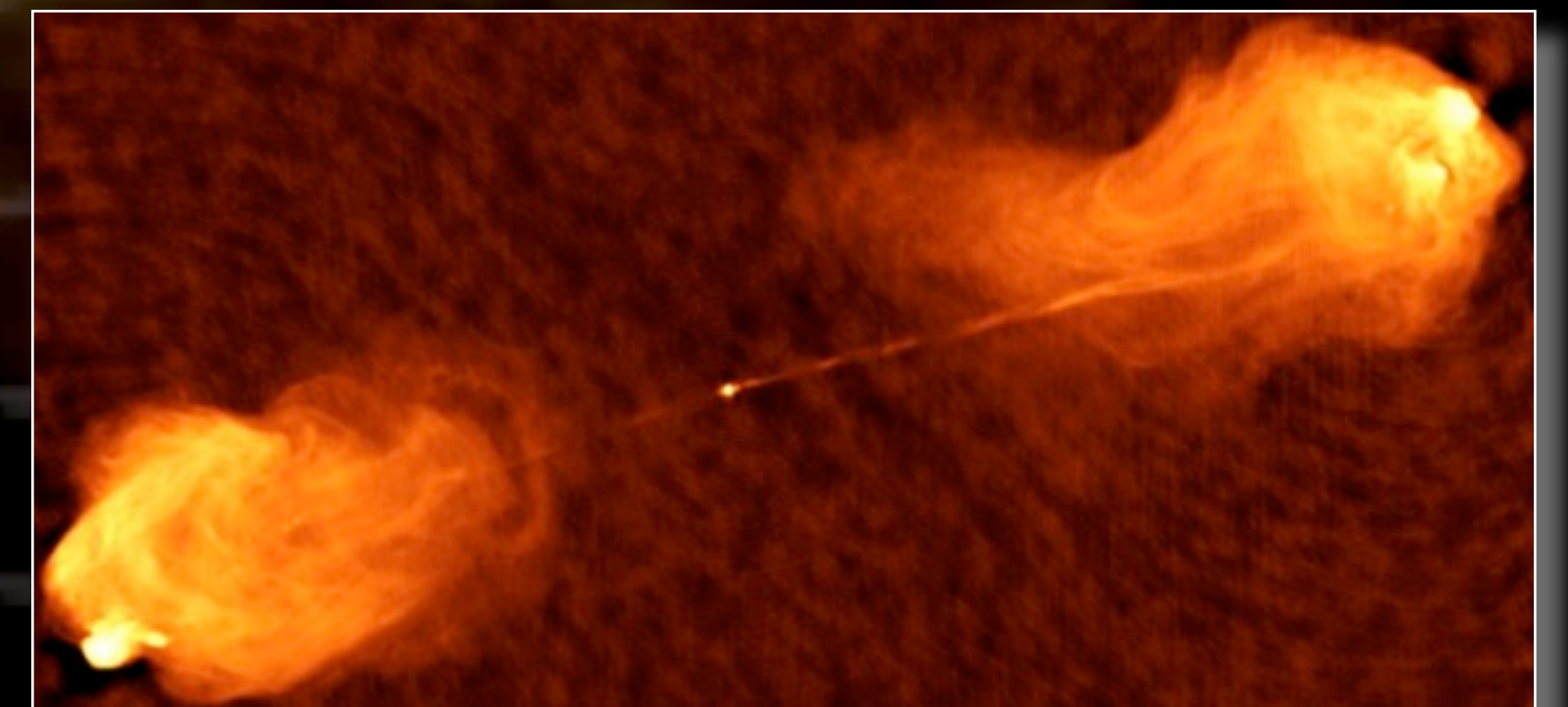
Aktieve Melkgwegstelsels

Gas wordt een
sterrenstelsel
uitgeblazen
door een
super zwaar
zwart gat

(100 miljoen keer zo
zwaar als de zon)

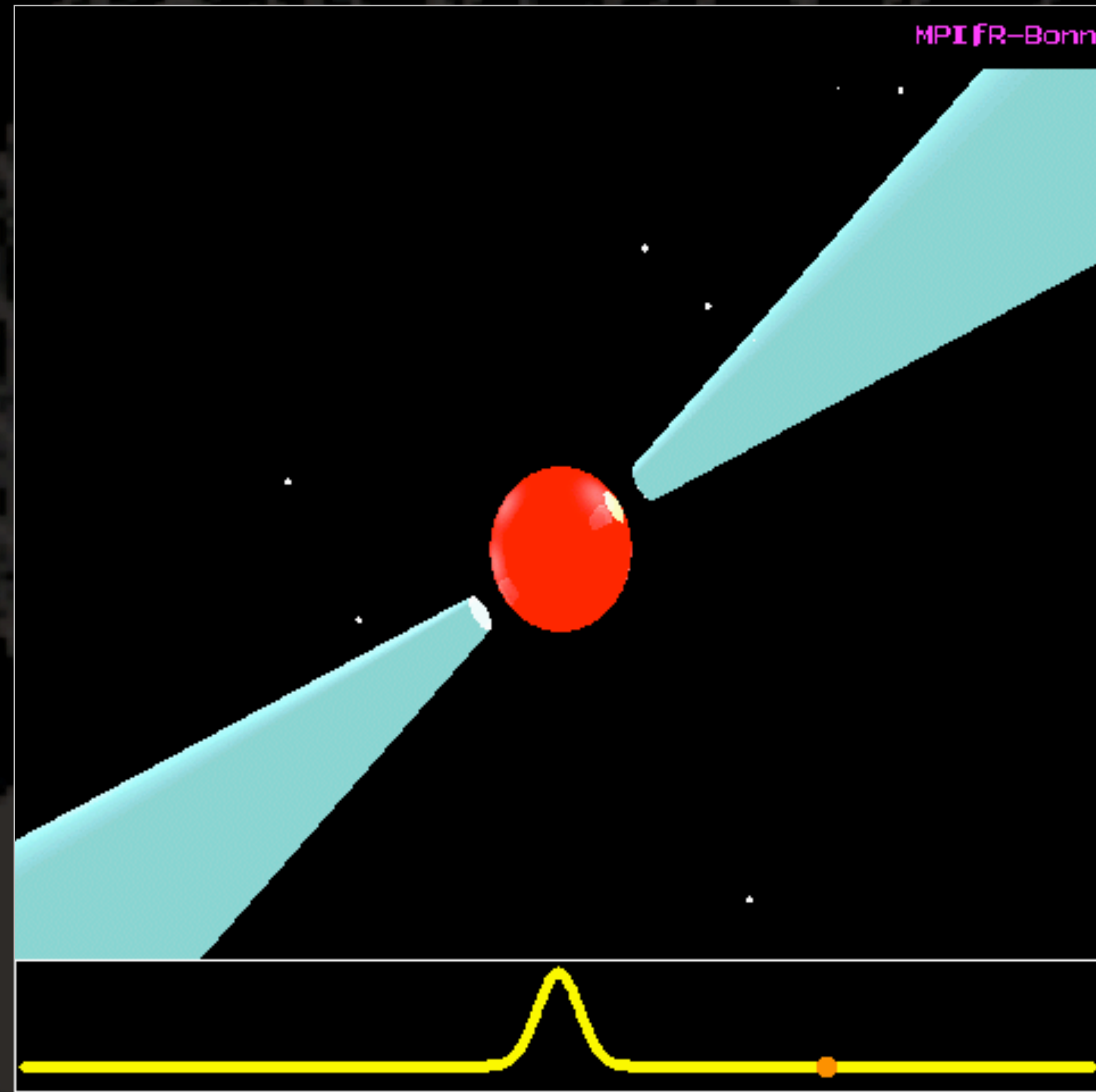


Fornax A



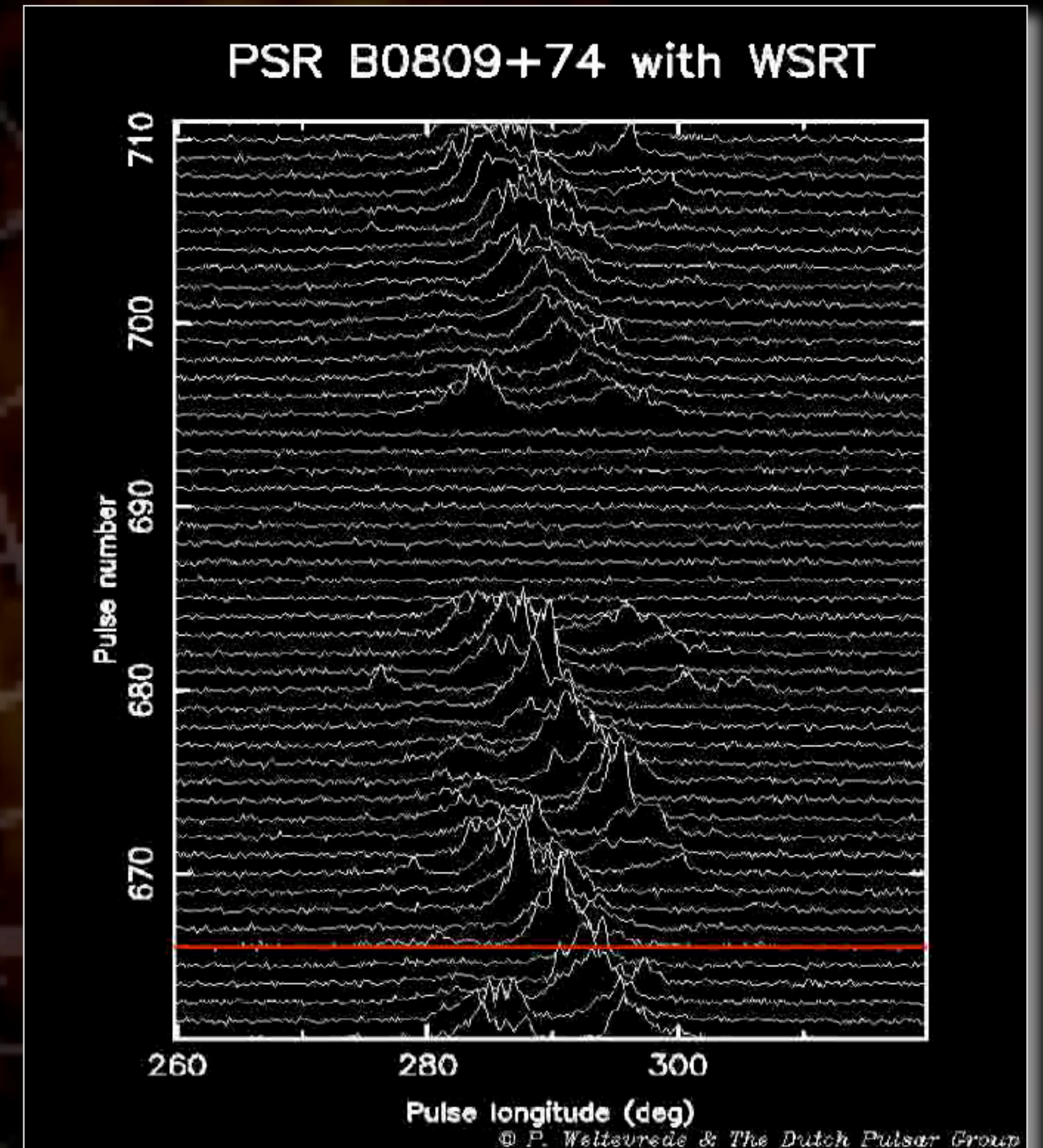
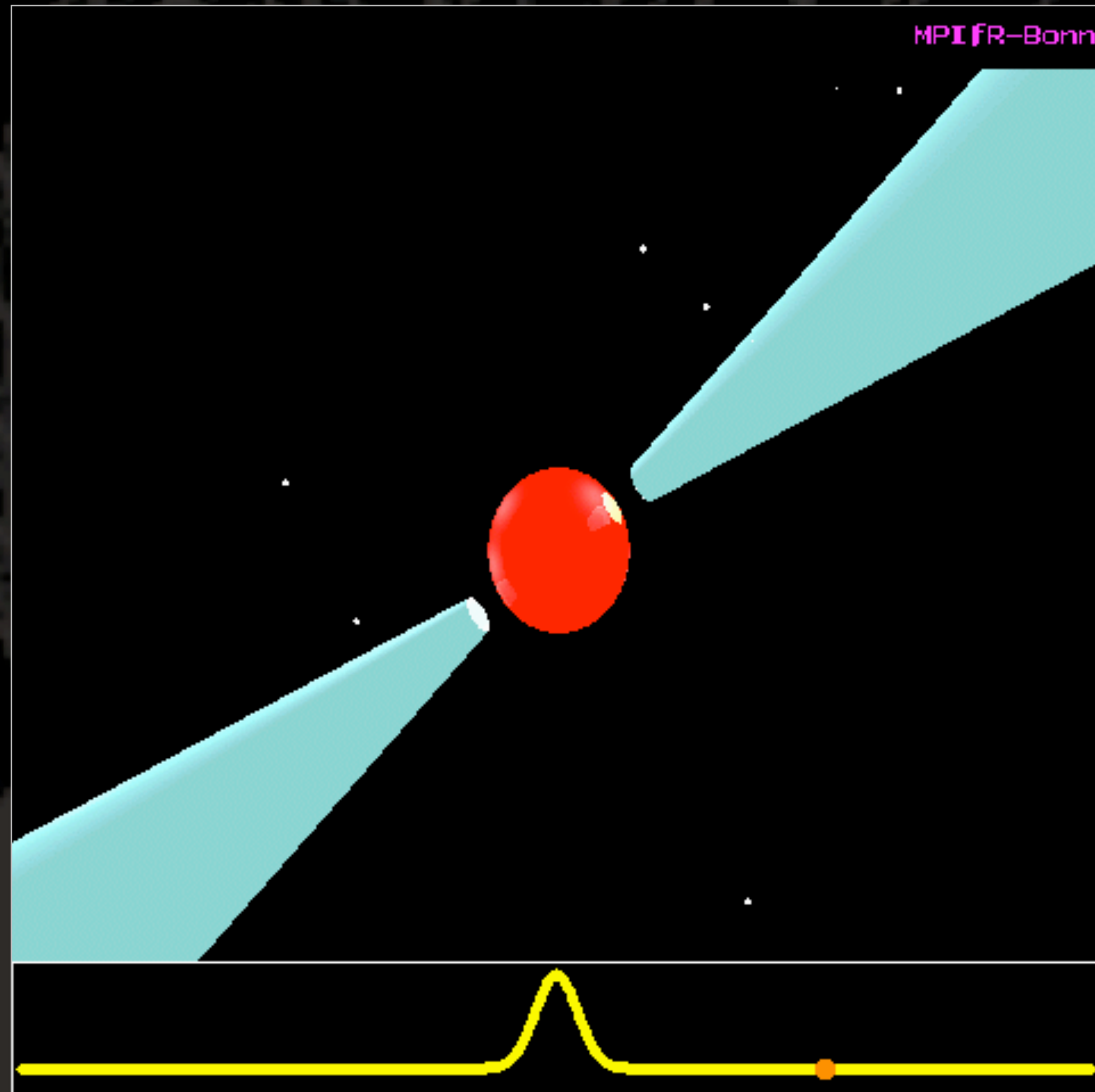
Cygnus A

Pulsar: een dode ster als vuurtoren



De zon samengeperst tot een bal van 15 km
Draait 1-100 keer per seconde rond

Pulsar: een dode ster als vuurtoren

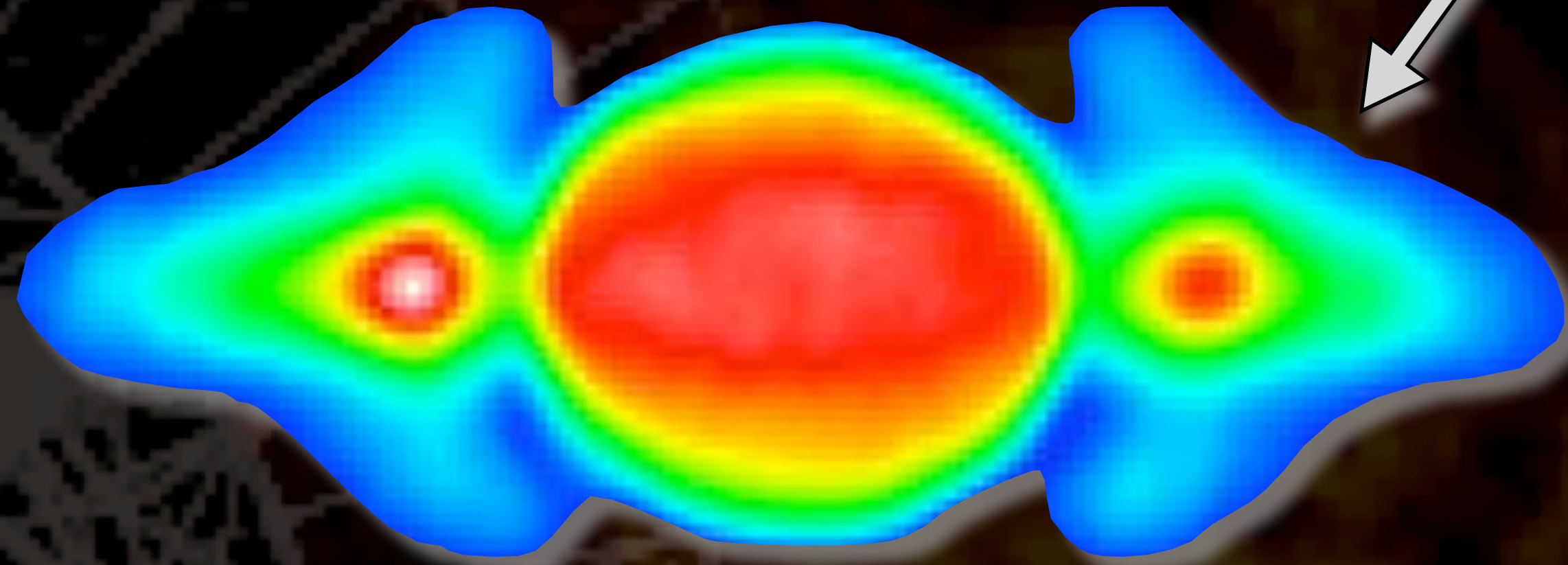


De zon samengeperst tot een bal van 15 km
Draait 1-100 keer per seconde rond

Jupiter



Normaal beeld Jupiter



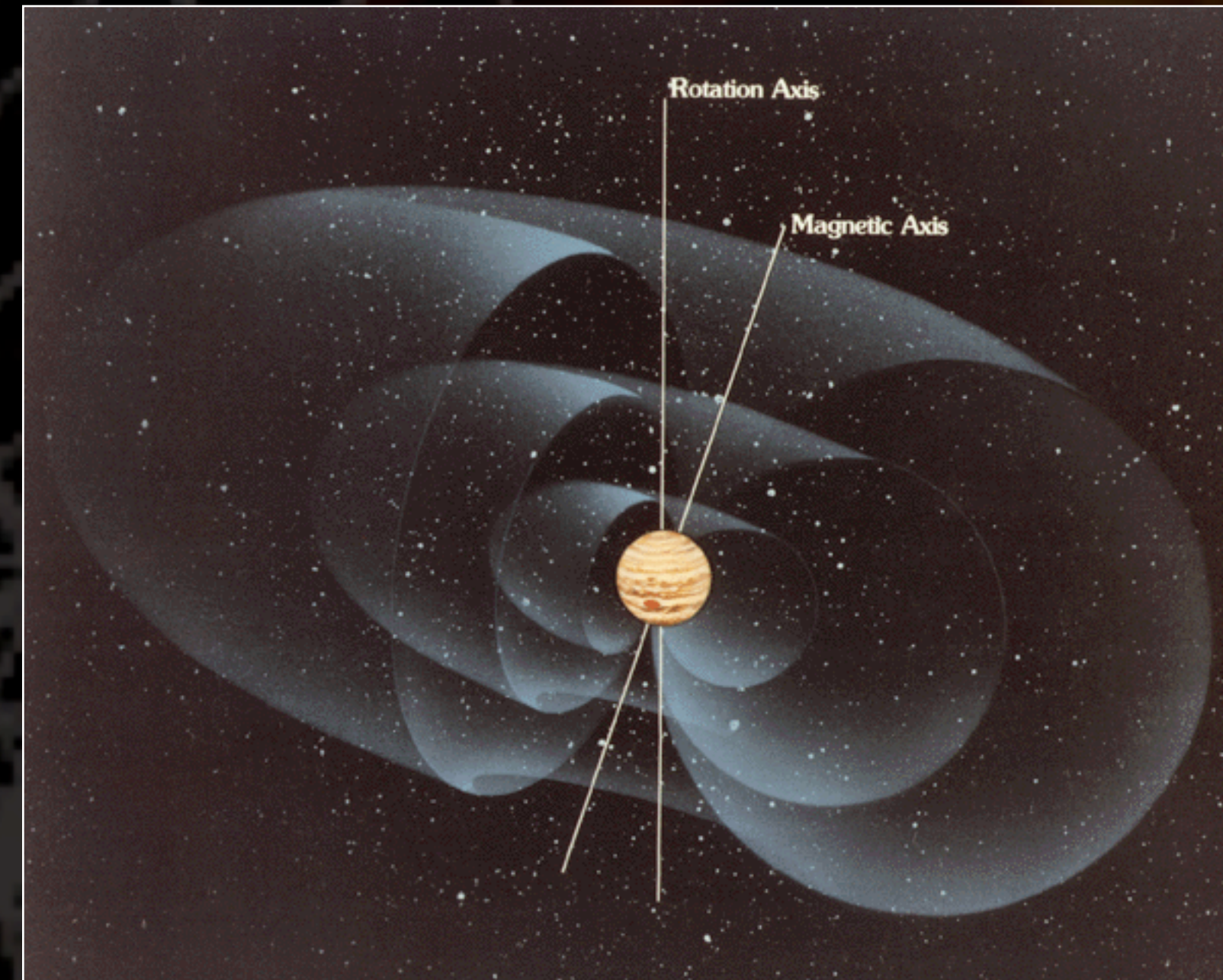
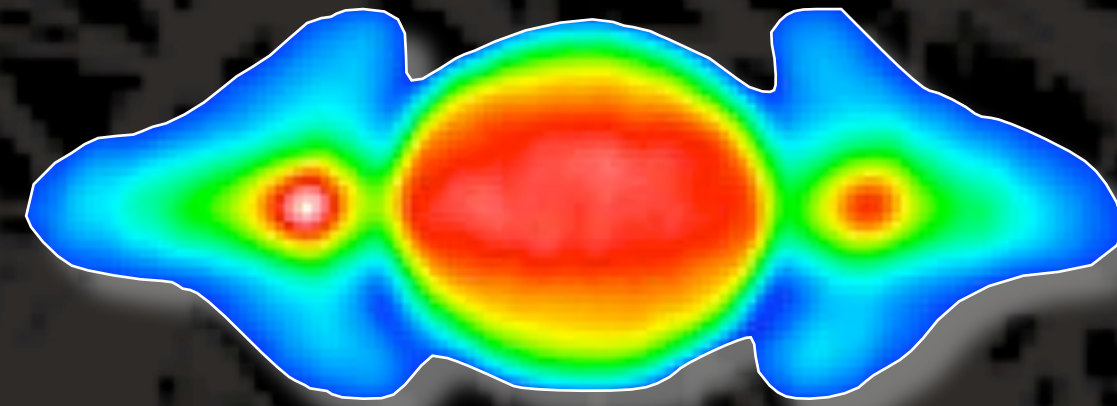
Radio beeld Jupiter

“Ringen”

Planeetschijf

Niet alleen “bursts”

Jupiter heeft magneetveld

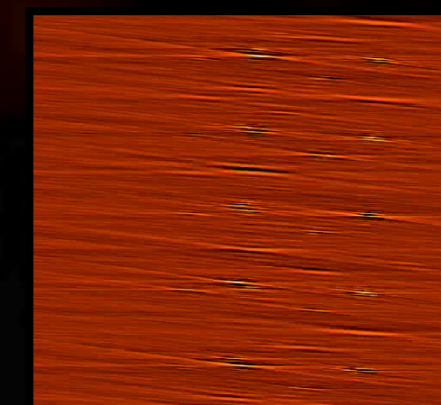


electronen worden ingevangen door magneetveld,
zenden radio straling uit

Jupiter roteert snel



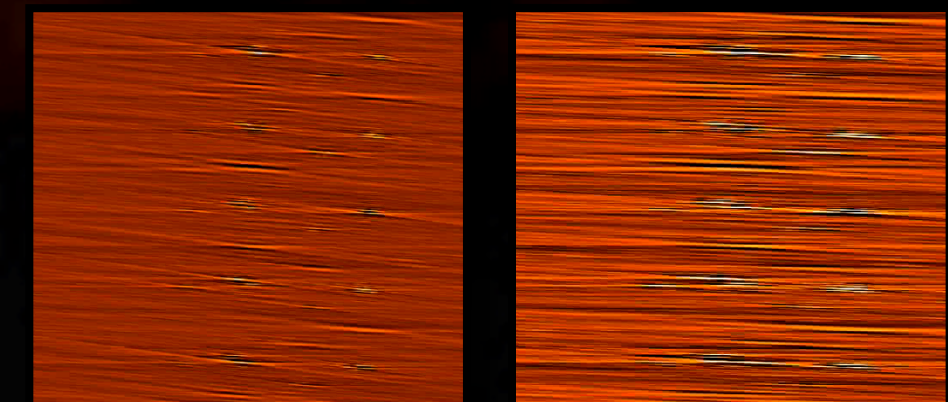
Omdat Jupiter elke 10 uur om zijn as draait, zien we Jupiter van alle kanten. Op dezelfde manier als we bij de WSRT uit 1-dimensionale beelden het 2-dimensionale beeld opbouwen, kunnen we voor Jupiter uit de 2-dimensionale beelden het 3-dimensionale beeld opbouwen



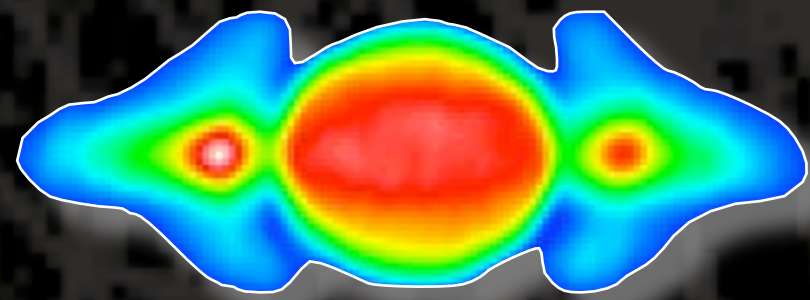
Jupiter roteert snel



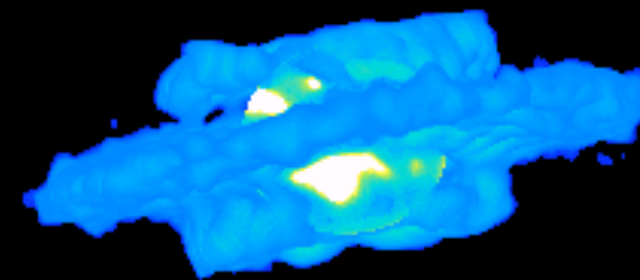
Omdat Jupiter elke 10 uur om zijn as draait, zien we Jupiter van alle kanten. Op dezelfde manier als we bij de WSRT uit 1-dimensionale beelden het 2-dimensionale beeld opbouwen, kunnen we voor Jupiter uit de 2-dimensionale beelden het 3-dimensionale beeld opbouwen



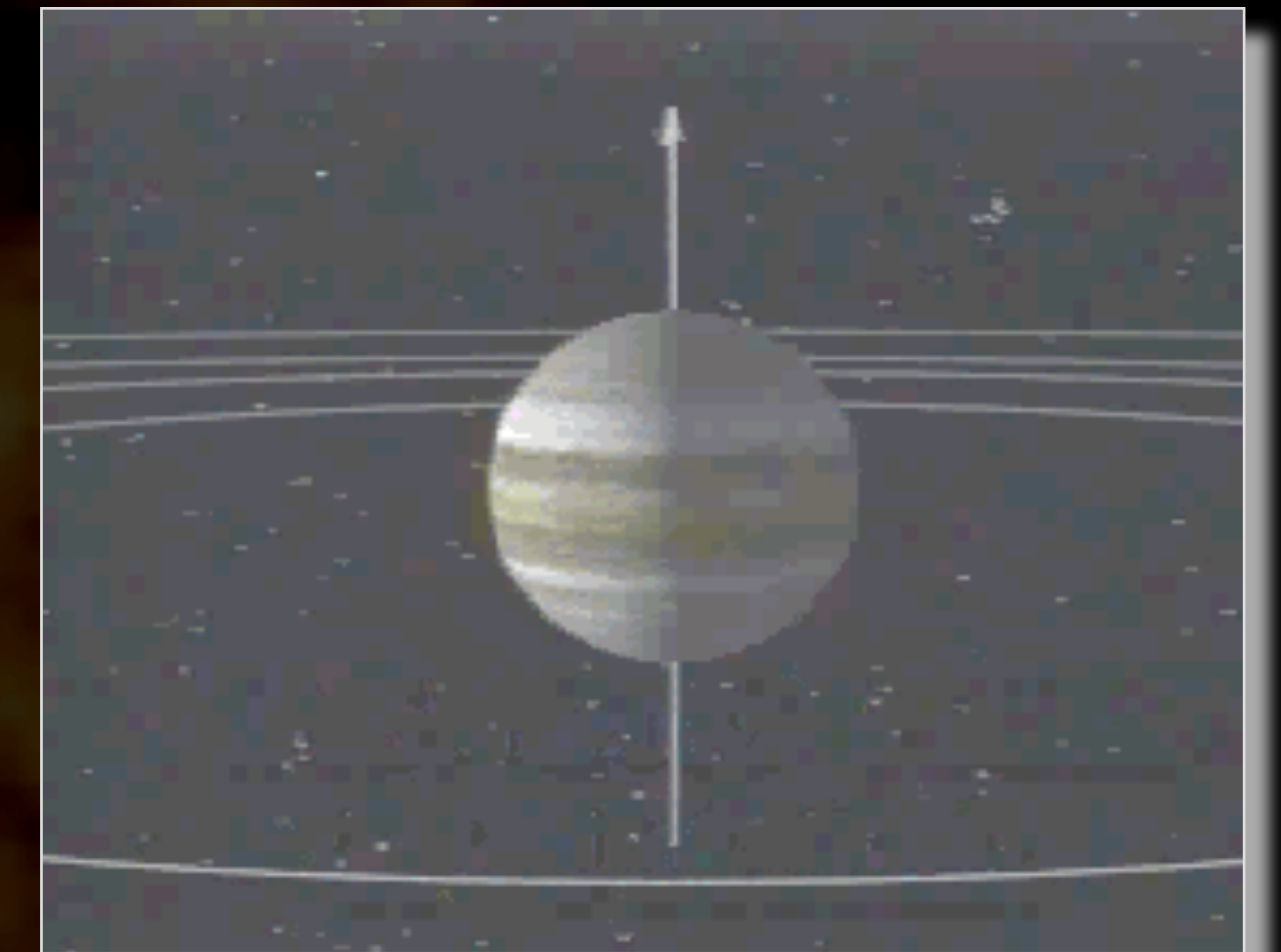
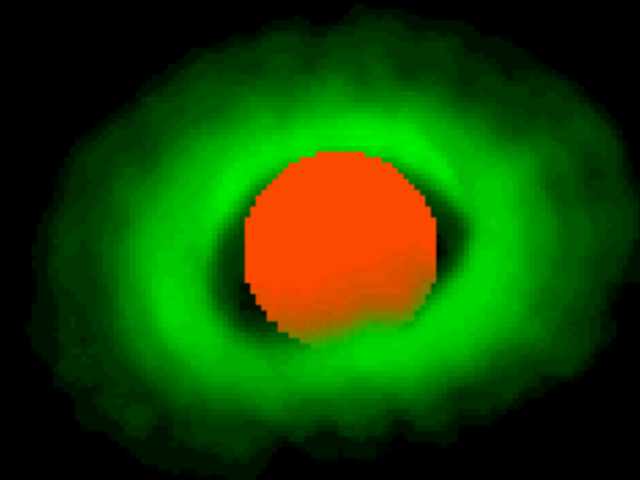
3-D beeld Jupiter



2-dimensionaal beeld



3-dimensionaal beeld



Einde