ALBEDO38

Astronomie au Pays Voironnais

Radioastronomie

1. Introduction
2. Les grands radiotélescopes
3. Les sources potentielles pour les radio amateurs

Corinne Bérat, Yann Esclanguin, Hervé Lerat, pour le club ALBEDO38

Ressources bibliographiques

Livre

- The Invisible Universe (the story of radio astronomy), Gerrit Verschuur, Spinger, 3rd edition

Cours

- La radioastronomie, Hervé Sizun André Gilloire, Observation Radio Plemeur-Bodou
- INSTRUMENTATION, cours de l'Observatoire de Paris-Meudon
- Essential Radio Astronomy, NRAO :https://science.nrao.edu/opportunities/courses/era/

Articles, séminaires

- Ateliers « radioastronomie amateur », Michel Piat, Ecole de Physique Distribuée, http://e2phy.in2p3.fr/ressources.php
- Radio–sources : données utiles pour la mesure et l'optimisation des équipements EME – F5SE, Franck TONNA, proceedings de CJ2012
- Radioastronomie, séminaire de Didier Pierson, voir ici https://astronomia.fr/seminaires/seminaires.php

Autres sites et documents conseillés

http://eracnet.org : The European Radio Astronomy Club (en anglais….)

http://www.astrosurf.com/luxorion/menu-radioastro.htm dont :

http://www.astrosurf.com/luxorion/Documents/radioastro-f5vlb-jm-polard.pdf

http://www.association-procyon.org/radioastronomie/

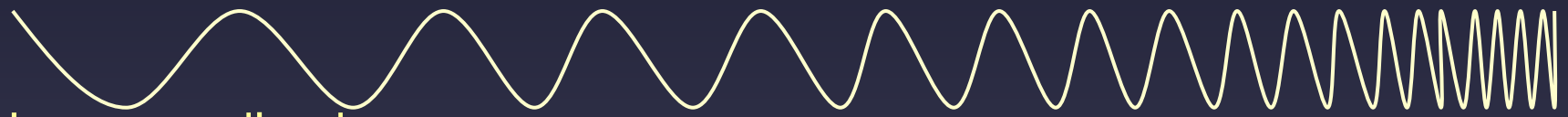
Cartes des constellations : IAU and Sky & Telescope magazine (Roger Sinnott & Rick Fienberg)

Introduction

Les lumières de la nébuleuse du Crabe

Radio	Infra Rouge	Lumière visible	Ultra violet	Rayons X	Rayons γ

100m-1m	10 µm	700-400 nm	10 nm	1nm	0,1nm	0,01nm	0,001nm



Longueur d'onde

$$E = hc/\lambda = h\nu$$

Longueur d'Onde — Energie et Fréquence

Introduction

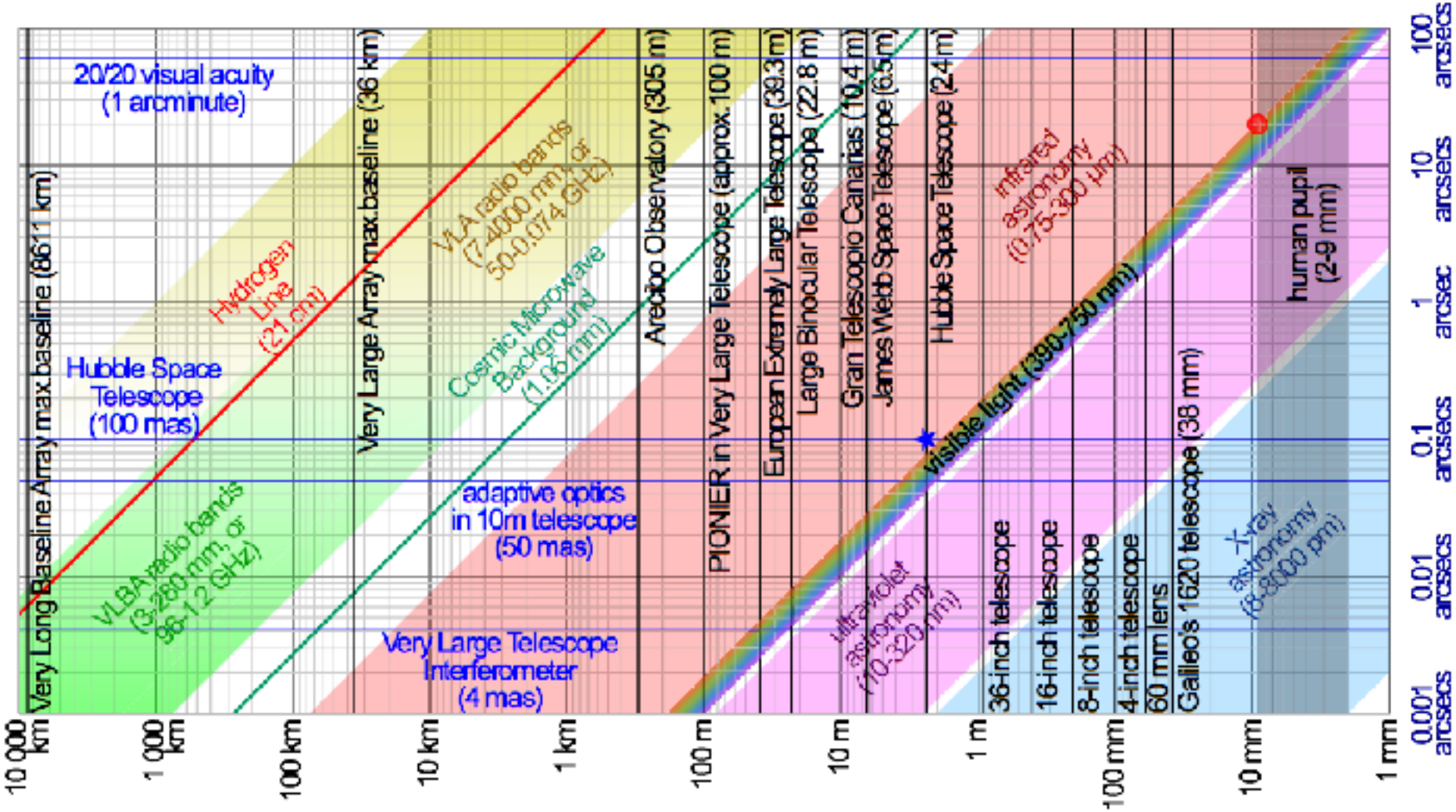
Résolution et taille des instruments en radioastronomie

Entre 0,4 et 0,7 µm (lumière visible), la variation de longueur d'onde est négligeable pour la résolution de l'instrument. Mais si on passe aux longueurs d'ondes radioélectriques, tout change…

- Le pouvoir séparateur d'un instrument (θ) dépend du diamètre ET de la longueur d'onde à observer:
- $\theta = 1.22\lambda / D$ en radians, soit $69{,}9\ \lambda / D$ en degrés.
- Pour observer des ondes de 1m avec la même résolution que l'œil, il faudrait un instrument de 2440 m de diamètre !!
- Résolution du Radiotélescope Arecibo (D 213m) à λ 21cm = 4 **min** d'arc, comparé à la résolution du télescope Hubble (D 2,4m) à λ 656nm = 0,07 **sec** d'arc.

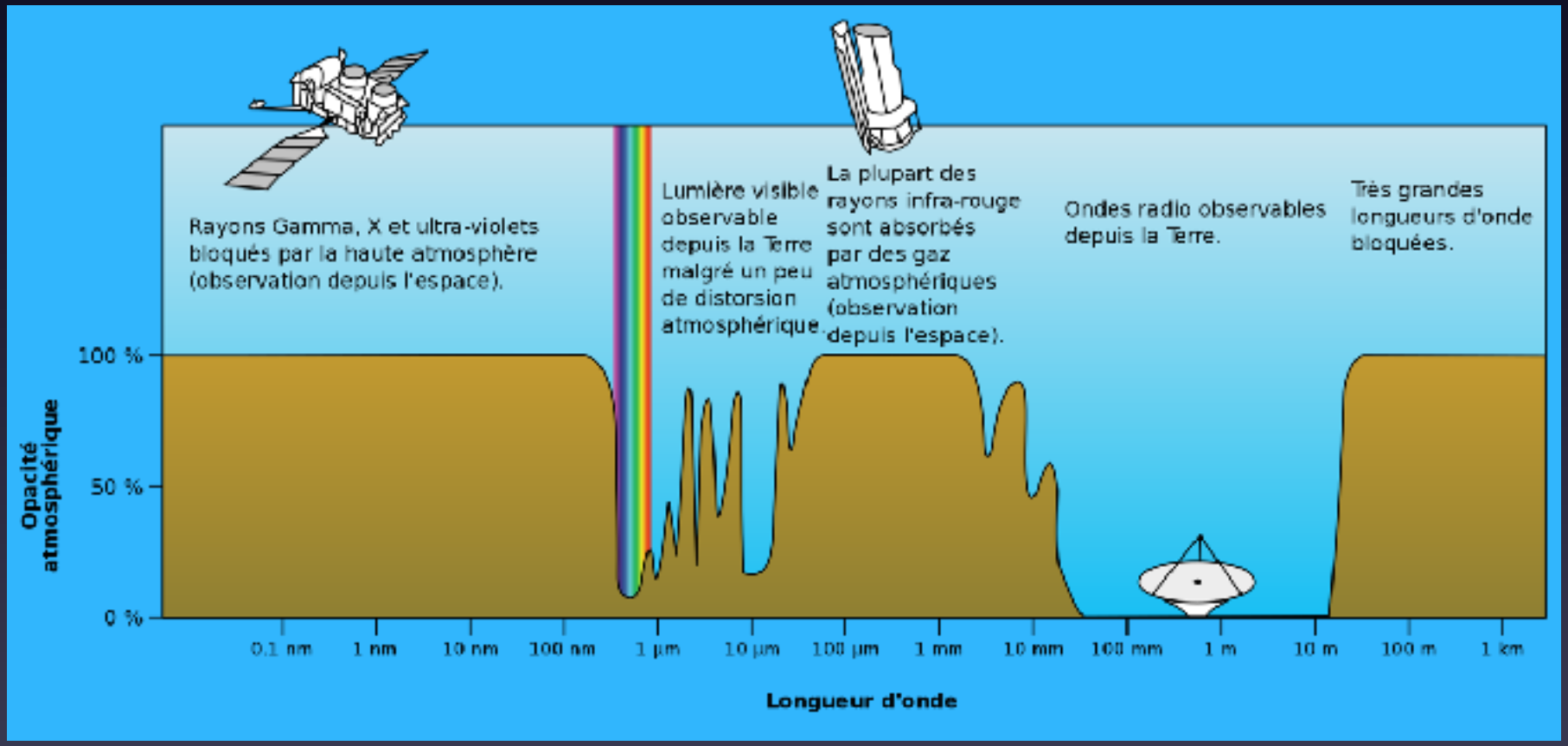
Introduction

Log-log plot of aperture diameter vs angular resolution at the diffraction limit for various light wavelengths compared with various astronomical instruments.



Introduction

Opacité/transparence de l'atmosphère



ALBEDO38
Astronomie au Pays Voironnais

Les grands radiotélescopes dans le monde

Karl G. Jansky Very Large Array (VLA)

USA: Socorro (Nouveau Mexique)

27 Antennes de 25m chacune, distribution en forme de « Y », mobiles sur rail.

Altitude: 2125m

Résolution: 0,2 à 0,04 sec d'arc

Bande Passante: 1 à 50GHz

Ecartement maxi de 21km sur les bras du « Y », 19km sur le pied.

4 pré-configurations:

A: écartement de 36,4km

B: écartement de 11,4km

C: écartement de 3,4km

D: écartement de 1km

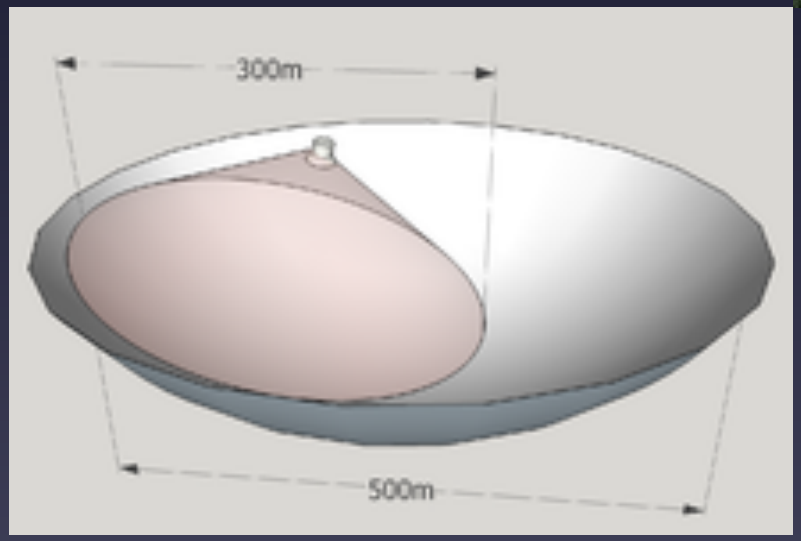
FAST : *Five-hundred-meter Aperture Spherical Radio Telescope*

Chine: Dawodang (Guizhou)

Antenne de 500m, réflecteur 300m utile.

Altitude: 1000m

Bande passante: 1à 3GHz (0,1 à 4,3m)



4450 panneaux triangulaires

Année de construction: 2011-2016

Radiotélescope d'Arecibo

USA: Arecibo (Porto Rico)

Antenne de 305m

Altitude: 497m

Bande passante:

300MHz – 10GHz

(1m – 3cm)

38 778 panneaux rectangulaires de 1m x 2m

Année de mise en service: 1963

Ancien radiotélescope militaire.

Source de données pour le projet SETI@home

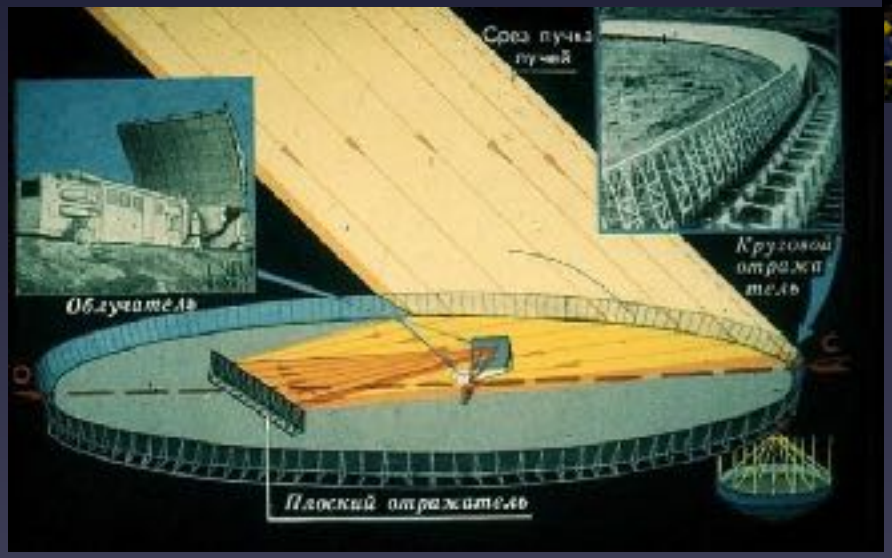
Radiotélescope RATAN-600

Russie: Zelentchoukskaïa (Caucase)

895 antennes rectangulaires de 2m x 7,4m sur un cercle de 576m.

Altitude: 970m

Bande passante: 610MHz – 30GHz



Année de mise en service: 1974

Observation de la couronne solaire.

Participation au projet SETI@home

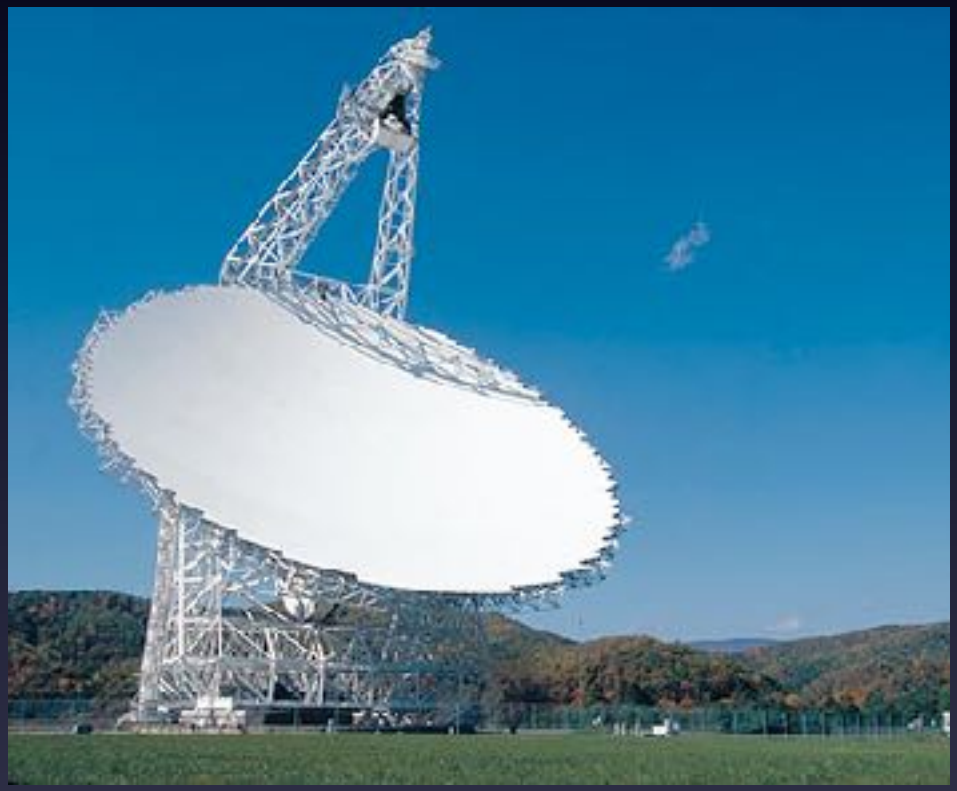
Radiotélescope de Green Bank

USA: Green Bank (Virginie)

Antenne paraboloïde de 100 x 110m

Altitude: 800m

Bande passante: 290MHz – 49,8GHz



2004 panneaux ajustables indépendamment pour corriger la déformation lors de l'alignement.

Année de mise en service: 2000

Radiotélescope sur monture grégorienne

Radiotélescope d'Effelsberg

Allemagne: Effelsberg

Antenne de 100m

Altitude: 319m

Bande passante: 395MHz – 95,5GHz

Longtemps le plus grand radio-télescope, jusqu'à l'ouverture du GBT.

Année de mise en service: 1972

Radiotélescope sur monture azimutale

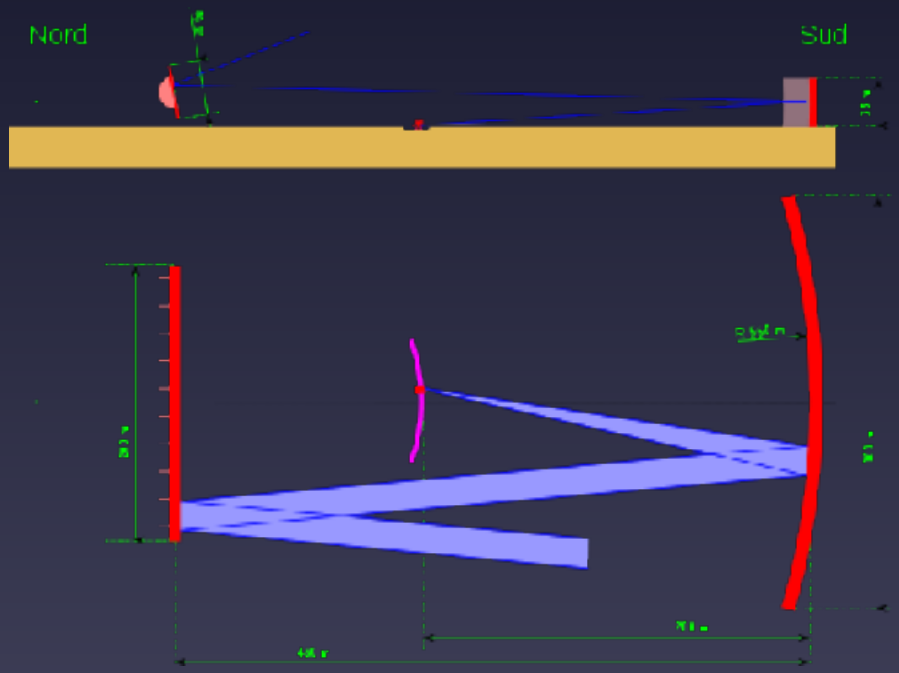
Radiotélescope de Nançay

France: Nançay (Cher)

Miroir plan de 200m + Miroir sphérique de 300m, équivalent à une antenne de 100m de diamètre.

Altitude: 150m

Radiotélescope de type Kraus



Récepteur central sur rail pour compenser la rotation terrestre.

Longueurs d'onde étudiées 21, 18 et 9 cm, correspondant aux raies d'hydrogène HI (1,41 GHz), du radical OH (1,66 GHz) et du radical CH (3,3 GHz)

Mise en service inaugurée par Charles de Gaulle en1965

Observatoire de Nançay (suite)

Le radiohéliographe:

48 antennes paraboliques orientables implantées en forme de « T », fonctionnant par interférométrie, et pointées sur le Soleil.

Réseau décamétrique:

144 antennes de 9m, étudiant les émissions basses fréquences des champs magnétiques du Soleil et de Jupiter.

Northern Extended Milimeter Array (NOEMA)

France: Plateau de Bure (Hautes Alpes)

9 Antennes de 15m sur rails

Interféromètre millimétrique

Altitude: 2552m

Observation d'émission ayant une longueur d'onde de 1,3mm (230GHz)

Radiotélescope le plus puissant de l'hémisphère nord

Année de mise en service: 1985

Projet en cours pour augmenter le nombre d'antennes, et étendre les rails, afin d'accroitre la précision du télescope.

Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA)

Chili: Désert d'Atacama

66 Antennes:12 de 7m, et 54 de 12m , écartées de 160m à 16km.

Interféromètre millimétrique

Altitude: 5058m

Bande passante: 80GHz – 600GHz

Année de mise en service: 2011

L'étude des ondes submillimétriques nécessite un environnement sec (ces ondes étant bloquées par la vapeur d'eau), c'est pour son aridité que le site d'Atacama a été choisi.

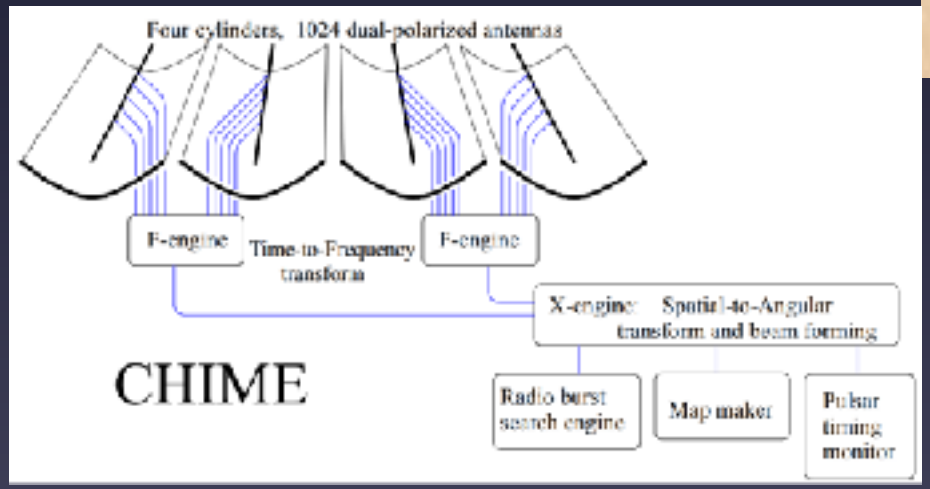
Réalisation financée par l'ESO (Europe), la NRAO (USA), et la NAOJ (Japon).

CHIME - Canadian Hydrogen Intensity Mapping Experiment

Canada: Okanagan Falls

4 demi-cylindres de 20m x 100m + 1024 antennes bipoles.

Bande passante: 400MHz – 800MHz (75cm – 37cm)



Radiotélescope fixe (aucune partie mobile)

Etude de l'énergie noire, des pulsars observables de l'hémisphere Nord et des FRB (Fast Radio Bursts)

Mise en service : Septembre 2017

Radiotélescope Ultime !! SKA (Square Kilometer Array)

Afrique du Sud & Australie

SKA-MID : 200 radiotélescopes paraboliques.

Plus grand radiotélescope

Interférométrique, 4 fois plus puissant que le VLA.

Longueur d'onde Métrique et Centimétrique

SKA-Low : 130 000 Antennes fixes basses fréquences

Etude du comportement de l'hydrogene dans les galaxies, et de la formation des étoiles.

Construction entre 2020 et 2030.

ALBEDO38
Astronomie au Pays Voironnais

Les sources célestes

1) dans le système solaire
2) dans la galaxie…
3) … et au delà….

Le soleil

Matériel employé ; dipole, yagi, parabole

Fréquence : toute la bande;

principales:

- 20/30MHz(HF)
- 140/150/160MHz(VHF)
- 430/650MHz(UHF)
- 10/12GHz(SHF)

Observer le transit

Mesurer la température de brillance (~6000 K)

Faire un suivi en continu (avec monture équatoriale), intéret en cas d'activité solaire

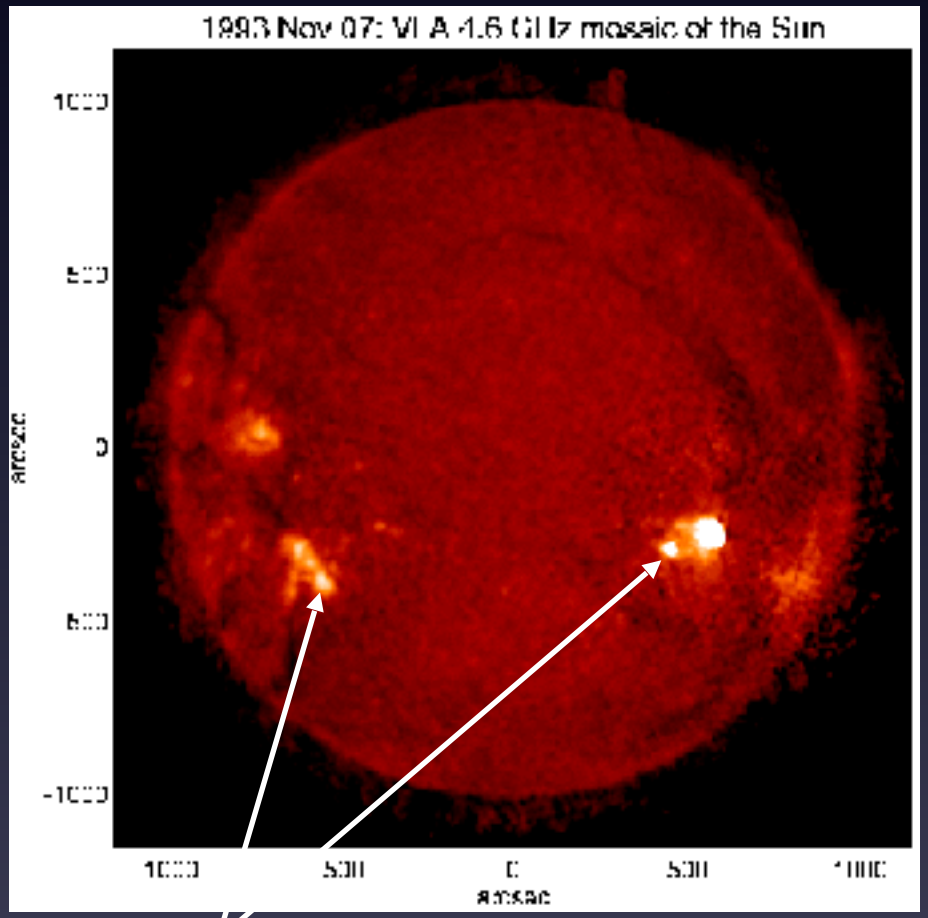


Image credit: NRAO/AUI/NSF & S. M. White

Taches solaires $T_b \approx 10^6$K

La lune

Matériel employé ; dipole, yagi, parabole

Fréquence : toute la bande de fréquences

Observer le transit

Mesurer la température de brillance. Corps solide froid (rayonnement thermique) ~200K

Image credit: http://www.eaobservatory.org/JCMT/publications/newsletter/jcmt-n15.pdf.

Emission thermique à 850 µm (353 GHz)

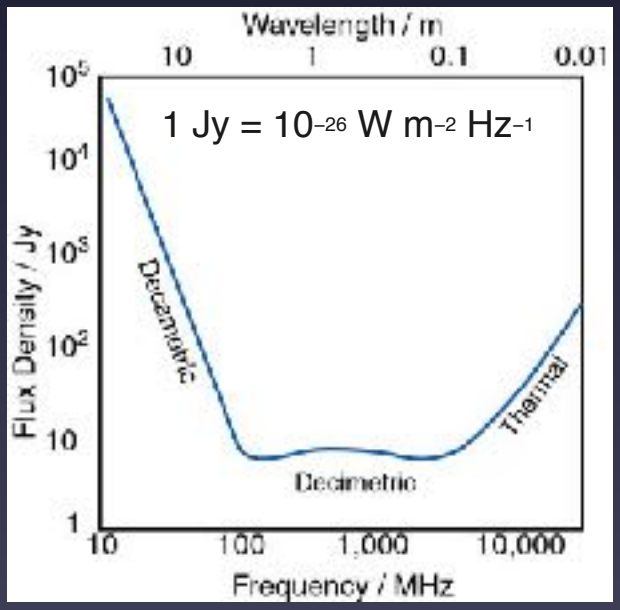
Jupiter

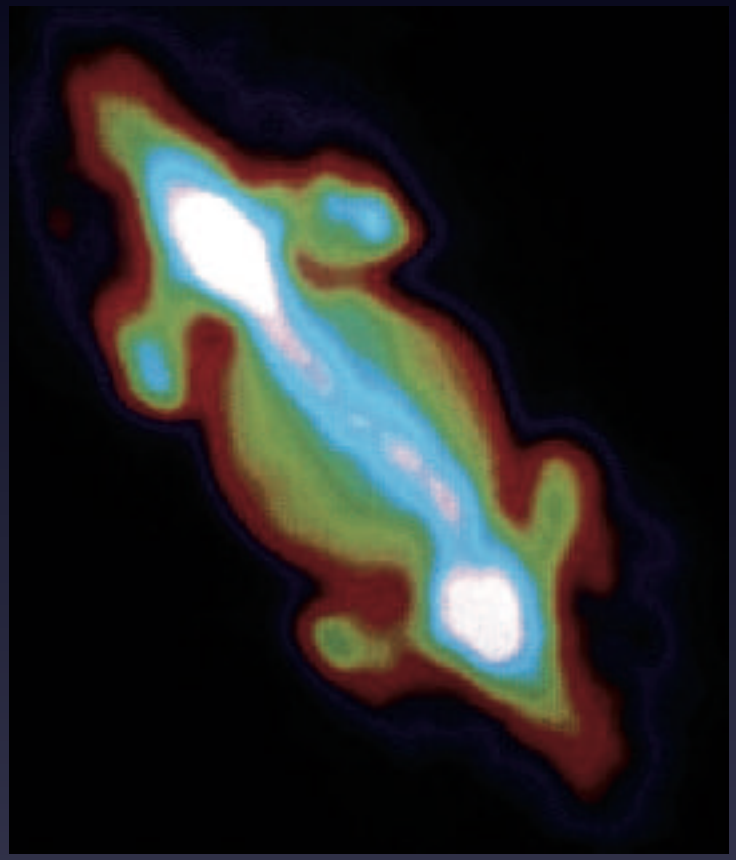
Matériel employé ; dipole, yagi

Fréquence : toute la bande de fréquences HF, avec limitations

Importante source,

- thermique, émise par l'atmosphère150K
- non thermique, émise par les ceintures de radiation





(Credit: NRAO/AUI/ NSF. Investigator: I. de Pater)

émissions non continues, fenêtres d'observation (logiciels ad-hoc)

La voie lactée

Matériel employé ; parabole

Fréquence : 1,4/1,5 GHz

Spectre large ou raie de l'hydrogène à 21 cm

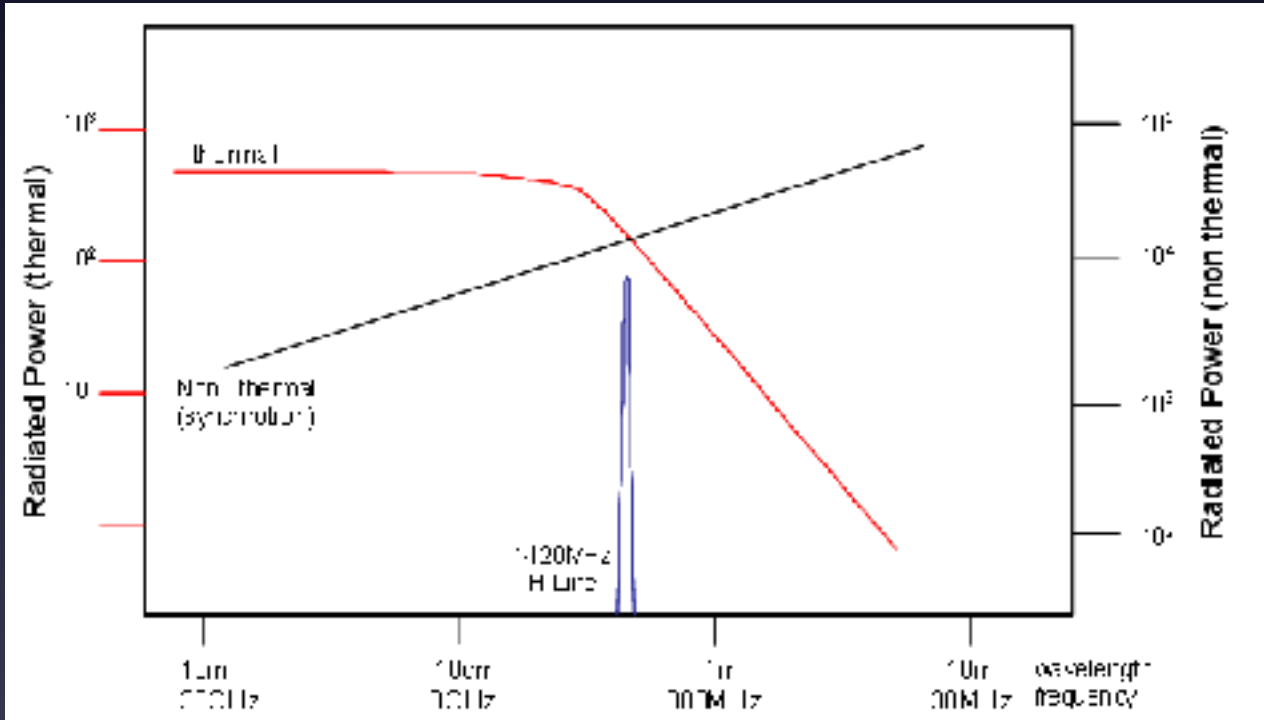
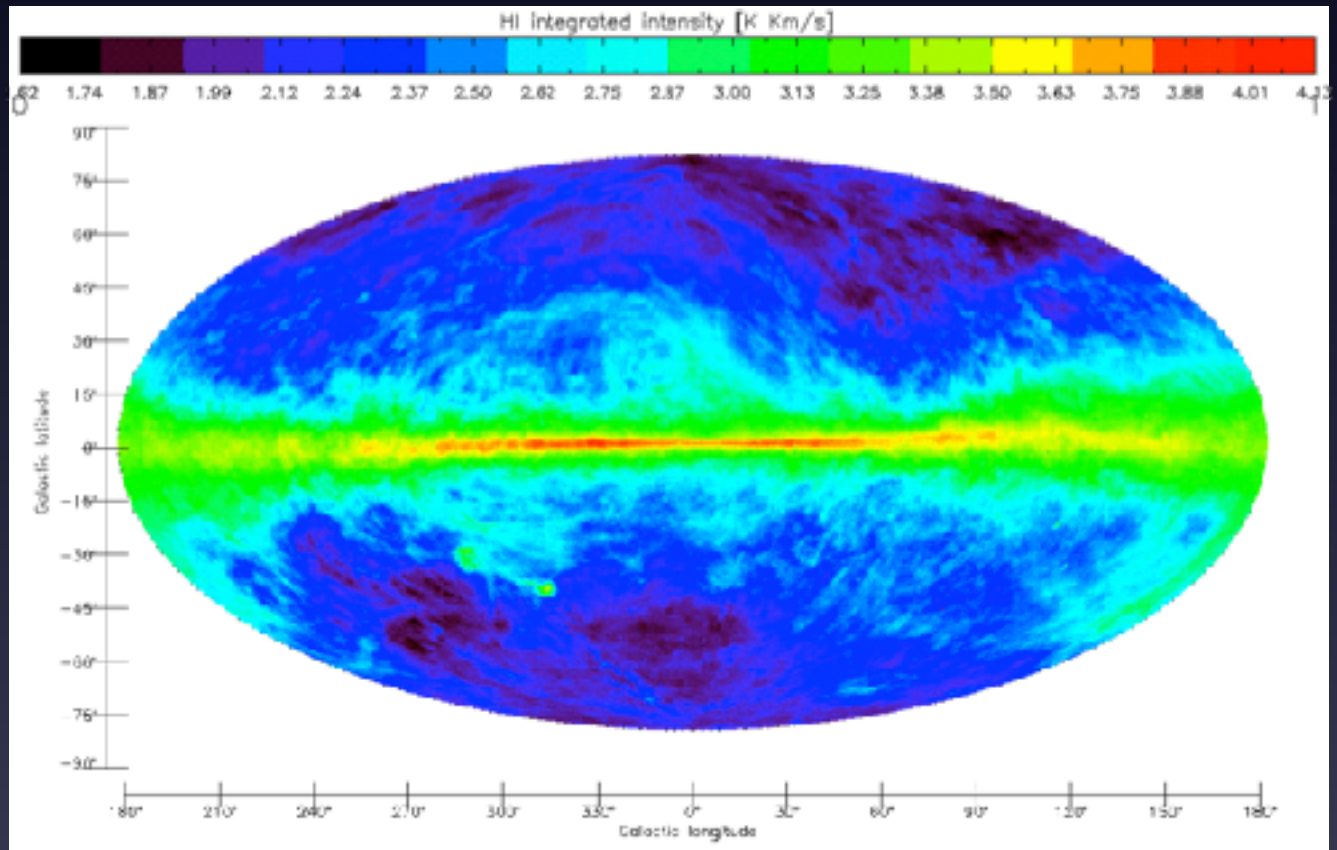


Figure 1 - Typical Radio Emission Spectra (following Hay 1971)

Voie Lactée à 1420.4 MHz

Intensité HI

Carte en coordonnées galactiques



Leiden/Argen'ne/Bonn (LAB) Survey of Galac'c HI
Télescopes: Dwingeloo (25m) et Villa Elisa (30m)

Observation de notre galaxie à 21cm

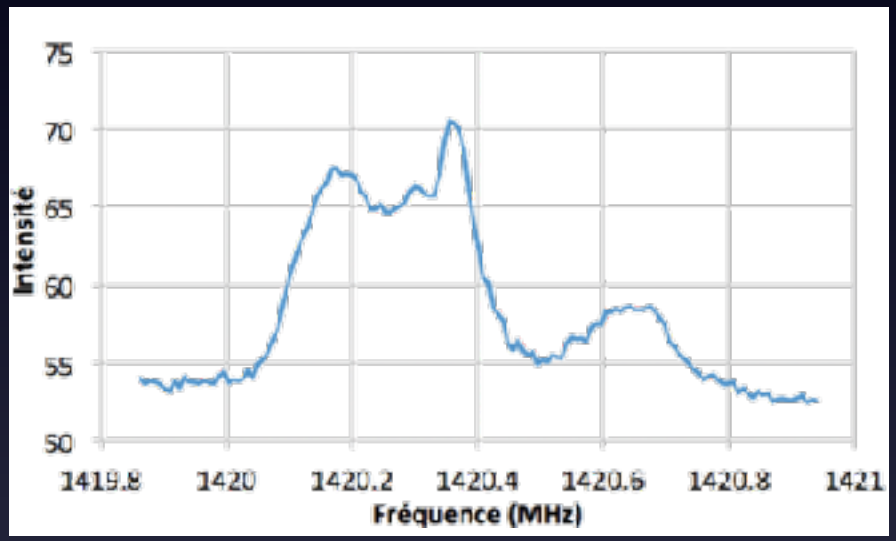
Cartographier

Faire une courbe de rotation

Pas d'extinction : observation possible sur tout le diamètre de la voie lactée

Intensité => densité nuage H

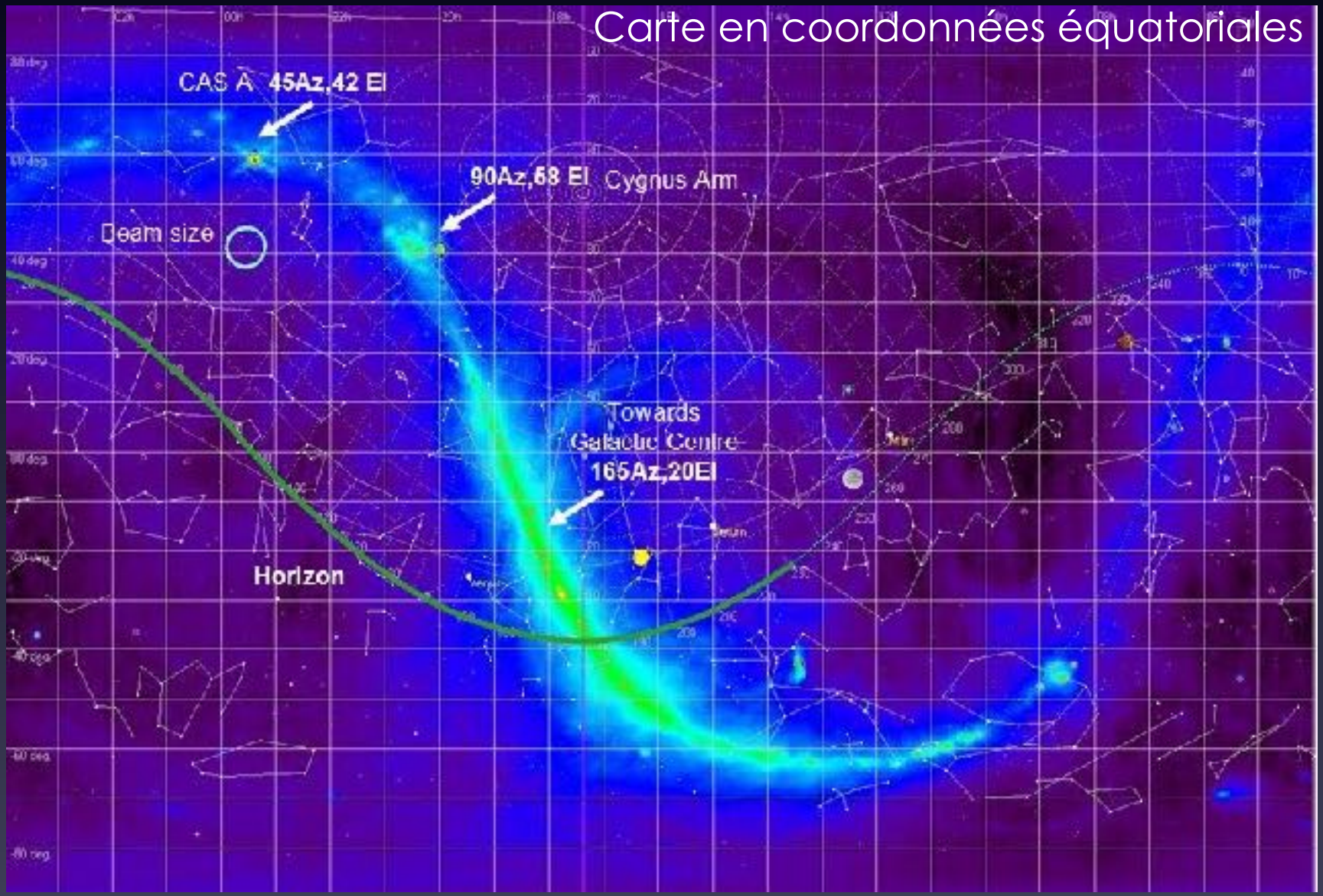
Décalage du à l'effet Doppler => Vitesse



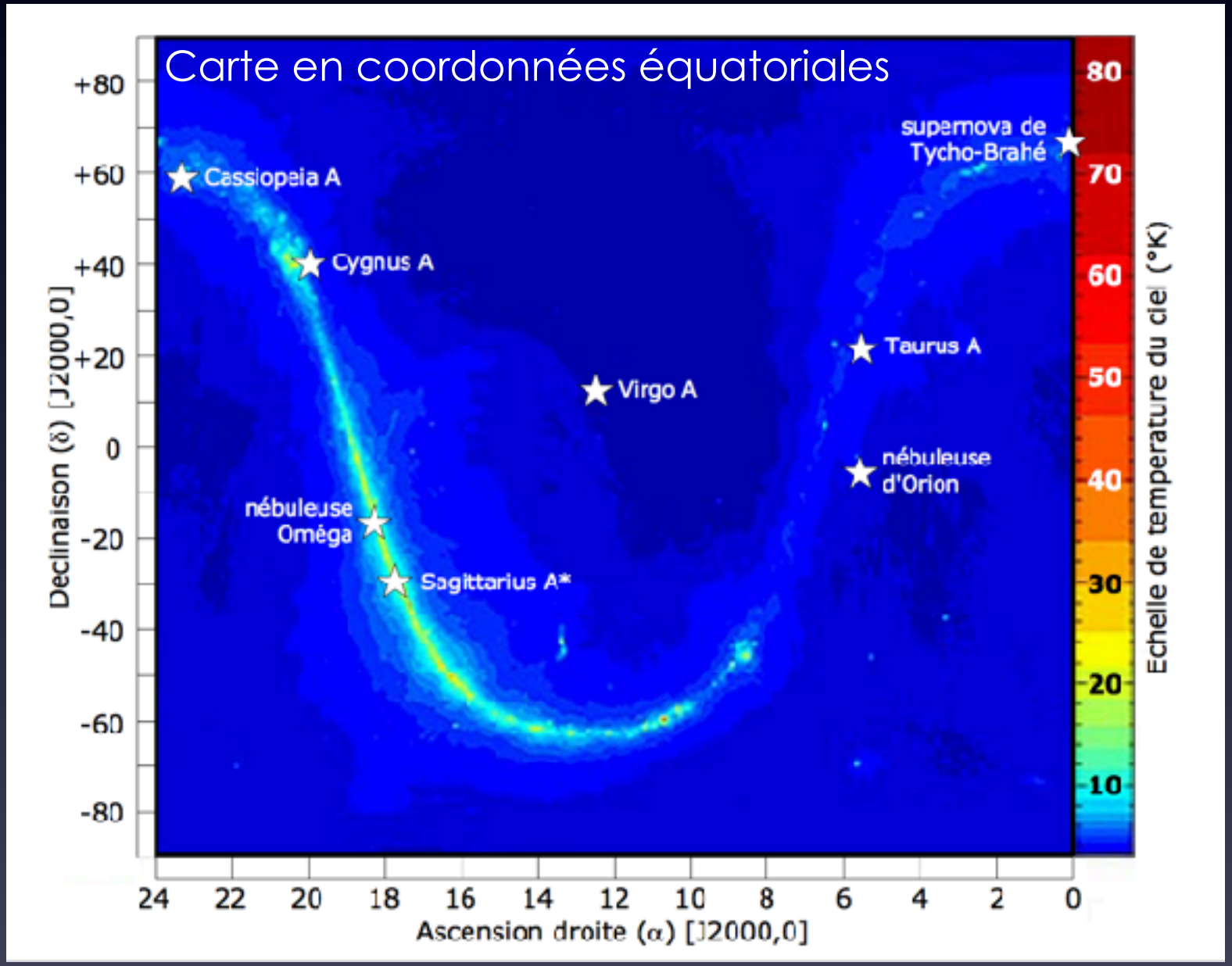
Comment cartographier notre Galaxie avec une clé USB TNT : Michel Piat

http://e2phy.in2p3.fr/schmurtz/ateliers/RadioAstro_Piat_1.pdf
http://e2phy.in2p3.fr/schmurtz/ateliers/RadioAstro_Piat_2.pdf

Carte du ciel à 408 MHz



Carte du ciel à 1420 MHz



Radio-source dans Cassiopée

Vestiges de Supernova - Cassiopeia A

AD: 23h 23m 24s

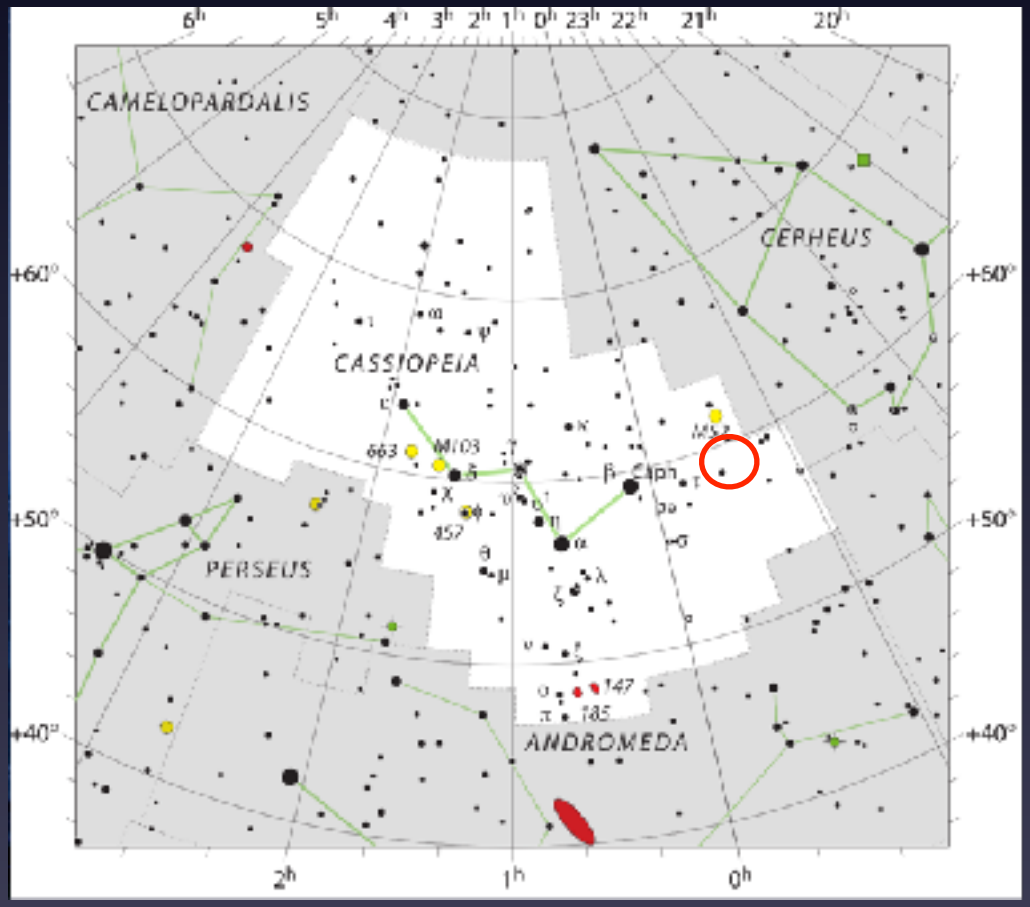
Dec: +58° 48′ 54″

Cassiopée A (CasA): la plus forte radio source de la voie lactée après le soleil découverte en 1947

Densité de flux
à 1 GHz = 2740 Jy
(flux qui diminue au fil des années)

(1 Jy = 10^{-26} W m^{-2} Hz^{-1}

1 unité de flux solaire (SFU) =10000 Jy)



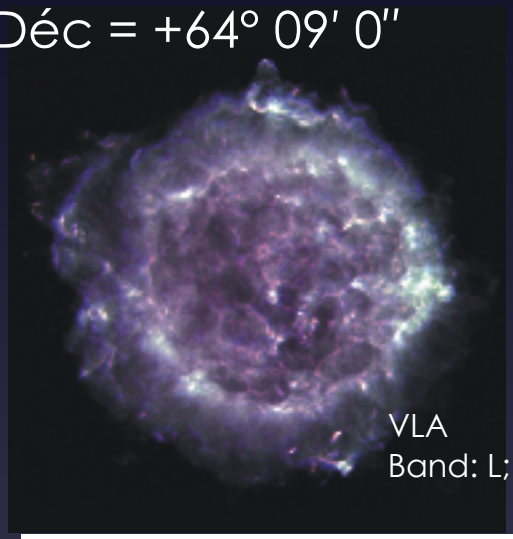
Radio-source dans Cassiopée

Vestiges de la supernova de Tycho Brahé Cassiopeia B

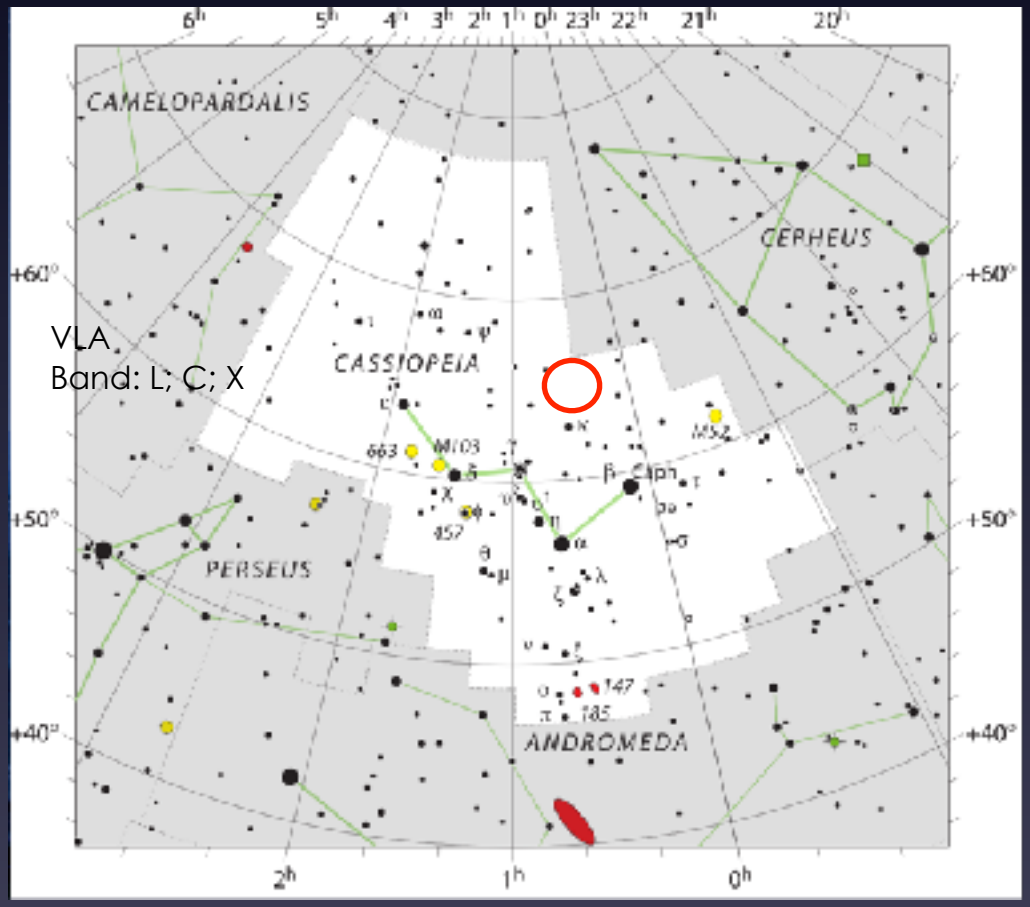
SN Observée en 1572, découverte en radio en 1952

AD = 00h 25m 18s

Déc = +64° 09′ 0″



Bande (MHz)	Jansky (Jy)	dB(W/m²/Hz)
144	157,9	–238,0
432	83,1	–240,8
1296	43.7	–243,6
2320	31,1	–245,1
3400	24,8	–246,1
5760	18,2	–247,4
10368	12,9	–248,9



1 Jy = 10^{-26} W m^{-2} Hz^{-1} ⇔ -260 dB(W/m²/Hz)

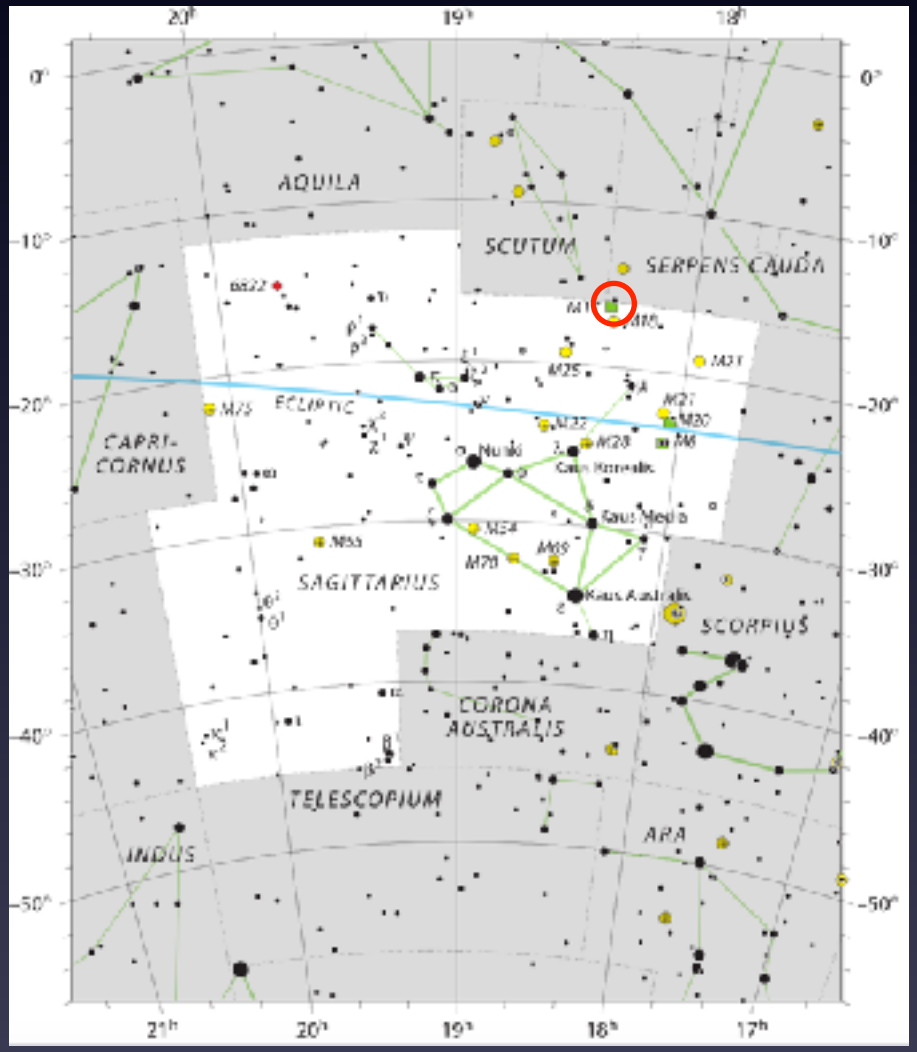
Radio source dans le Sagittaire

Nébuleuse Oméga, M17

AD: 18h 20m 47s

Dec: -16° 10′ 17″

Telescope: 2MASS; UK Schmidt;
Green Bank Telescope. Band: I; B; X



Bande (MHz)	Jansky (Jy)	dB(W/m²/Hz)
144	1738,4	–227,6
432	1147,6	–229,4
1296	757,6	–231,2
2320	607,9	–232,2
3400	525,7	–232,8
5760	431,1	–233,7
10368	345,2	–234,6
24048	250,9	-236,0

1 Jy = 10^{-26} W m^{-2} Hz^{-1} ⇔ -260 dB(W/m²/Hz)

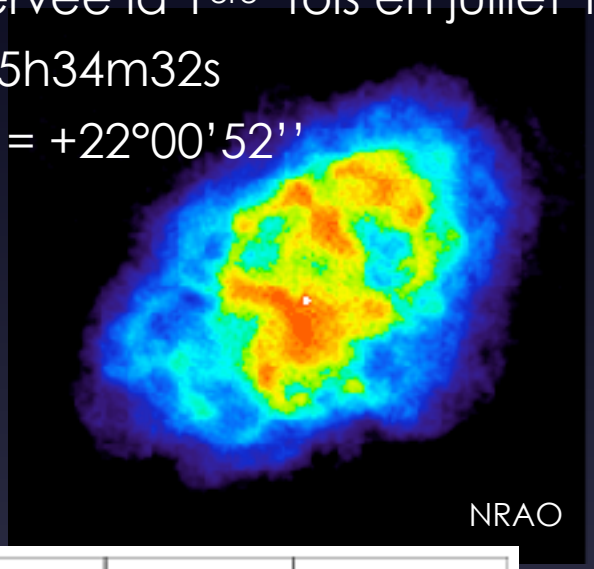
Radio source dans le Taureau

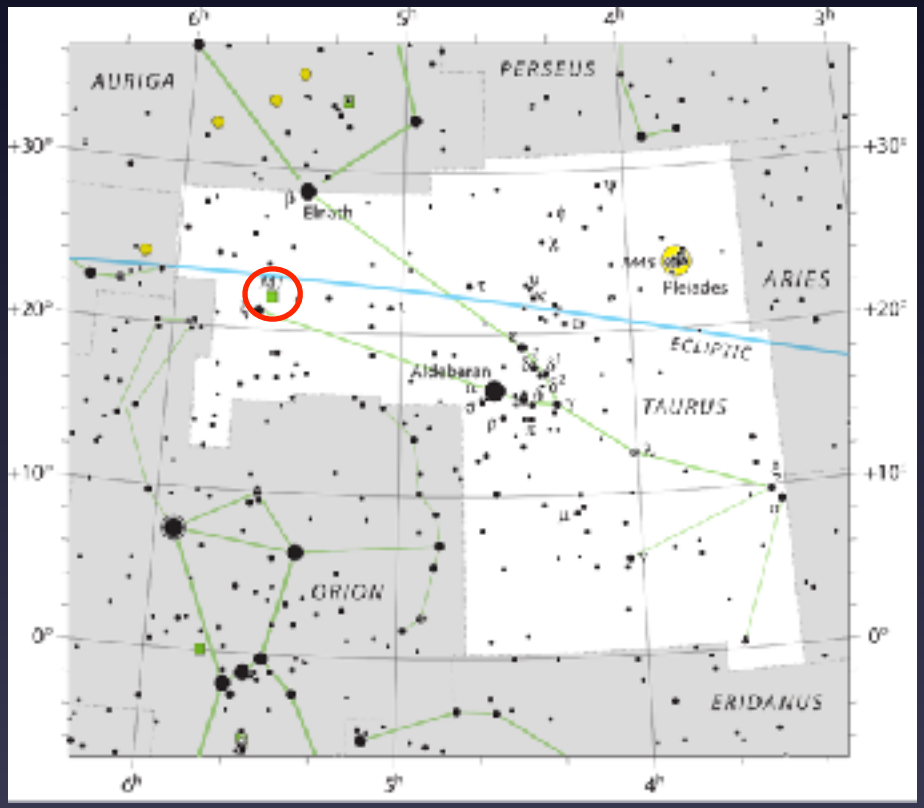
Nébuleuse du Crabe, M1, vestiges d'une supernova

observée la 1ère fois en juillet 1054 par des astronomes chinois

AD=5h34m32s

Dec = +22°00'52''





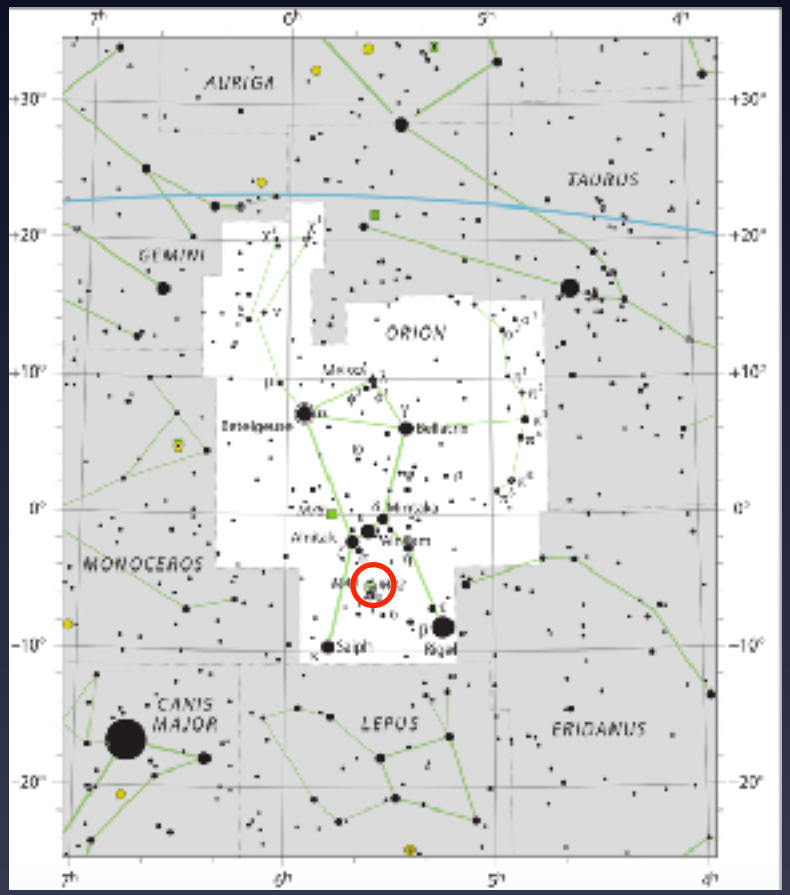
Bande (MHz)	Jansky (Jy)	dB(W/m²/Hz)
144	1860,6	–227,3
432	1339,6	–228,7
1296	964,6	–230,2
2320	810,4	–230,9
3400	722,9	–231,4
5760	617,5	–232,1
10368	518,0	–232,9
24048	402,8	–233,9

Jy = 10^{-26} W m^{-2} Hz^{-1} ⇔ -260 dB(W/m²/Hz)

Radio-source dans Orion

Nébuleuse d'Orion, M42

nuage diffus qui brille en émission et en réflexion



Bande (MHz)	Jansky (Jy)	dB(W/m²/Hz)
144	752,8	–231,2
432	601,7	–232,2
1296	480,9	–233,2
2320	427,0	–233,7
3400	394,7	–234,0
5760	354,7	–234,5
10368	314,6	–235,0

1 Jy = 10^{-26} W m^{-2} Hz^{-1} ⇔ -260 dB(W/m²/Hz)

Radio-source dans le Cygne

Cygnus A : une des radiogalaxies les plus brillantes et les plus célèbres

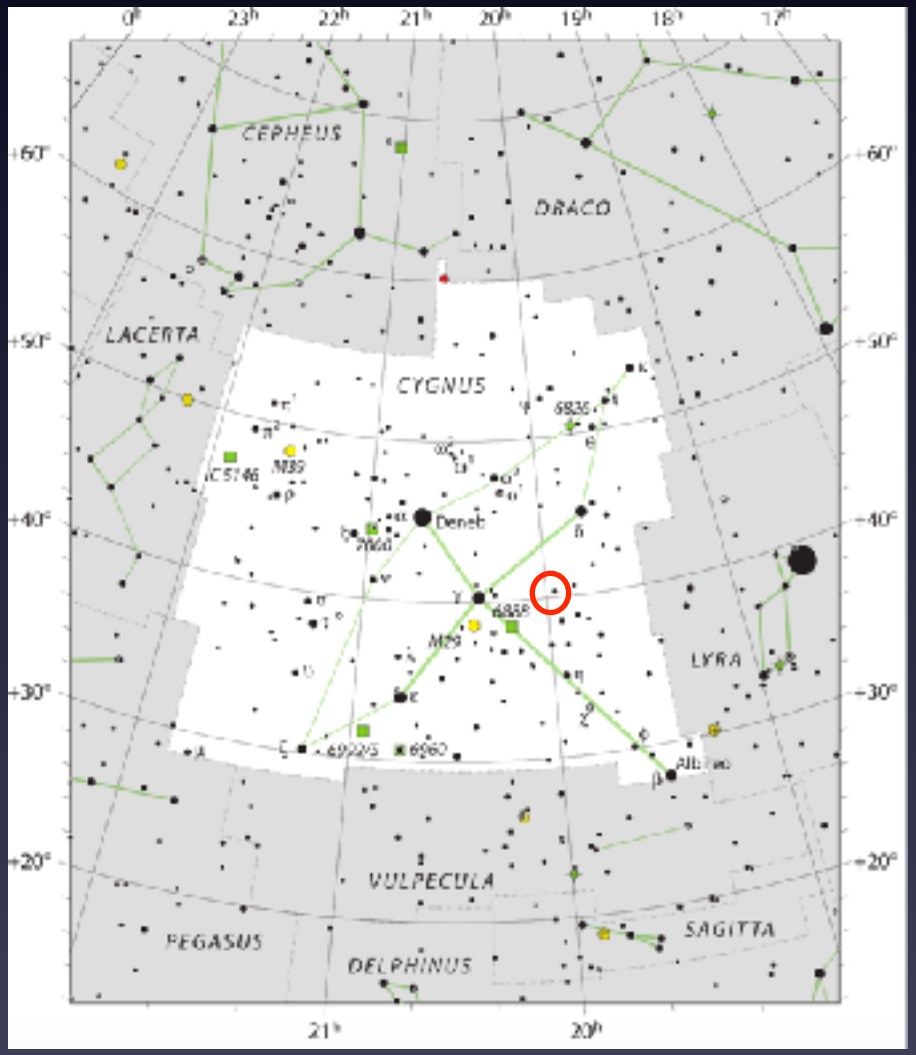
découverte en 1939.

AD = 19h 59m 28s

Déc = +40° 44′ 02″

Bande (MHz)	Jansky (Jy)	dB(W/m²/Hz)
144	11200,6	–219,5
432	4815,8	–223,2
1296	1718,1	–227,6
2320	898,5	–230,5
3400	535,9	–232,3
5760	280,8	–235,5
10368	132,4	–238,8
24048	51,4	–242,9

1 Jy = 10^{-26} W m^{-2} Hz^{-1} ⇔ -260 dB(W/m²/Hz)



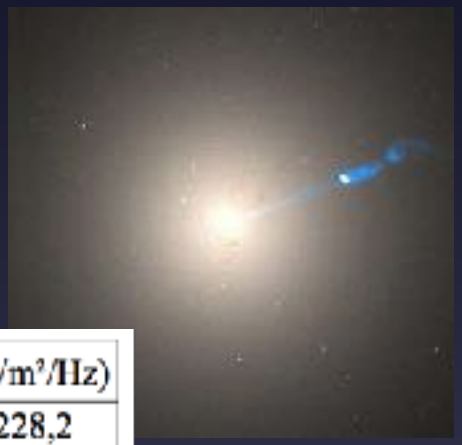
Radio-source dans la Vierge

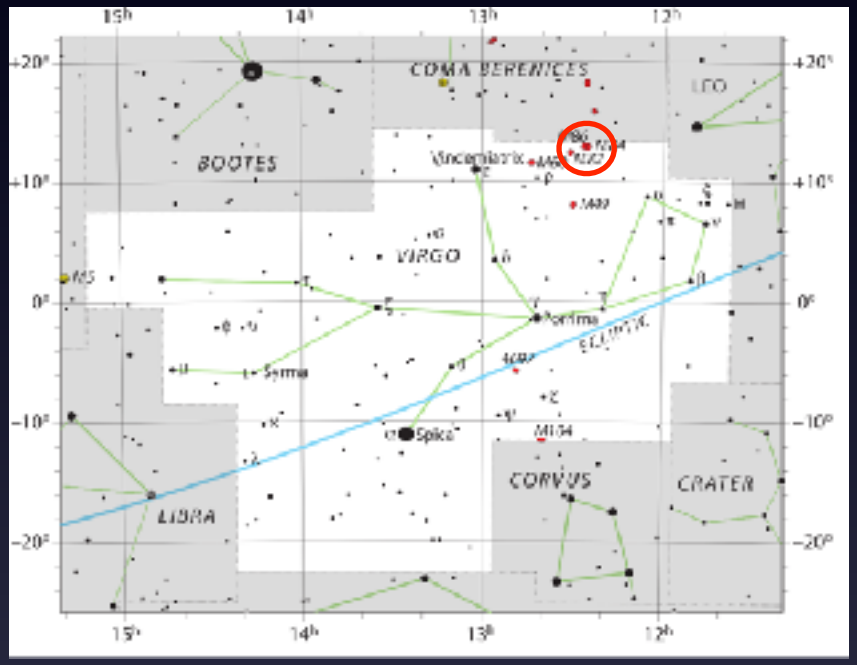
radiogalaxie Virgo A, M87

Galaxie elliptique,

avec en son centre un trou noir

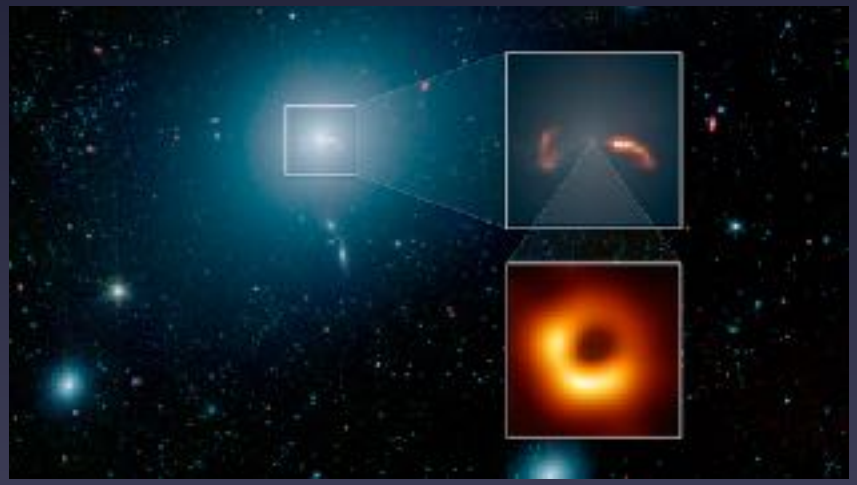
Le 1er « photographié », avril 2019





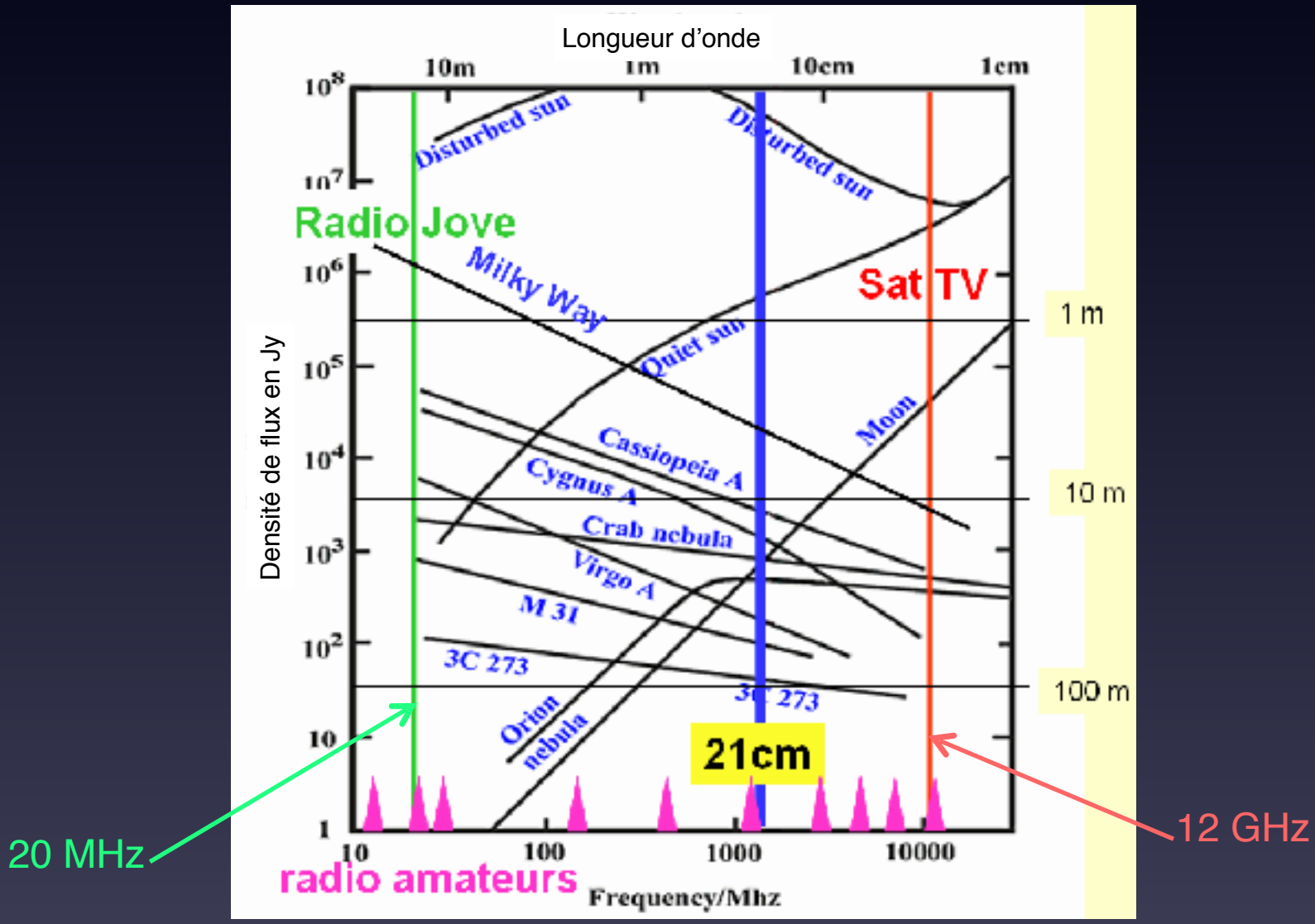
Bande (MHz)	Jansky (Jy)	dB(W/m²/Hz)
144	1497,8	–228,2
432	584,8	–232,3
1296	228,4	–236,4
2320	138,7	–238,6
3400	99,9	–240,0
5760	63,7	–242,0
10368	38,5	–244,1
24048	18,7	–247,3

1 Jy = 10^{-26} W m^{-2} Hz^{-1} ⇔ -260 dB(W/m²/Hz)



Credit photo: NASA, JPL-Caltech, Event Horizon Telescope Collaboration

Spectres comparés des sources



http://astro.u-strasbg.fr/~koppen/Haystack/basics.htmld'après le livre de J. Kraus, *Radioastronomy*

Pourquoi la Radioastronomie ?

Pourquoi a t-on besoin de la radioastronomie ?

- La radioastronomie et l'astronomie visuelle sont des disciplines complémentaires. Elle permet, entre autre, des observations dans des conditions impossibles en visuel:
  - Observation en plein jour
  - Observation dans des conditions météo 'défavorables'
  - Observation de corps célestes occultés par de la matière ou de la poussière (centres de galaxies, trous noirs …)
- La radioastronomie a déjà contribué à des avancées majeures sur la connaissance de la structure de notre galaxie, ou sur l'étude de nuages de gaz interstellaires.
- La radioastronomie est une discipline très jeune, découverte en 1930 par Karl Jansky, et qui n'a pas encore dévoilée tout son potentiel.