Contribution des observations radio à la connaissance de la Galaxie

P. Charlot

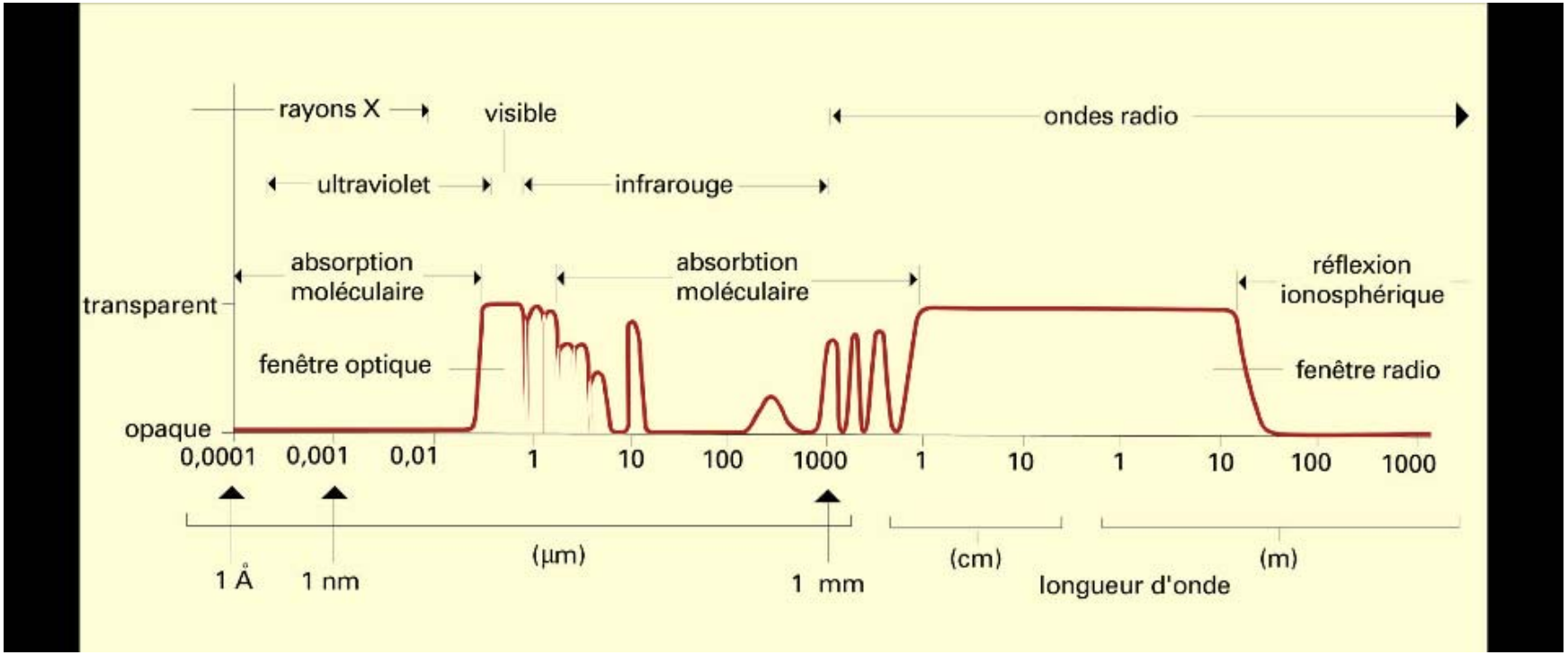
Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux

Observatoire Aquitain des Sciences de l'Univers

Sommaire

- Introduction
  - Processus d'émission radio
  - Sources radio galactiques
  - Instruments d'observation
- Emission à grande échelle
  - Structure galactique
- Les bras spiraux
  - Observations astrométriques
- Le centre galactique
  - Trou noir central

Le spectre électromagnétique



Processus d'émission radio

L'émission radioélectrique peut être de deux types:

- Emission continue
  - → Couvre un large domaine de fréquence
  - → Généralement due à l'accélération de particules chargées ayant une large gamme d'énergie



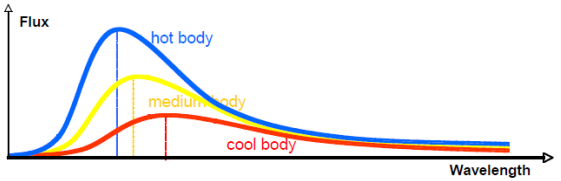
- Raies d'émission
  - → Emission couvrant seulement une bande de fréquence étroite
  - → Généralement dues au passage d'atomes ou de molécules d'un niveau d'énergie interne à un autre

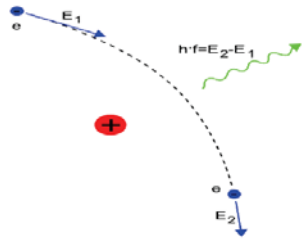


Rayonnement radio continu

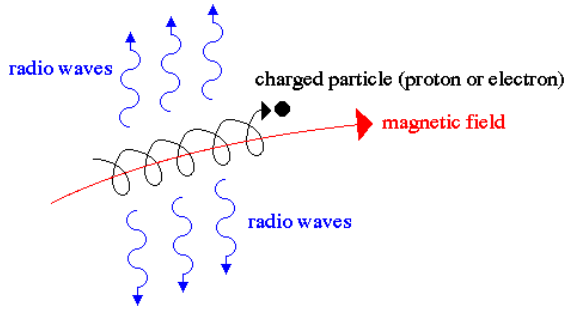


- Emission thermique
  - Rayonnement du corps noir (objets ayant une température de T ~ 3-30 K)
  - Emission « free free »: déflection d'une particule chargée (électron) dans le champ électrique d'une autre particule





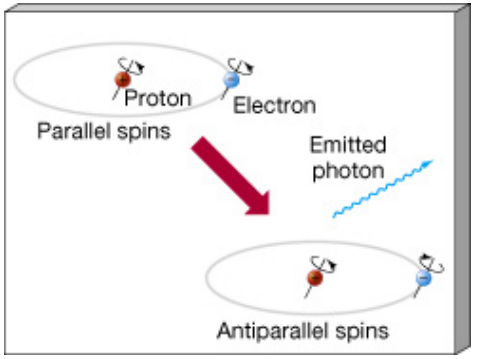
- Emission non-thermique
  - Radiation synchrotron: électrons relativistes spiralant dans un champ magnétique

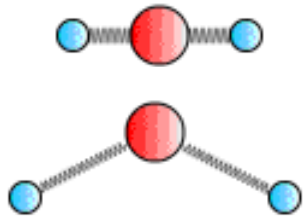


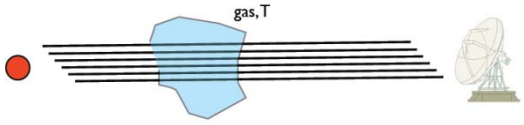
Raies radio



- Hydrogène neutre atomique (21 cm)
  - Transition d'un niveau d'énergie haut à un niveau d'énergie bas pour l'atome H (sens de rotation relatif de p+ et e- inversé)
- Raies moléculaires (CO, CS, CN,…)
  - Proviennent de changements dans l'état vibrationnel ou rotationnel des électrons (du fait de collisions ou d'interactions)
- Emission maser
  - Amplification d'une radiation passant à travers des nuages de gaz

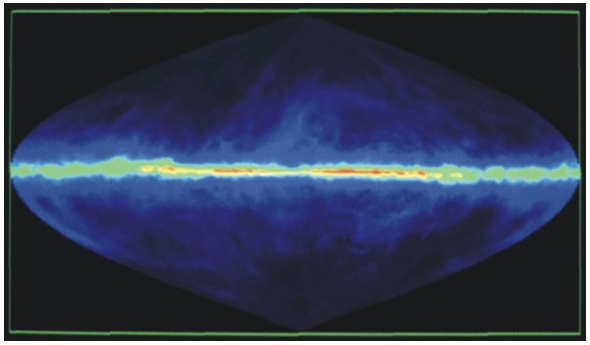




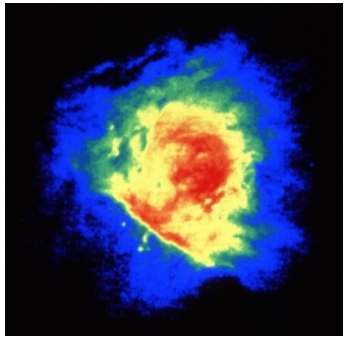


Radiosources dans la Galaxie

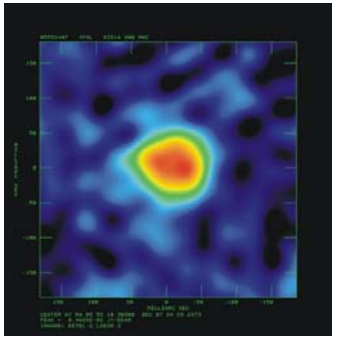
Distribution globale du gaz HI



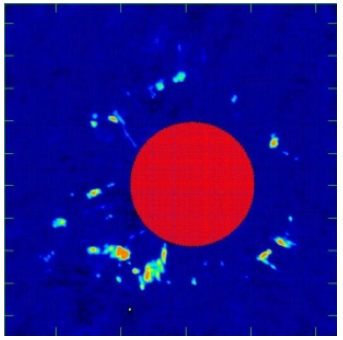
Gaz ionisé dans la nébuleuse d'Orion



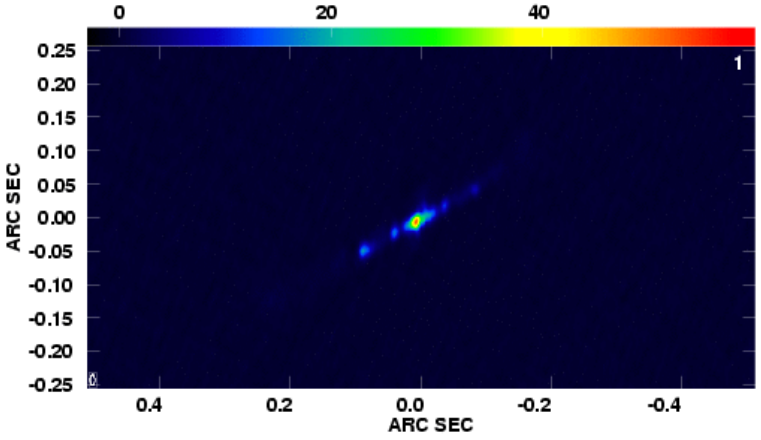
Betelgeuse



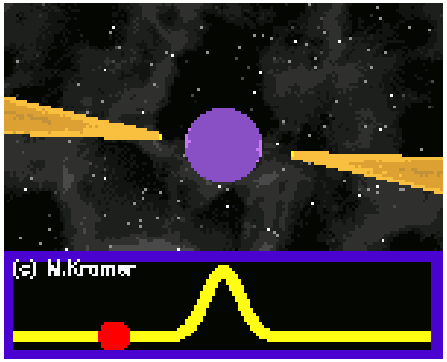
Masers autour de l'étoile TX Cam



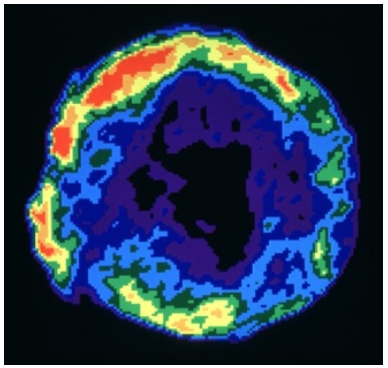
Binaire X (SS 433)



Pulsars



Restes de supernovae



Crédits: M. Kramer (animation pulsar) – autres images: NRAO/AUI

Radiotélescopes



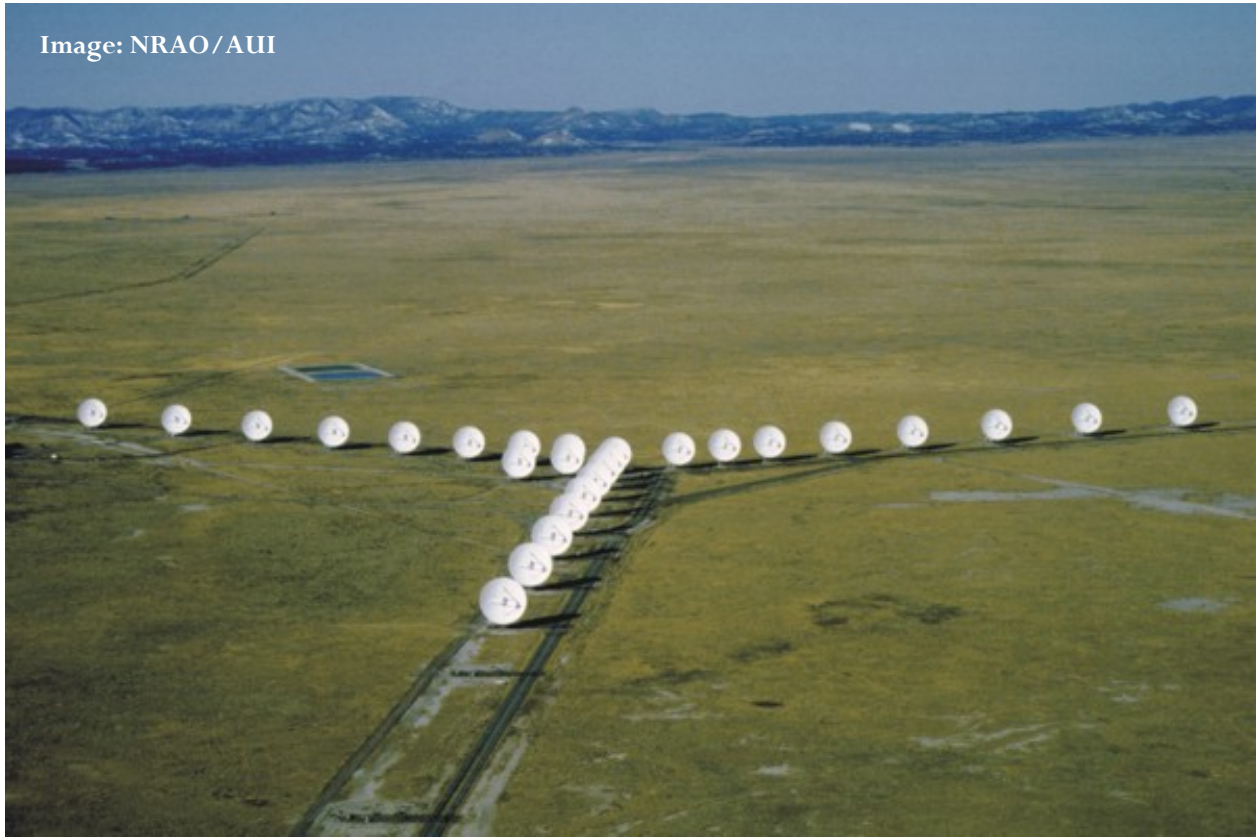
Radiotélescope de Greenbank (USA)



Radiotélescope d'Effelsberg (Allemagne)

Interférométrie connectée

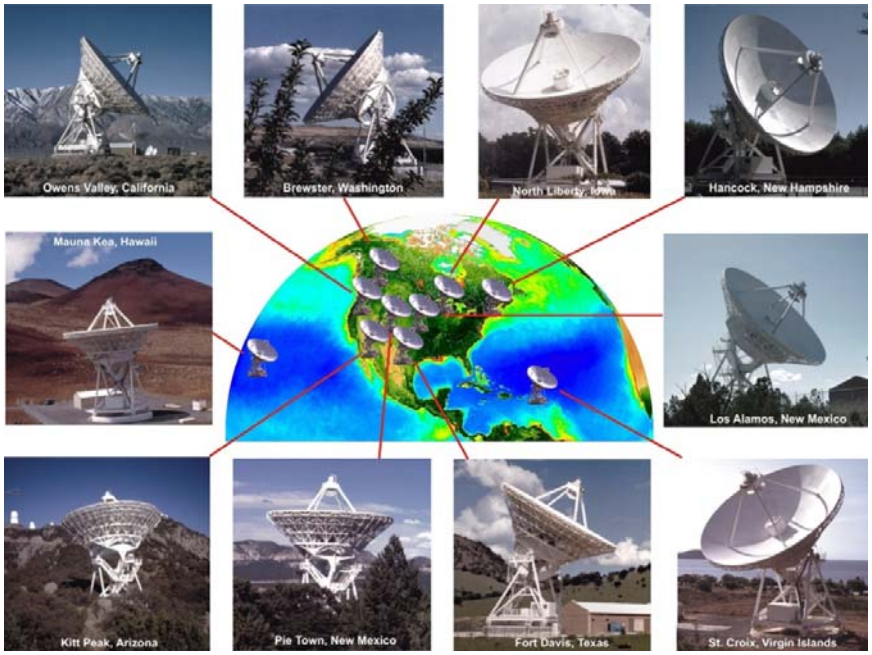
Interféromètre du VLA (Very Large Array, USA)



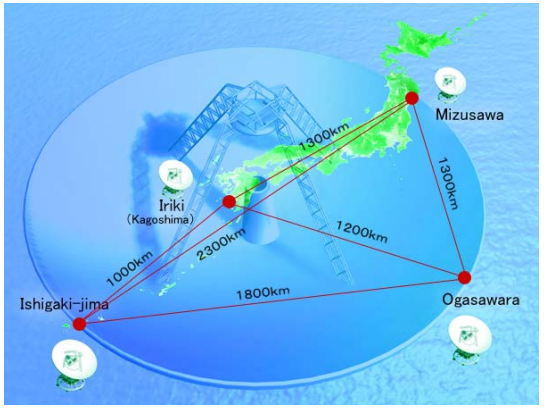
Les réseaux VLBI

VLBI = Radio interférométrie à très longue base

Very **L**ong **B**aseline **A**rray (VLBA)



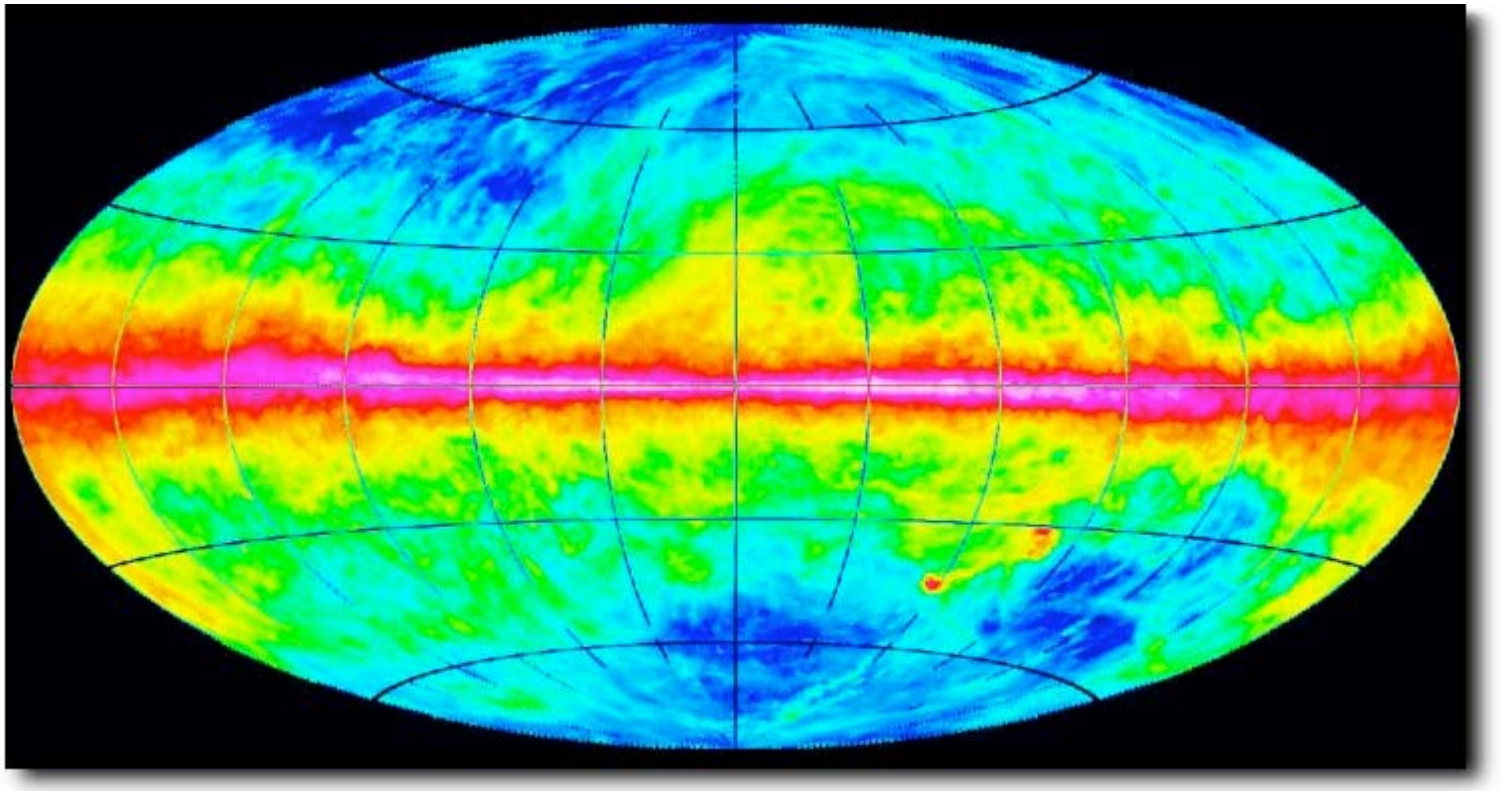




VLBI **E**xploration of **R**adio **A**strometry (VERA)

Emission à grande échelle

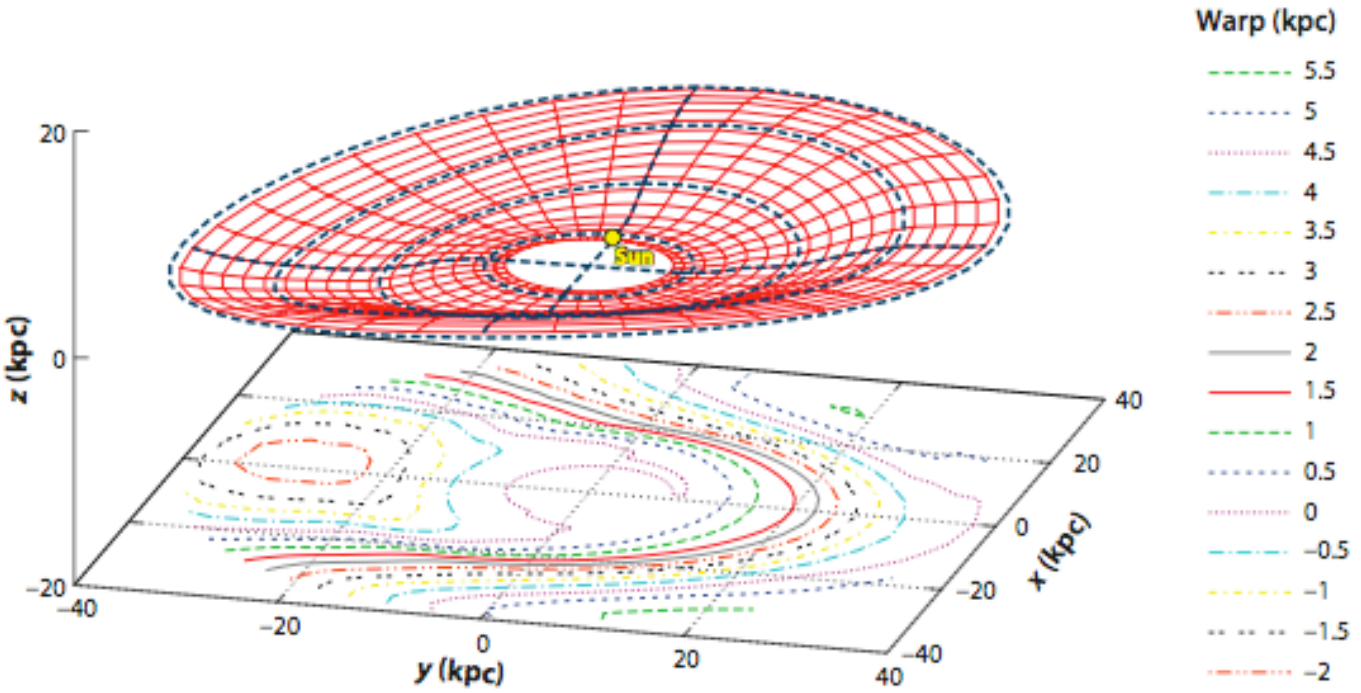
L'émission HI de la Galaxie



Kalberla et al. (2005)

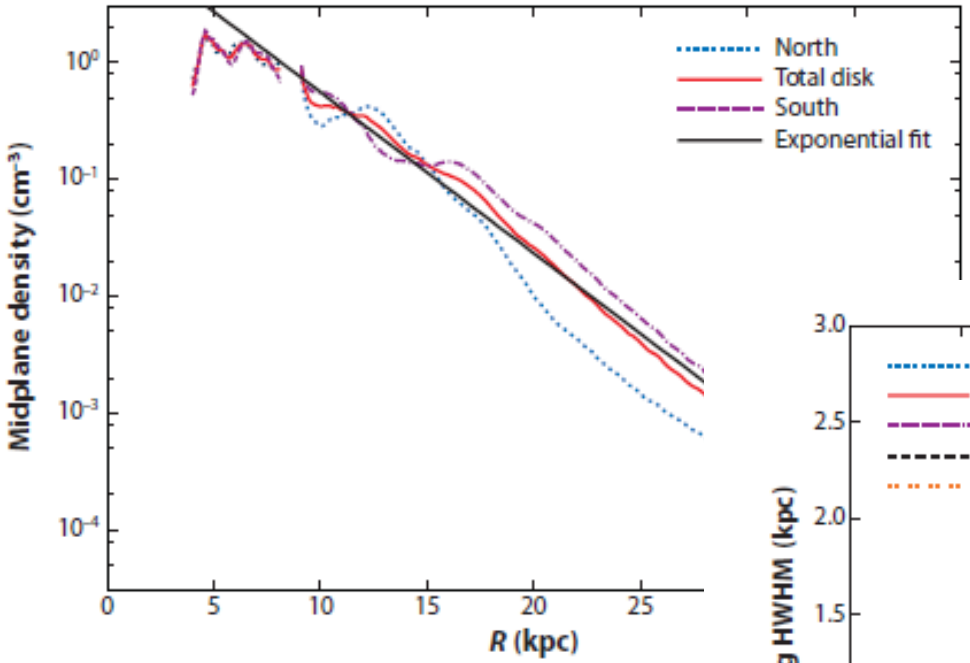
Torsion du disque galactique

Le disque galactique n'est pas plat mais gauchi



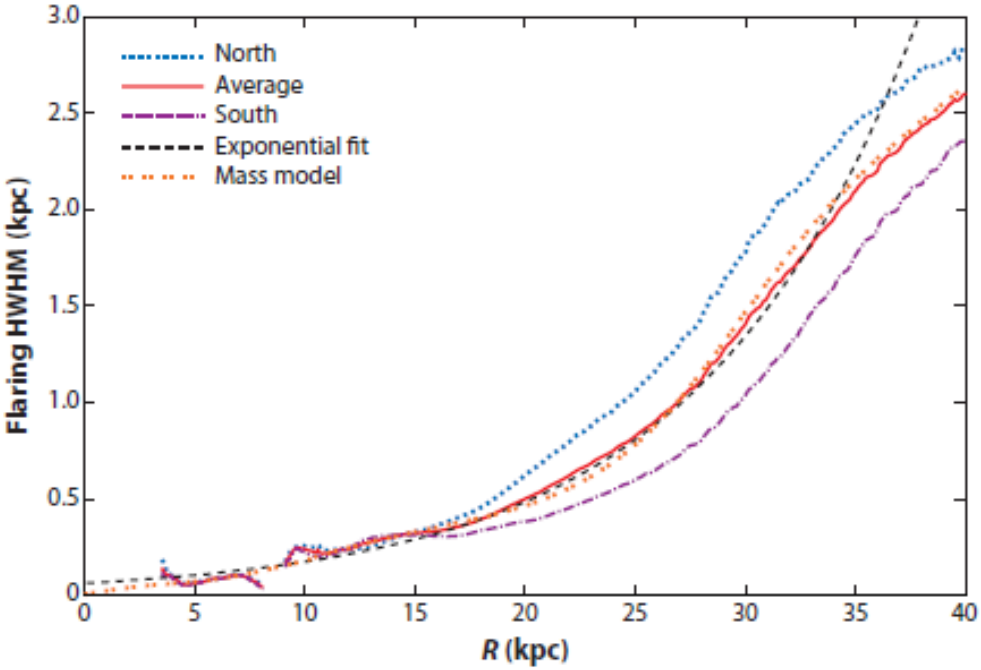
Kalberla & Kerp (2009)

Densité et épaisseur du disque



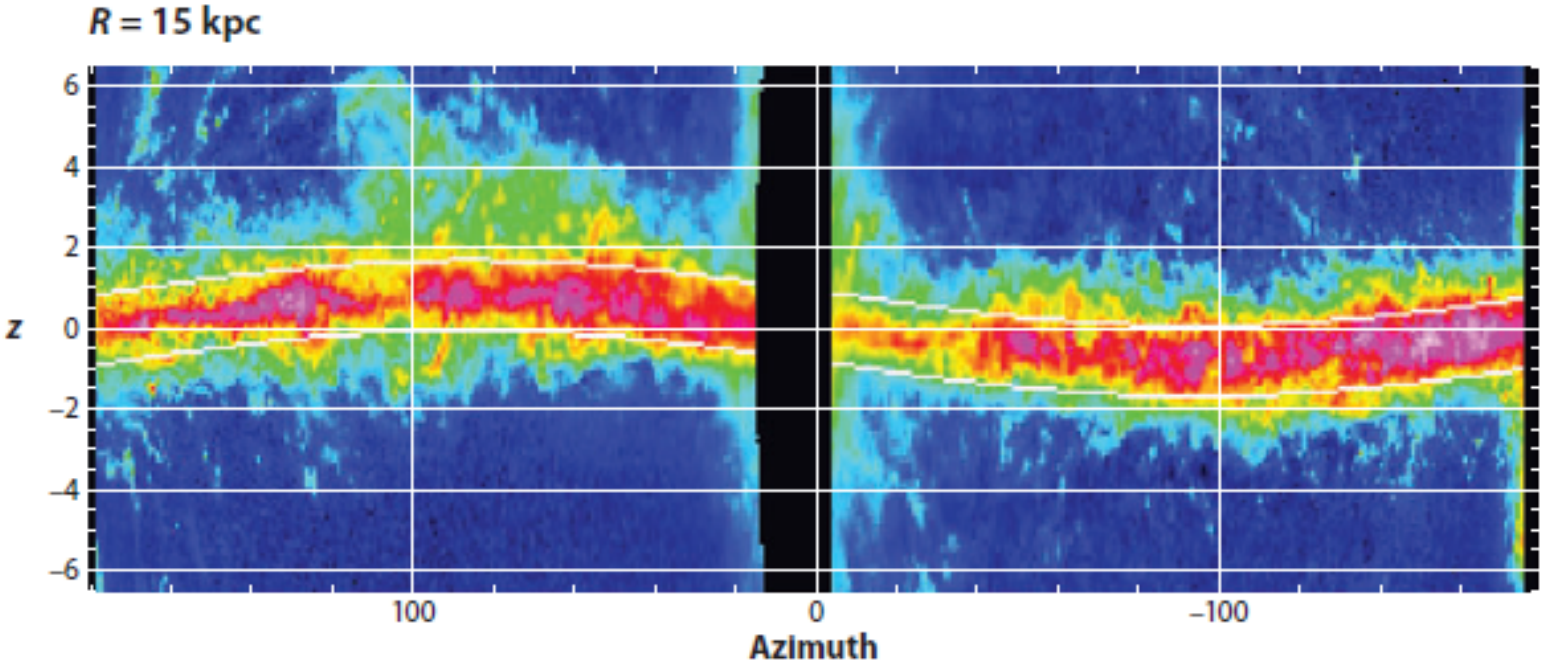
La densité décroît lorsqu'on s'éloigne du centre galactique

Le disque s'évase lorsqu'on s'éloigne du centre galactique



Kalberla and Kerp (2009)

Structure fine du disque

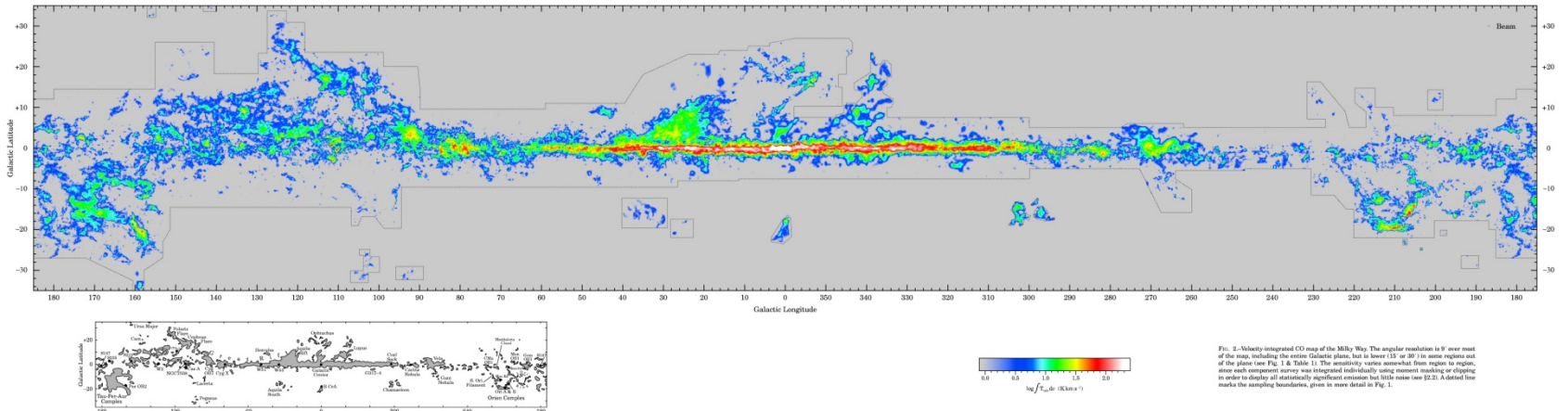


L'examen détaillé de la distribution de l'hydrogène HI révèle une structure complexe: existence de cavités, filaments,…

Kalberla & Kerp (2009)

Le gaz moléculaire CO

Distribution selon la longitude et latitude galactique

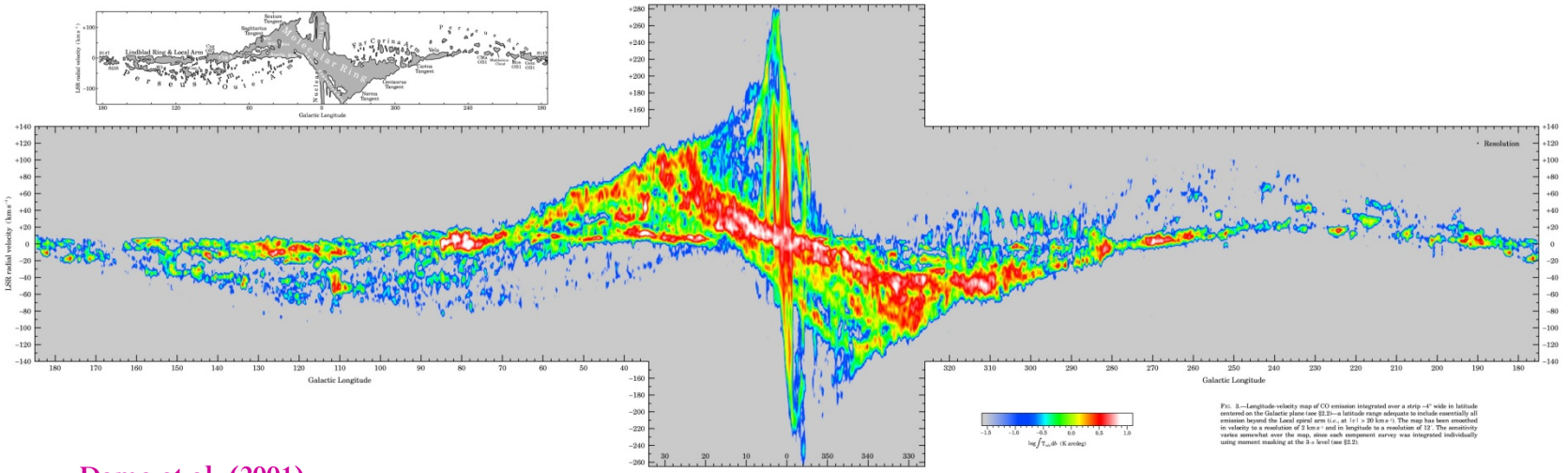


Dame et al. (2001)

L'examen de la distribution du gaz moléculaire CO révèle une structure très complexe

Le gaz moléculaire CO

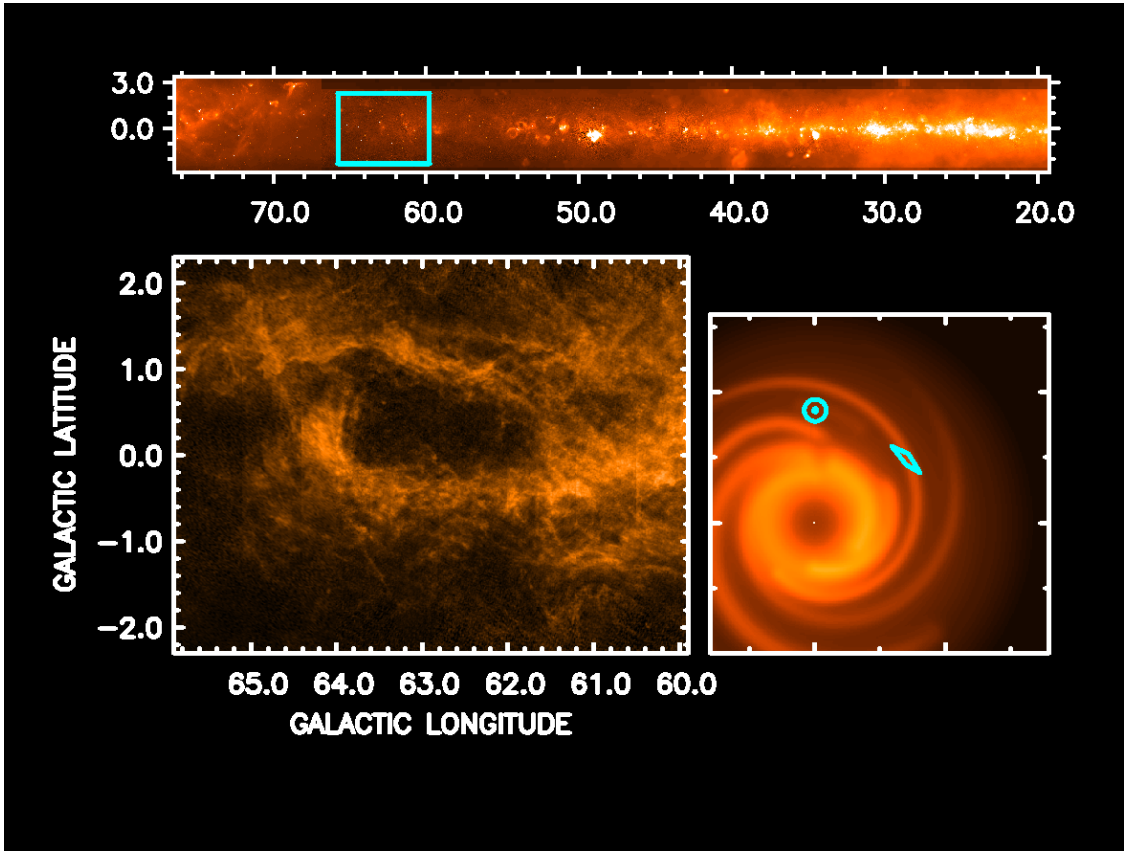
Distribution de la vitesse du gaz selon la longitude galactique



Dame et al. (2001)

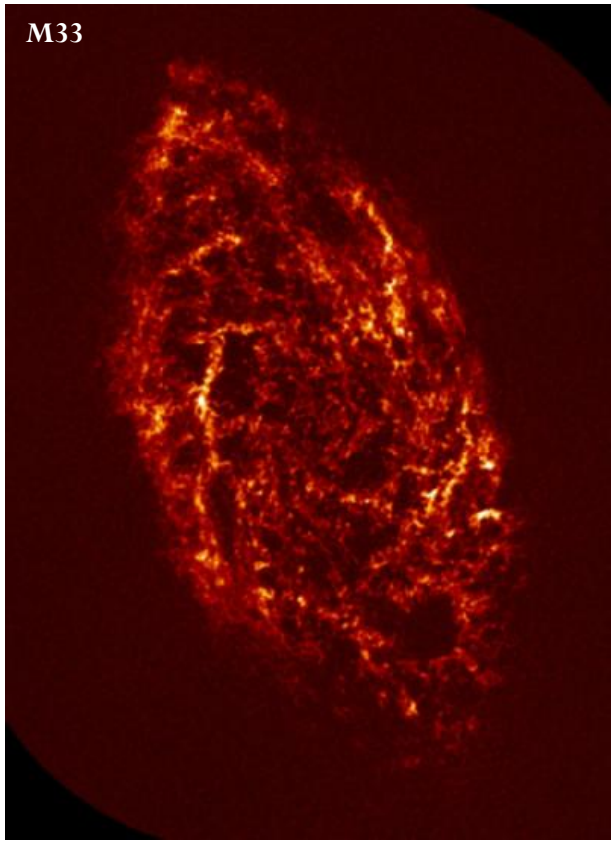
Le diagramme longitude-vitesse indique l'existence de bras spiraux

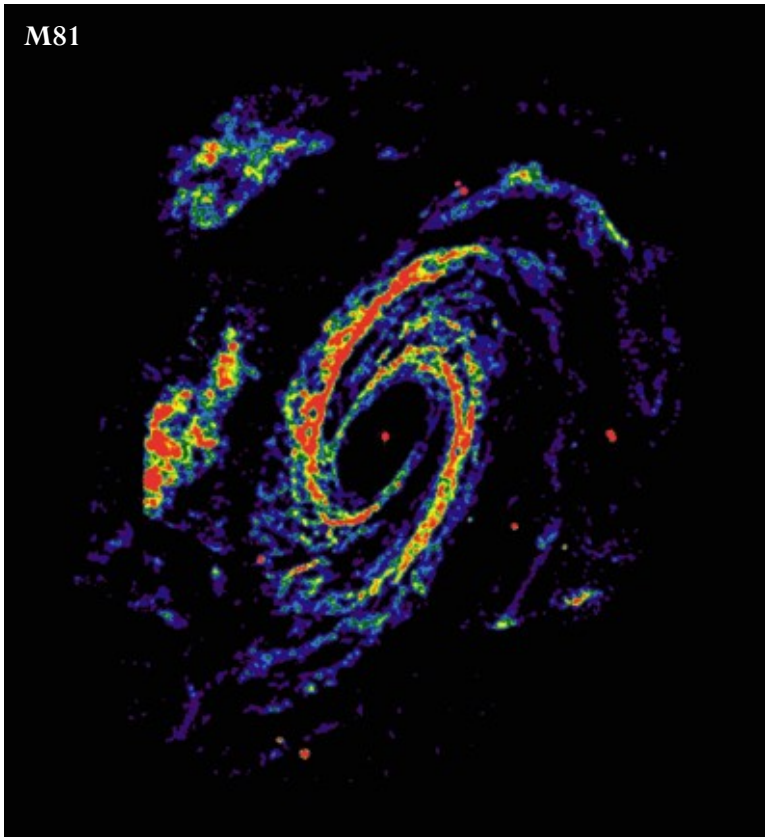
Le gaz HI à plus petite échelle



VLA Galactic Plane Survey (Stil et al. 2006)

Emission HI: d'autres galaxies





Images: NRAO/AUI

Les bras spiraux

Cartographie de la Galaxie

- Régions de formation stellaire massives situées dans les bras spiraux
- Abritent des masers (H2O et CH3OH) observables par astrométrie VLBI
- Mesure de leurs parallaxes avec une précision < 10 μas par VLBI

+ mouvements propres

+ vitesses radiales

➔ Cartographie 3-D

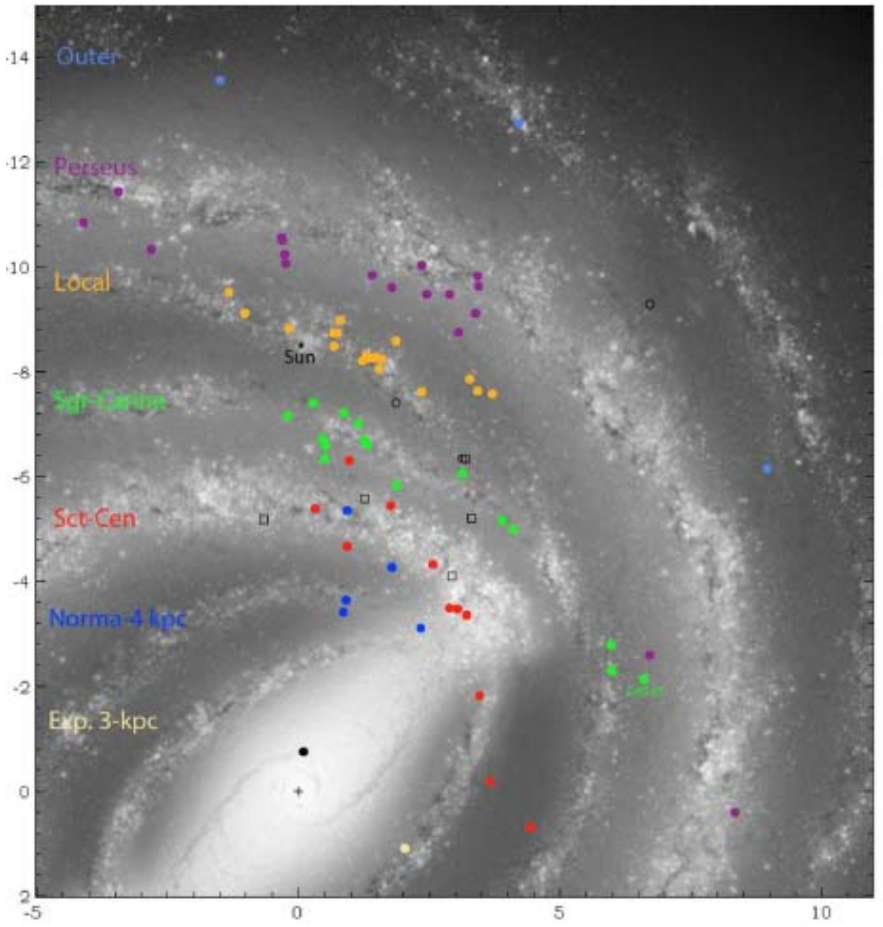
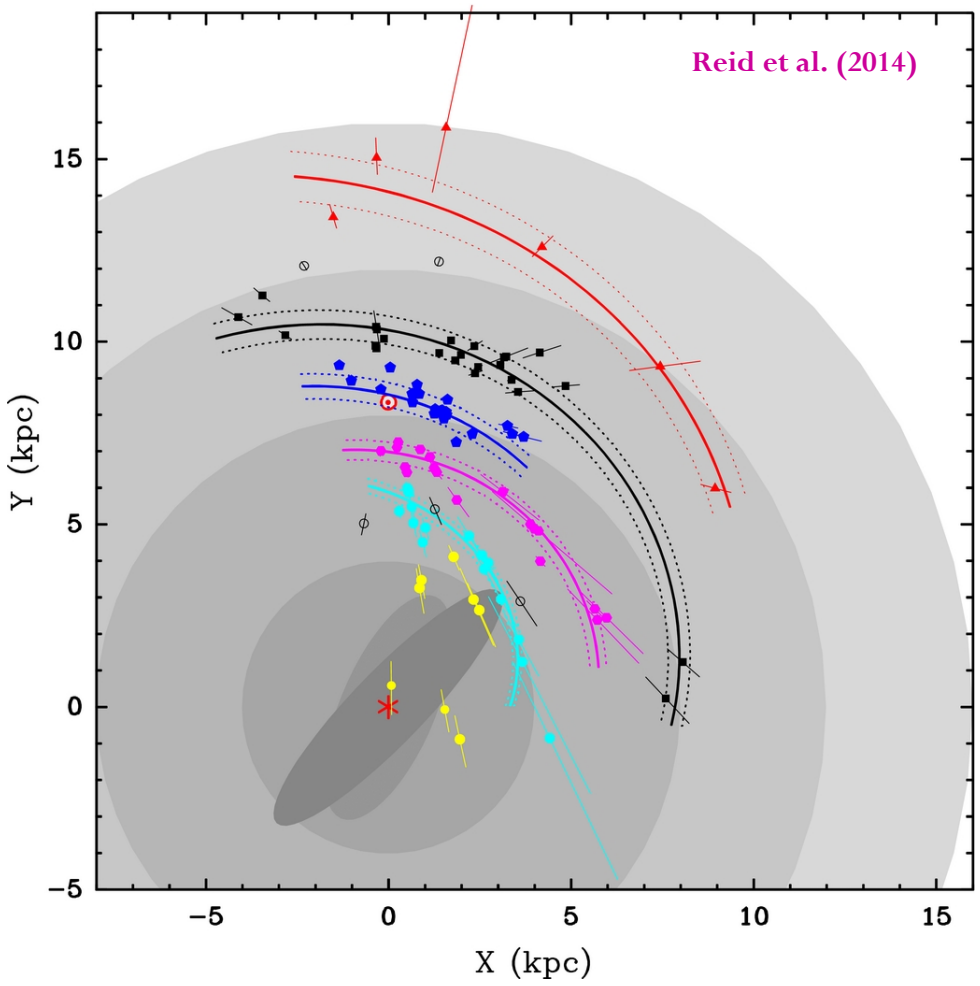


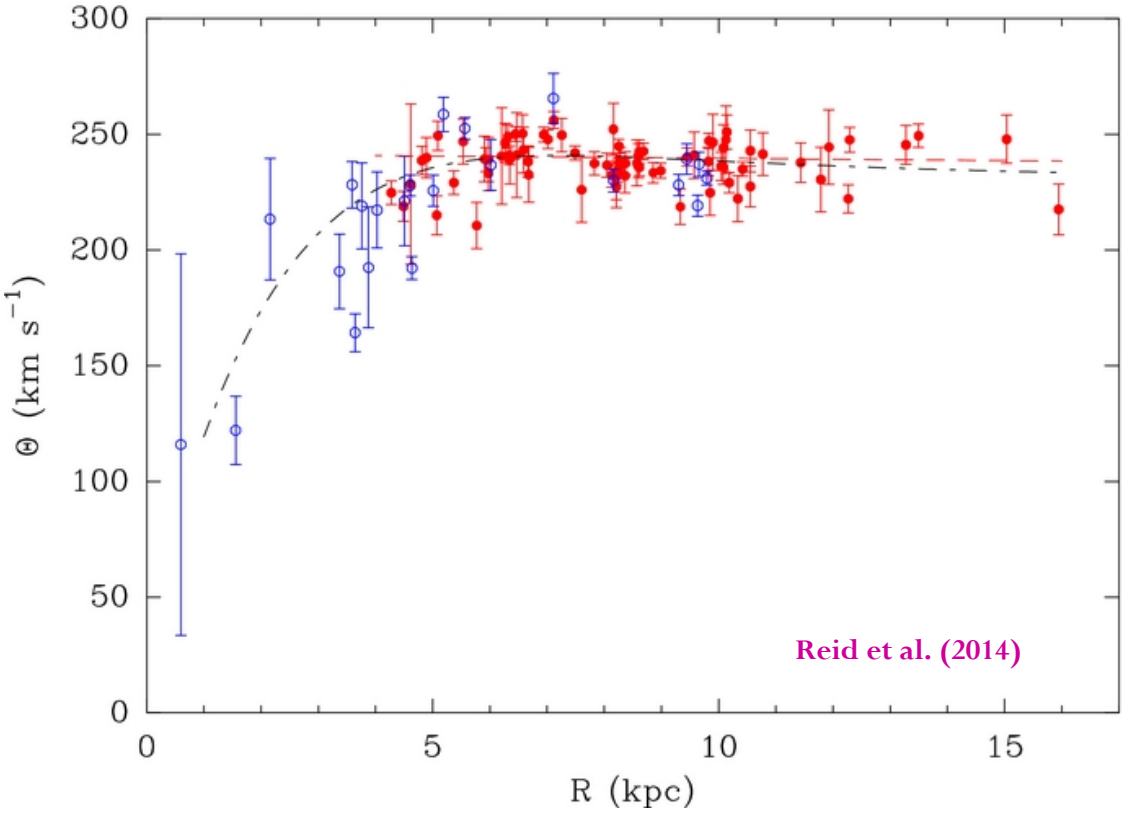
Image de fond: conception d'artiste (R. Hurt, IPAC)

Localisation des bras spiraux



- Plus de 100 masers H20 et CH3OH observés avec le VLBA, l'EVN et VERA
- Confirmation de l'existence de 5 bras spiraux
- Augmentation de la largeur des bras avec la distance au centre galactique
- Position et vitesse du Soleil:
  - R0 = 8.34 +/- 0.16 kpc
  - Θ0 = 240 +/- 8 km/s

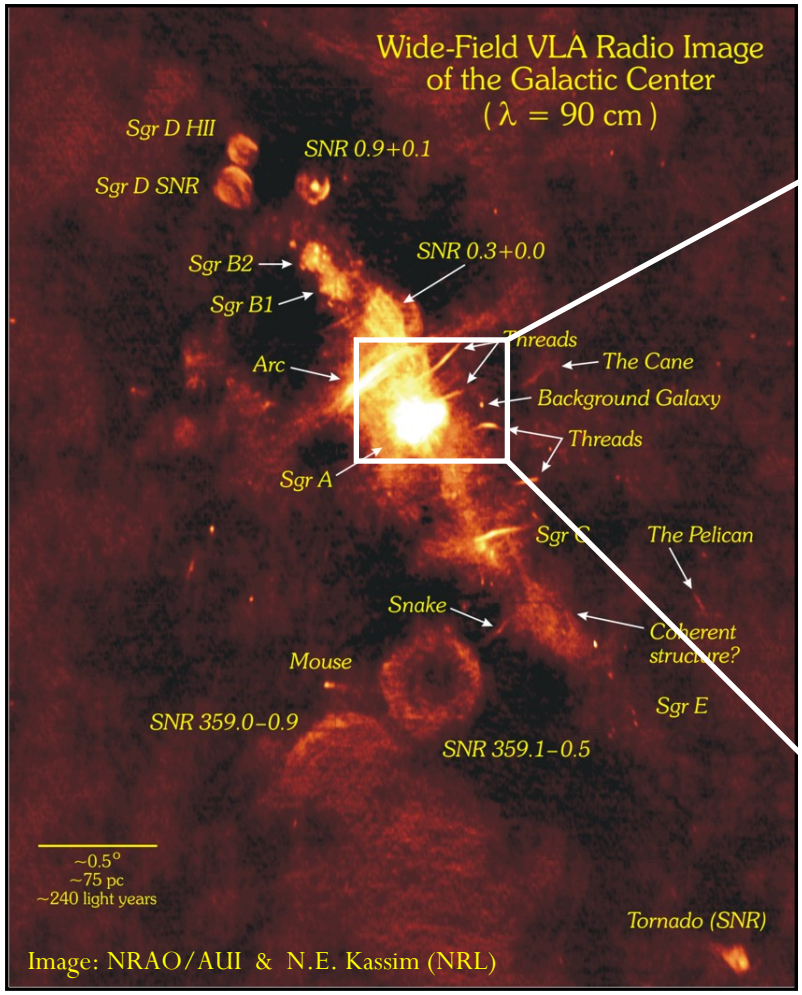
Courbe de rotation galactique



La modélisation de la structure de la Galaxie à partir des positions et vitesses 3D des masers indique que la courbe de rotation de la Galaxie est « plate » entre 5 et 16 kpc

Le centre galactique

Le centre galactique



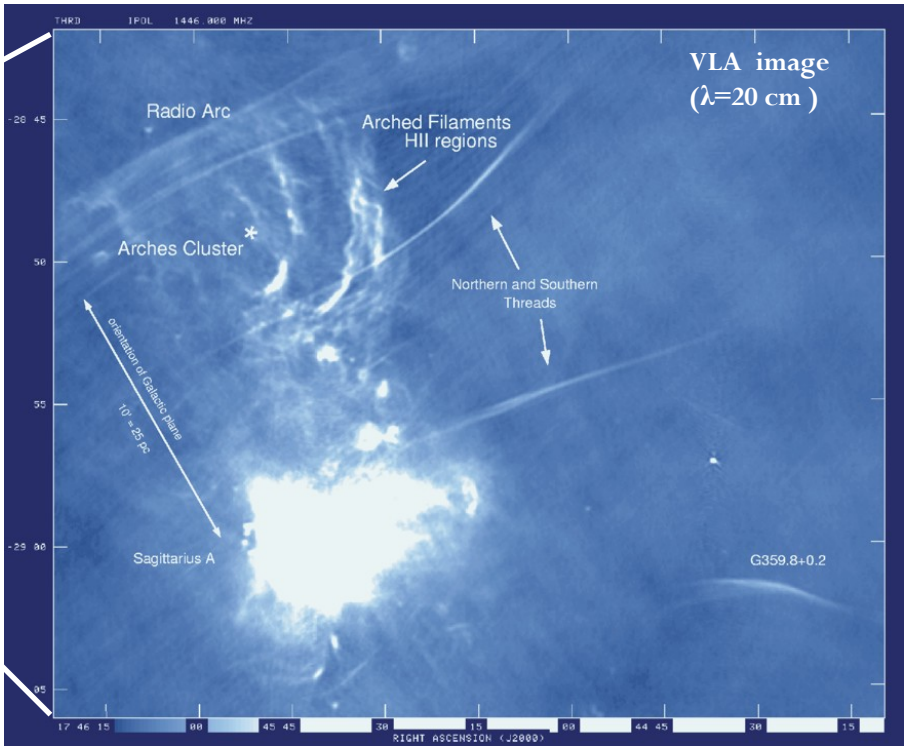
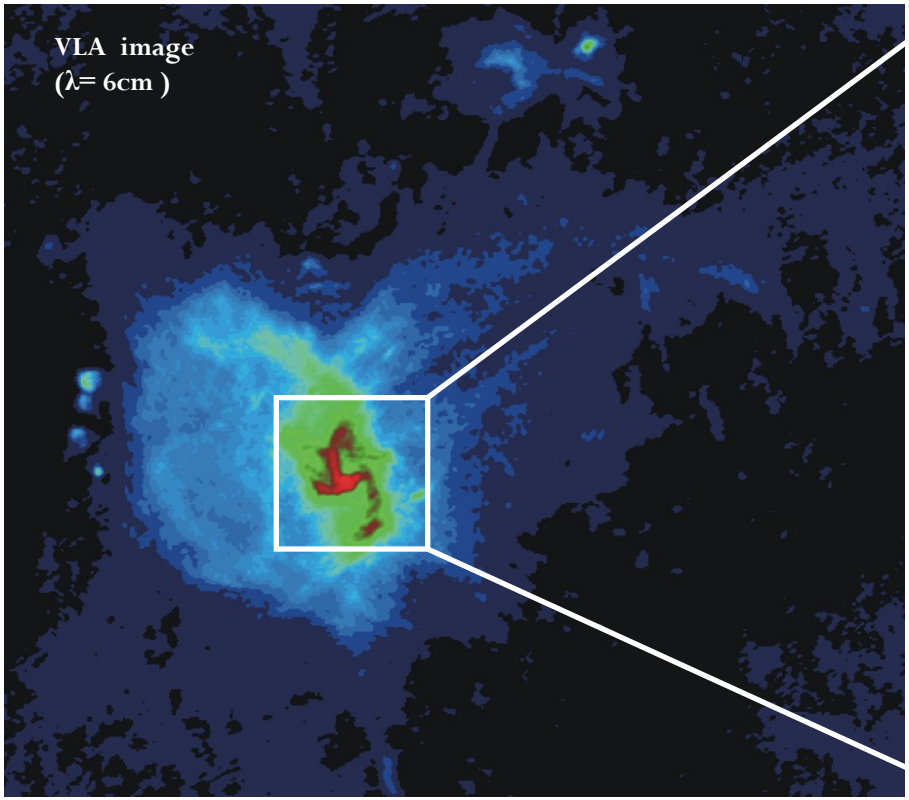
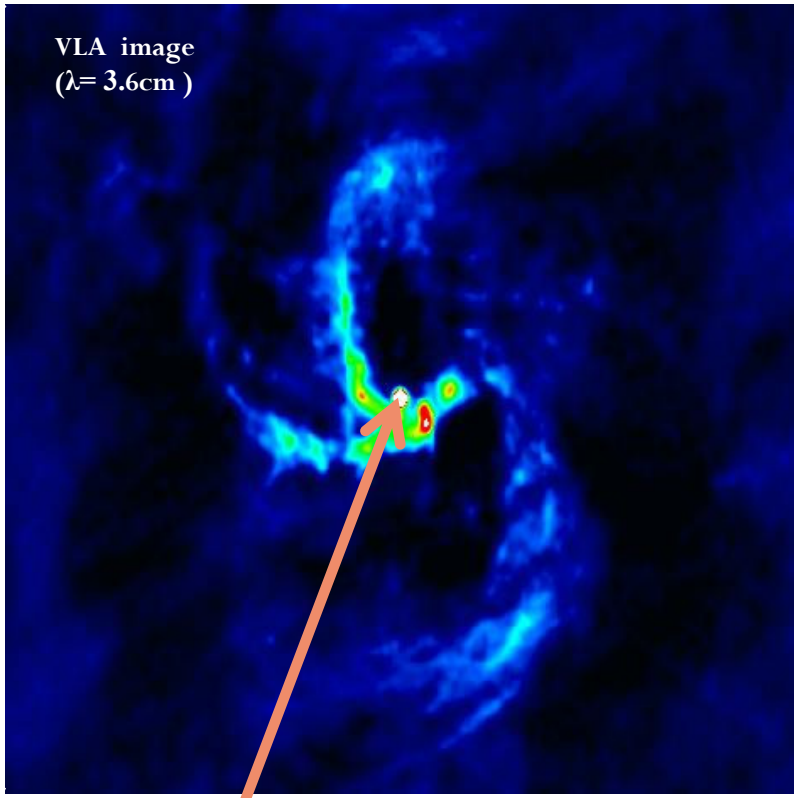


Image: NRAO/AUI

La région de Sagittarius A

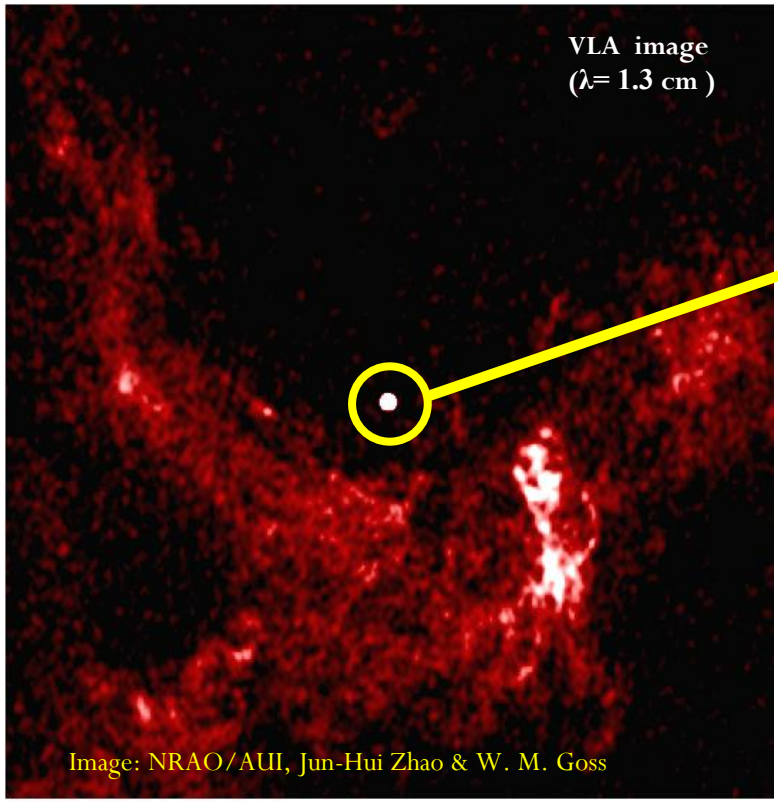




Images: NRAO/AUI

Sagittarius A*

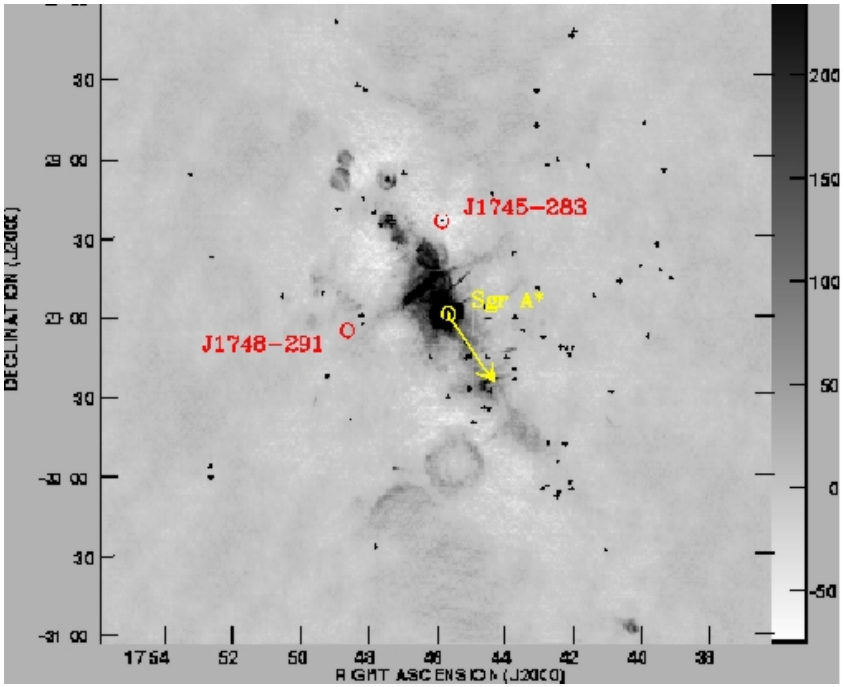
La région de Sagittarius A*

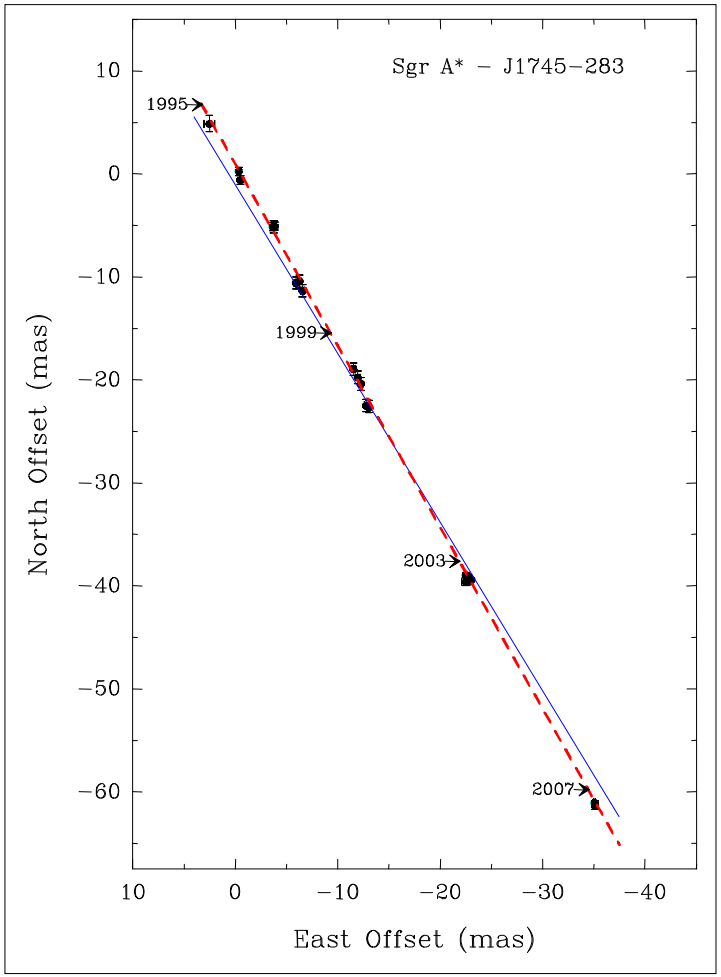


Sagittarius A*

Objet central de la Galaxie supposé être un trou noir super massif

Mouvement propre de Sgr A*





Mouvement propre mesuré par VLBI:
6.379 +/- 0.024 mas/yr

Reid & Brunthaler (2004)
Reid (2008)