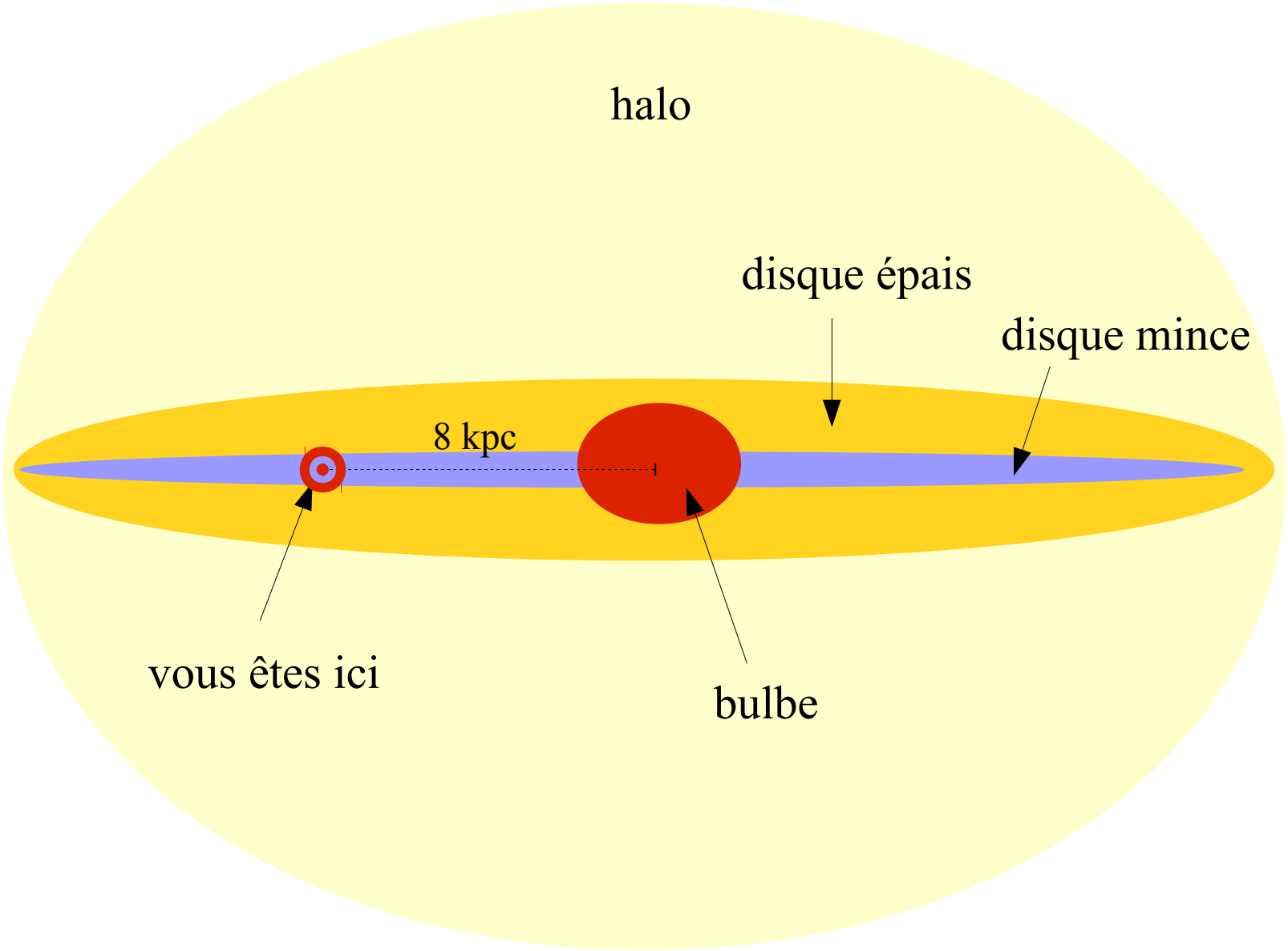
Les régions centrales de la Galaxie: le bulbe, la barre et le trou noir central



Carine Babusiaux

Observatoire de Paris - GEPI

Vue schématique de la Voie lactée



Ce que l'on en voit...



optique

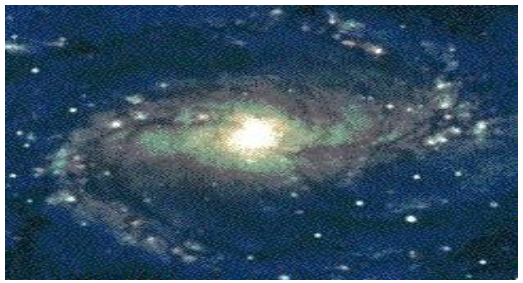


proche-infrarouge

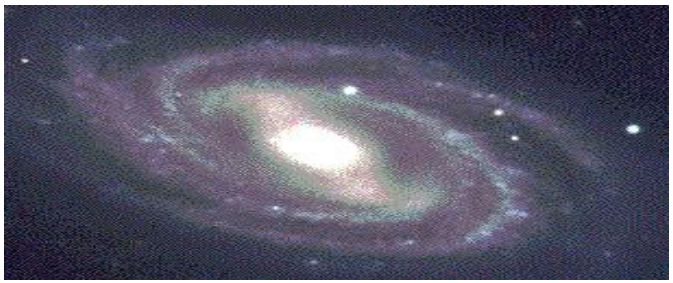
Une étude unique mais complexe...

- ✓ étude détaillée des étoiles individuelles possibles
- ✗ extinction interstellaire
- ✗ superposition de toutes les populations





M83

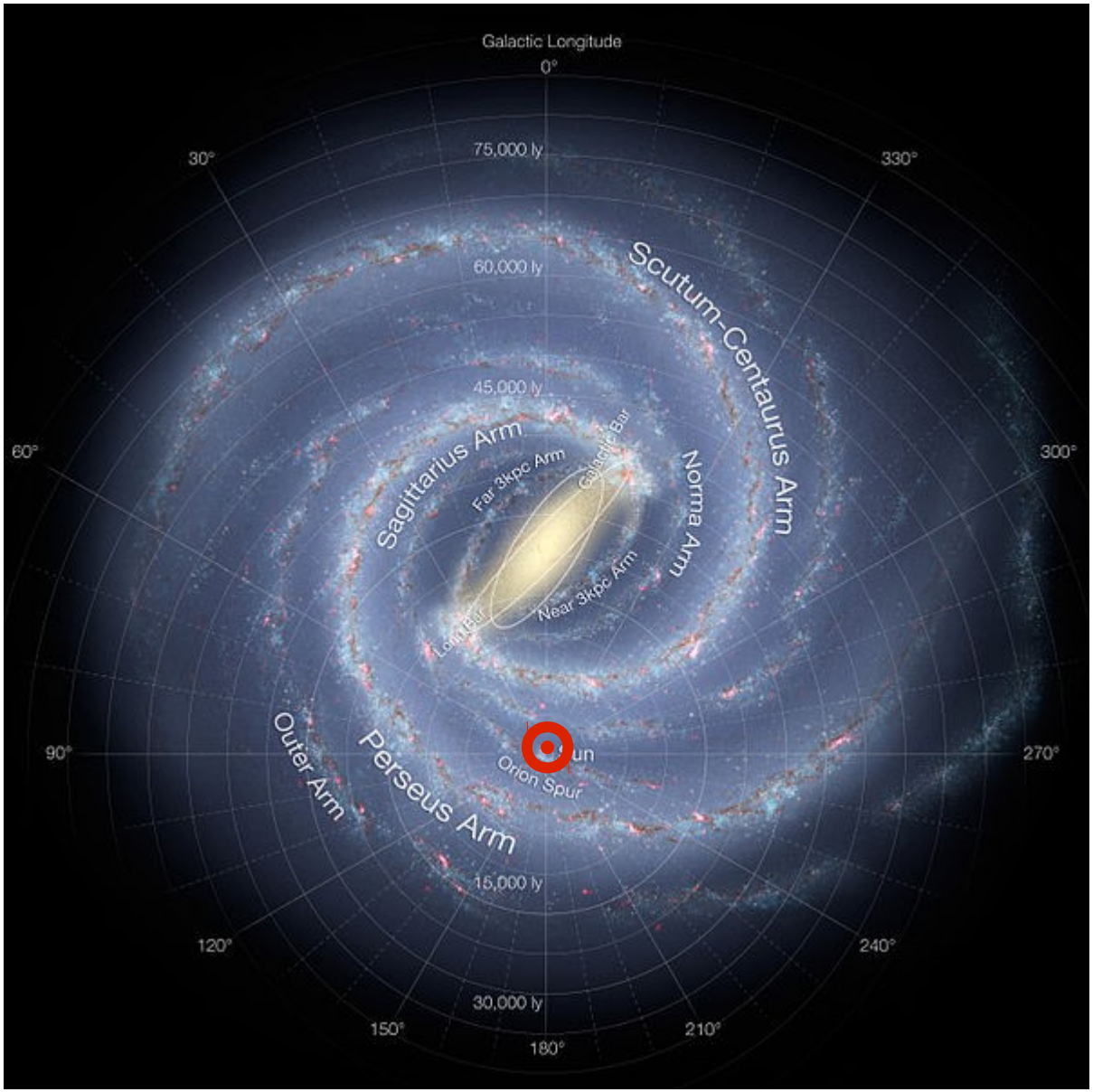


M109

?

Milky Way

Une vue d'artiste



NASA/JPL-Caltech/ESO/R. Hurt

Une vue d'artiste



ESO, artist view of the results of Wegg & Gerhard (2013)

1. Scénarios de formation

2. Observations

3. Une structure dynamique

4. Zoom jusqu'au trou noir central

Formation du bulbe

bulbe classique

← formation primordiale

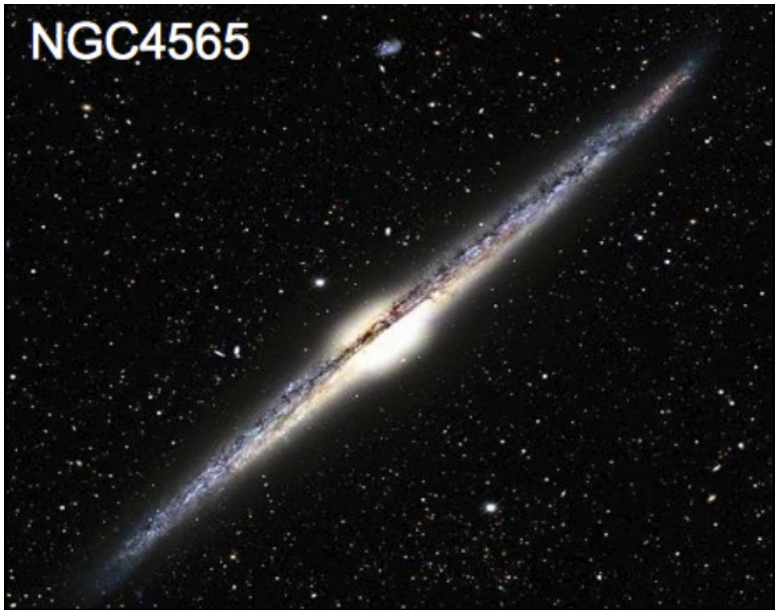
(mergers)

pseudo-bulbe

← formé à partir du disque

(instabilités dynamiques)





Formation du bulbe



classique

← formation primordiale

(mergers)

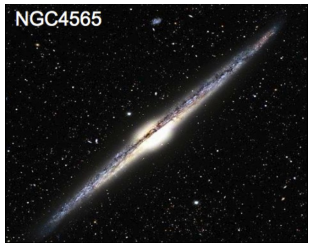
Formation rapide :

→ enrichissement [α/Fe]

→ étoiles vieilles

→ forme ellipsoidale

→ distribution isotrope des vitesses



pseudo-bulbe

← formé à partir du disque

(instabilités dynamiques)

Formation lente :

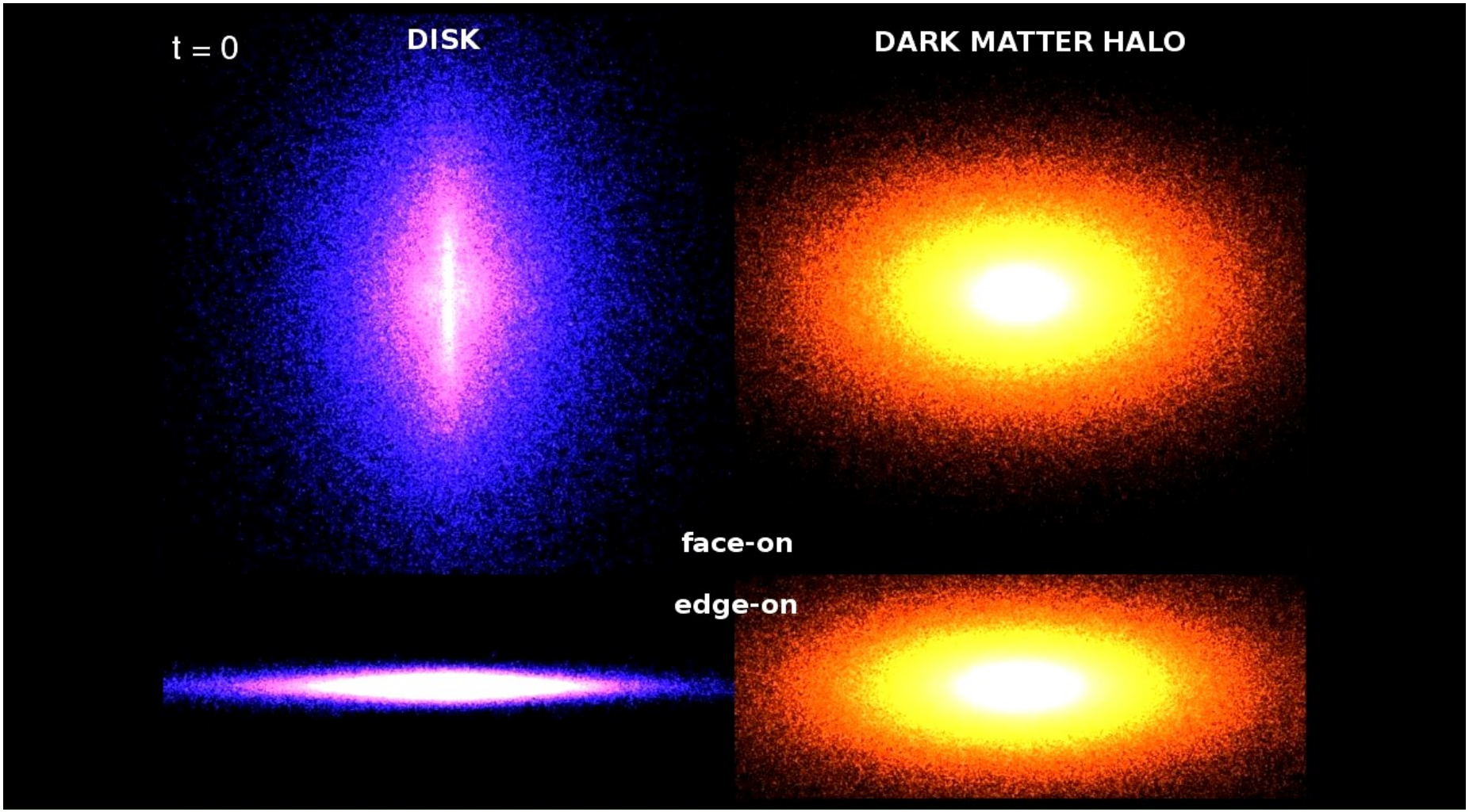
→ abondances typiques du disque

→ étoiles jeunes et intermédaires

→ forme boîte / cacahuète

→ cinématique de barre

Formation d'une barre



Machado & Athanassoula (2010)

1. Scénarios de formation

2. Observations

3. Une structure dynamique

4. Zoom jusqu'au trou noir central

Un bulbe classique ?



classique

← formation primordiale

(mergers)

pseudo-bulbe

← formé à partir du disque

(instabilités dynamiques)

Formation rapide :

→ enrichissement [α/Fe]

→ étoiles vieilles

→ forme ellipsoidale

→ distribution isotrope des vitesses

Formation lente :

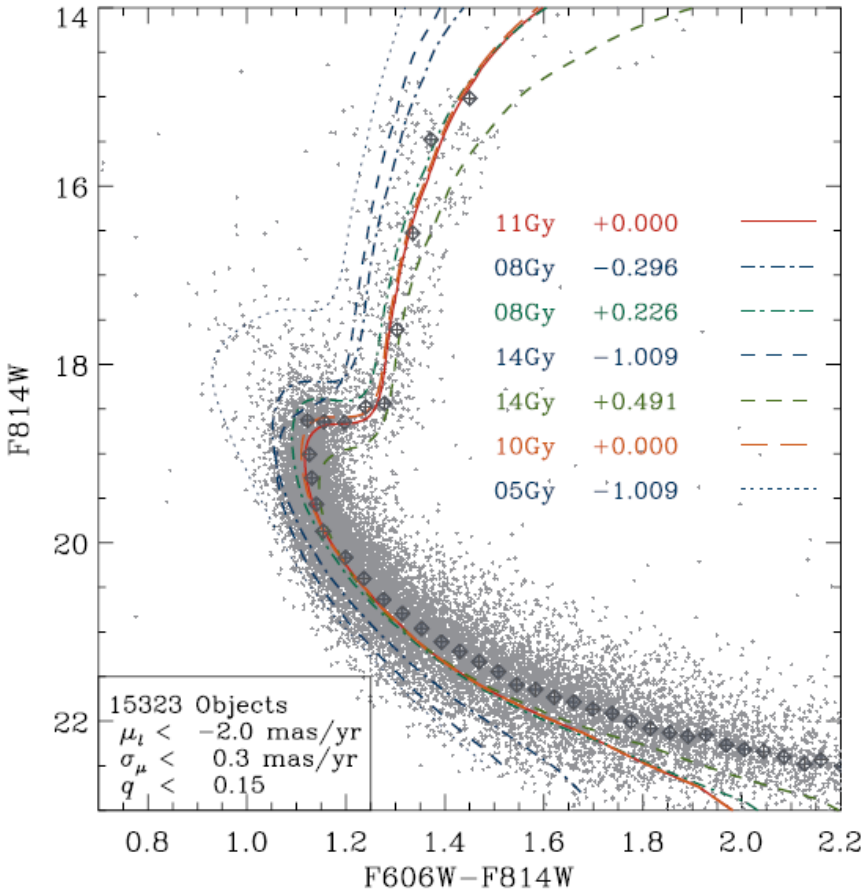
→ abondances typiques du disque

→ étoiles jeunes et intermédaires

→ forme boîte / cacahuète

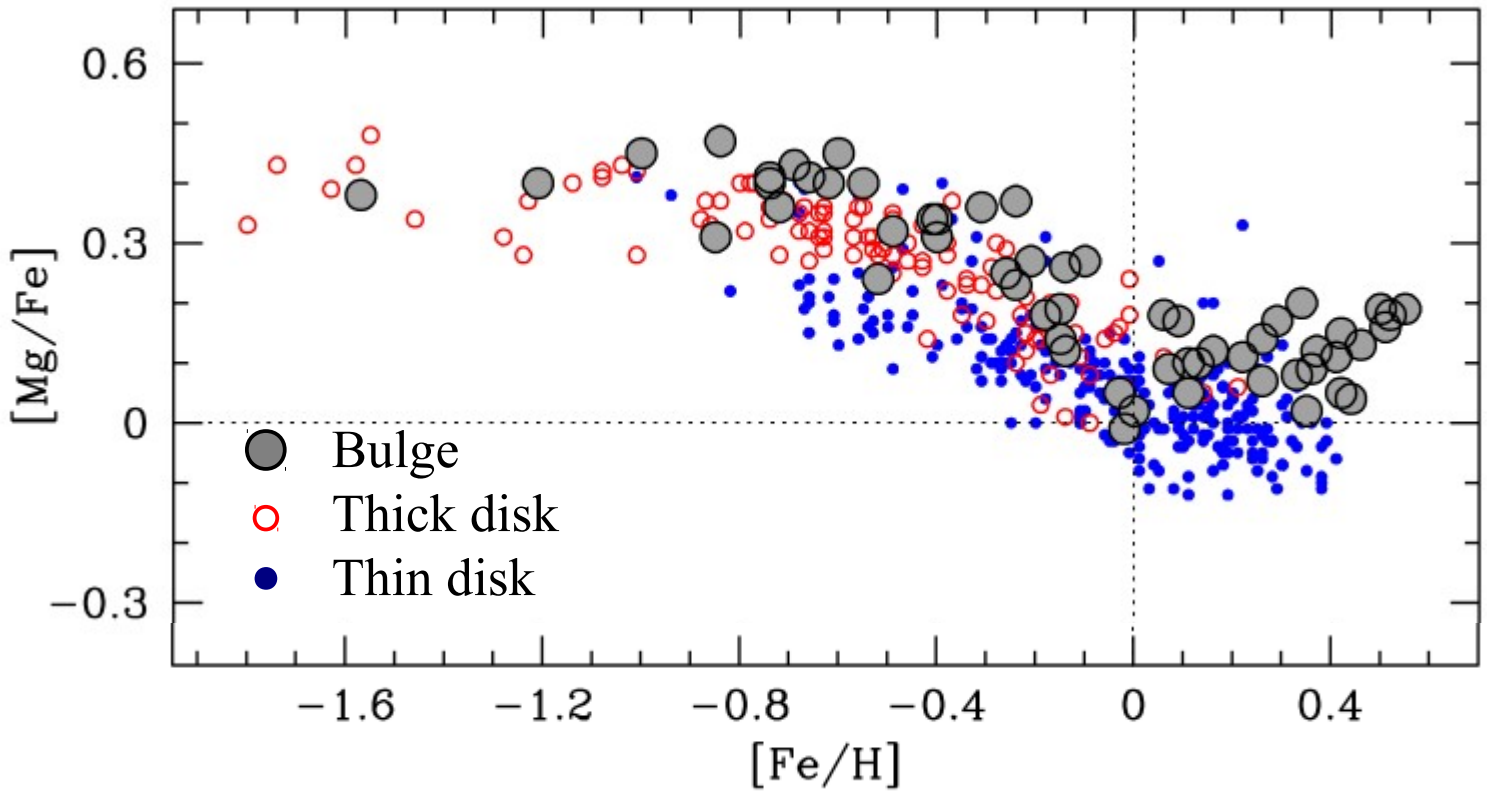
→ cinématique de barre

✓ les étoiles sont principalement vieilles (> 10 Gyr)



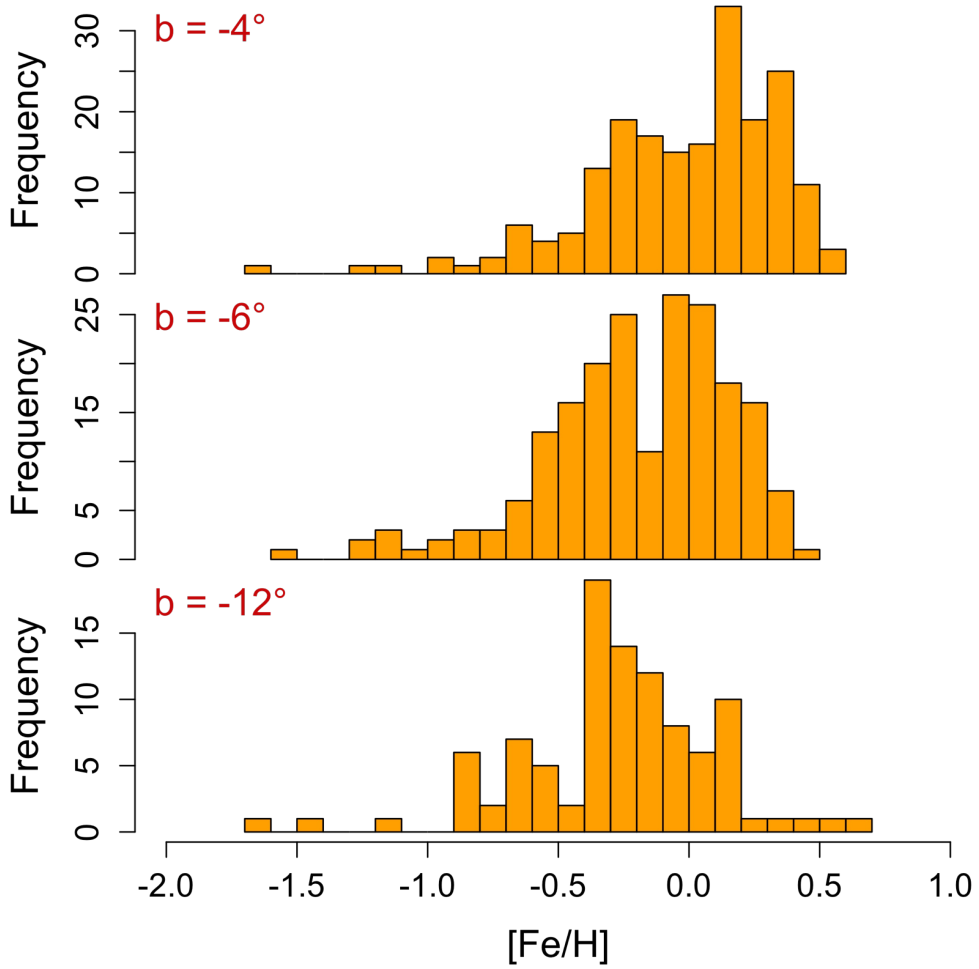
Clarkson et al. 2008

✓ enrichissement en éléments α (→ formation rapide)



Bensby et al. 2013
(Microlensed dwarfs)

✓ un gradient de métallicité est détecté



Zoccali et al. 2008

Un pseudo-bulbe ?



classique

← formation primordiale

(mergers)

pseudo-bulbe

← formé à partir du disque

(instabilités dynamiques)

Formation rapide :

→ enrichissement [α/Fe]

→ étoiles vieilles

→ forme ellipsoidale

→ distribution isotrope des vitesses

Formation lente :

→ abondances typiques du disque

→ étoiles jeunes et intermédaires

→ forme boîte / cacahuète

→ cinématique de barre

- ✓ bulbe en forme de boîte / cacahouète



2MASS atlas image

✓ Une barre est présente

Suggérée par de Vaucouleurs en 1964, largement confirmée:

✔ cinématique du gaz	
✔ distribution en luminosité infrarouge	COBE
✔ comptages d'étoiles	IRAS, DENIS, 2MASS, ISOGAL
✔ microlentilles	MACHO, OGLE, EROS
✔ cinématique stellaire	SiO masers, OH/IR, low Av windows
✔ étoiles du Red Clump	OGLE, near-IR

Les deux scénarios ?



classique

← formation primordiale

(mergers)

Formation rapide :

→ enrichissement [α/Fe]

→ étoiles vieilles

→ forme ellipsoidale

→ distribution isotrope des vitesses



pseudo-bulbe

← formé à partir du disque

(instabilités dynamiques)

Formation lente :

→ abondances typiques du disque

→ étoiles jeunes et intermédaires

→ forme boîte / cacahuète

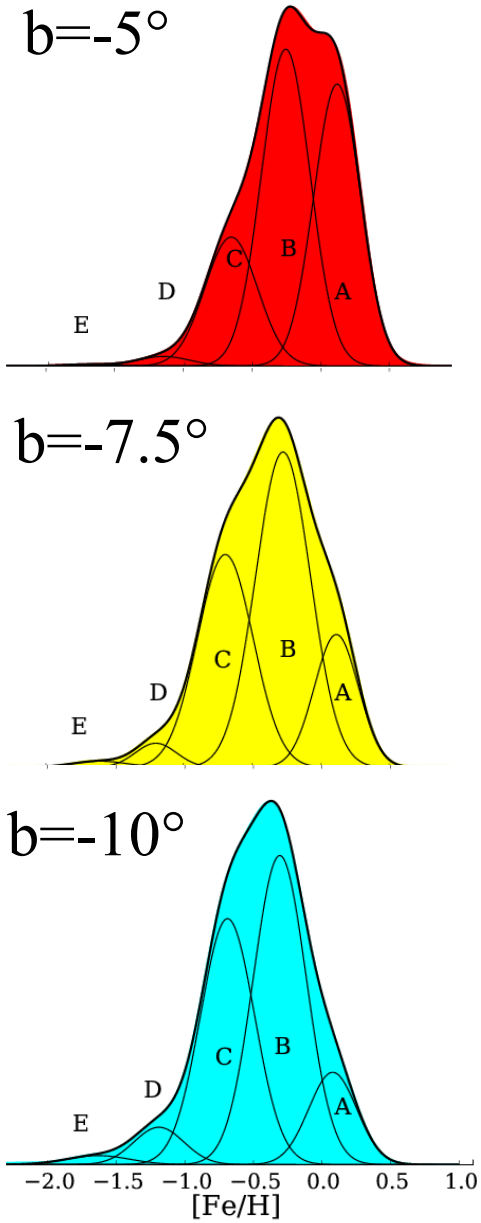
→ cinématique de barre

différents traceurs → différentes structures

$-10° < l < 10°$:

- Red Clump → $\varphi_{bar} \sim 20°$
- Miras → $\varphi_{bar} \sim 45°$ (e.g. Groenewegen & Blommaert 2005)
- RR Lyrae → $\varphi_{bar} \sim 80°$ (e.g. Collinge et al. 2006)

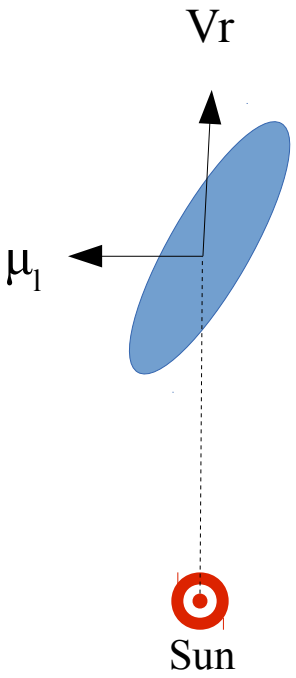
Plusieurs populations dont le mélange varie

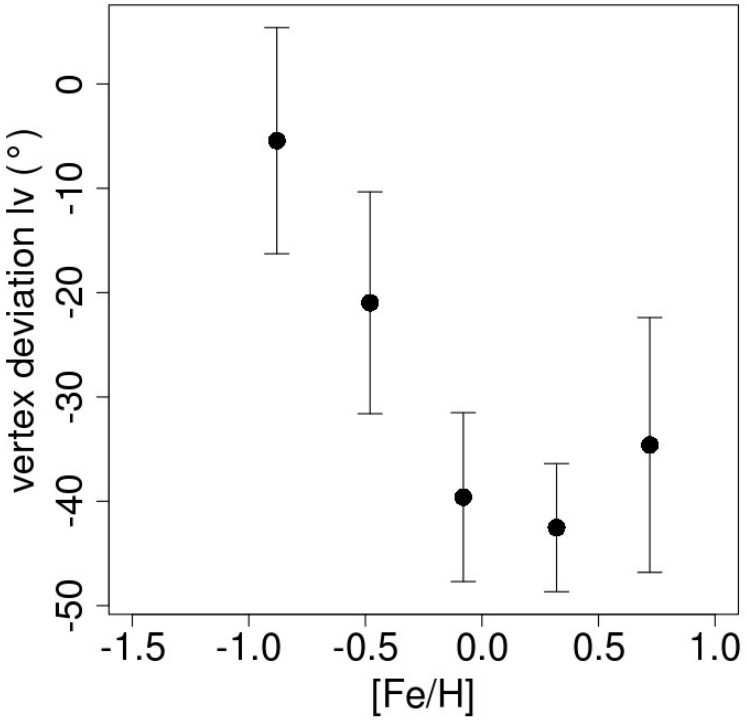


Populations A & B
associées à la barre

ARGOS Survey
Ness et al. 2013

Différence cinématique Versus chimie

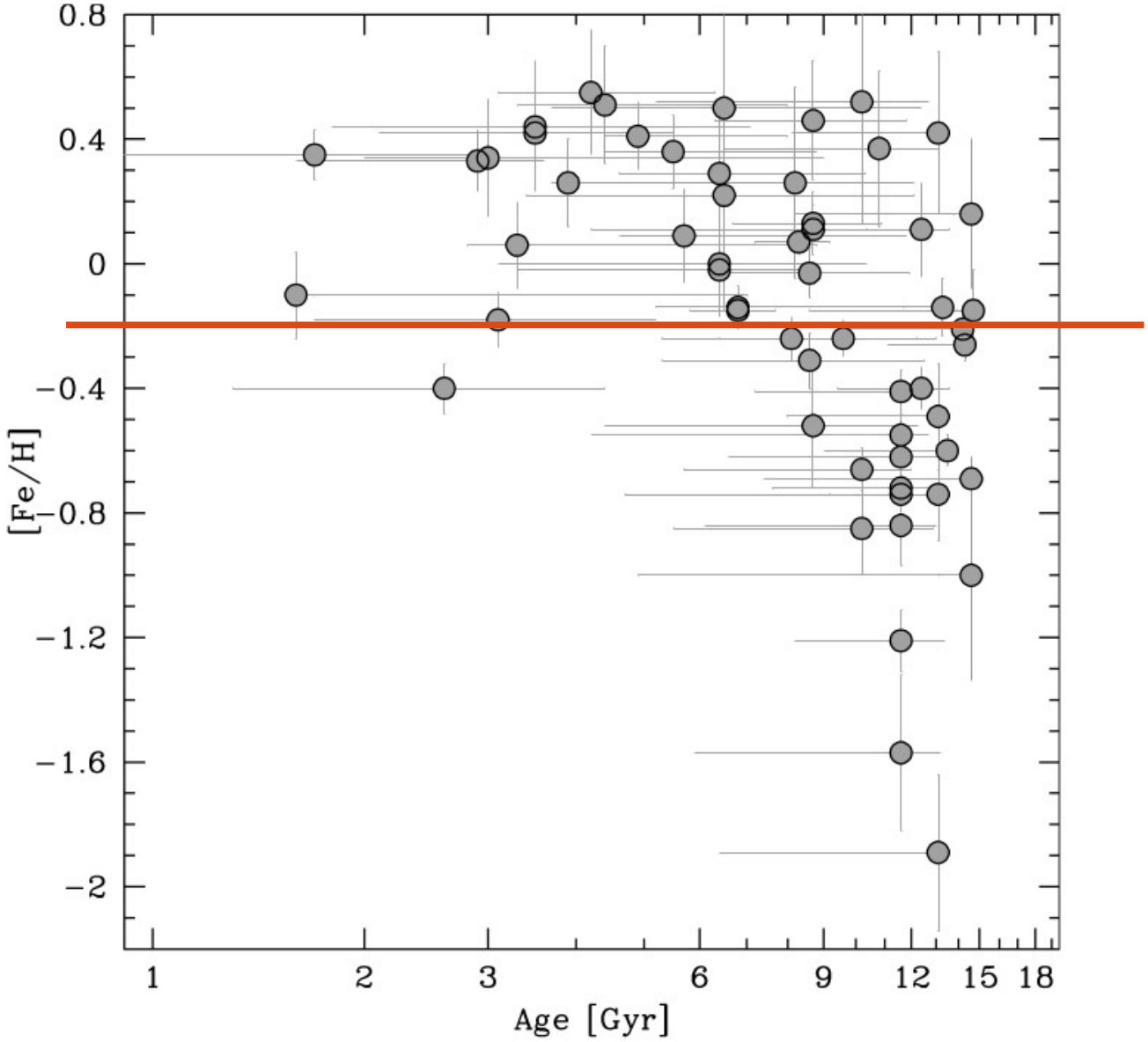




→ seulement la population riche en métaux est sous l'influence cinématique de la barre

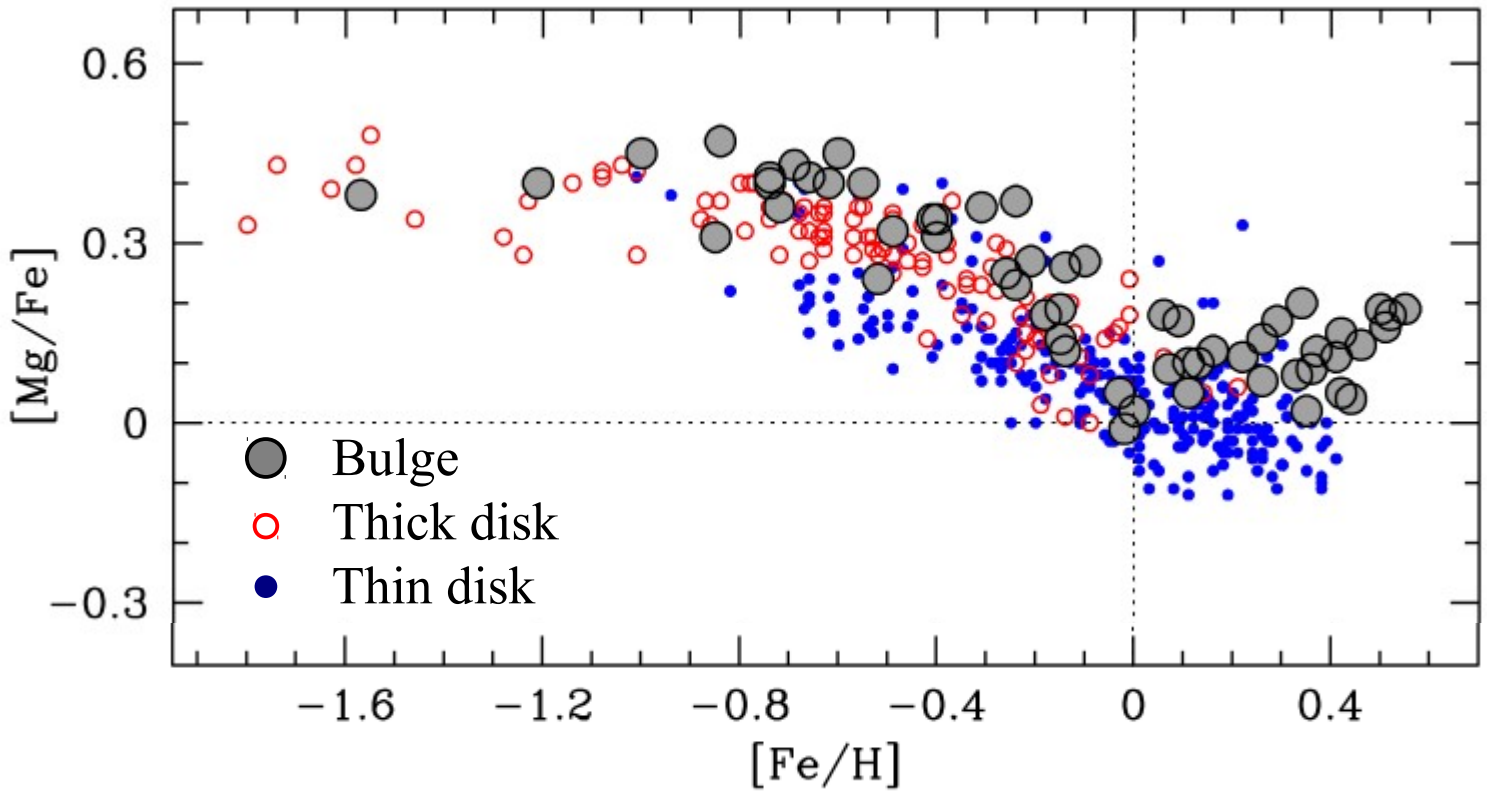
Babusiaux et al. 2010

les étoiles pauvres en métaux sont vieilles



Microlensed dwarfs
Bensby et al. 2013

un lien avec le disque épais ?



Bensby et al. 2013
(Microlensed dwarfs)

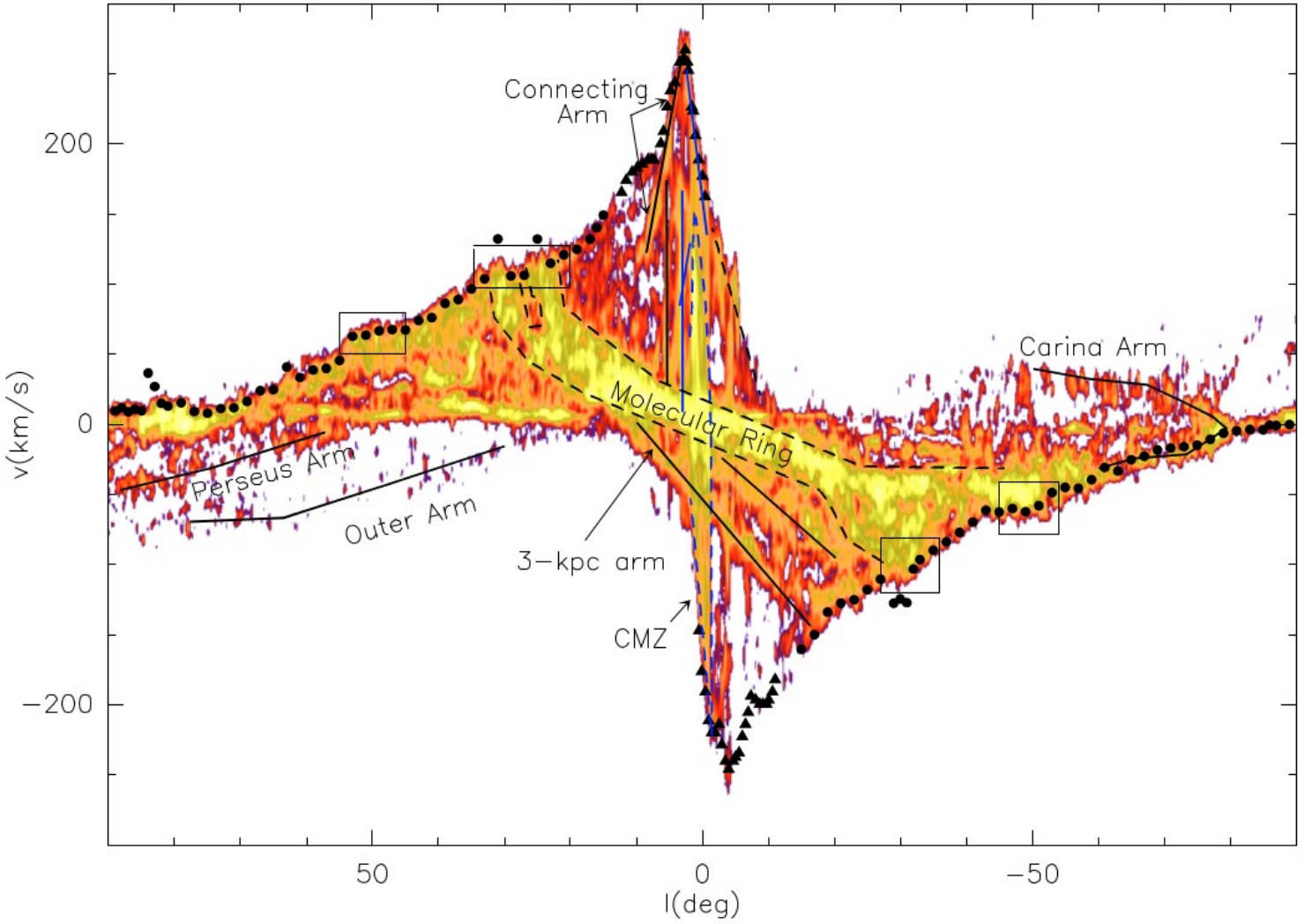
1. Scénarios de formation

2. Observations

3. Une structure dynamique

4. Zoom jusqu'au trou noir central

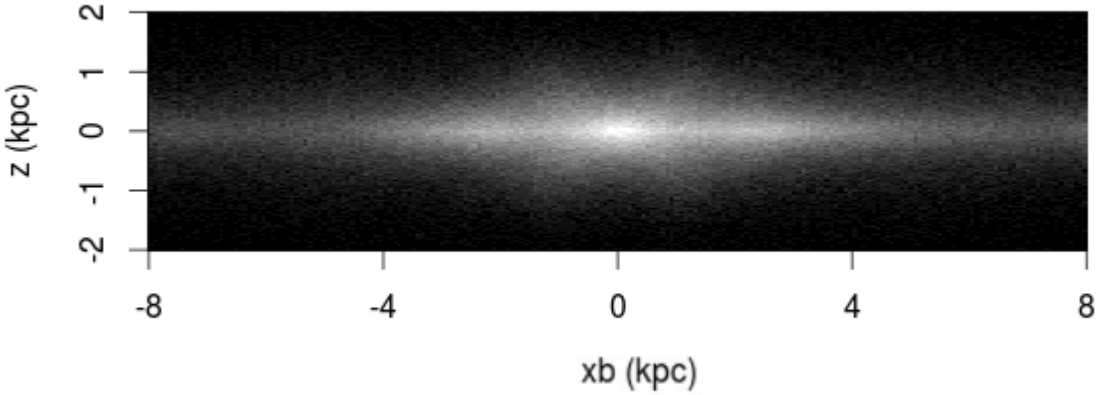
Cinématique du gaz



CO emission from Dame et al. (2001)

Rodriguez-Fernandez & Combes (2008)

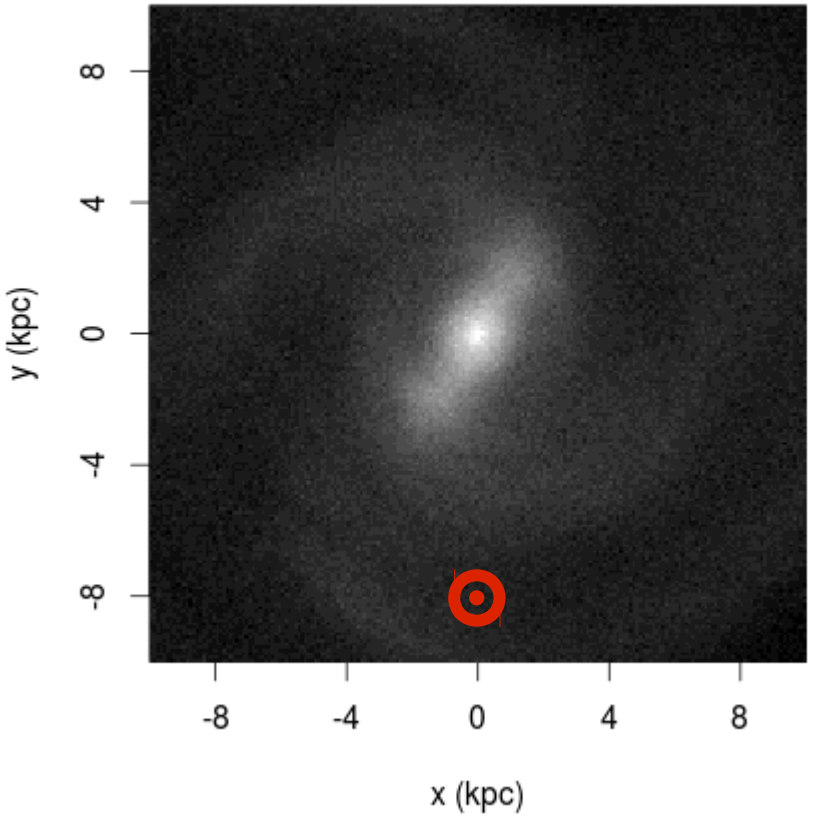
N-body simulation from Fux 1999

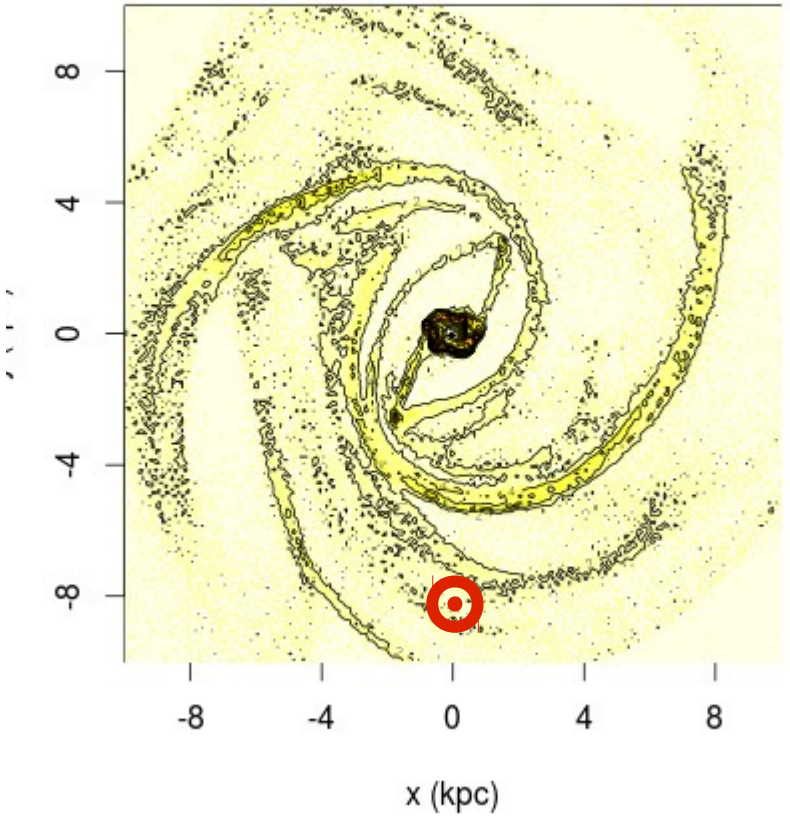


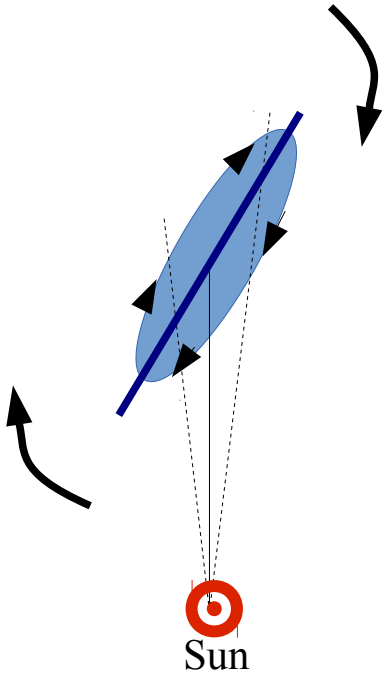
edge-on

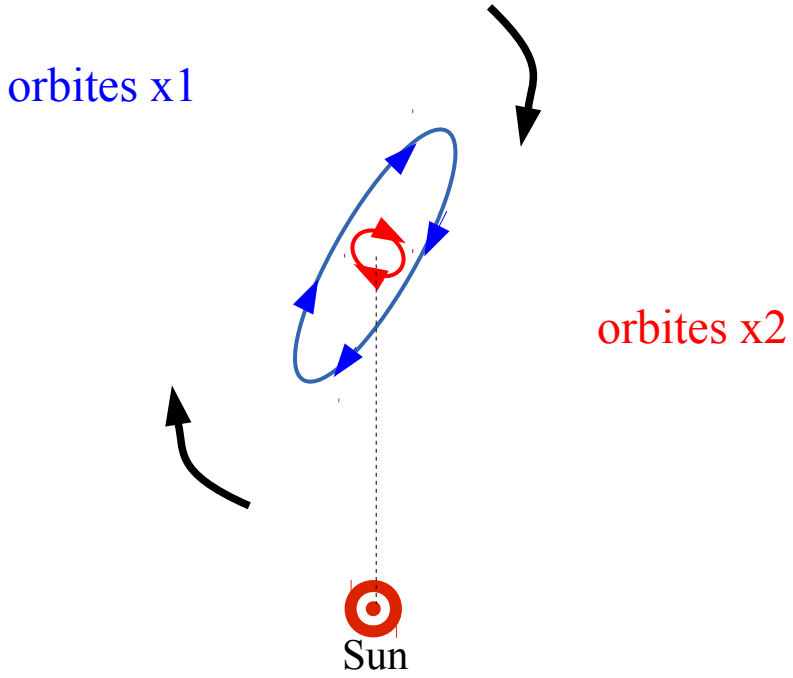
face-on : **stars**

face-on : **gaz**



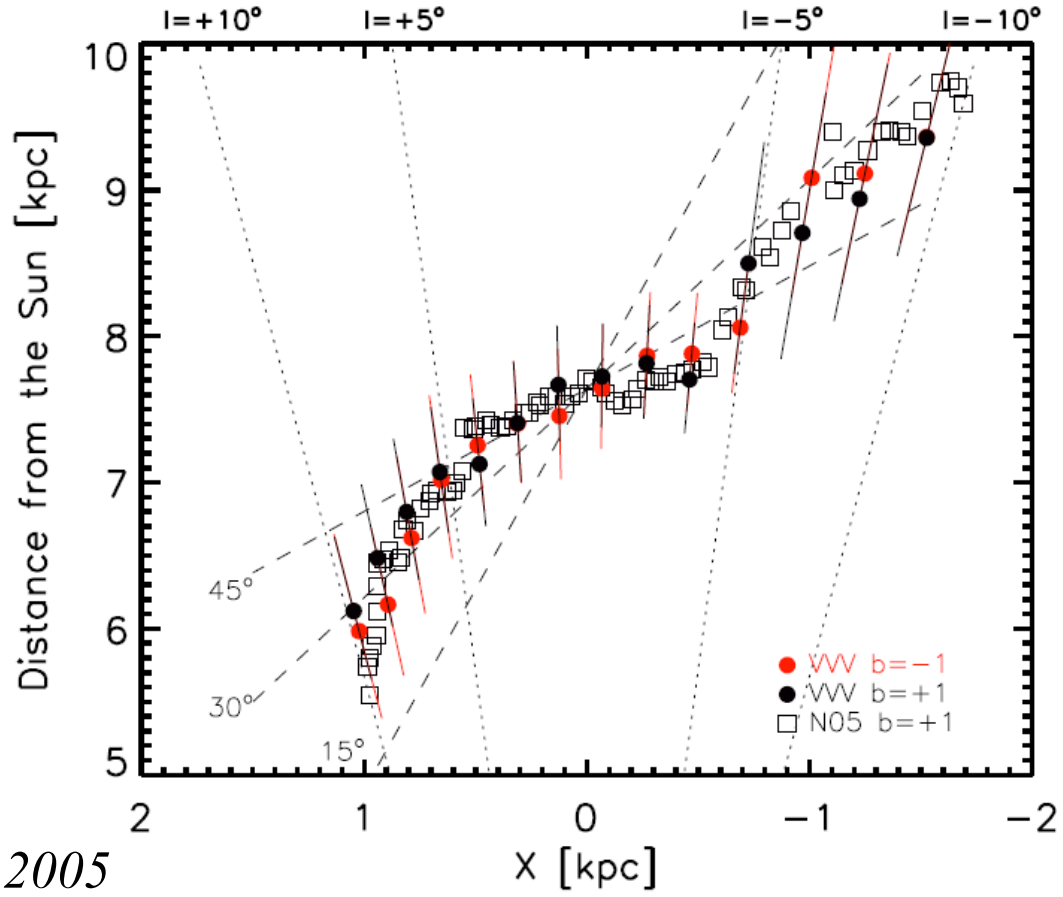



Sun


orbites x1
orbites x2
Sun

bulbe interne : |l| < 4° (R < 0.5 kpc)

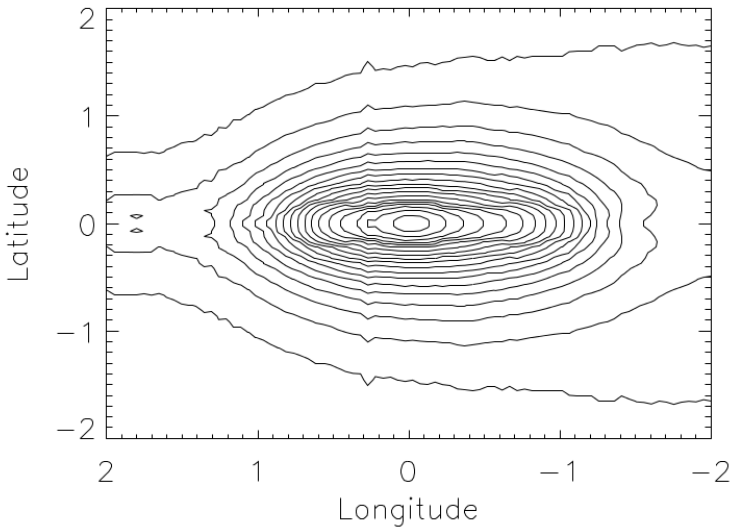
barre principale : |l| < 10° (R < 2.5 kpc)



Nishiyama et al. 2005

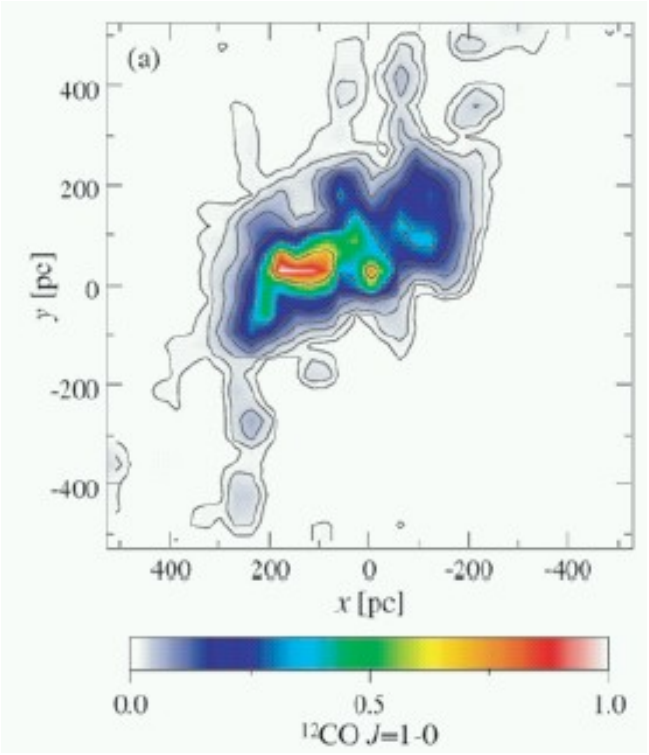
Gonzalez et al. 2011

Zone Moleculaire Centrale : |l| < 1.5°, |b|<0.5° (R < 200 pc)



Alard 2001

(2MASS star counts)

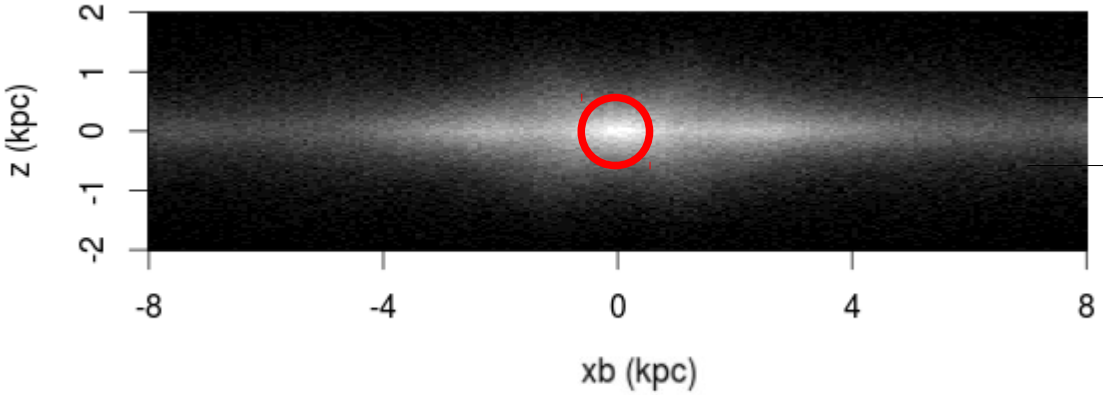


Sawada et al. 2004

(CO map)

N-body simulation from Fux 1999

edge-on

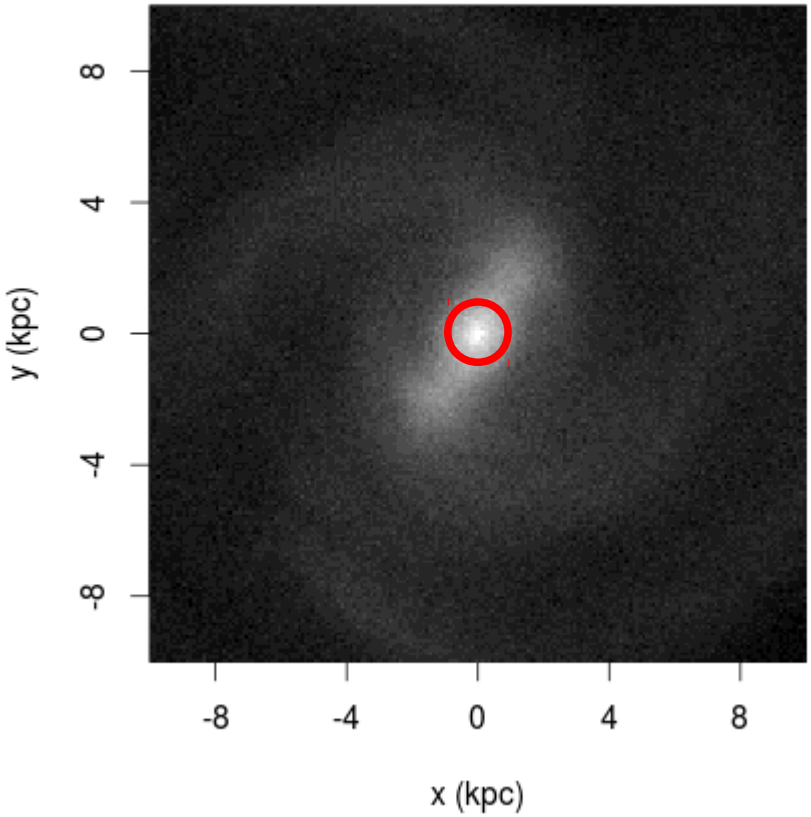


b = +4°

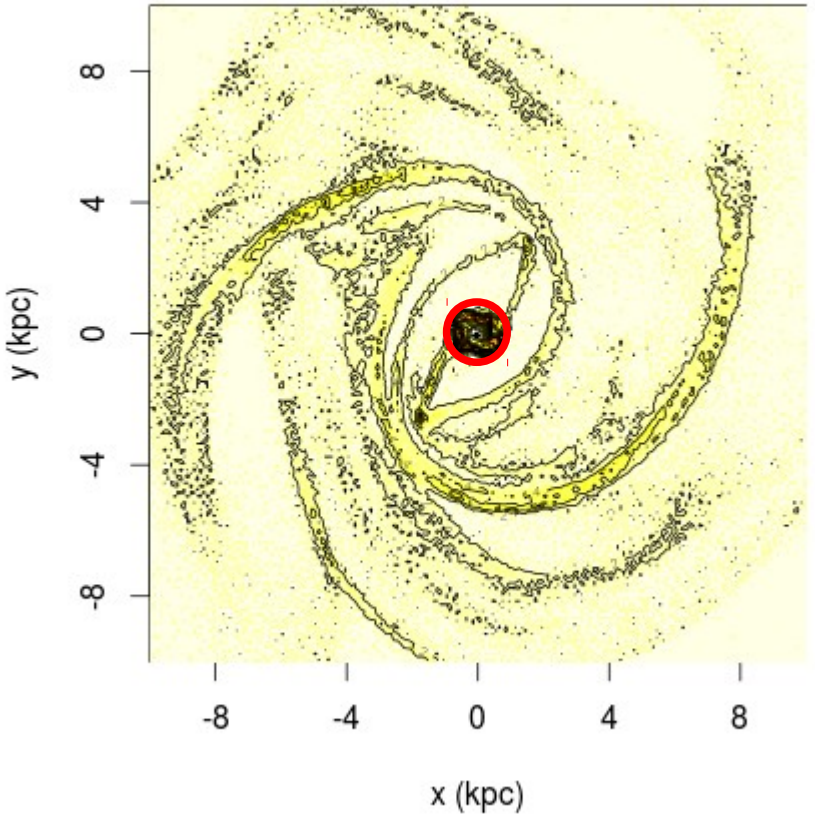
b = -4°

rayon
550 pc

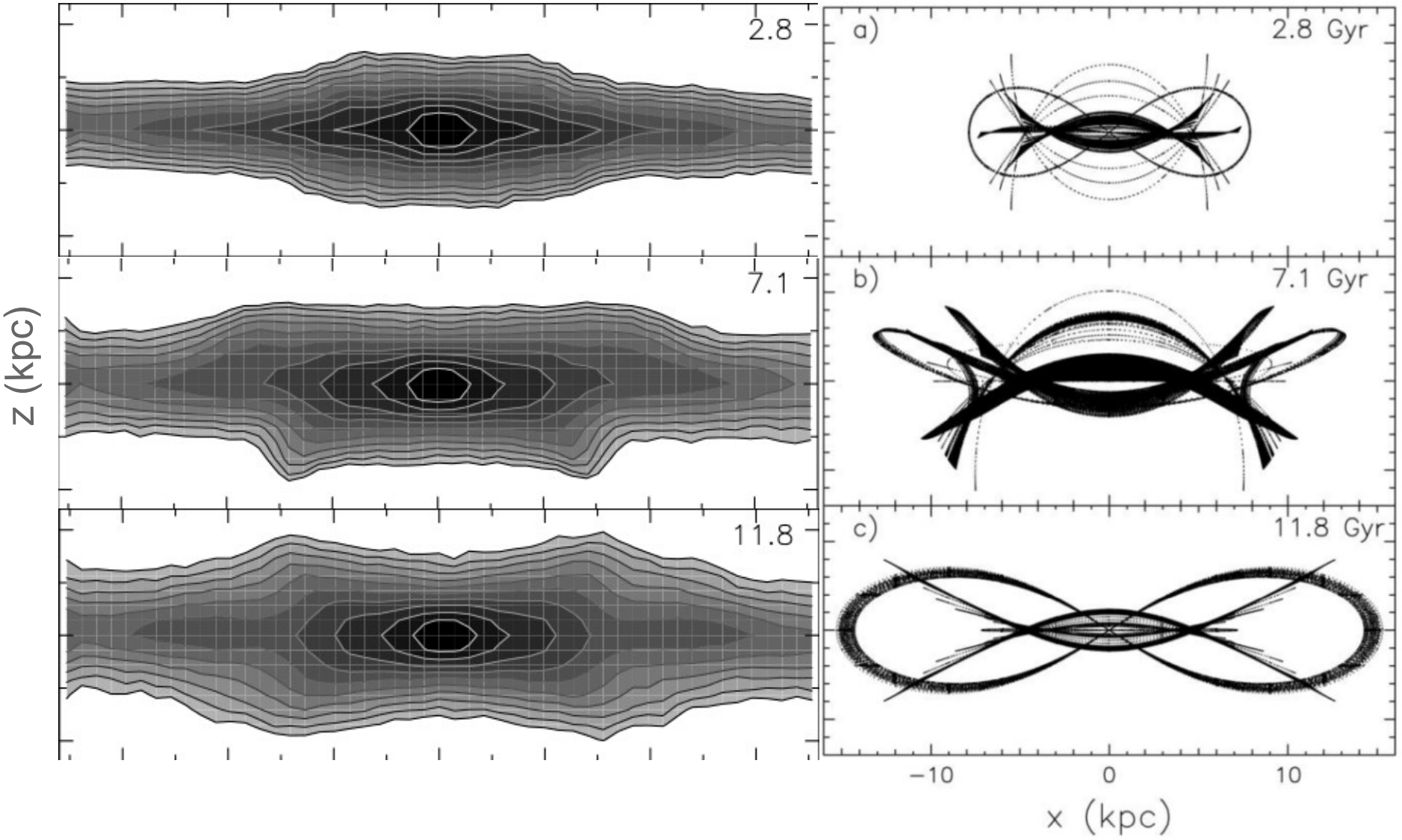
face-on : **stars**



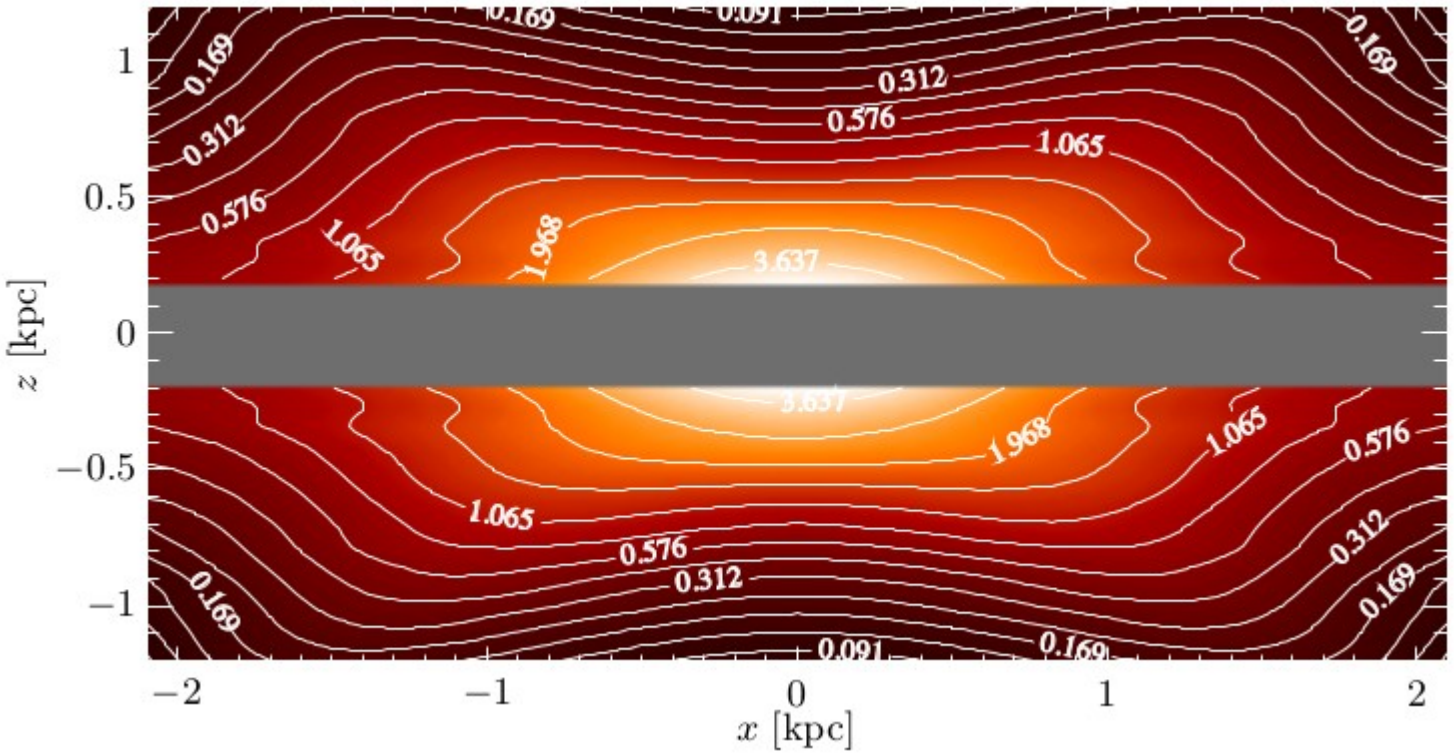
face-on : **gaz**



vue de face



Martinez-Valpuesta et al. 2006



Edge-on view of the Milky Way from VVV photometry
Wegg & Gerhard 2013

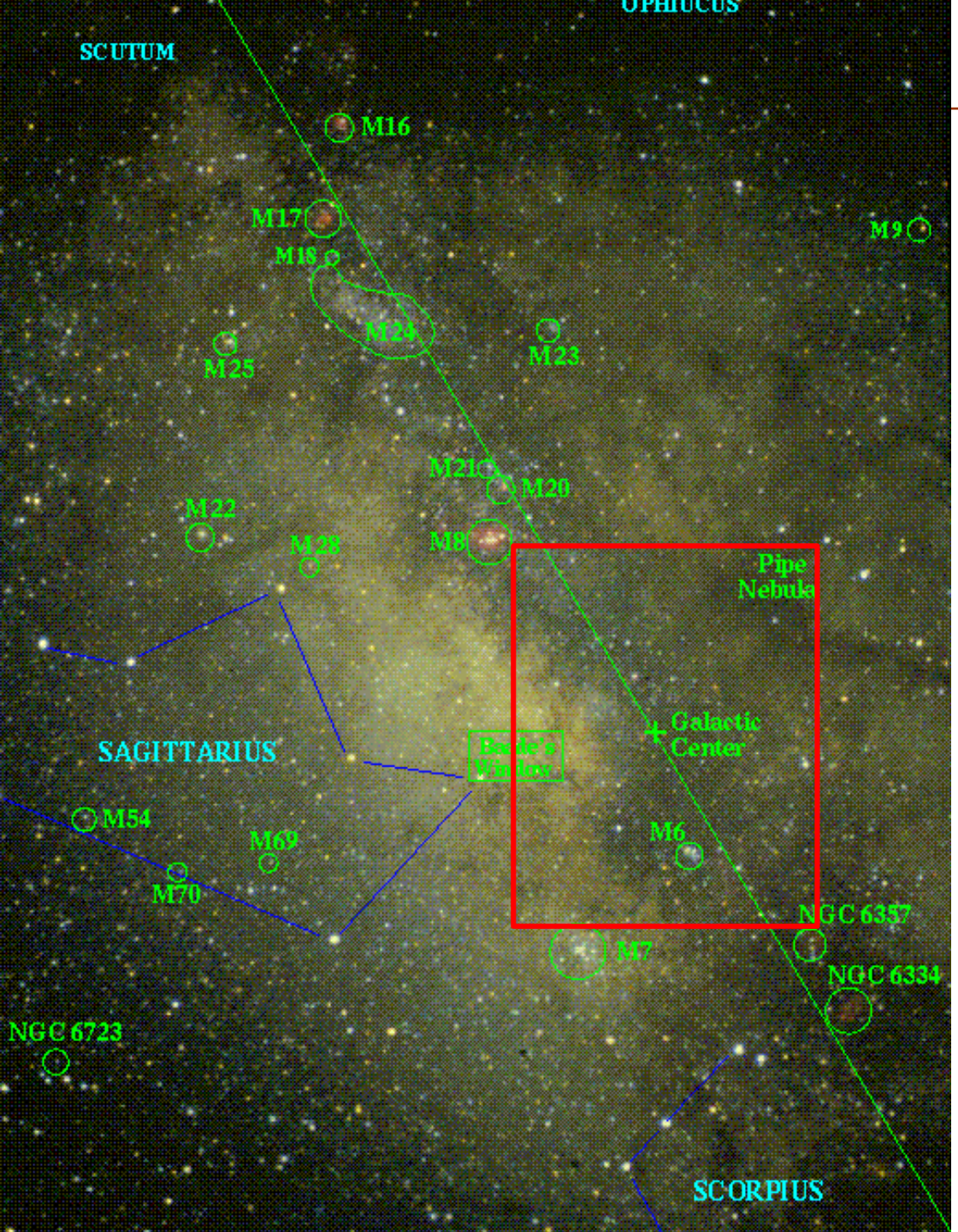
1. Scénarios de formation

2. Observations

3. Une structure dynamique

4. Zoom jusqu'au trou noir central

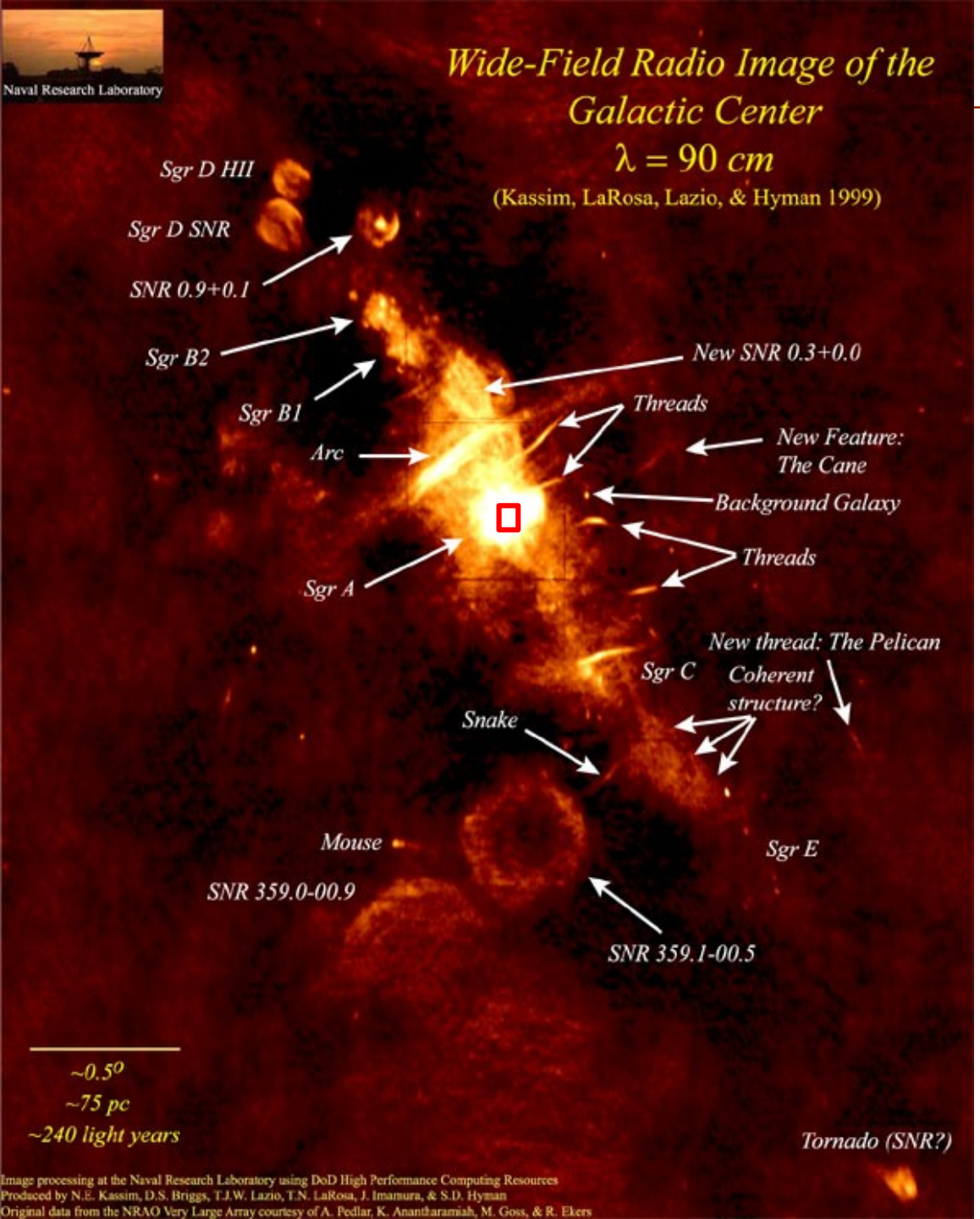
Zooming



Annotated optical image
crédit: W. Keel

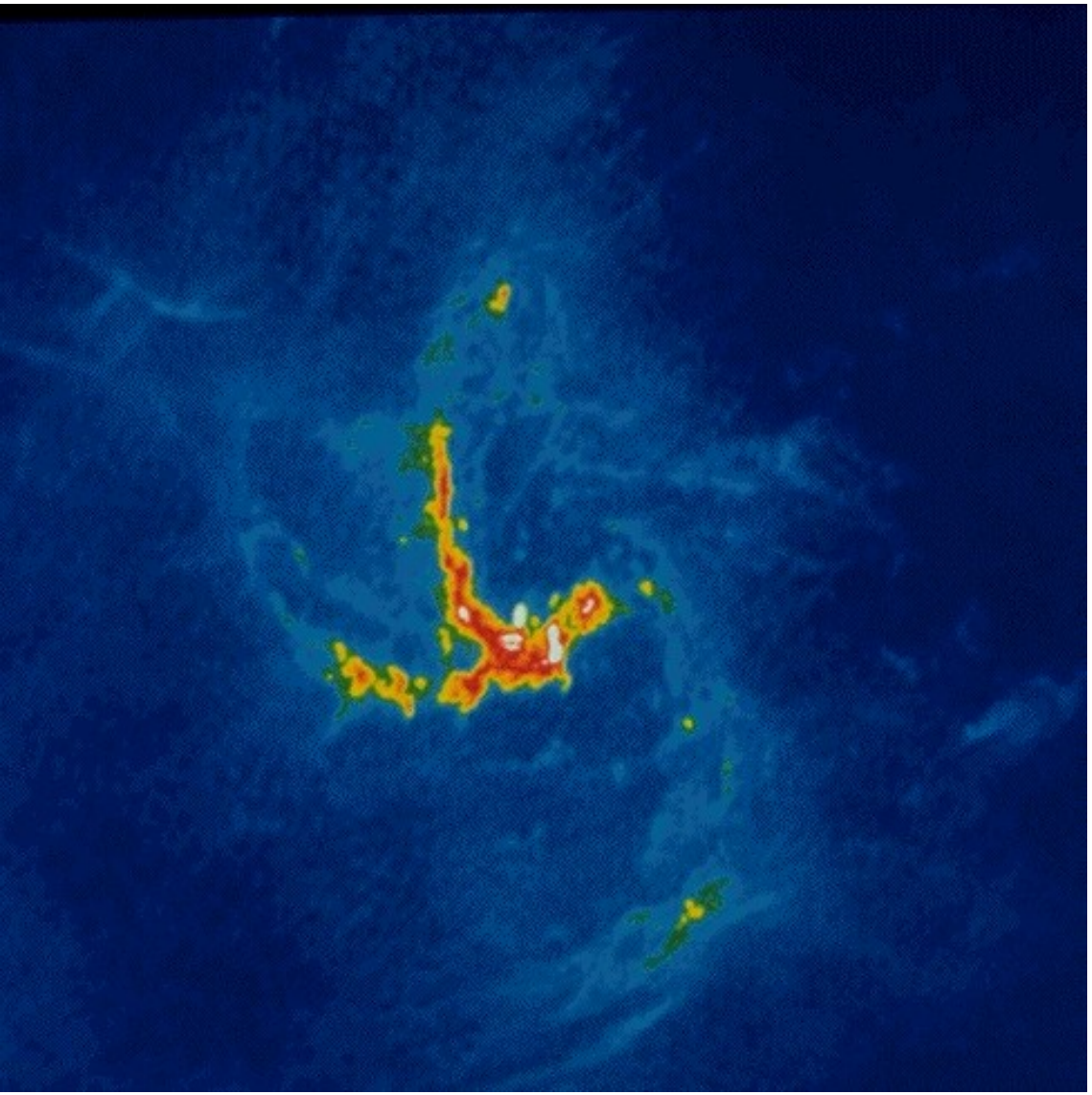
10° x 15°
1500 x 2200 pc

Zooming



3.2° x 4°
470 x 600 pc

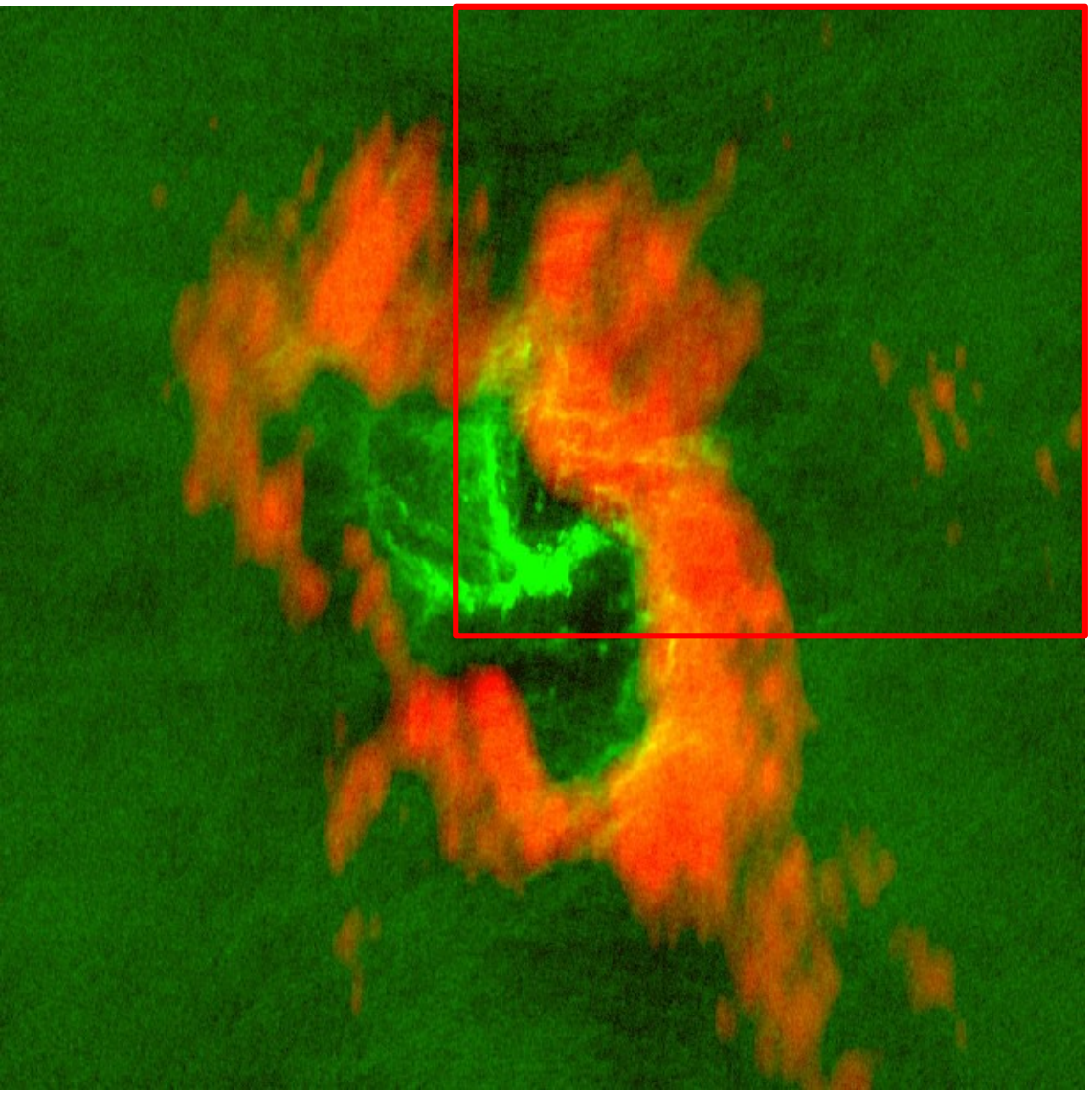
Mini-spirale



VLA image of the GC at 6cm
crédit: F. Yusef-Zadeh et al.

4' x 4'
10 x 10 pc

Mini-spirale



vert: émission radio
gaz ionisé
→ mini-spirale de la cavité centrale

rouge: émission du HCN
gaz moléculaire
→ anneau circumnucléaire

crédit: F. Yusef-Zadeh
Ferrière 2012

~ 12 pc

Amas nucléaire

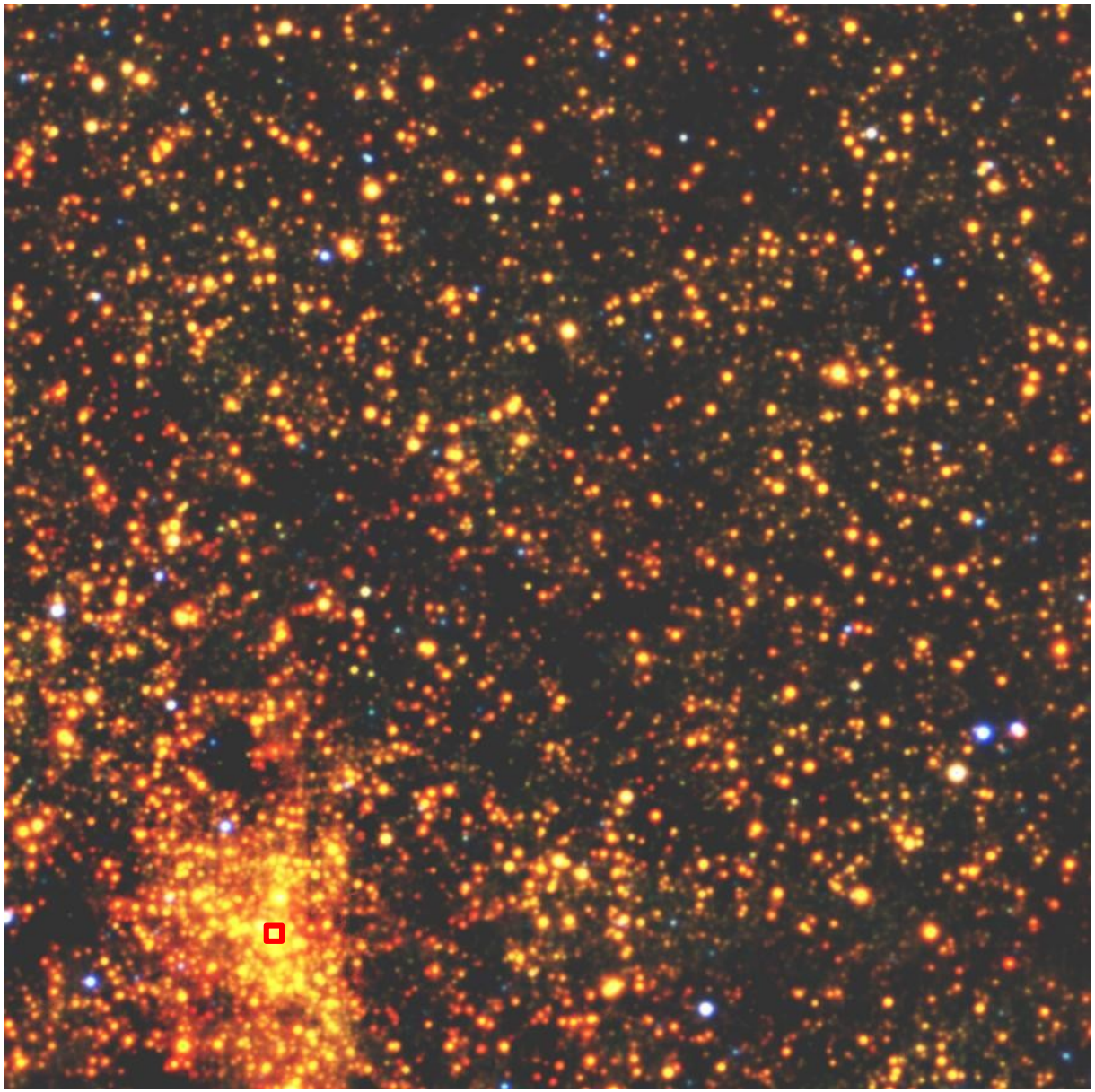


image proche-infrarouge

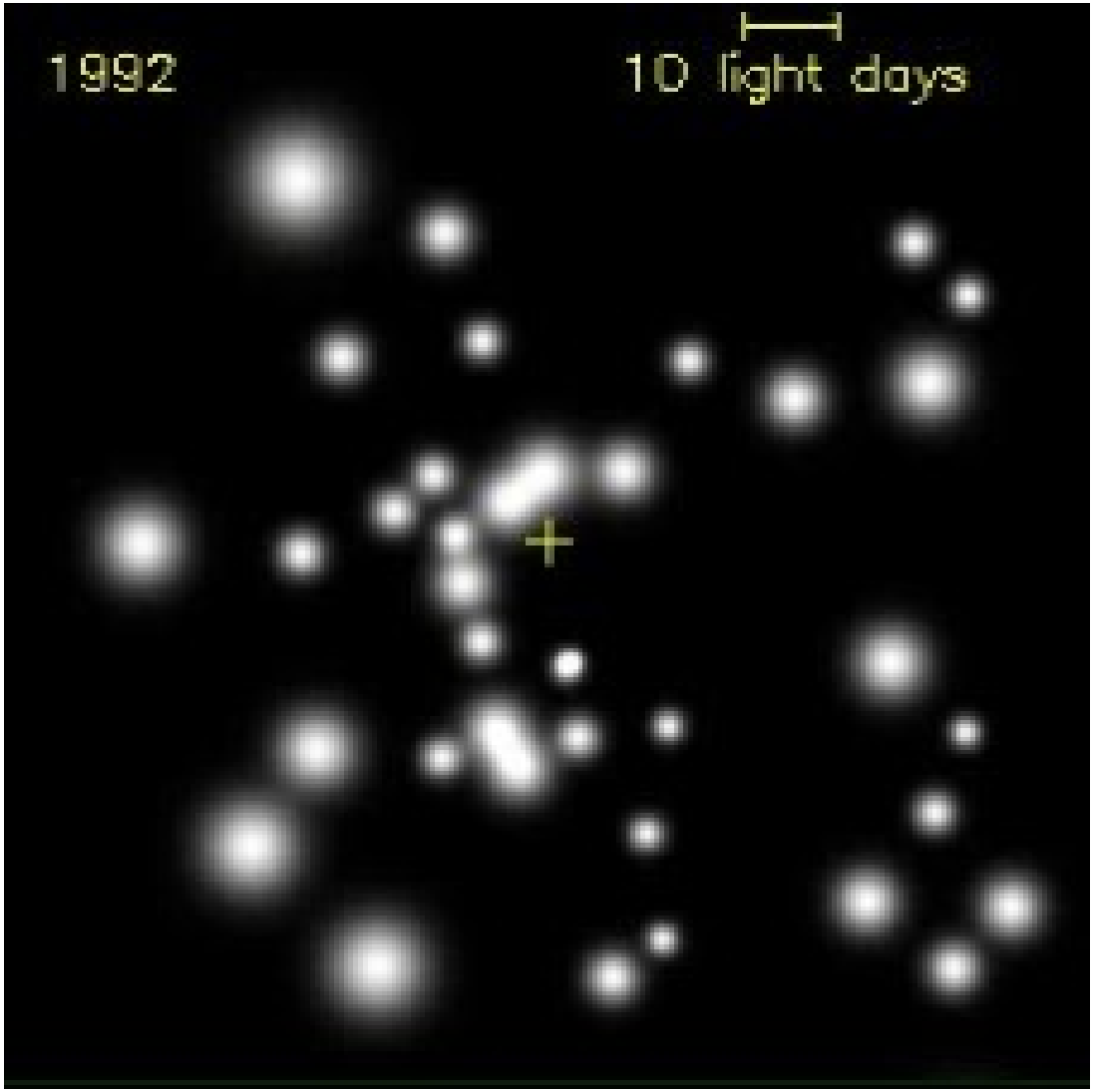
CIRSI (J,H,K)

Babusiaux 2004

2.9' x 2.9'

7 x 7 pc

Trou noir supermassif : Sgr A*



ESO video
from the work of
Gillessen et al. 2009

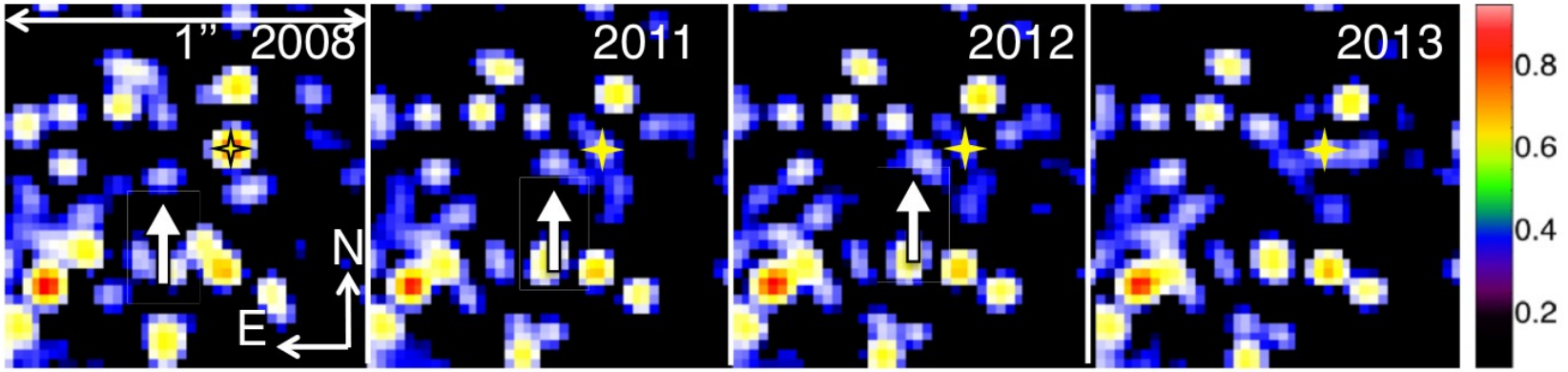
$R_0 = 8.3 \pm 0.3$ kpc

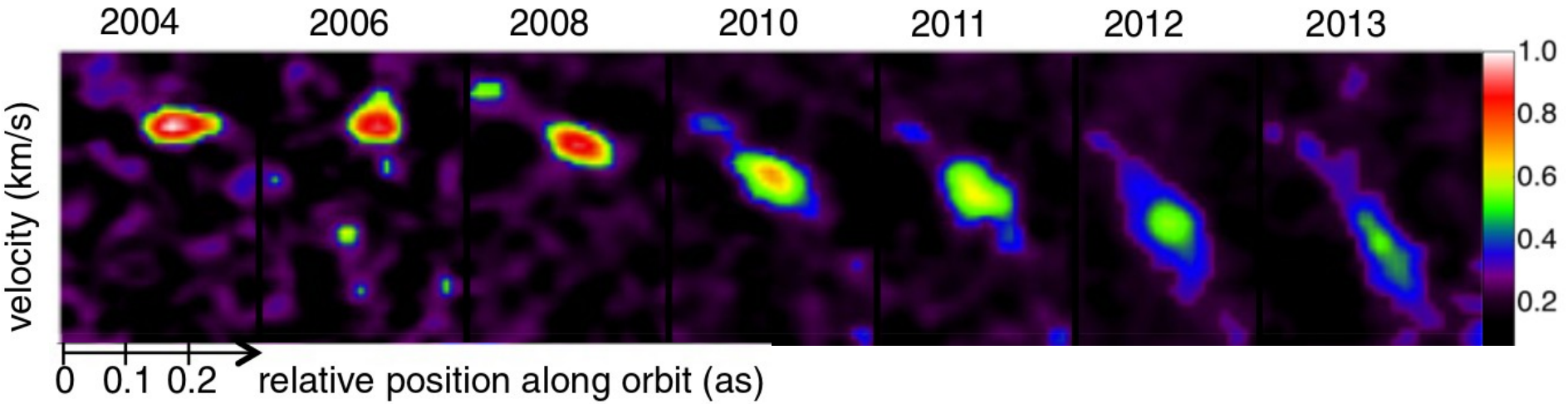
$M_{BH} = 4.3\ 10^6\ M_\odot$

Etoile S2
type: B1V
période: 15 ans

~ 2.5”
~ 0.1 pc

Trou noir supermassif : Sgr A*

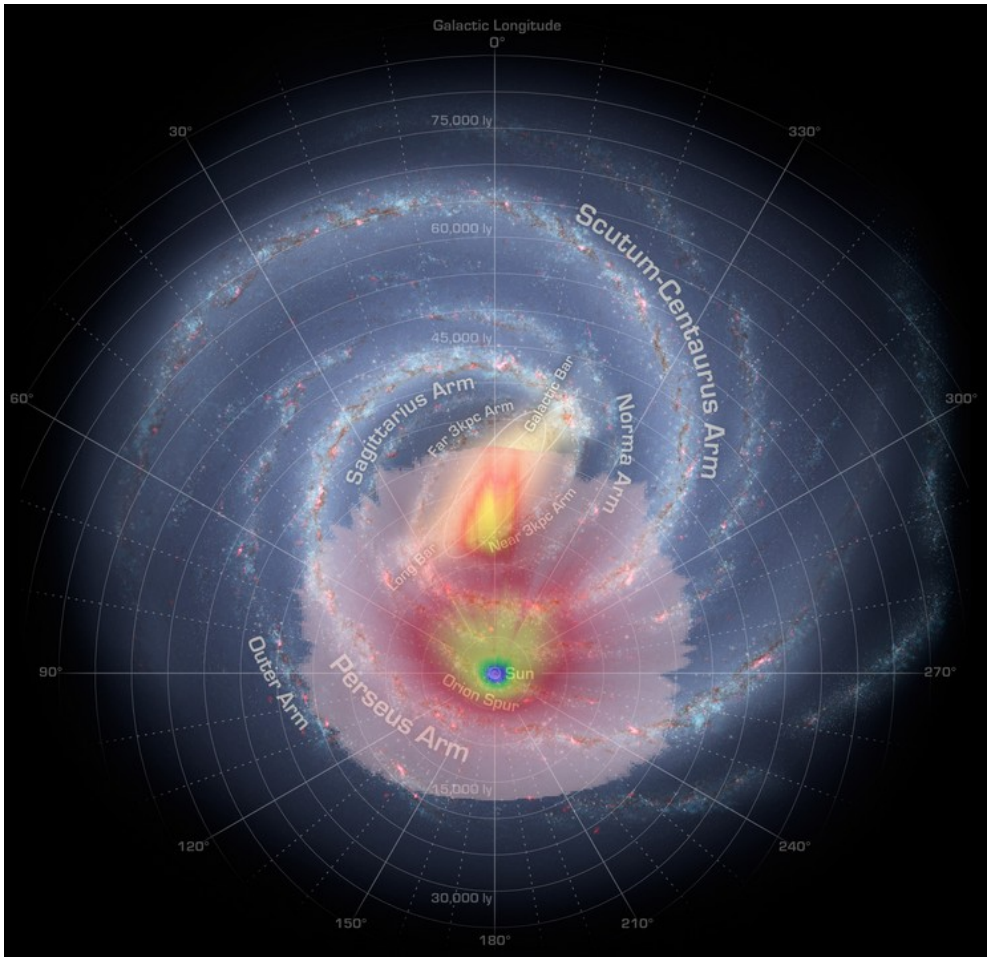




Nuage G2 : 3 M_T, période: 137 ans

Gillessen et al. 2013

- ✓ **Distances** (G < 16)
  → structures 3D
- ✓ **Mouvements propres** (G < 20)
  → dynamique
- ✓ **Spectrophotométrie** (G < 20)
  → populations stellaires
- ✓ **Vitesses radiales** (G_{RVS} < 15)
  → dynamique 6D



Densité d'étoiles observées par Gaia
Figure de X. Luri à partir de simulation du Gaia DPAC CU2