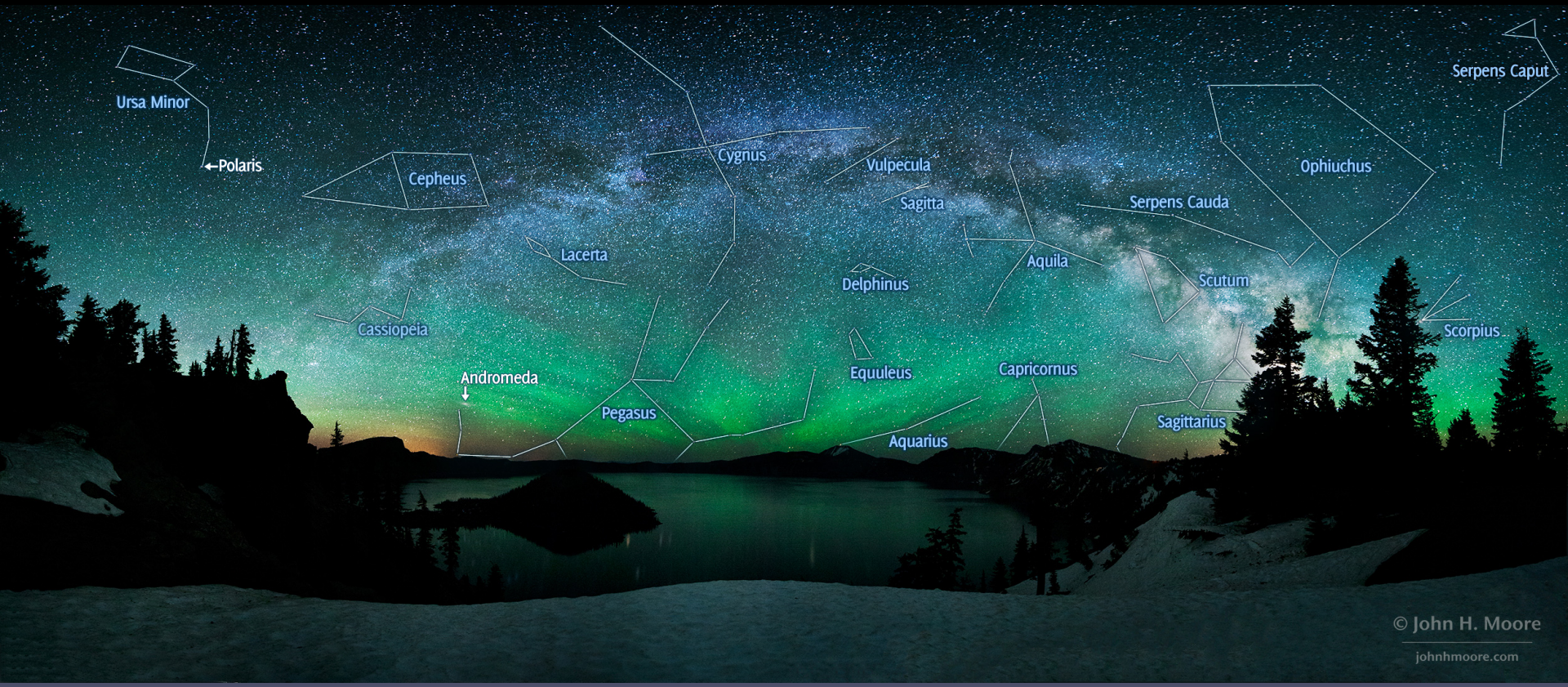


La Voie Lactée, notre Galaxie

Georges Kordopatis

La Voie Lactée

- Introduction historique
- Caractéristiques principales
- Structures et principales composantes
- Environnement proche
- Histoire de sa formation et évolution


Ursa Minor
Polaris
Cepheus
Cygnus
Vulpecula
Sagitta
Serpens Caput
Ophiuchus
Serpens Cauda
Lacerta
Aquila
Delphinus
Scutum
Cassiopeia
Scorpius
Andromeda
Equuleus
Capricornus
Pegasus
Sagittarius
Aquarius
© John H. Moore
johnhmoore.com







La Voie Lactée

- **Introduction historique**
- Caractéristiques principales
- Structures et principales composantes
- Environnement proche
- Histoire de sa formation et évolution

Introduction

D'un point de vue historique

Mythologie grecque: voie lactée = lait de Héra qui nourrissait Héraclès



Le Tintoret: Origine de la Voie Lactée (1570)

Introduction

D’un point de vue historique

Mythologie grecque: voie lactée = lait de Héra qui nourrissait Héraclès

Anaxagore (-450): *Partie de la sphère céleste non masquée par ombre Terre*
Démocrite(~-450) : ***Rassemblement d'étoiles***
Hypothèse rejetée par Platon
Aristote (~-350) : Grande sphère tournant autour de la Terre



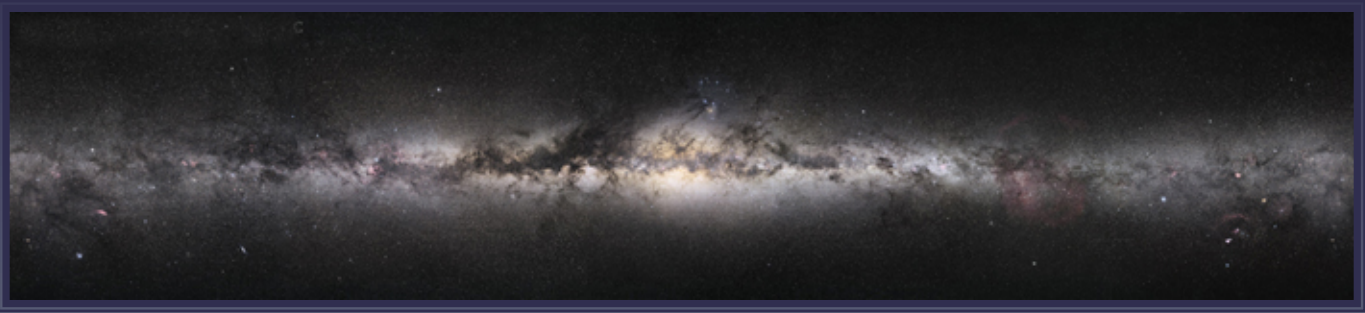
Introduction

D'un point de vue historique

1610: Galilée comprend que cet aspect laiteux provient de l'accumulation de millions d'étoiles

→ distribution des étoiles plus étendue dans les directions de la bande

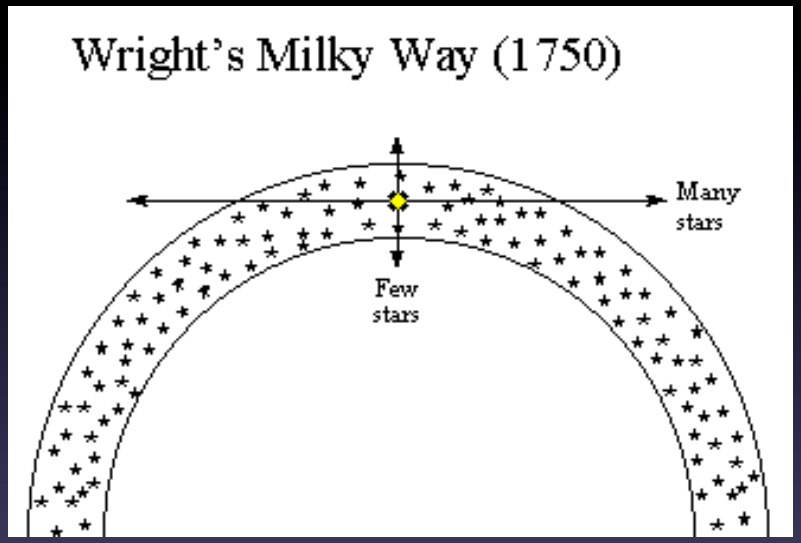
Définition originale: **trace dans le ciel du disque** d'étoiles, de gaz et de poussières (disque galactique) dans lequel est situé le système solaire

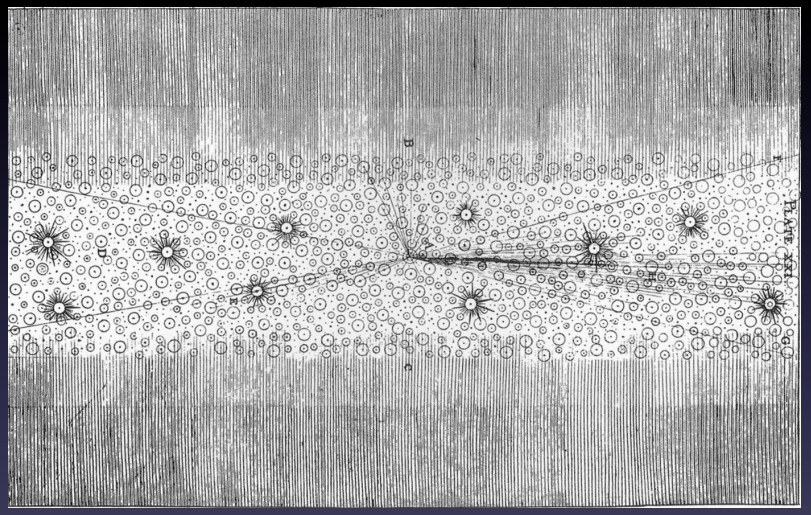


Panorama à 360° de la Voie Lactée du point de vue terrestre

Introduction

1750: T. Wright (1750) imagine une *strate d'étoiles vue de l'intérieur*

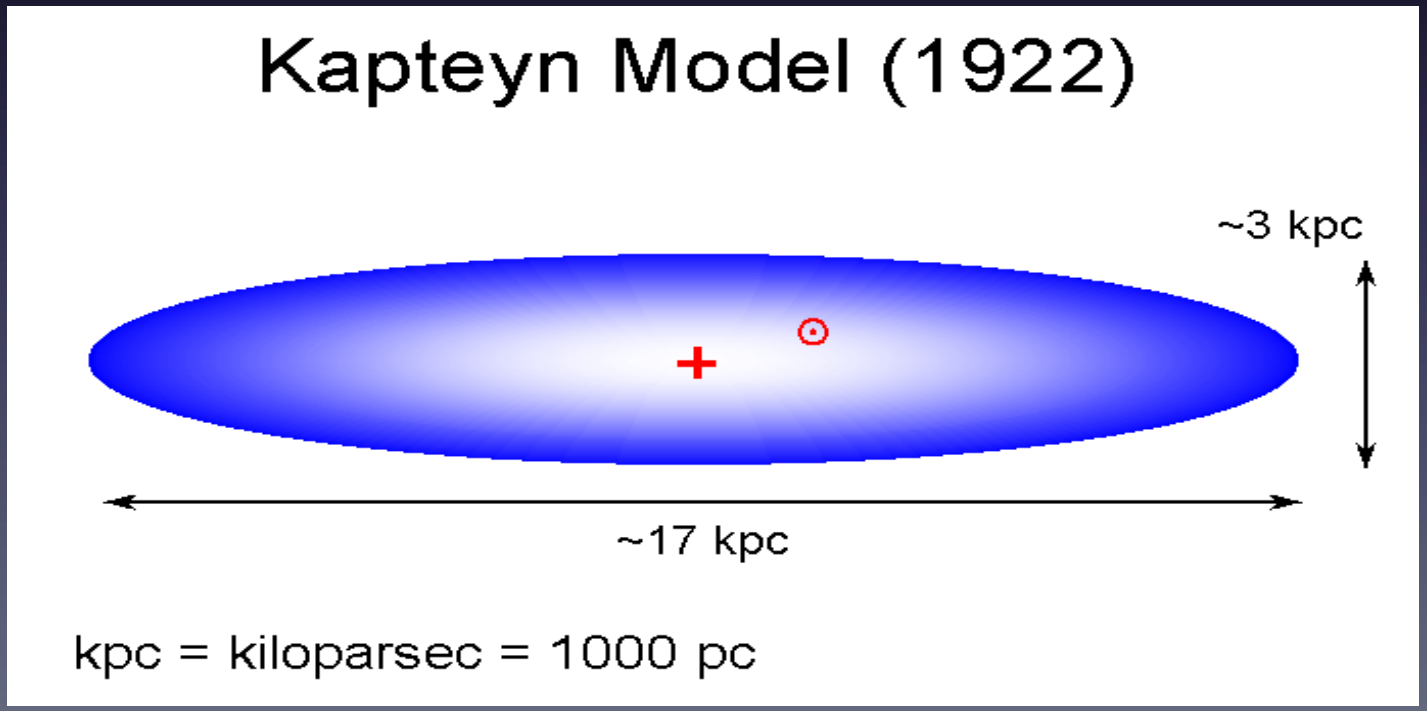




1922: Kapteyn: ellipse aplatie

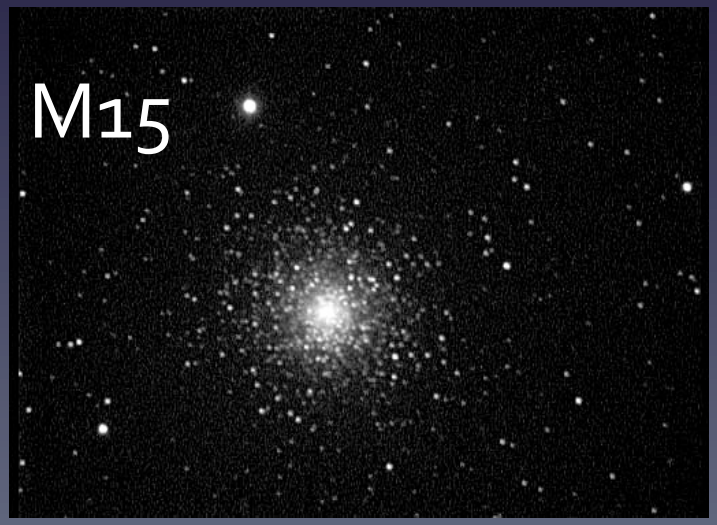
Mais: → problème d'extinction interstellaire

→ Soleil au centre



1918: Shapley: distribution des amas globulaires
& distances grâce aux Céphéïdes

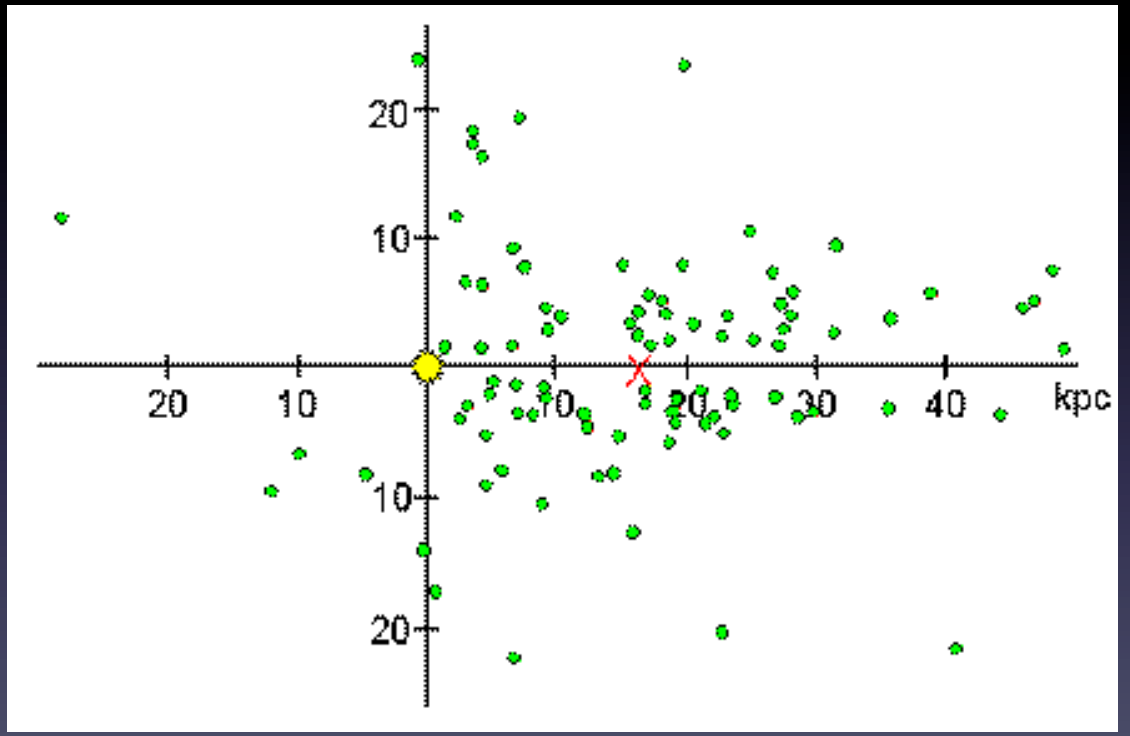
Amas globulaires: groupe compact d'etoiles, Jusqu'à plusieurs 100 000 d'etoiles





1918: Shapley: distribution des amas globulaires & distances grâce aux Céphéïdes



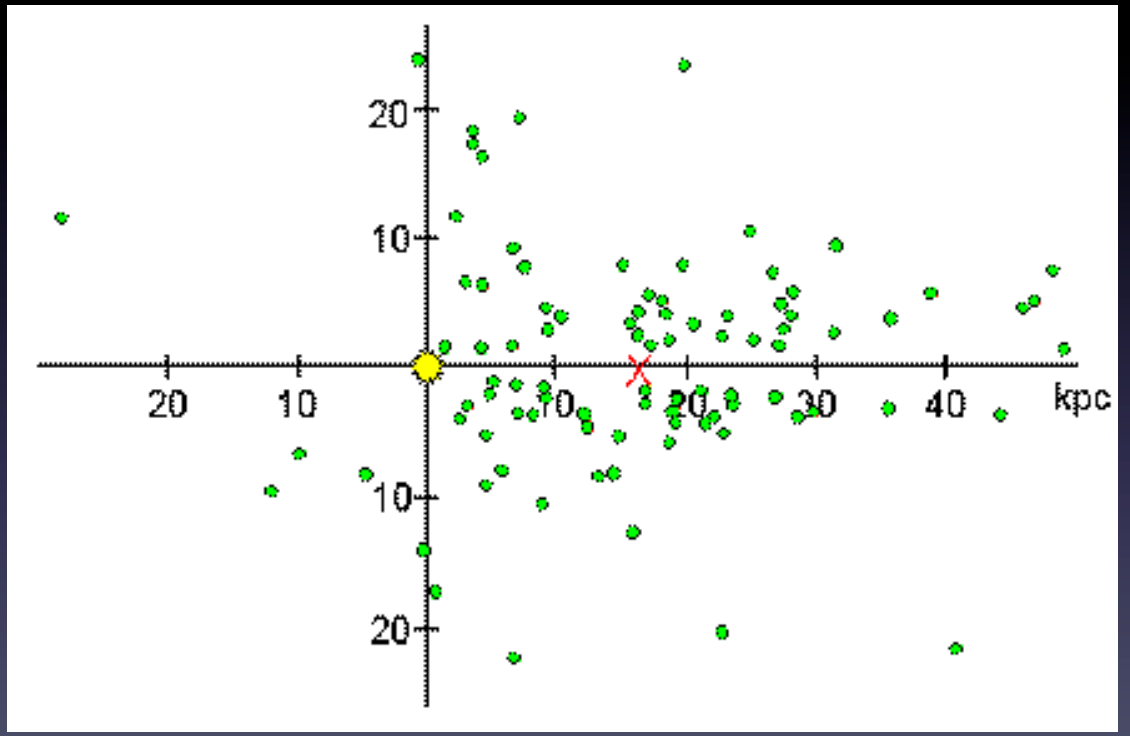


! LE SOLEIL N'EST PAS AU CENTRE!
Centre: distance de ~60000a.l. vers la constellation du Sagittaire

Mais: taille surestimée (pas d' absorption)

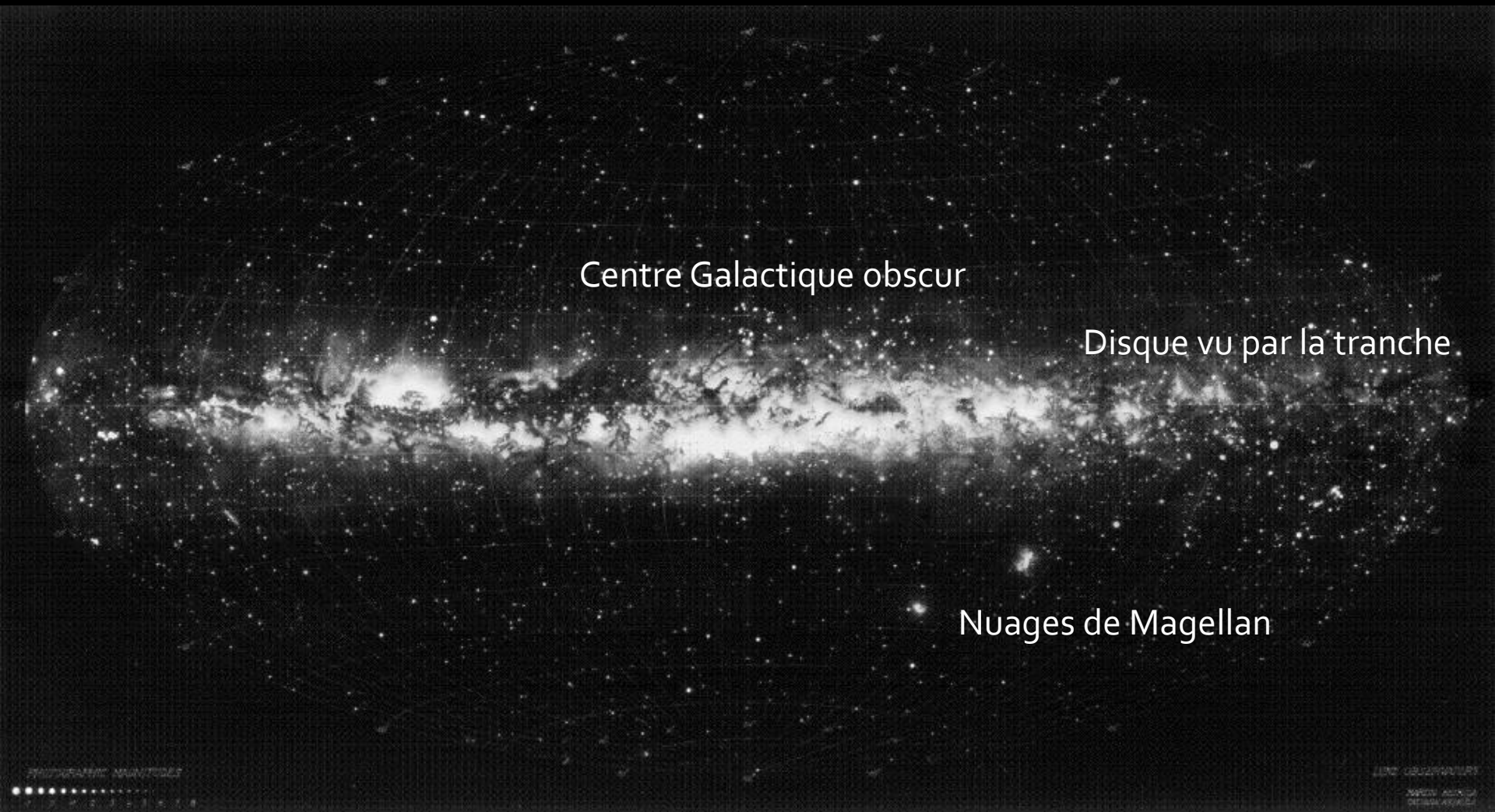
1918: Shapley: distribution des amas globulaires & distances grâce aux Céphéïdes





1930: Robert Jules Trumpler étudie l'effet de la poussière interstellaire (extinction) et permet d'obtenir l'image actuelle de la Voie Lactée

Comptage d'étoiles avec les télescopes modernes
Carte de 7000 étoiles (1940)



Comptage d'étoiles avec télescopes modernes

mise en évidence de structures spirales dans le voisinage solaire

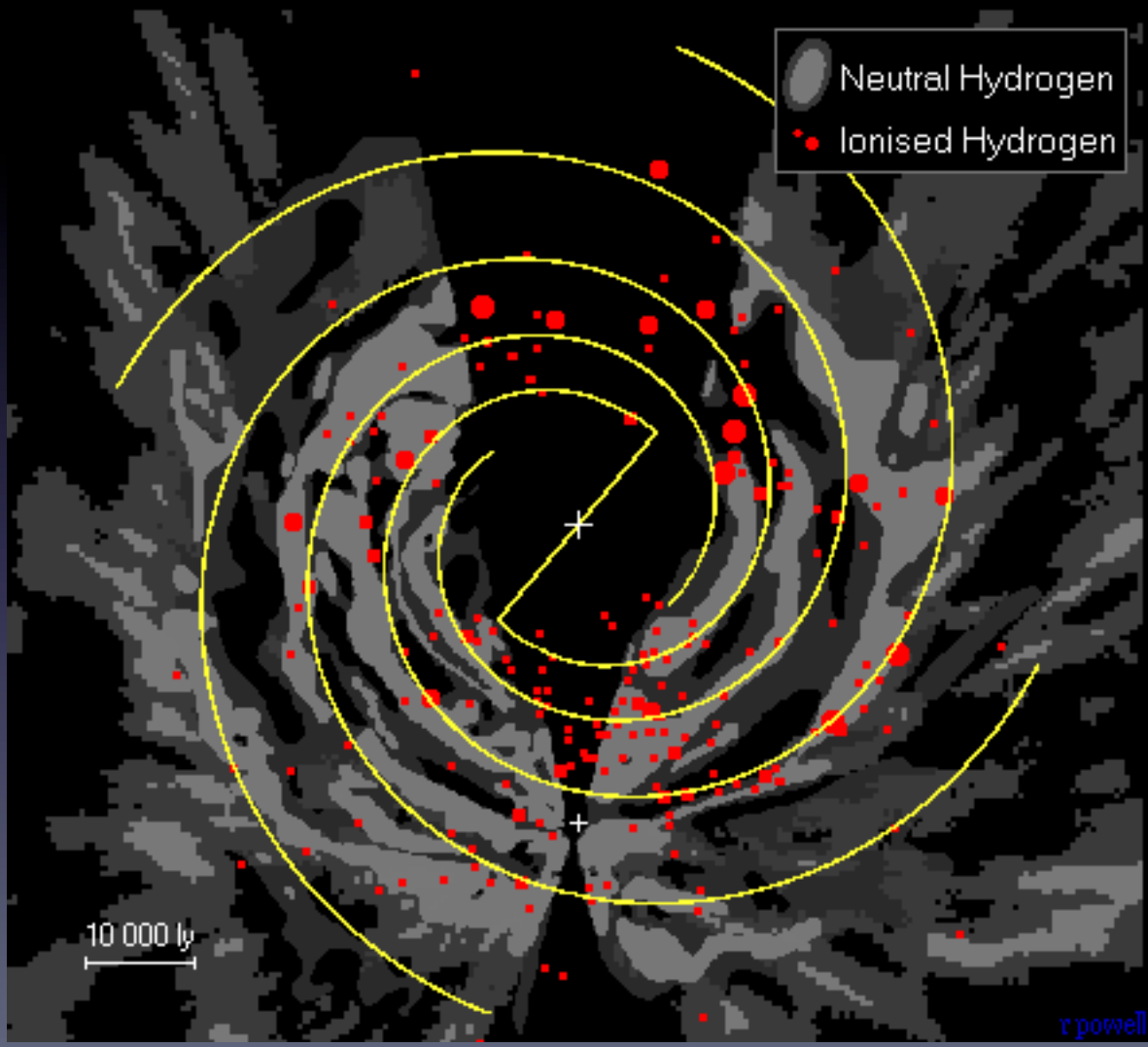
Morgan et al. 1953



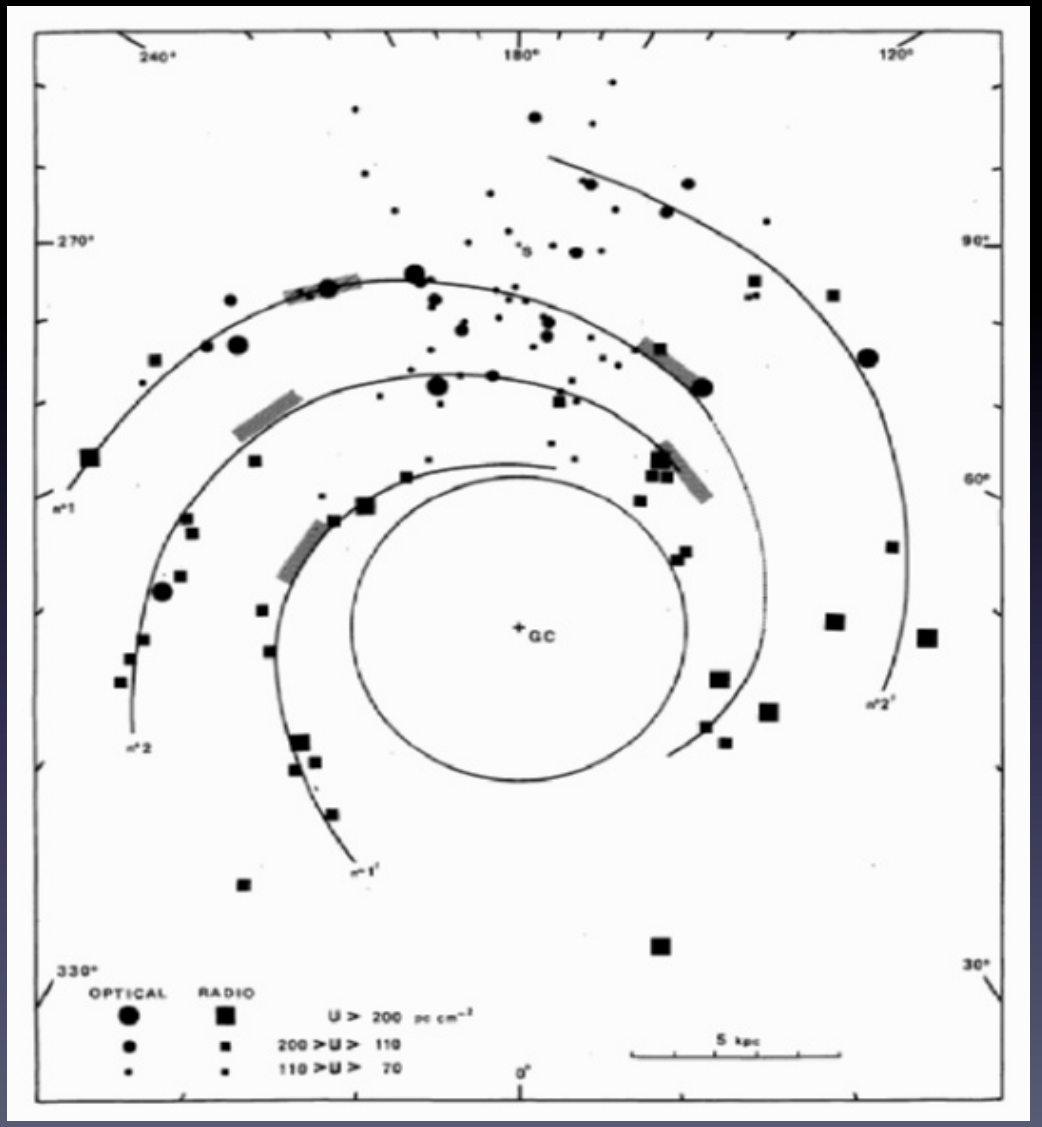
FIG. 1.—Space distribution of aggregates (*solid circles*). Eight distant stars (*open circles*) are also plotted. Oort's value of 9 kpc for the distance to the galactic center has been adopted. The longitude index lines are 500 psc long.

Oort (1920) : rotation galactique

Oort (1958) : structure spirale (émission HI)



Georgelin & Georgelin (1976) :
Etoiles jeunes
Régions HI et HII



La Voie Lactée

- Introduction historique
- **Caractéristiques principales**
- Structures et principales composantes
- Environnement proche
- Histoire de sa formation et évolution

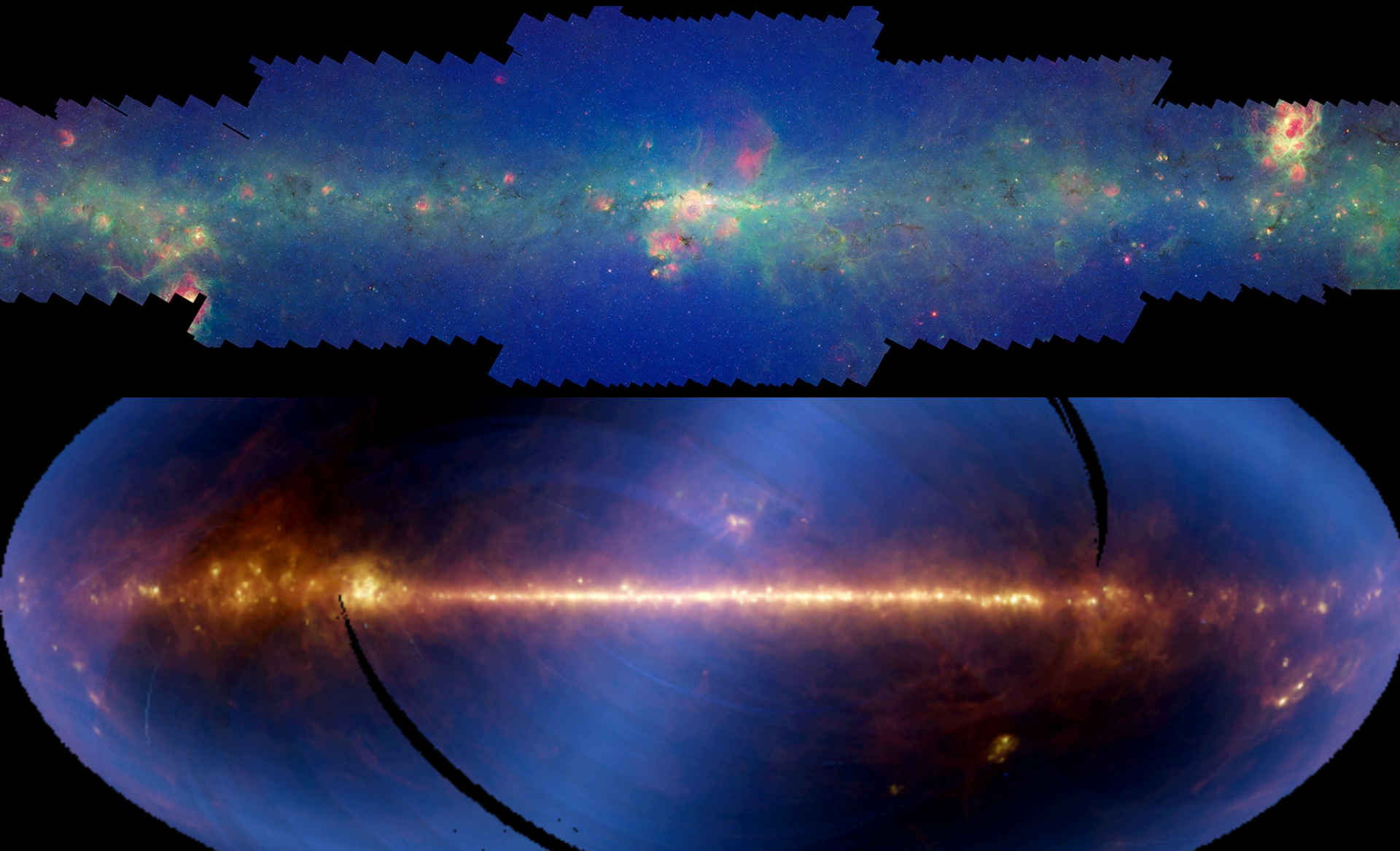
Voie Lactée dans le visible



La Voie Lactée dans le visible



Voie lactee dans l'infrarouge



Basses énergies

Continu radio: éléctrons accélérés par champs magnétique

Hydrogene atomique (raie à 21cm)

Radio: gaz chaud et ionise

Hydrogene moleculaire : gaz froid, site de formation stellaire (cf. les bras spiraux)

IR: MIS rechauffé => region de formation stellaire

IR moyen: molecules complexes du milieu interstellaire

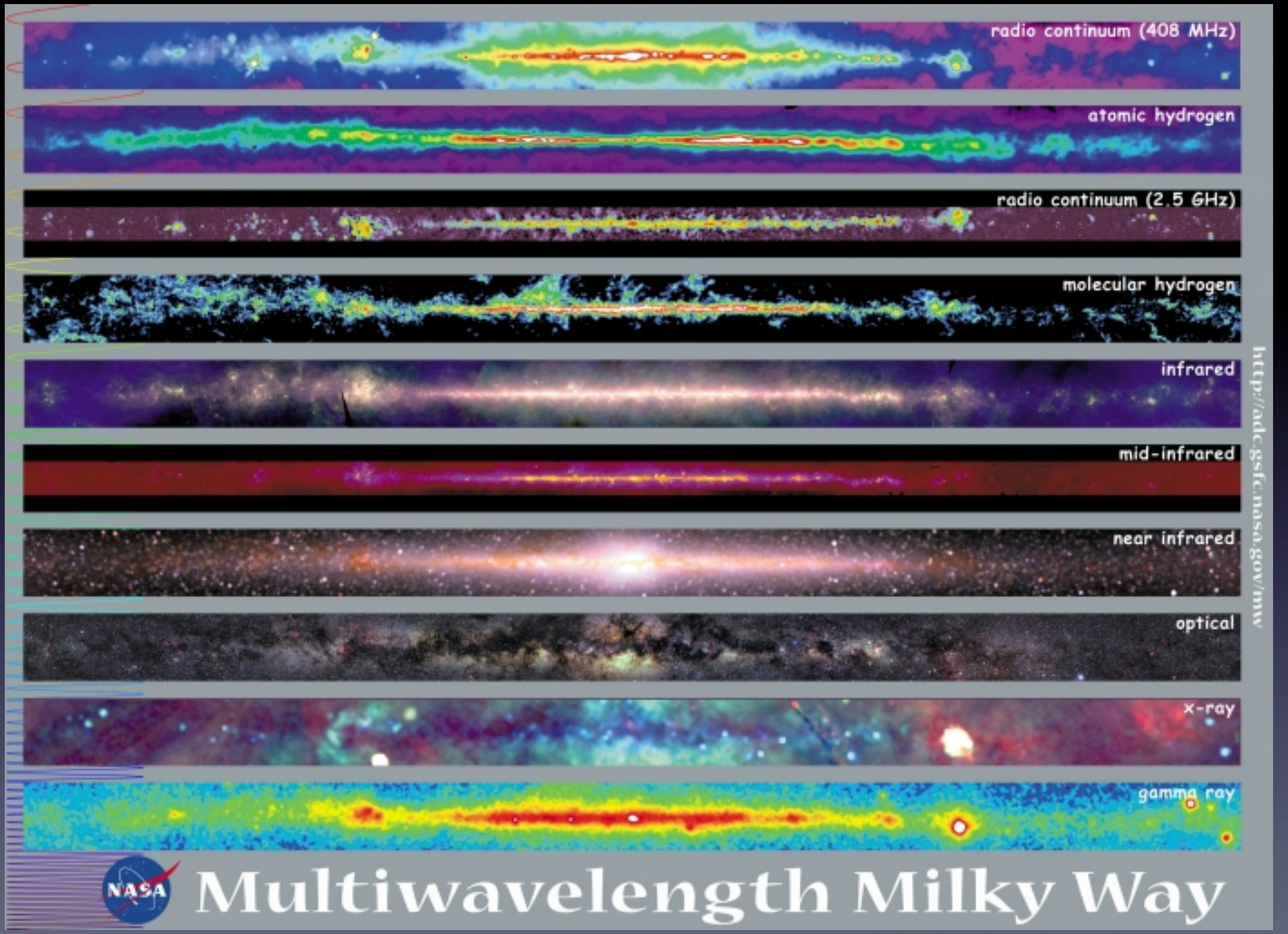
IR proche: étoiles (type K), peu d'absorption

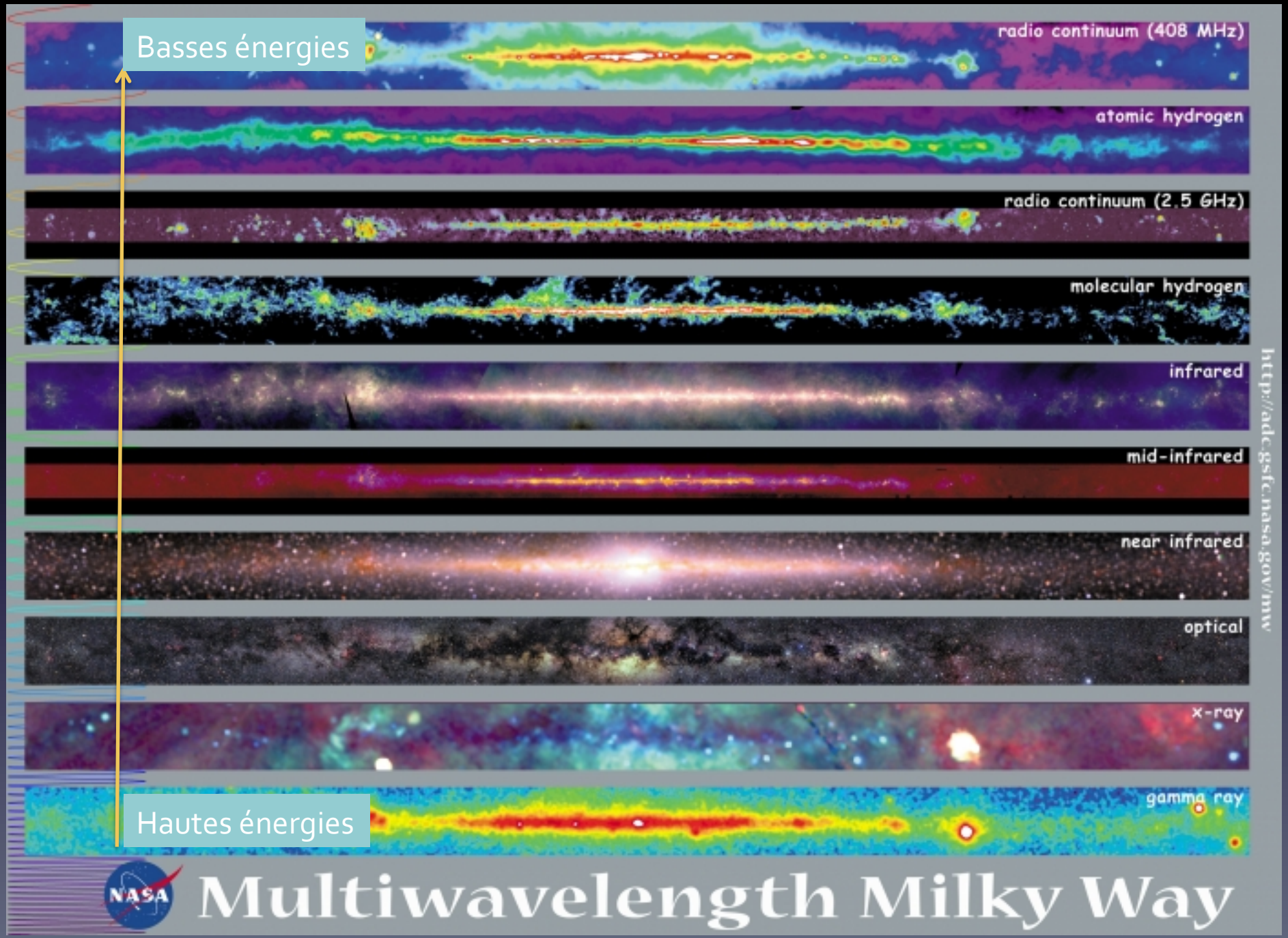
Optique: étoiles (couleurs différentes), absorbtion: gaz, poussieres

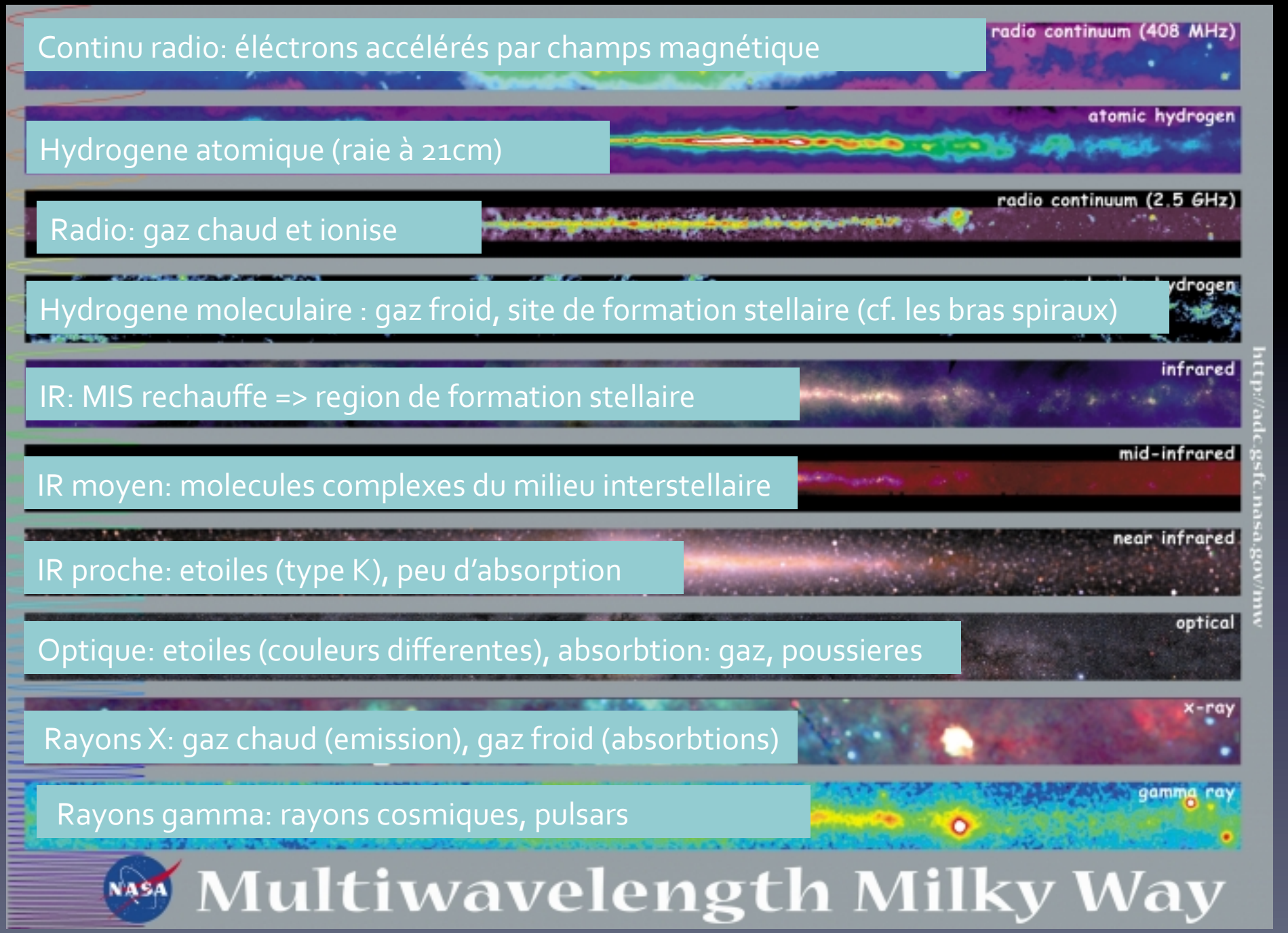
Rayons X: gaz chaud (emission), gaz froid (absorbtions)

Rayons gamma: rayons cosmiques, pulsars

Hautes énergies


radio continuum (408 MHz)
atomic hydrogen
radio continuum (2.5 GHz)
molecular hydrogen
infrared
mid-infrared
near infrared
optical
x-ray
gamma ray
http://adc.gsfc.nasa.gov/mw
NASA
Multiwavelength Milky Way


Basses énergies
radio continuum (408 MHz)
atomic hydrogen
radio continuum (2.5 GHz)
molecular hydrogen
infrared
mid-infrared
near infrared
optical
x-ray
gamma ray
Hautes énergies
http://adc.gsfc.nasa.gov/mw
NASA
Multiwavelength Milky Way


Continu radio: éléctrons accélérés par champs magnétique
radio continuum (408 MHz)
Hydrogene atomique (raie à 21cm)
atomic hydrogen
Radio: gaz chaud et ionise
radio continuum (2.5 GHz)
Hydrogene moleculaire : gaz froid, site de formation stellaire (cf. les bras spiraux)
IR: MIS rechauffe => region de formation stellaire
infrared
IR moyen: molecules complexes du milieu interstellaire
mid-infrared
IR proche: etoiles (type K), peu d'absorption
near infrared
Optique: etoiles (couleurs differentes), absorbtion: gaz, poussieres
optical
Rayons X: gaz chaud (emission), gaz froid (absorbtions)
x-ray
Rayons gamma: rayons cosmiques, pulsars
gamma ray
http://adc.gsfc.nasa.gov/mw
Multiwavelength Milky Way

Fiche d'identité de la Voie Lactée

Appelée aussi la *Galaxie* (*Galaxias* en Grec = *voie de lait*)

Contenu: 200 milliards d'étoiles + poussières et gaz

Masse visible: ~ 100 10^9 $M_\odot$

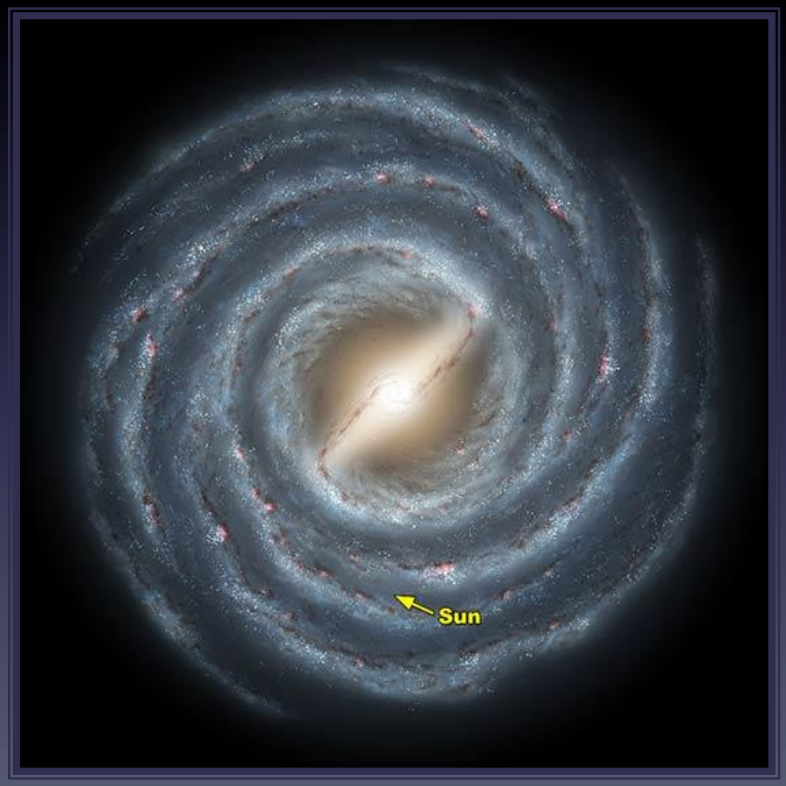
Type: spirale barrée

Diamètre: ~ 100 000 AL

Centre: dans la direction de la constellation du Sagittaire

Rotation: différentielle

Le Soleil: situé à 26 000 AL du centre galactique, p ≈ 220 10^6 ans



Position du Soleil dans la Voie Lactée

Fiche d'identité de la Voie Lactée

Appelée aussi la *Galaxie* (*Galaxias* en Grec = *voie de lait*)

Contenu: 200 milliards d'étoiles + poussières et gaz

Masse visible: ~ 100 10^9 $M_\odot$

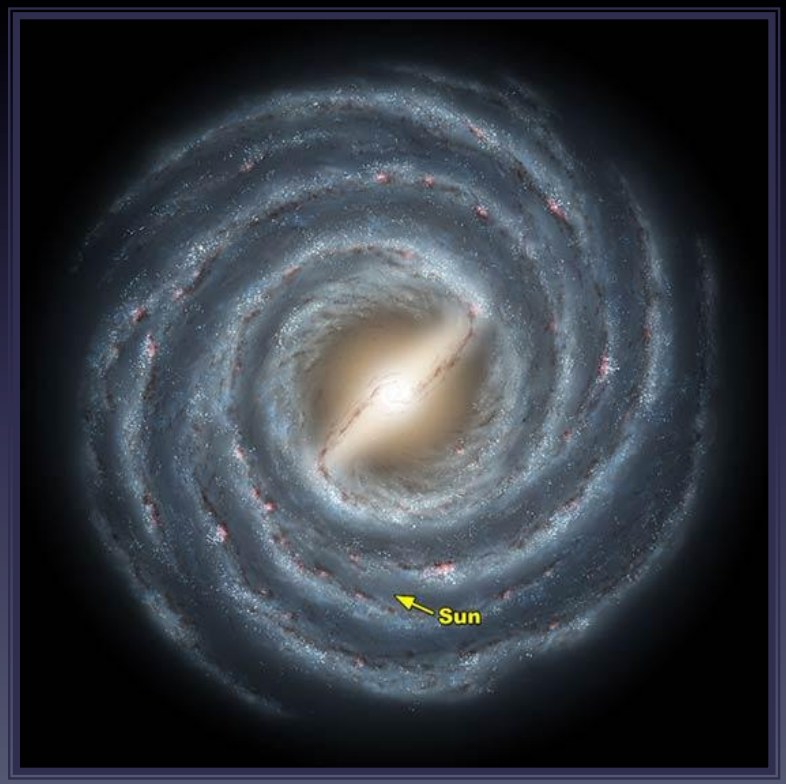
Type: spirale barrée

Diamètre: ~ 100 000 AL

Centre: dans la direction de la constellation du Sagittaire

Rotation: différentielle

Le Soleil: situé à 26 000 AL du centre galactique, p ≈ 220 10^6 ans (a déjà fait ~ 20 tours)



Position du Soleil dans la Voie Lactée

La Voie Lactée

- Introduction historique
- Caractéristiques principales
- **Structures et principales composantes**
- Environnement proche
- Histoire de sa formation et évolution

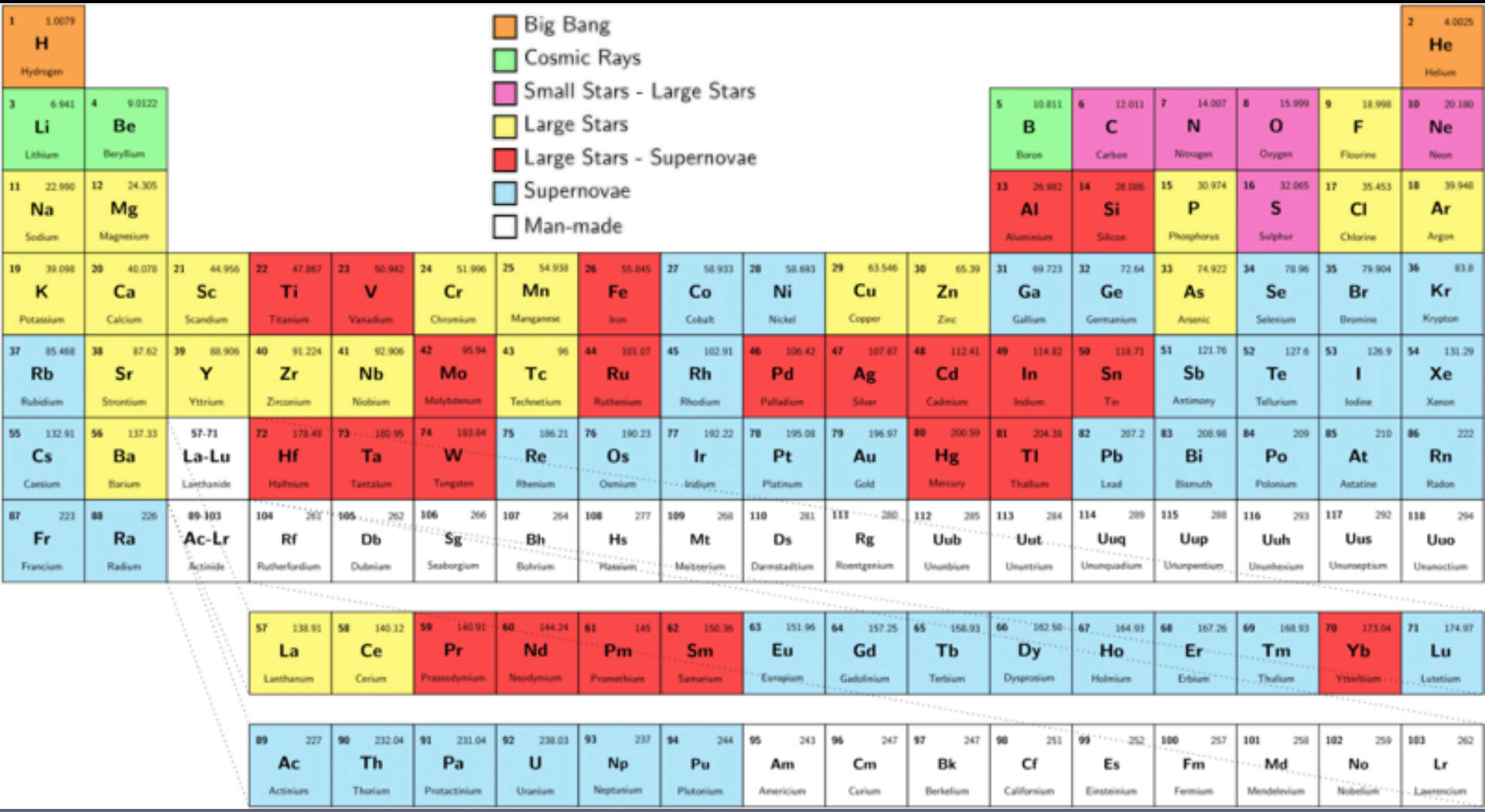
Composantes principales

- Caractéristiques principales :
  - cinématique (3 composantes de la vitesse)
  - composition chimique :
    - *métallicité* = abondance moyenne des éléments lourds
    - [Fe/H] : abondance du Fer rapportée à celle de l'Hydrogène et comparée au Soleil (échelle log)

      [Fe/H] = 0 : identique au Soleil

      [Fe/H] = -1 : 10 fois moins de Fer (ou métaux) que dans le Soleil
    - Etoiles de la Galaxie : [Fe/H] entre -3.5 et +1
  - abondance particulière de certains éléments chimiques

Univers primordial : H, He, traces de Li, Be,…
Elements alpha: produits de SNII
CNO: etoiles de masses intermediares



Composition



Bulbe galactique

- centre galactique

Disque galactique

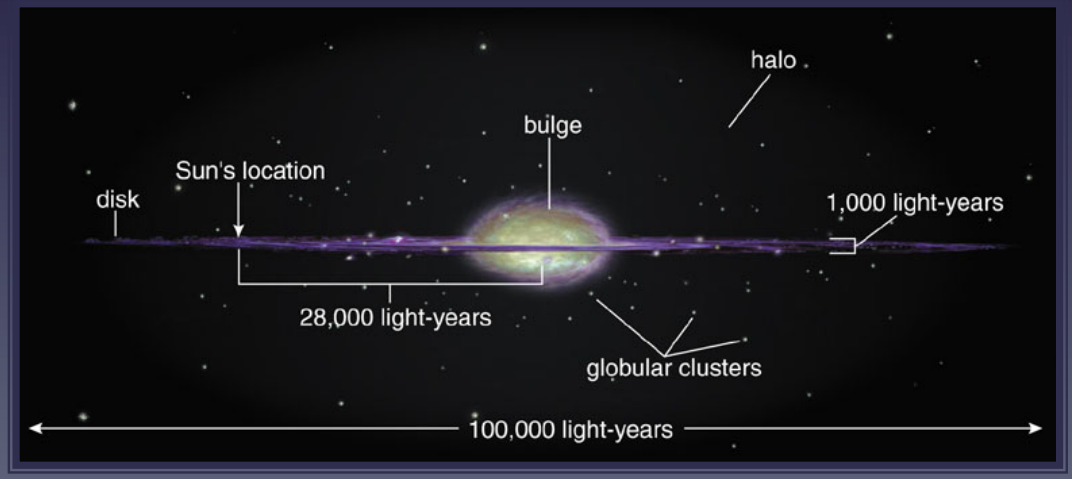
- disques mince et épais
- amas ouverts

Halo galactique

- amas globulaires
- galaxies naines

Bras spiraux et barre

Halo de matière sombre



Le bulbe galactique

Renflement central de d = 7000 AL

Contient 5% matière visible de la VL

Composé d'étoiles vieilles (Pop II) et riches en métaux (forte dispersion)

Observations difficiles à cause de la poussière dans le plan galactique (statistique très faible).



Dans la direction du Sagittaire

Enrichissement chimique rapide dominé par SNII
Formation *in situ* des étoiles lors d'une flambée d'étoiles (~10Mo/an) ancienne
Relation avec le trou noir supermassif central
➔ Liens entre bulbe et partie centrale des disques inconnus

Centre galactique

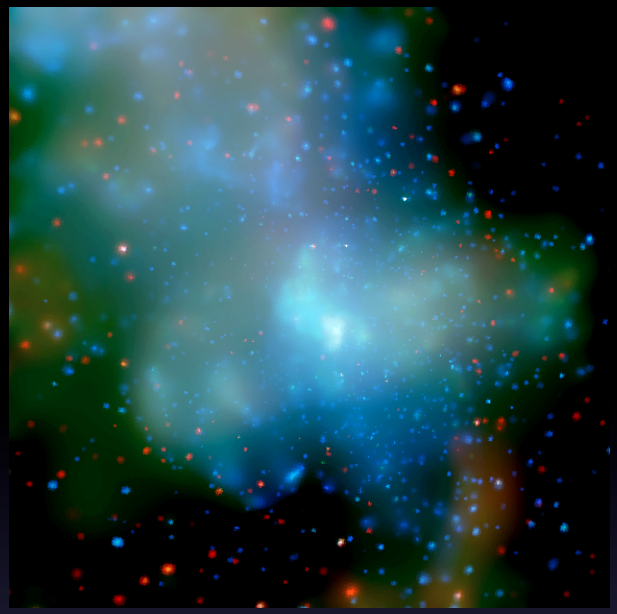
Au cœur du bulbe: centre galactique dans la direction du Sagittaire

Zone densément peuplée d'étoiles

Le Centre galactique

Au cœur du bulbe: centre galactique dans la direction du Sagittaire

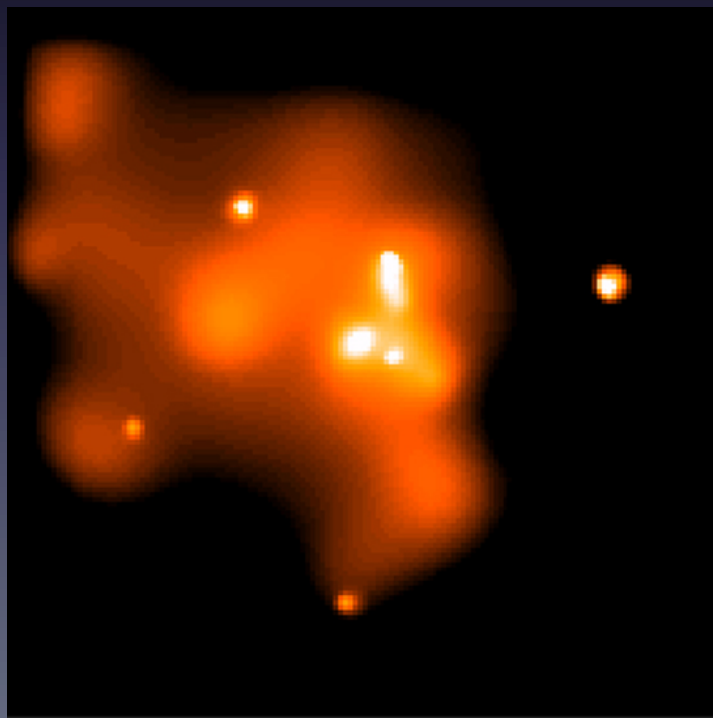
Zone densément peuplée d'étoiles



Sgr A : très brillante en radio et X
Image en X (Chandra) :

130a.l. autour du centre

10a.l. autour du centre

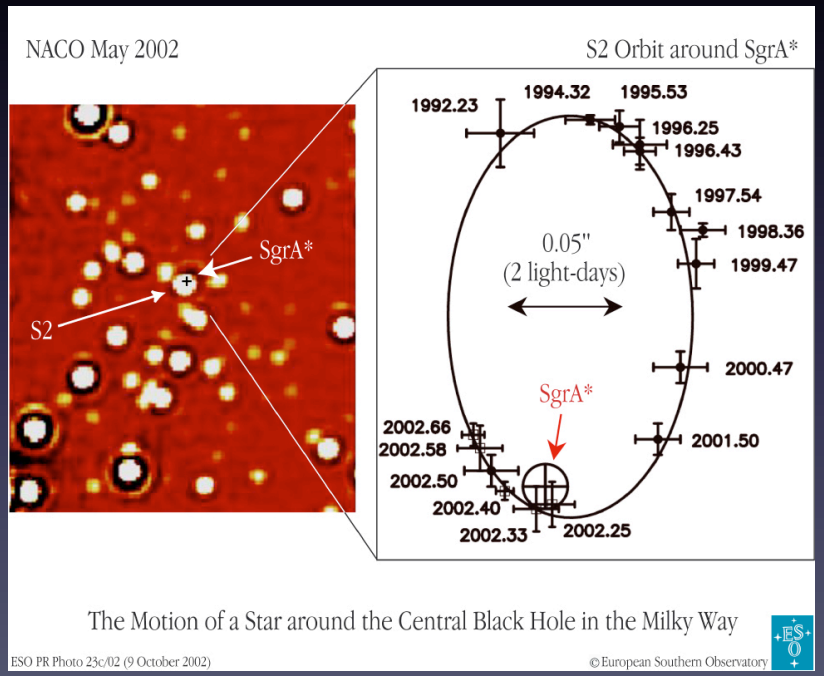


Gas très chaud (10^6K) autour d'un trou noir (?) hyper massif

Le Centre galactique

- Suivi temporel : Orbite d'une étoile autour d'un objet central hyper massif **$M = 2.6 \times 10^6 M_\odot$**
- Distance mini = 17 h.l.
- $V = 5000$ km / s
- Location précise de ce corps
- Volume très faible pour une telle masse

➔ Détection d'un **trou noir** !



Le disque galactique

Contient 90 % de la matière visible de la Galaxie

Structure plate de diamètre = 70 000 AL, divisé en 3 régions:

1. Le disque mince

Etoiles jeunes souvent assemblées en amas ouvert . Forte metallicité

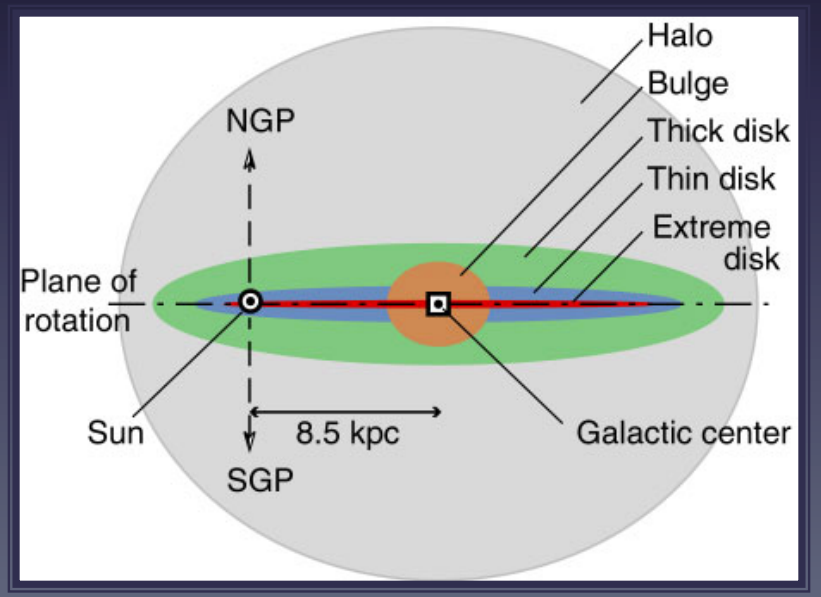
Epaisseur = 2000 AL

Sur 200 AL d'épaisseur: nuages moléculaires géants et poussières

2. Le disque épais

Identifié en 1983. Etoiles agees, avec un enrichissement chimique different du disque mince

Formé (?) lors d'une accrétion modérément violente il y a longtemps



Les bras spiraux et la barre

2 bras spiraux identifiés en 1951 par William Morgan

Puis 2 autres identifiés en 1976 par Yvon & Yvonne Georgelin

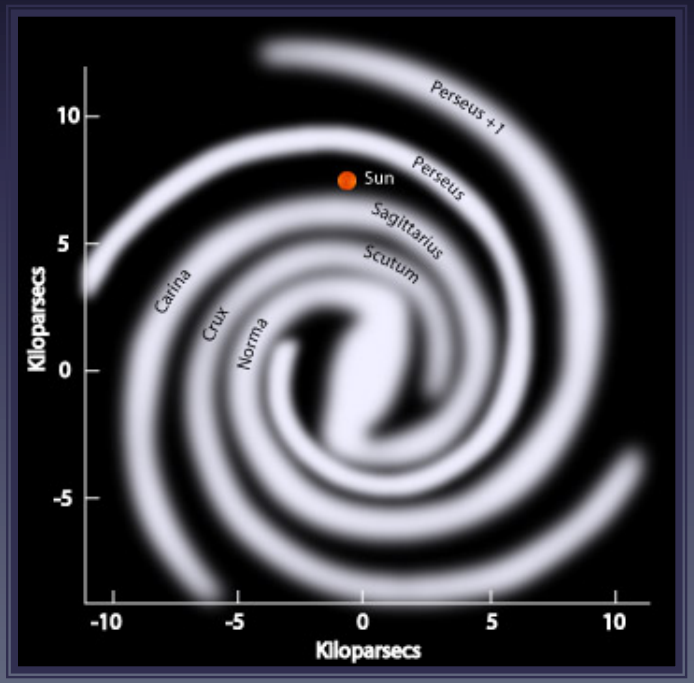
On pense également qu'il existe une barre à un rayon ≈ 10 000 AL

⇨ cette barre donnerait naissance aux 2 bras spiraux principaux:

- bras interne de *Norma*
- bras spiral majeur *Sagittaire-Carène*

Ceux-ci se scinderaient en r ≈ 20 000 AL pour donner naissance aux:

- bras externe de *Persée*
- bras intermédiaire *Ecu-Croix*



Remarques

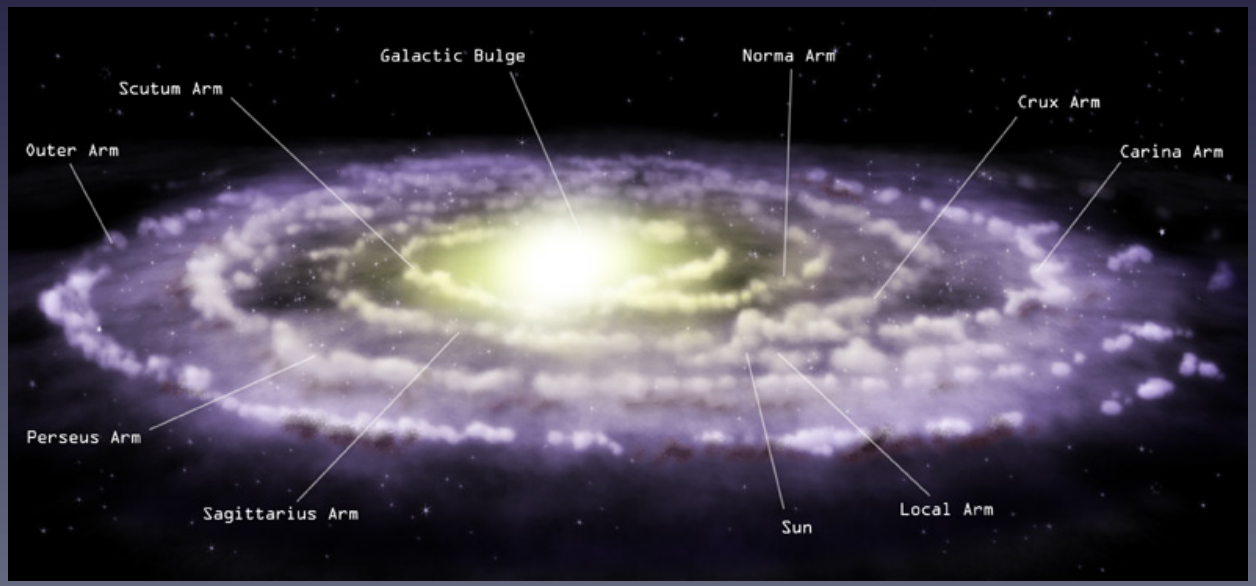
Les bras spiraux ≠ continus

Voilà pourquoi ils possèdent plusieurs noms selon les constellations dans lesquelles on les observe le mieux

Structure principale à 4 bras mais il peut exister une structure + fine

Soleil situé aux abords d'un bras appelé le « bras local d'*Orion* »

Ce bras = excroissance du bras *Sagittaire-Carène*



Comment savons-nous que notre galaxie est une spirale?

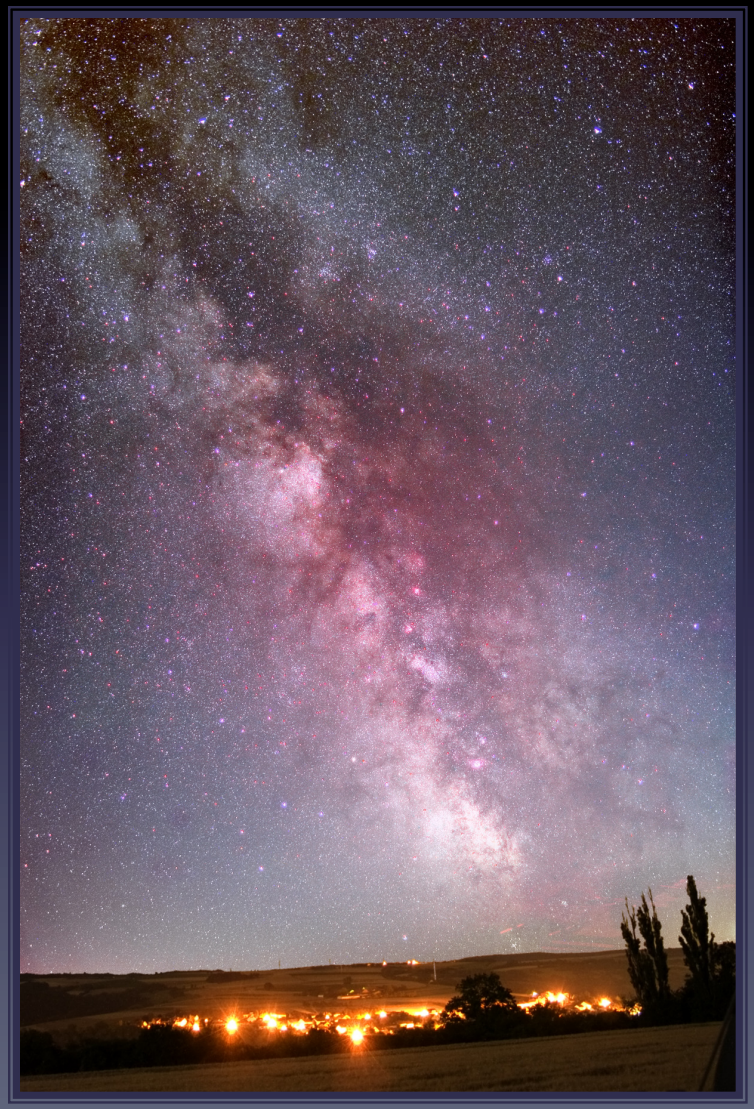
Il existe beaucoup d'autres galaxies spirales

→ observation de ces spirales: étude de leurs caractéristiques

→ bras spiraux constitués essentiellement d'étoiles bleues (O et B) et de nébuleuses brillantes (régions HII) ⇨ « *traceurs* »

→ distribution 3D de ses objets dans notre Galaxie

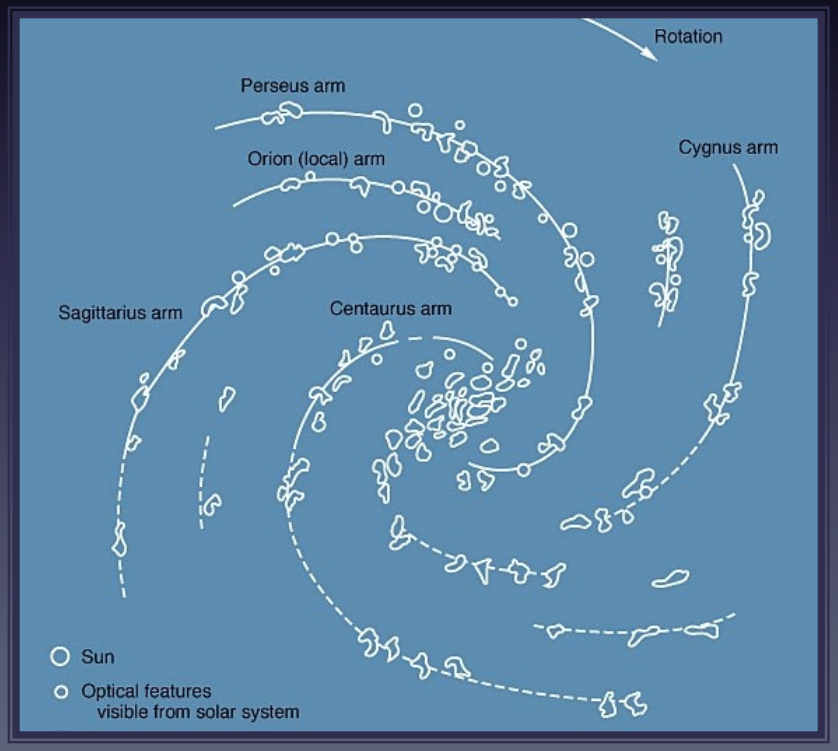
→ mise en évidence des bras spiraux



Pourquoi y a-t-il des traceurs dans les bras spiraux ?

→ En général, les étoiles ne tournent pas à la même vitesse que les bras spiraux (le Soleil a déjà traversé plusieurs fois des bras spiraux)

→ Soit une zone de matière qui « traverse » l'onde d'un bras:



⇨ effondrement de nuages moléculaires

⇨ naissance d'étoiles de tous types spectraux dont O et B (les + brillantes, évolution rapide)

⇨ **apparition des traceurs**

→ Zone « quitte » l'onde : étoiles O et B déjà en fin de vie

⇨ **disparition des traceurs**

Le halo galactique

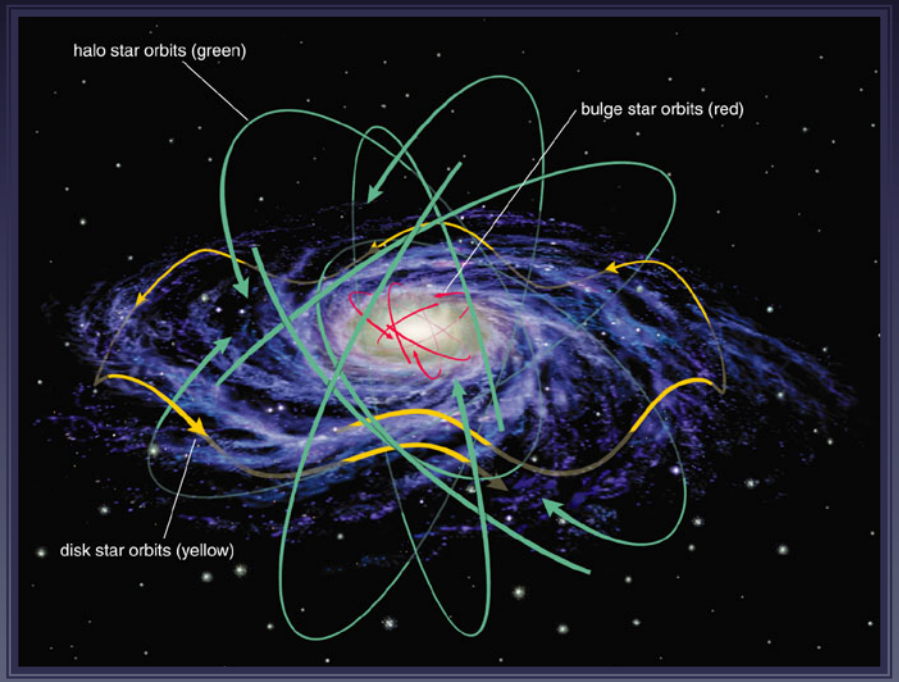
Aussi appelé « sphéroïde », beaucoup – dense que le bulbe

Contient 5 % de la matière visible de la VL

Composé des étoiles les + vieilles de la Galaxie (Pop II)

Ces étoiles ont des orbites hautement inclinées sur le plan galactique

Contient également: amas globulaires et galaxies naines



Exemples d'orbites d'étoiles du halo

Le halo renferme 2 galaxies naines sphéroïdales: Naine du Sagittaire et Naine du Grand Chien

Ces galaxies sont sur le point de traverser le disque

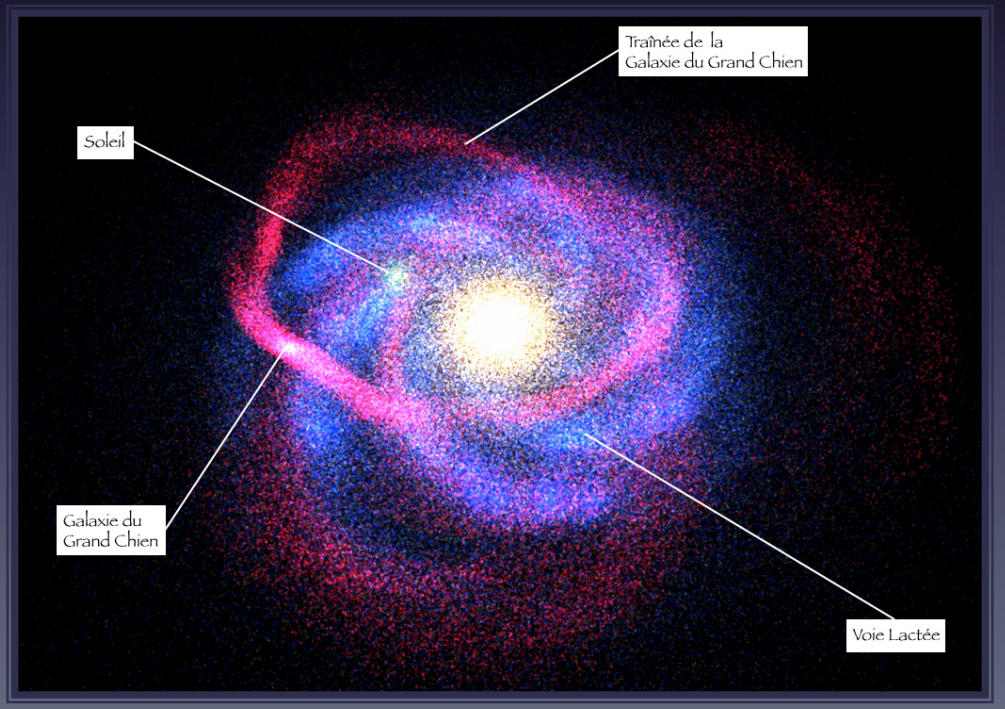
Ces objets ont été « absorbés » (cannibalisme) par notre galaxie qui les a attirés gravitationnellement

⇨ dislocation progressive

⇨ perte de matière le long de leur trajectoire dans le halo:

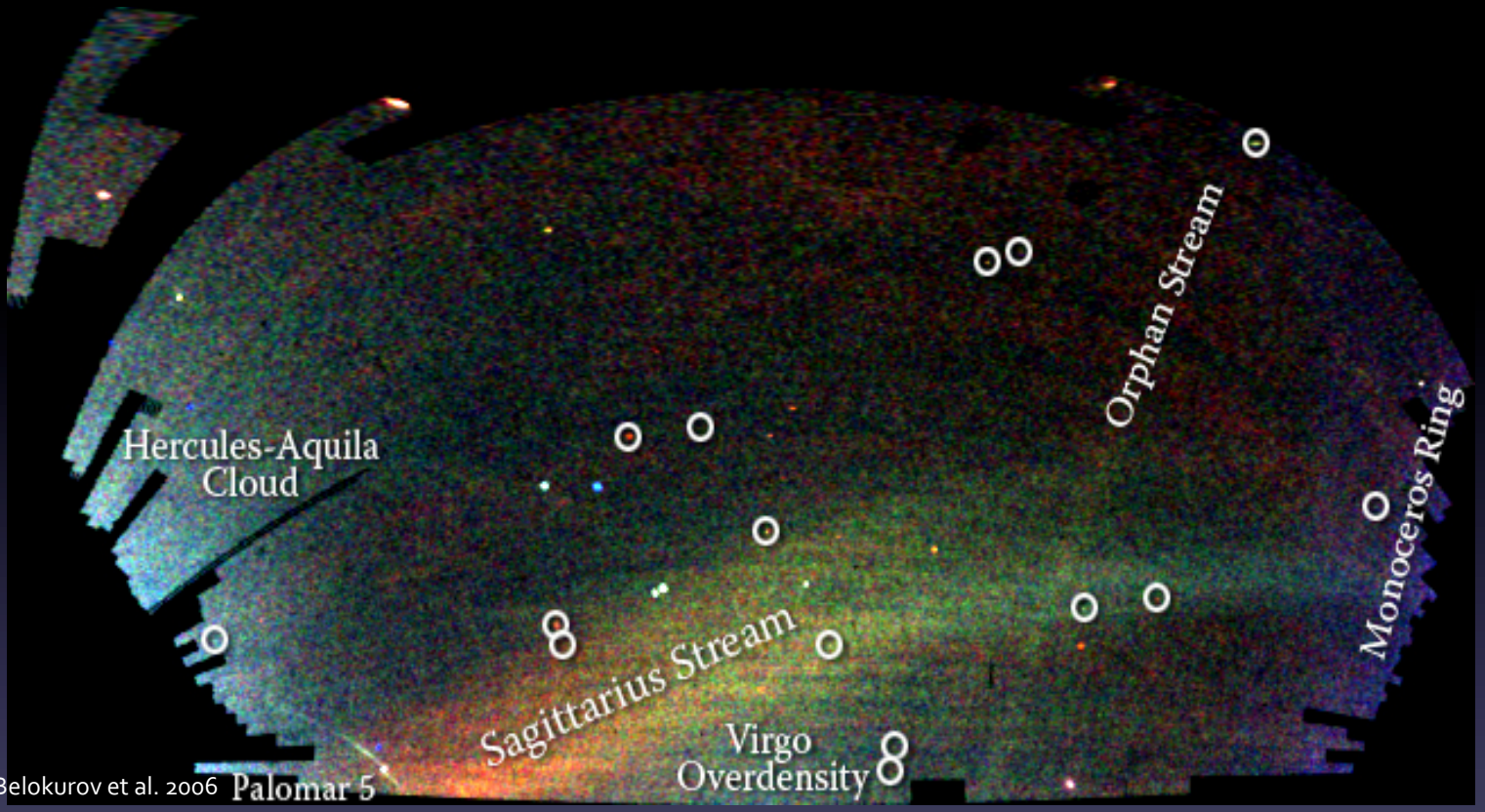
« *courants fantômes* »

Trace du passage de la galaxie du Grand Chien dans le halo



Evolution of the Sagittarius Dwarf Spheroidal Galaxy in the Halo of the Milky Way

David R. Law
(Dunlap Institute, Univ. of Toronto)



Belokurov et al. 2006

Amas d'étoiles

- Regroupement d'un très grand nombre d'étoiles (milliers à millions)
  - Amas ouverts



  - Amas Globulaires



Les amas ouverts



- Appelés aussi *Amas Galactiques*
- $10^4 – 10^6$ étoiles
  - regroupées par leur propre gravité
  - même métallicité et riches en métaux
  - même âge et étoiles jeunes (Population I)
  - masses entre 0.8 et >50 M_0
- Dimensions : ~50 - ~200 a.l.
- Distances beaucoup plus importantes : toutes les étoiles sont à la même distance

Les amas ouverts

- 1100 connus dans la Galaxie (100 fois +?)
- durée de vie courte
- Connus dès l'Antiquité (Pléiades)
- 1ère résolution en étoiles par Galilée (1609)


M50


M67: Un des plus massifs

Les amas globulaires

Formés tôt dans l'histoire de la VL

Parmi les + vieux objets de l'Univers

Distances beaucoup plus importantes : tou
même distance

Contenu: ~ 10^5 d'étoiles vieilles (Pop II)

Distribution: sphérique

Taille: ~ 100 AL de diamètre

Quantité: il en existe environ 200

Proportion: 1% des étoiles du halo

Grand nombre détectés dans autres galaxies
(pas toujours résolus)



Amas globulaire M80,
situé à 28 000 AL du Soleil

Diagramme HR des amas

Identification du stade évolutif des étoiles

Mesure de l'âge

Mesure de la distance

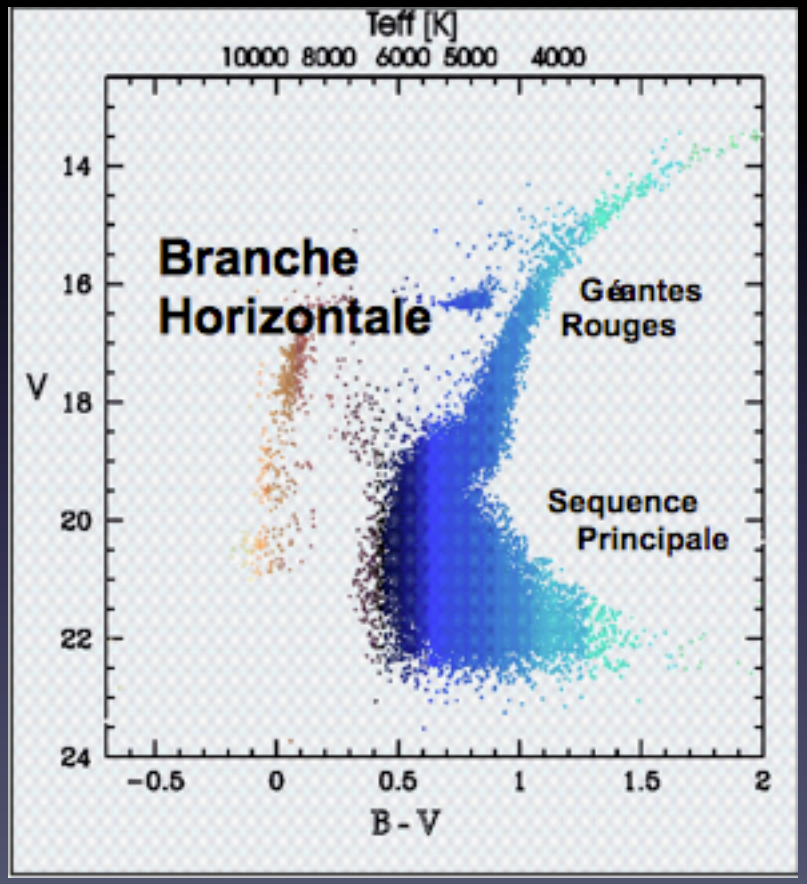
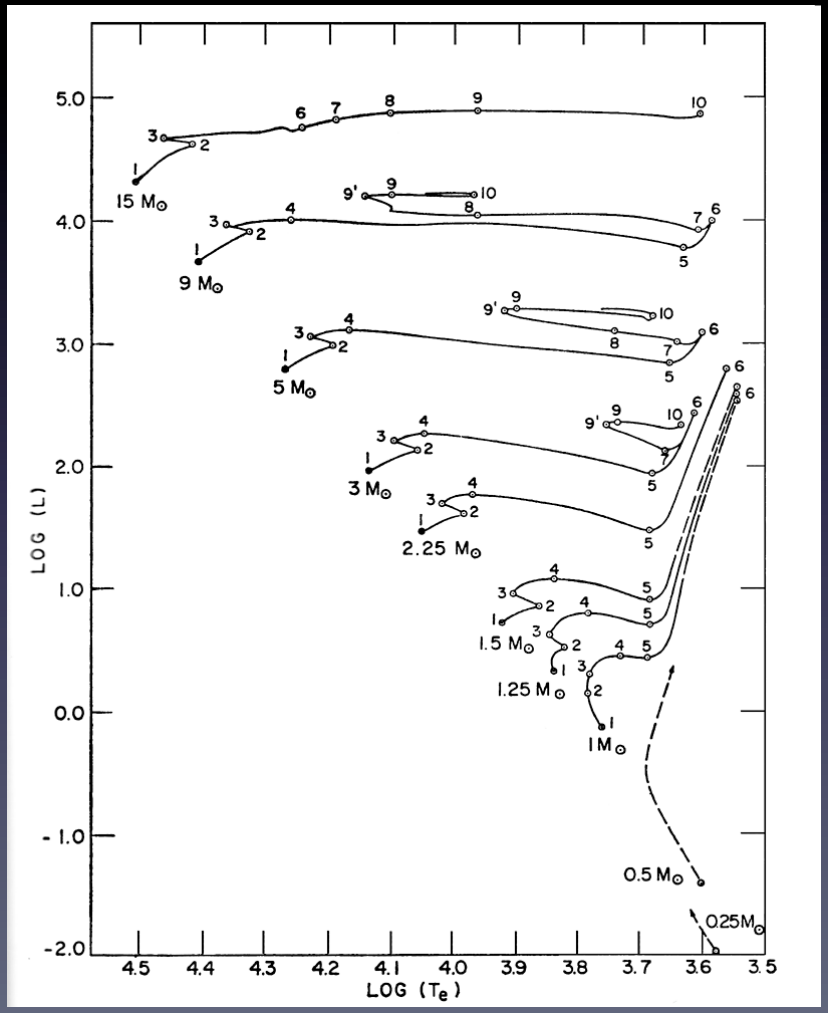


Diagramme HR des amas



L'évolution d'une étoile dépend essentiellement de sa masse et de sa composition chimique initiale.

1 M_0 : 10 milliards d'années sur la séquence principale

0.1 M_0 : 20 à 30 milliards d'années

50 M_0 : quelques millions d'années

Diagramme HR des amas

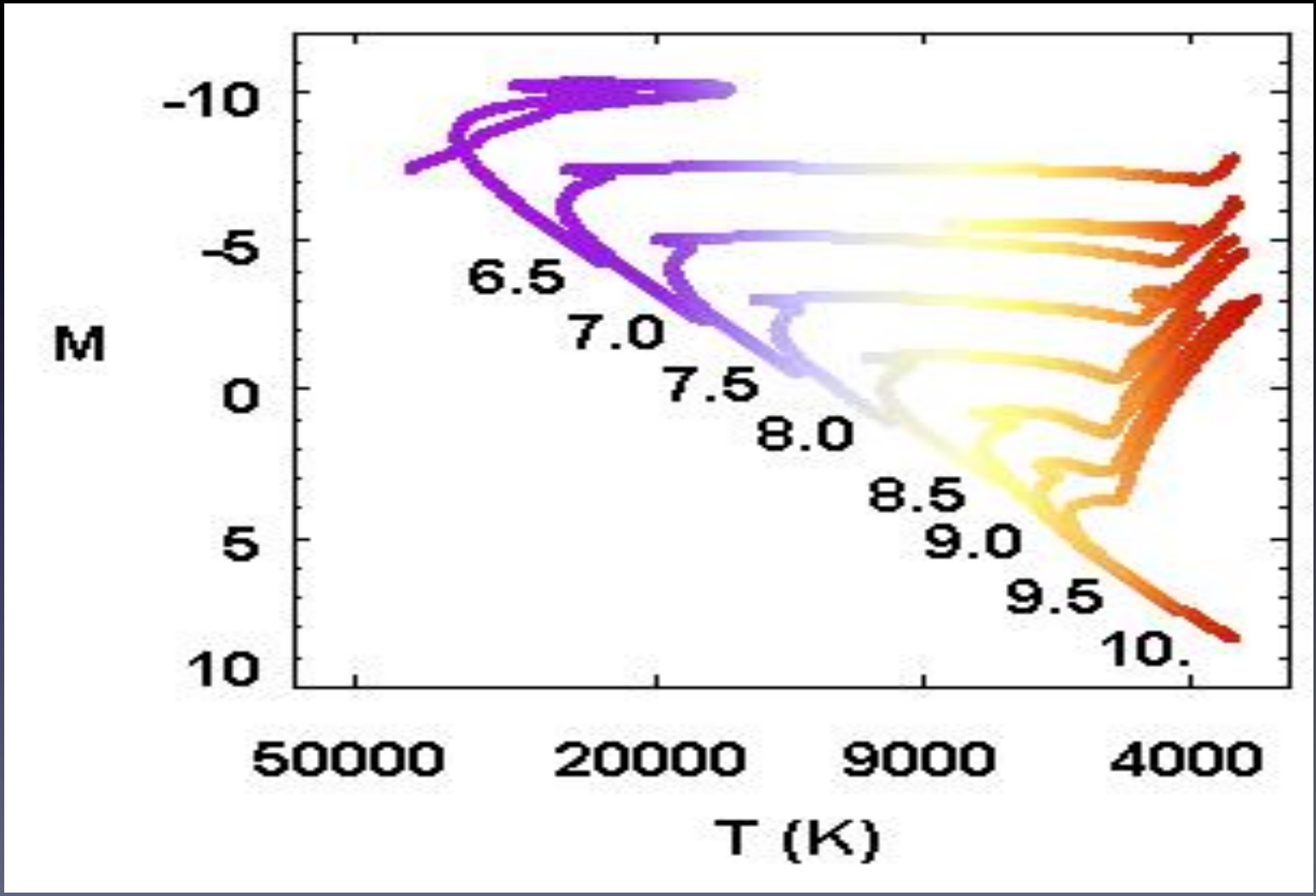


Diagramme HR des amas

Distance : $(m - M)_{ZAHB}$

Niveau des RR Lyrae

Modèles

Age relatif : $m_{ZAHB} - m_{TO}$

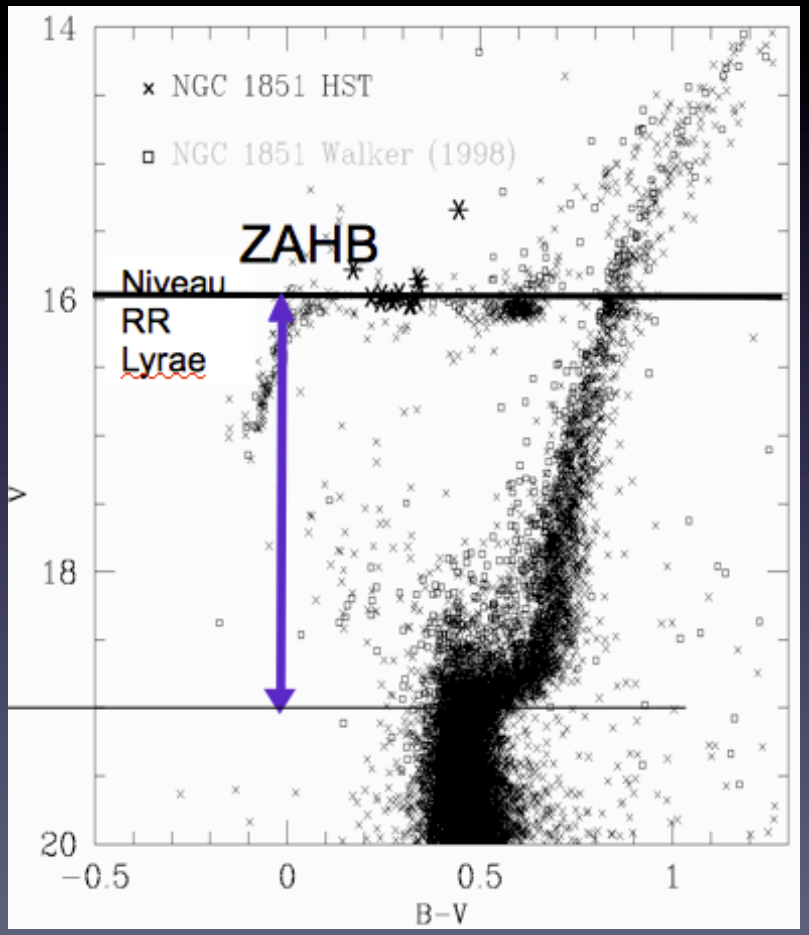


Diagramme HR des amas

Amas ouvert des Pleiades

d = 135 pc
Age ~ 80 x10^6 ans

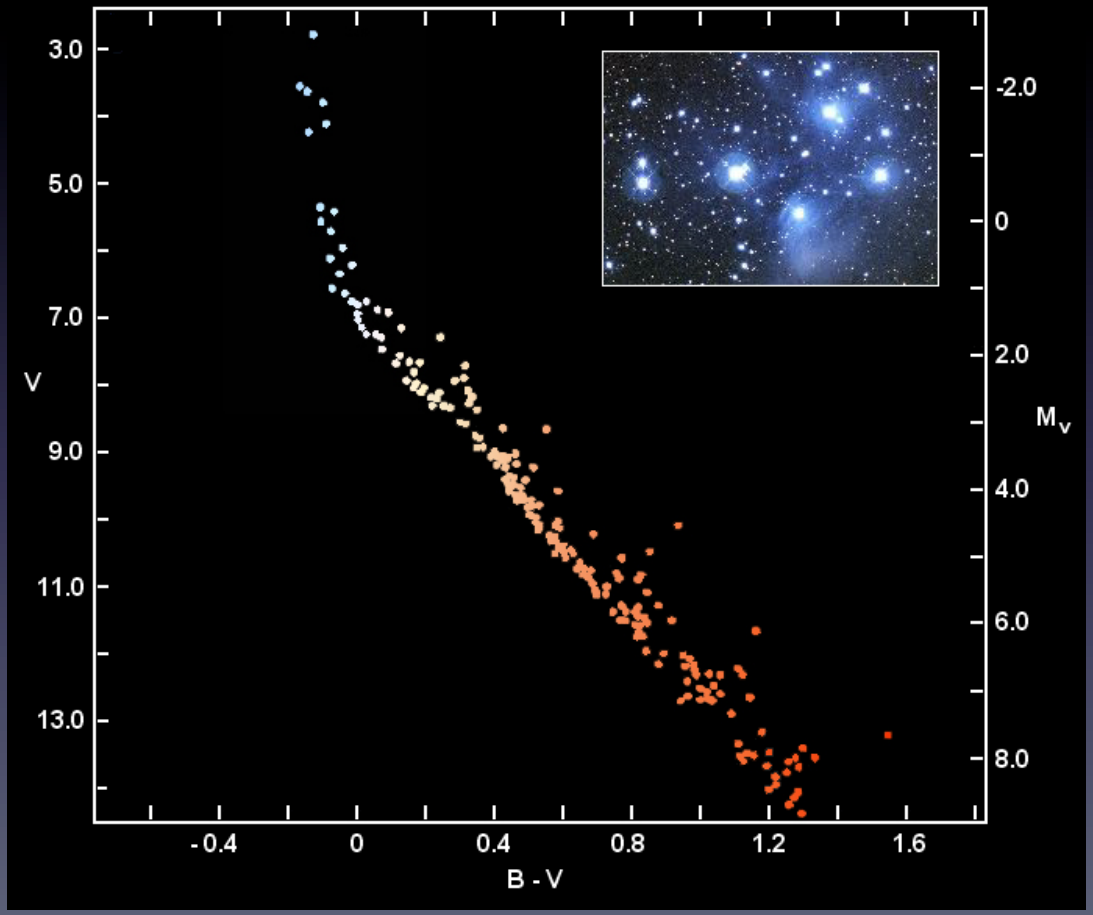
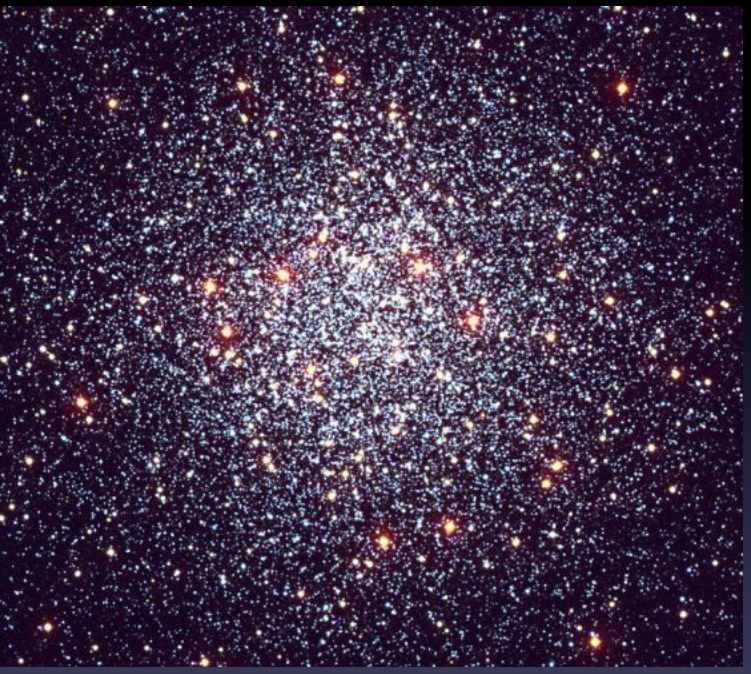


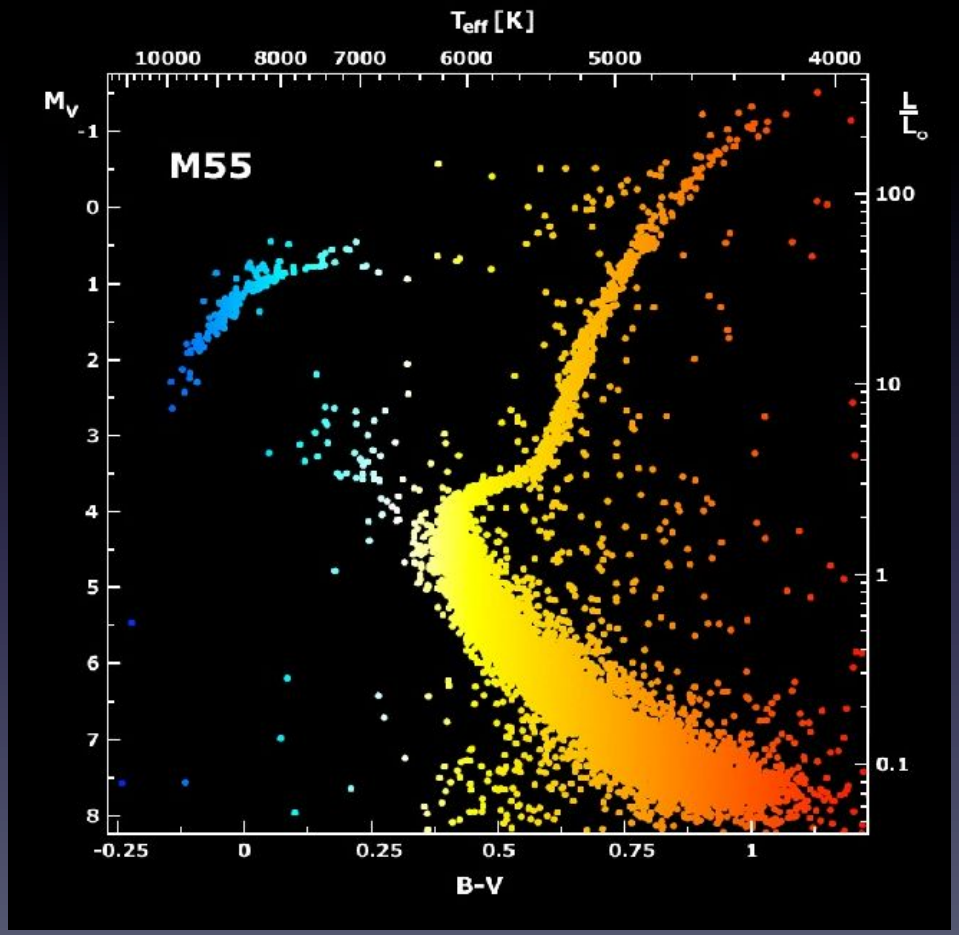
Diagramme HR des amas



Amas Globulaire M55

$d = 5.3\text{kpc}$

Age ~ 14×10^9ans



Matière Noire

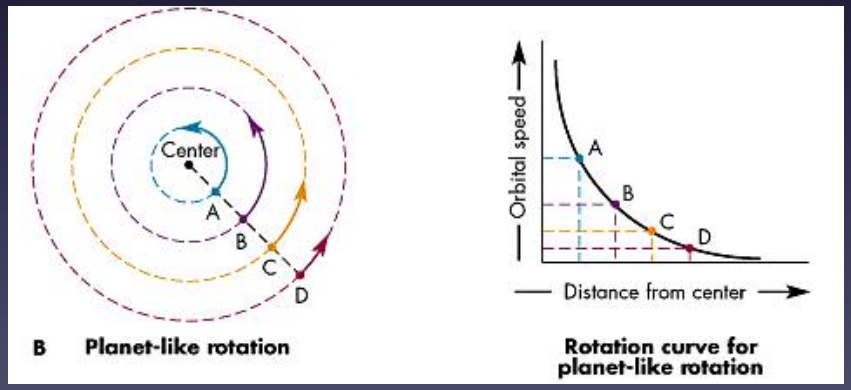
Années 70 : rotation des galaxies

Les galaxies spirales, comme notre Voie Lactée, sont en rotation.



Surprise !

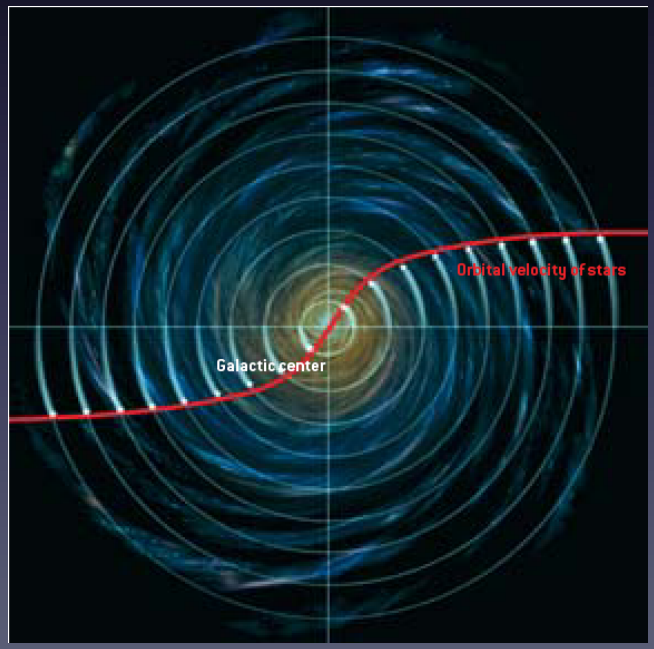
La vitesse de rotation ne diminue pas quand on s'éloigne du cœur, mais reste pratiquement constante.



⇓

La matière doit s'étendre bien au-delà de la partie visible de la galaxie.

Vitesse de rotation

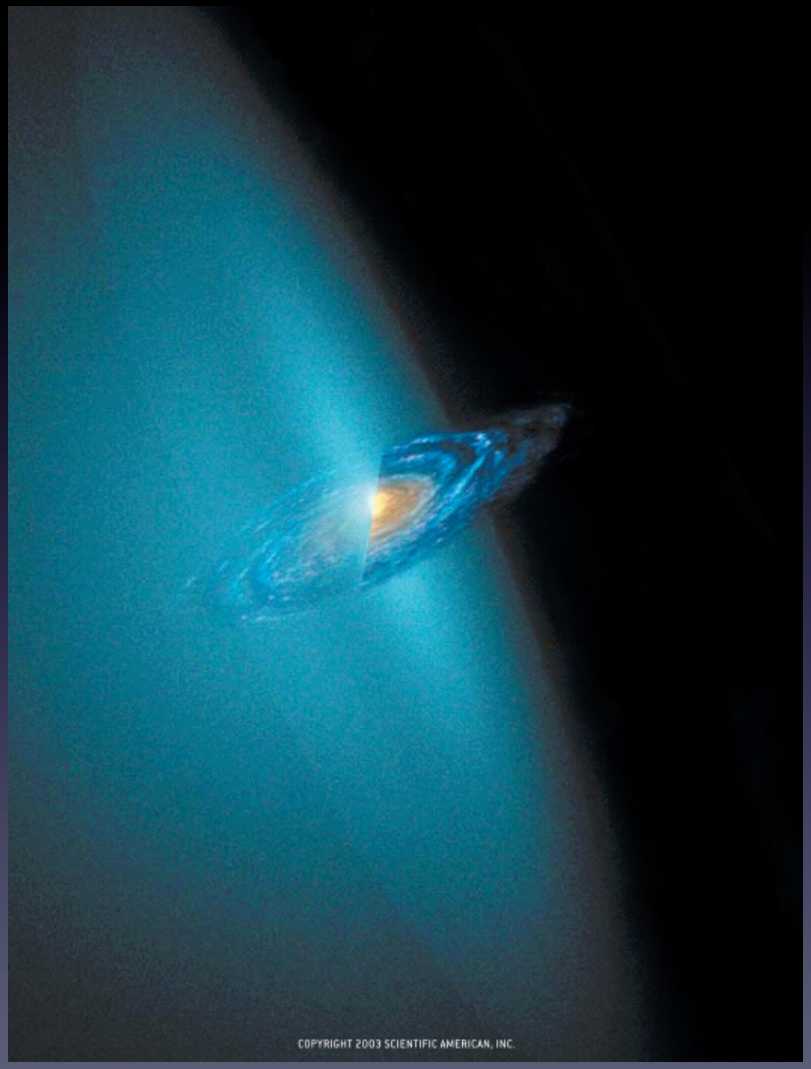


Matière cachée galactique

Elle pourrait s'étendre sur un rayon 5 fois supérieur au rayon observable de la galaxie.

Mais de quoi est-elle constituée :

- **gaz ?**
- **étoiles sombres ?**
- **particules exotiques ?**



Le halo de matière sombre (Dark Matter = DM)

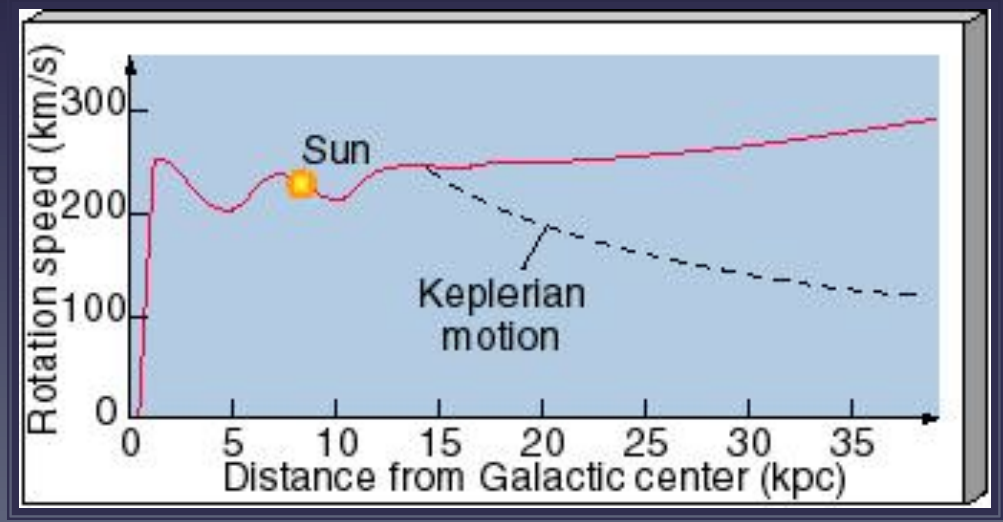
La courbe de rotation de la Voie Lactée est plate (non Képlérienne):

⇨ Il manque de la matière lumineuse pour en rendre compte

⇨ Introduction de la matière sombre composée de:

✓ MACHOs (MAssive Compact Halo Object) : gaz froid, naines blanches, naines brunes, trous noirs, … → pas assez nombreux!!!

✓ En +: particules exotiques non encore détectées commes les WIMPs (Weakly Interacting Massive Particle), …

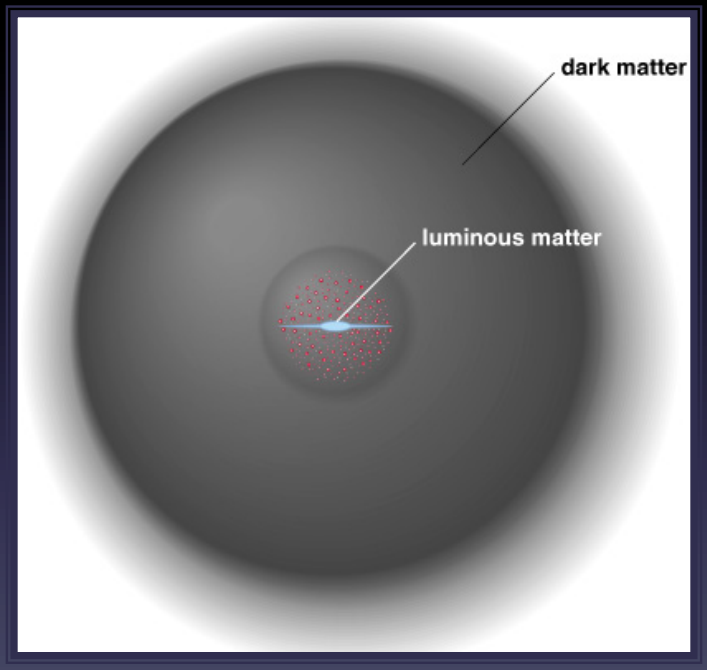


Masse totale de la Voie Lactée calculée via influences gravitationnelles

⇨ 500 10^9 $M_\odot$ dont 1/5 lumineuse

⇨ le reste: gigantesque halo sphérique de DM (diamètre ≈ 600 000 AL)

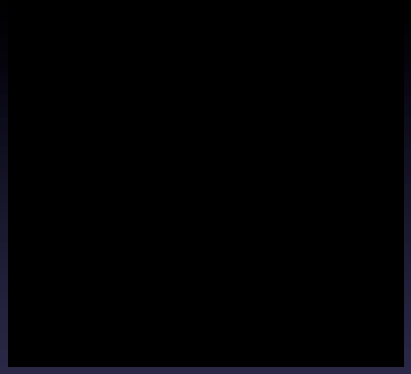
La DM semble également exister à l'échelle des amas de galaxies ainsi qu'à des échelles supérieures



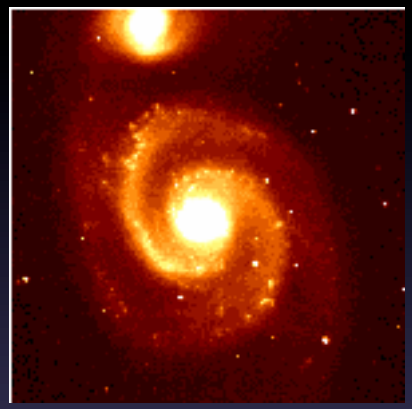
Halo sombre d'une galaxie spirale

Matière noire, qu'est-ce que ça veut dire ?

- La matière que l'on ne voit pas, qui n'émet pas de lumière !
- … mais que l'on détecte quand même par ses effets gravitationnels.



Matière sombre…



Matière
pas sombre…
Seulement 1% !

La Voie Lactée

- Introduction historique
- Caractéristiques principales
- Structures et principales composantes
- **Environnement proche**
- Histoire de sa formation et évolution

Galaxies voisines

Les galaxies naines

Les + proches: Petit Nuage de Magellan (SMC, $r_{orbite} \sim 200\,000$ AL)

et le Grand Nuage de Magellan (LMC, $r_{orbite} \sim 170\,000$ AL)

- ✓ en orbite autour de la Voie Lactée
- ✓ = petites galaxies de forme irrégulière dont $M \sim 0.01\ M_{VL}$
- ✓ découvertes en 1519 par l'Européen Magellan lors d'un voyage autour du monde ⇨ nuages diffus dans l'hémisphère austral
- ✓ reliées à la Galaxie par des filaments de matière ⇨ cannibalisme par la VL ?



LMC



LMC, SMC, Milkyway

stack of 7 images 90 seconds ISO 6400, Canon 650D,
Sigma 8-16mm 1:4.5-5.6 HSM / F=10mm f/5.0
19.08.2012 23:42 / 7 km south ofSan Pedro de Atacama, Chile

www.SUEDSTERN.ch
© by Thomas Knoblauch





Il en existe beaucoup d'autres (au moins une vingtaine)

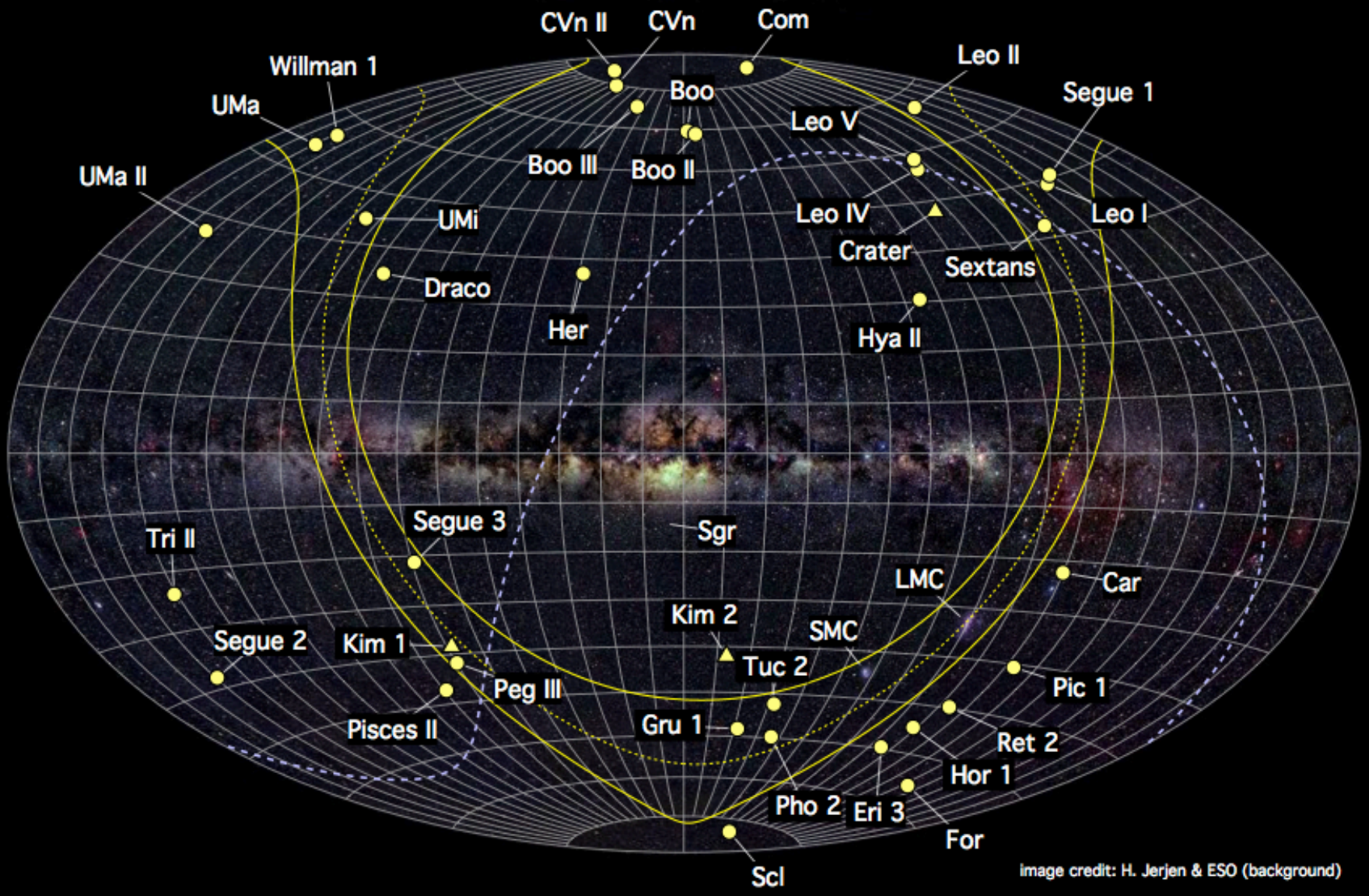
Exemples:

- Fornax (Fourneau), Sculpteur et Sextant: sphéroïdales
- Dragon, Carène, Petite Ourse: irrégulières

Mais difficiles à détecter car:

- poussières galactiques dans les directions du disque
- certaines galaxies: faible brillance de surface (= galaxies très diffuses et peu lumineuses)

Remarque: ces galaxies satellites déforment le disque galactique par effet de marée


CVn II
CVn
Com
Willman 1
Leo II
UMa
Boo
Segue 1
Leo V
Boo III
Boo II
UMa II
UMi
Leo IV
Leo I
Crater
Sextans
Draco
Her
Hya II
Segue 3
Sgr
Tri II
LMC
Car
Kim 2
SMC
Segue 2
Kim 1
Tuc 2
Peg III
Pic 1
Pisces II
Gru 1
Ret 2
Hor 1
Pho 2
Eri 3
For
Scl
image credit: H. Jerjen & ESO (background)

Le *Groupe Local*

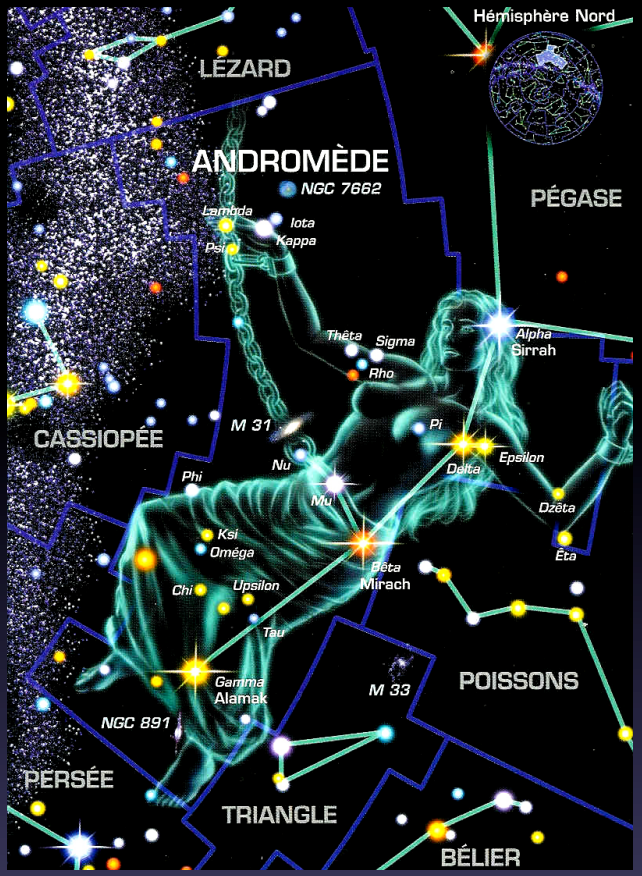
Il s'agit d'un regroupement d'une trentaine de galaxies liées gravitationnellement, dans un volume de diamètre ≈ 4 10^6 AL

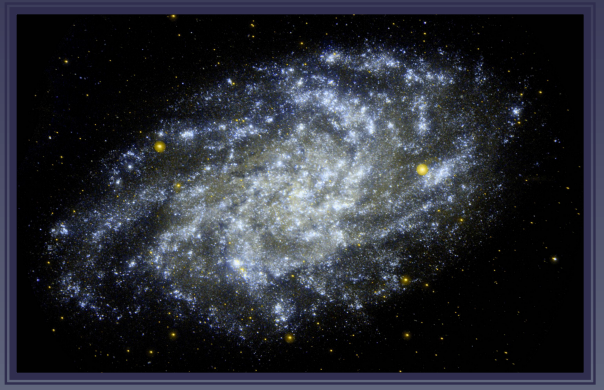
Il comprend la Voie Lactée + satellites et Andromède + satellites



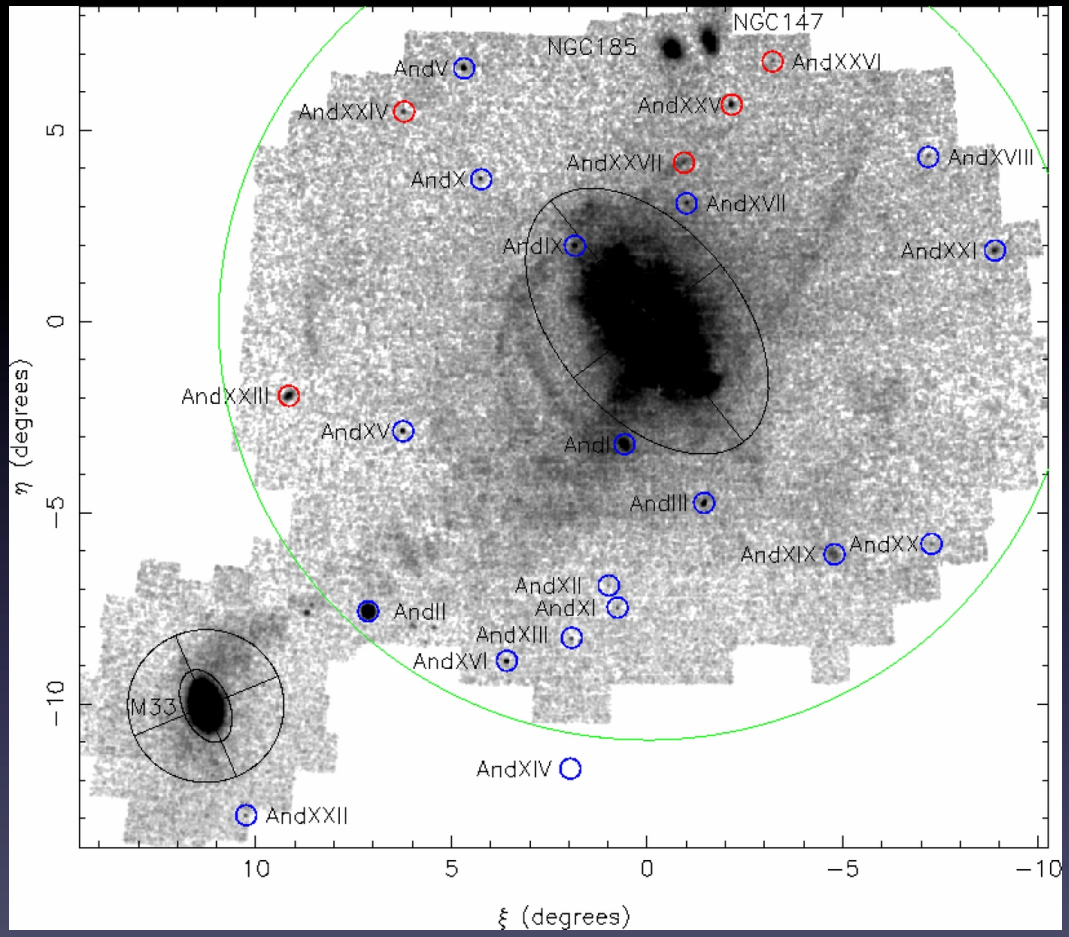
Galaxie d'Andromède

- aussi appelée M31 ou encore NGC 224
- spirale géante (de masse comparable à celle de la Voie Lactée)
- distance = 2,5 10^6 AL
- observée pour la première fois en 905 par un astronome arabe, Al Soufi, qui la décrit comme un « petit nuage »
- possède également un cortège de galaxies naines satellites
- à proximité: galaxie du Triangle (M33), spirale moyenne





Galaxie du Triangle


NGC147
NGC185
AndV
AndXXVI
AndXXIV
AndXXV
AndXXVII
AndXVIII
AndX
AndXVII
AndIX
AndXXI
AndXXIII
AndXV
AndI
AndIII
AndXIX
AndXX
AndXII
AndXI
AndII
AndXIII
AndXVI
M33
AndXIV
AndXXII
η (degrees)
ξ (degrees)
10
5
0
−5
−10



Comparaison entre la Pleine Lune et une image profonde d'Andromède

- la taille d'Andromède sur le ciel est comparable à 5 fois le rayon angulaire de la lune
- mais à cause de sa faible brillance de surface seul le bulbe est observable à l'œil nu (dans l'hémisphère nord)
- il s'agit de l'un des rares objets extragalactiques à être observable à l'œil nu (de très bonnes conditions d'observation sont indispensables)

Avenir ?

Que va devenir la Voie Lactée ?

Contrairement aux autres galaxies (les satellites nains à part), Andromède est la seule galaxie à se rapprocher de la nôtre (blueshift)

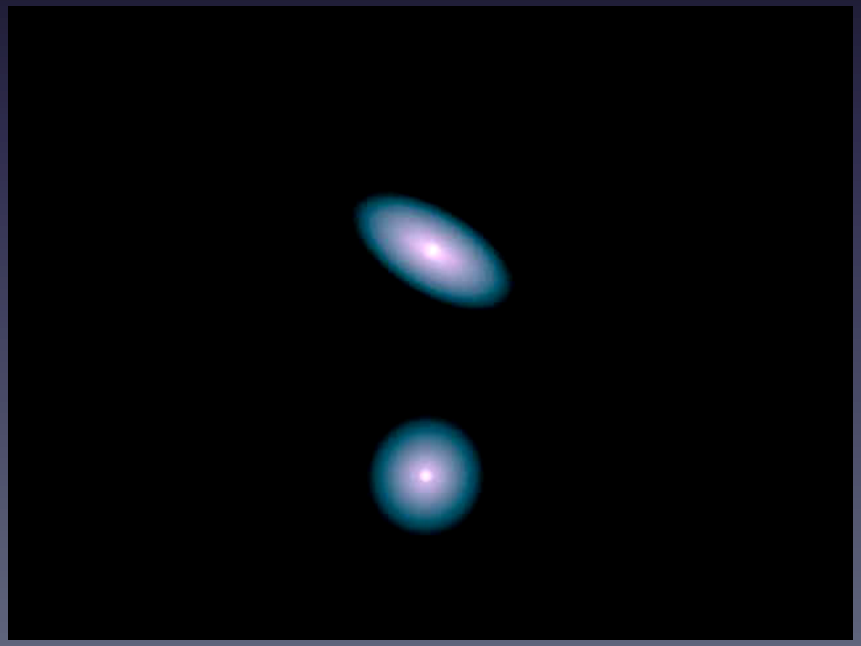
⇨ dans ~ 3 10^9 d'années: **collision** entre Andromède et la Voie Lactée

⇨ « *cannibalisme* »: les 2 galaxies ne formeront plus qu'une galaxie

⇨ collisions entre étoiles peu probables

⇨ mais rencontres de nuages de gaz et de poussières

= nouvelles pouponnières d'étoiles



Interaction avec Andromède

La galaxie la plus massive du Groupe Local, comparable à la Voie Lactée, n 'est qu 'à 700 kpc
Elle se dirige vers nous à 300km/s



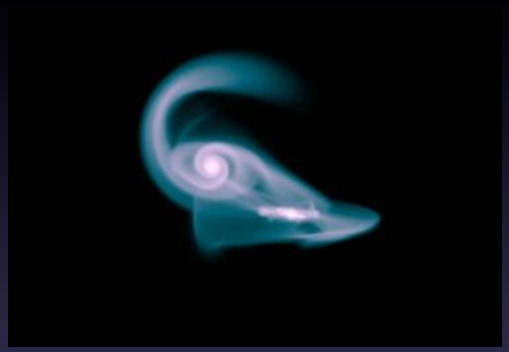
Sur la base de sa vitesse radiale, le temps d 'approche est de 2 Gyr

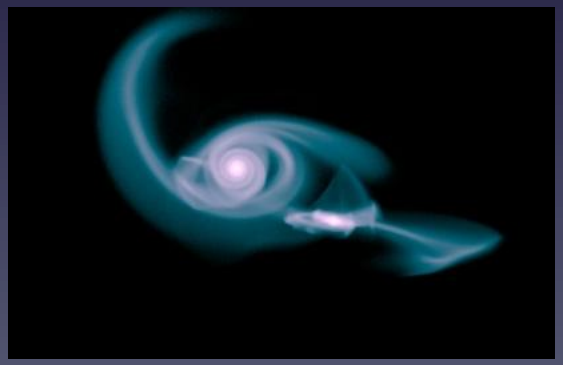
Mais sa vitesse tangentielle est inconnue

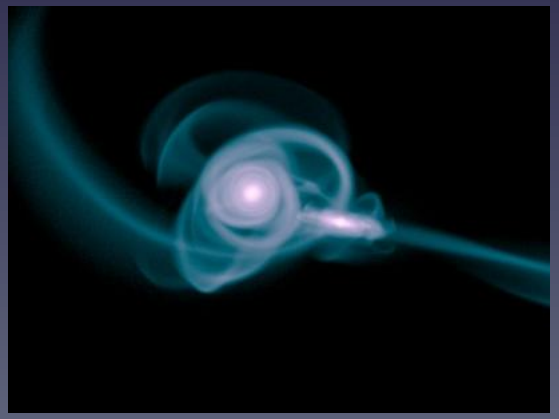
Bientôt des mouvements propres (avec le satellite européen GAIA)

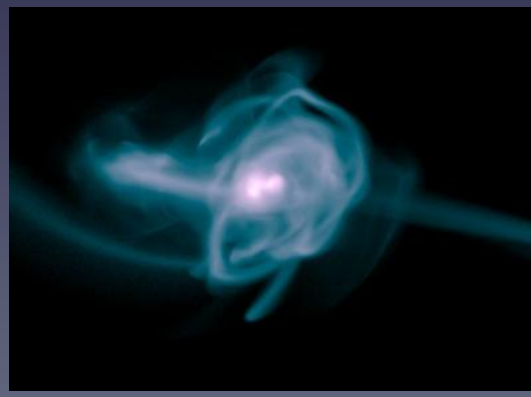
Simulations de la rencontre avec M31



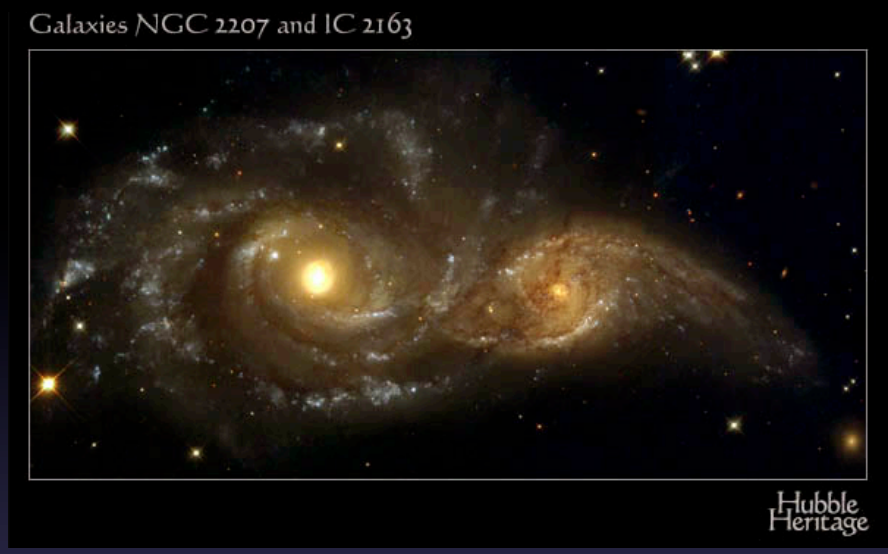




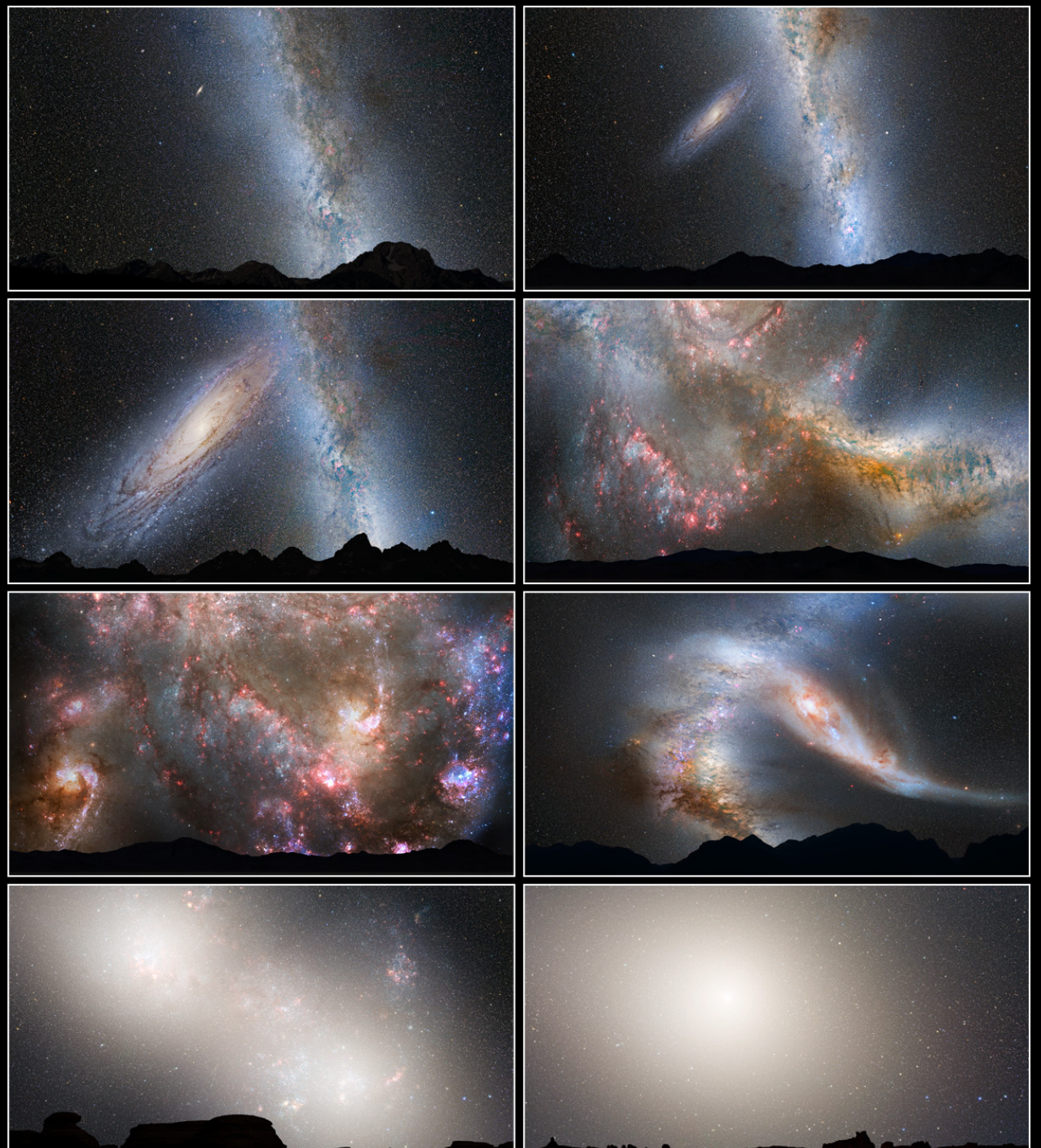




Dubinski 2000




0.000 billion years



La Voie Lactée

- Introduction historique
- Caractéristiques principales
- Structures et principales composantes
- Environnement proche
- **Histoire de sa formation et évolution**


z = 48.4
T = 0.05 Gyr
500 kpc

Formation de la galaxie

Etoiles vieilles (Pop II) : halo + bulbe

Etoiles jeunes (Pop I) : disque

⇨ Le disque s'est formé + tard que le halo et le bulbe

Nuage diffus de matière

Moment cinétique non nul

Gravitation

Effondrement + Conservation du moment cinétique

Rotation de + en + rapide du nuage autour d'un axe particulier

Création du disque

Rotation la + rapide dans le plan équatorial

Aplatissement

Stop effondrement grâce à la vitesse

⇨ Orbite circulaire

Matière située **de part et d'autre** du plan continue à s'effondrer

Soit une **étoile déjà formée** lors du début de l'effondrement et dont l'orbite est suffisamment inclinée sur le plan:

- étoile bcp + dense que la matière qui s'accumule dans le disque
- elle passe au travers de celui-ci sans que son orbite soit modifiée

Soit une **nuage diffus** de matière interstellaire:

- quand il traverse le disque, il subit un amortissement jusqu'à l'annulation de sa composante de vitesse perpendiculaire au disque
- il se joint donc à la matière du disque

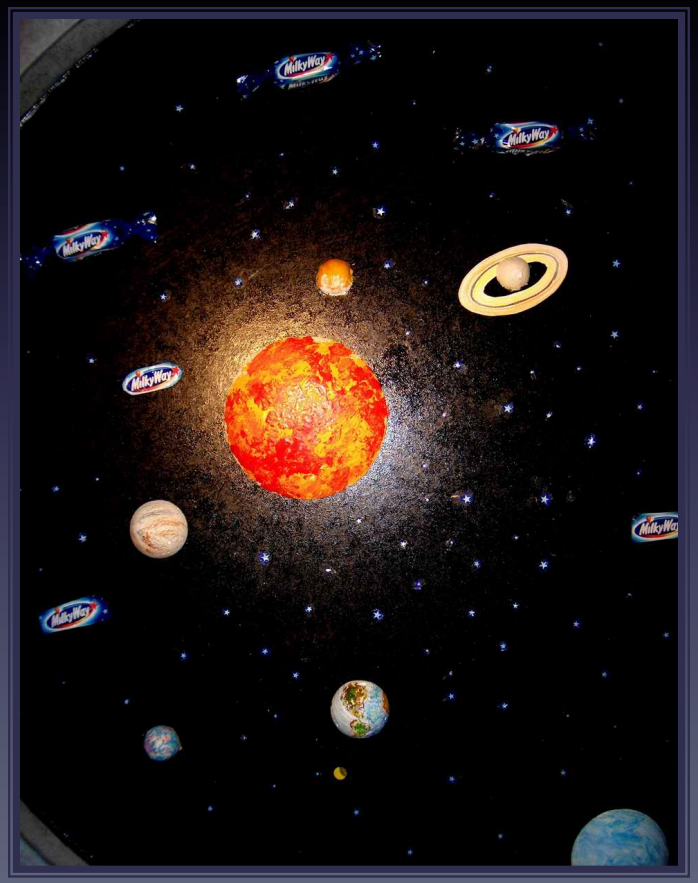
Formation

Quand la **densité du disque** est **suffisante**, l'effondrement de nuages à l'origine de la **naissance d'étoiles** est alors possible

⇨ au cours des milliards d'années suivants:
le nombre d'étoiles dans le disque ↗

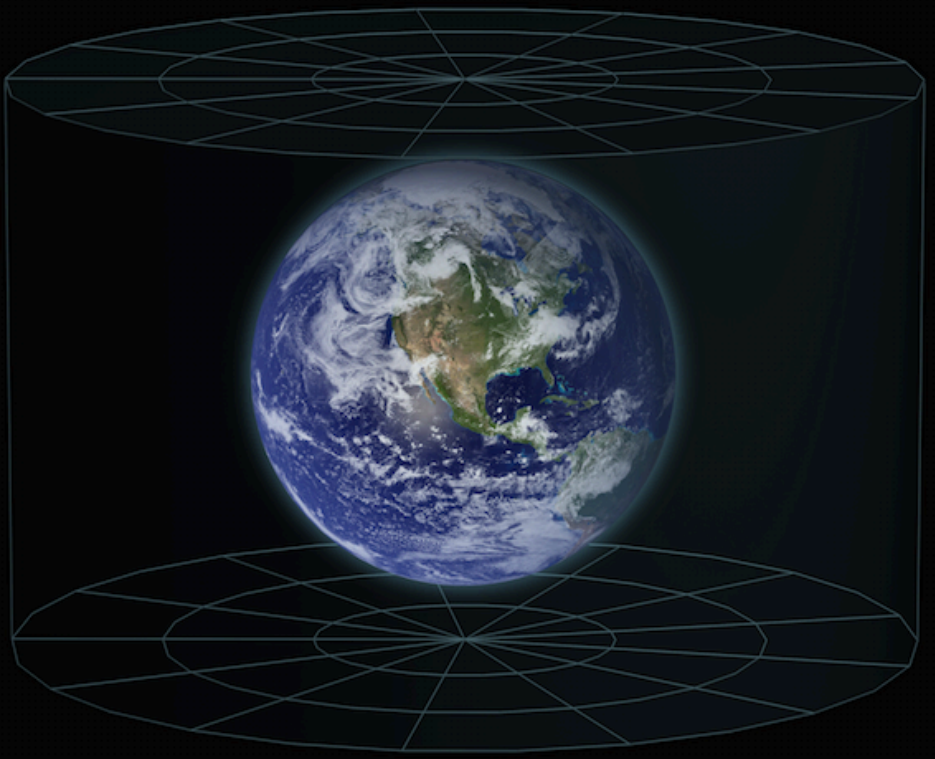
Les **orbites circulaires** de ces étoiles suivent le mouvement de la matière qui en est à l'origine

Les **étoiles les plus vieilles** sont donc celles formées hors du disque, on les retrouve dans le bulbe et dans le halo

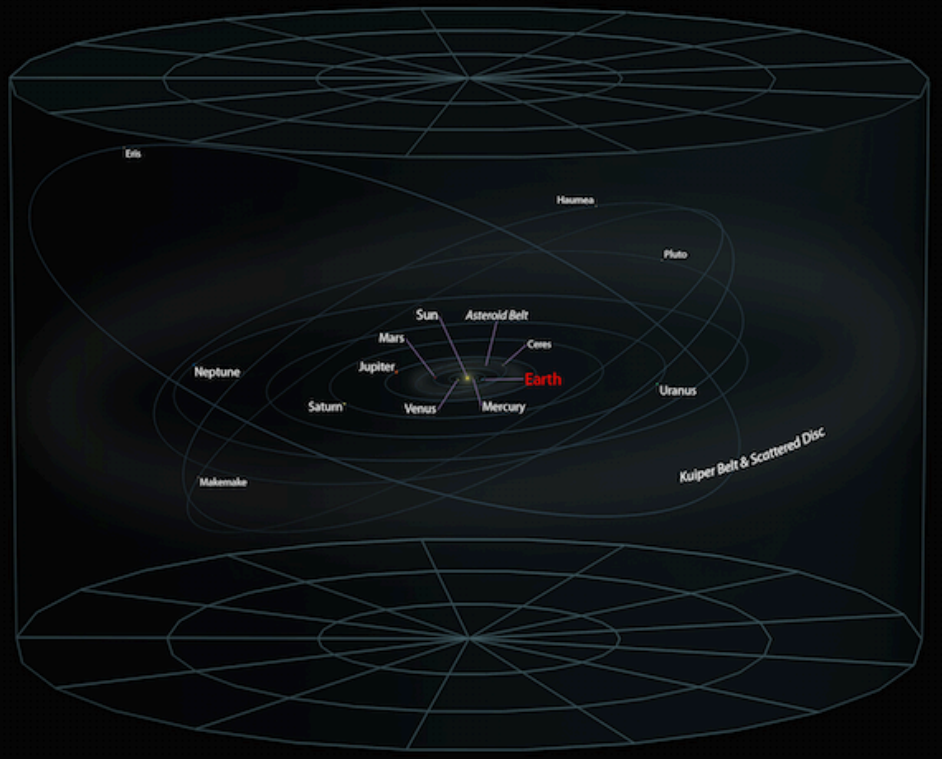


- **Il y a encore de (trop !) nombreux problèmes à résoudre**
- Cartograhie détaillée
- Distribution des satellites
- Formation des différentes structures (disque épais, bulbe,…et tailles respectives)
- Rôle des accrétions successives
- Evolution chimique des différents éléments
- …..

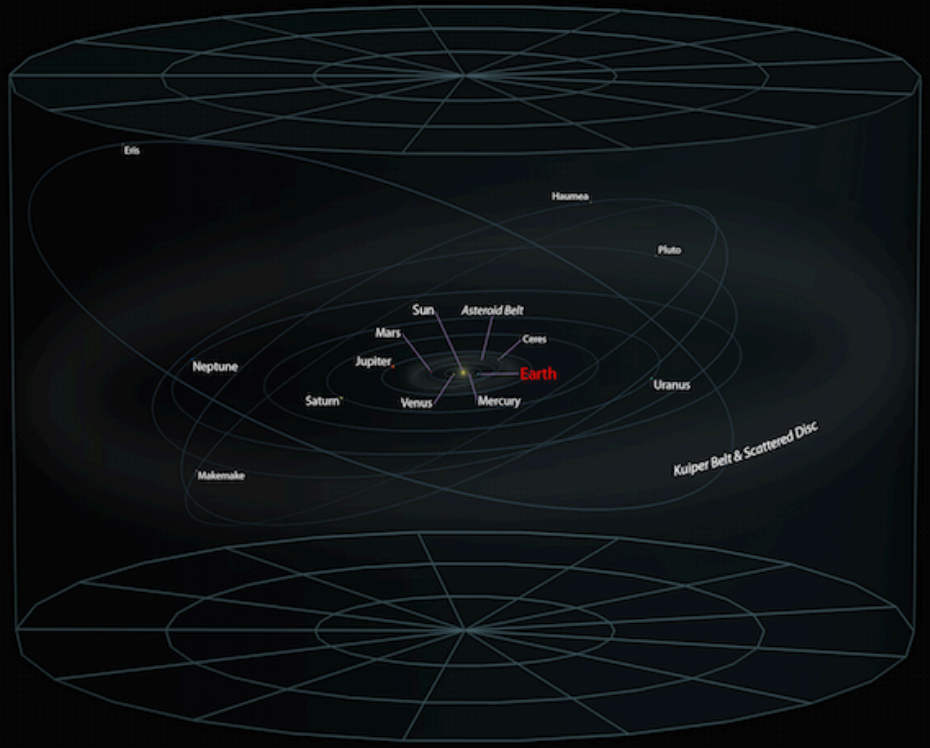
Earth



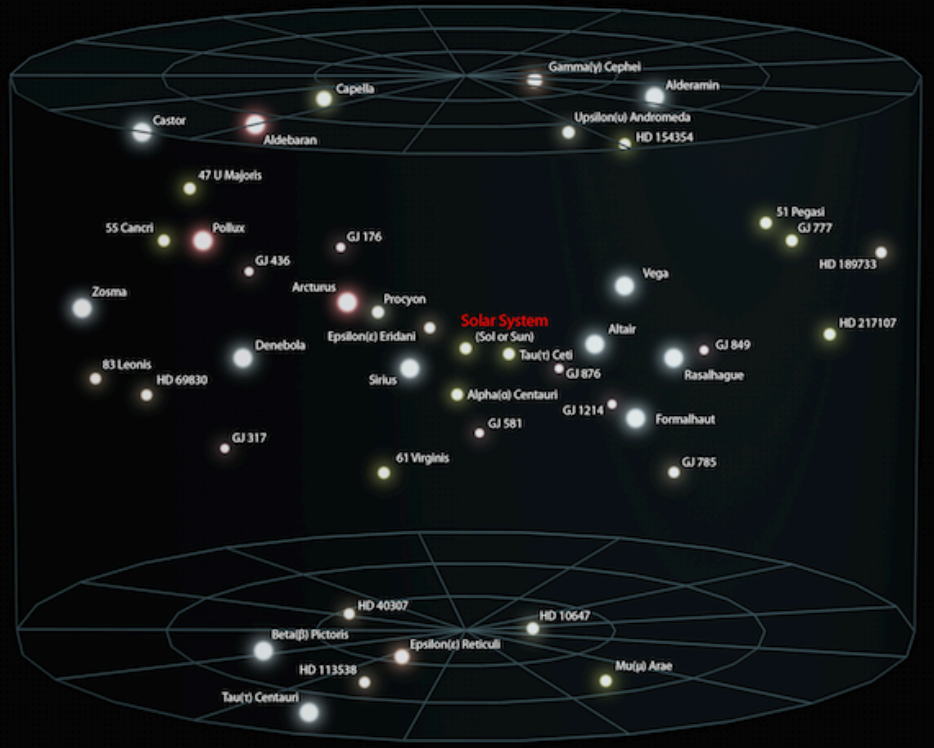
Solar System

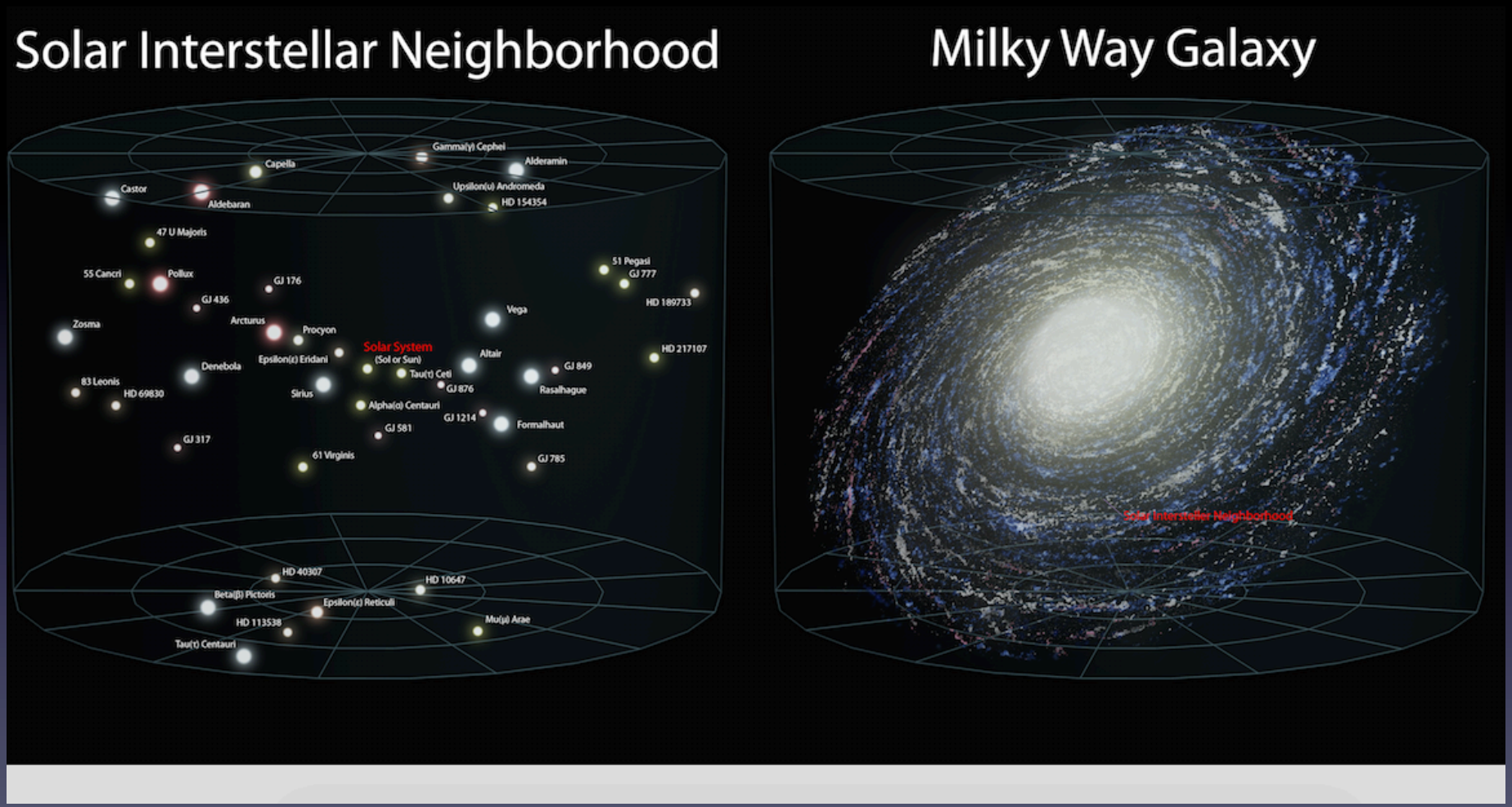


Solar System

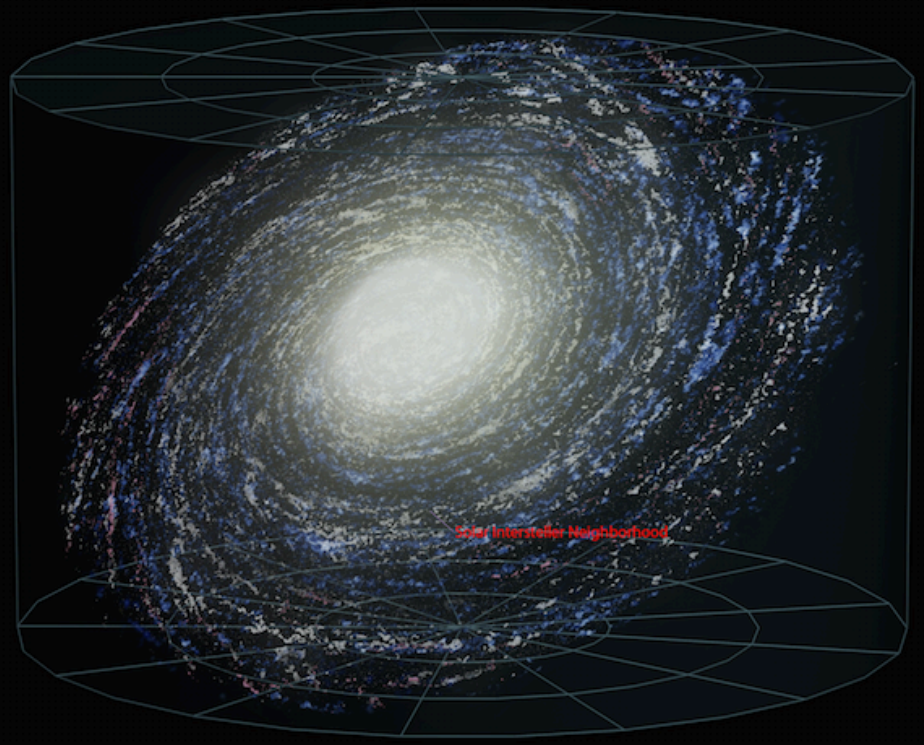


Solar Interstellar Neighborhood

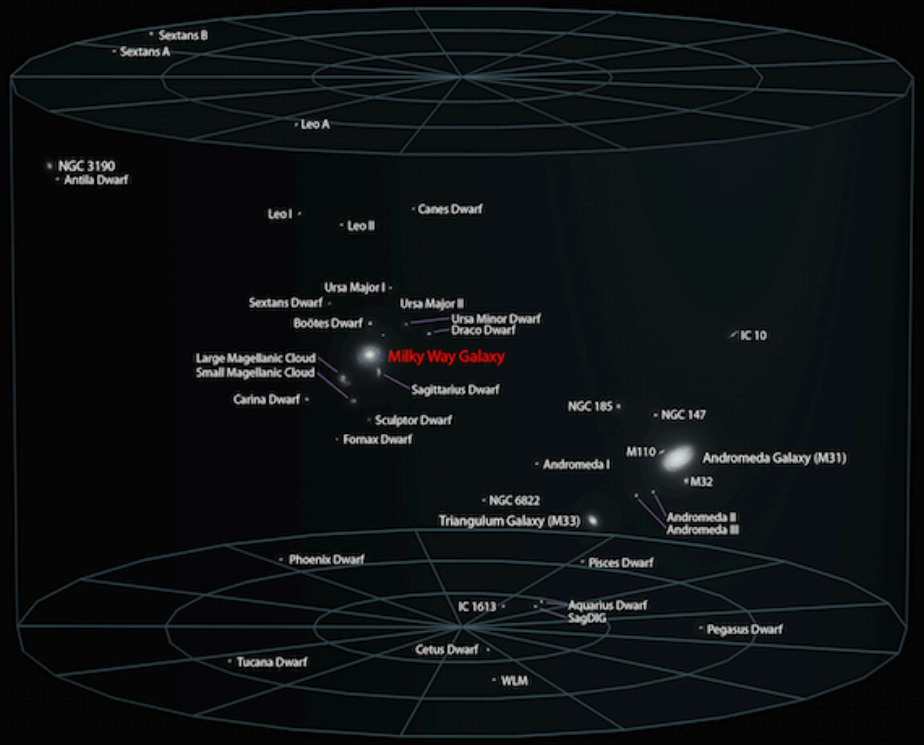



Solar Interstellar Neighborhood
Milky Way Galaxy
Gamma(γ) Cephei
Capella
Alderamin
Castor
Aldebaran
Upsilon(υ) Andromeda
HD 154354
47 U Majoris
55 Cancri
Pollux
GJ 176
51 Pegasi
GJ 777
GJ 436
HD 189733
Vega
Zosma
Arcturus
Procyon
Solar System
(Sol or Sun)
Altair
HD 217107
Epsilon(ε) Eridani
Denebola
Tau(τ) Ceti
GJ 849
GJ 876
83 Leonis
HD 69830
Sirius
Rasalhague
Alpha(α) Centauri
GJ 1214
Formalhaut
GJ 581
GJ 317
61 Virginis
GJ 785
HD 40307
HD 10647
Beta(β) Pictoris
Epsilon(ε) Reticuli
HD 113538
Mu(μ) Arae
Tau(τ) Centauri
Solar Interstellar Neighborhood

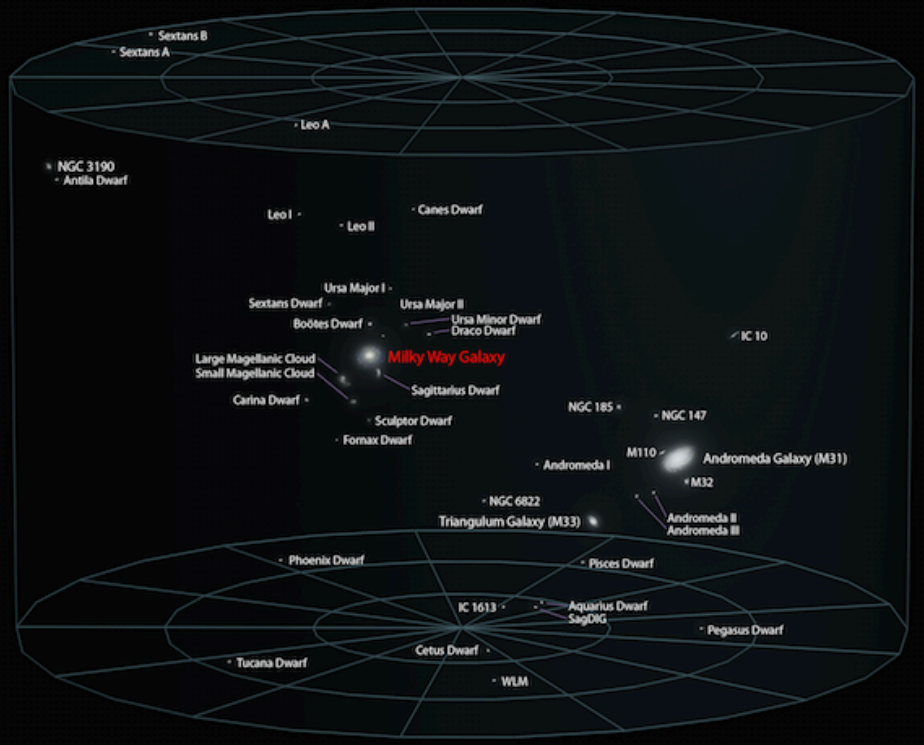
Milky Way Galaxy



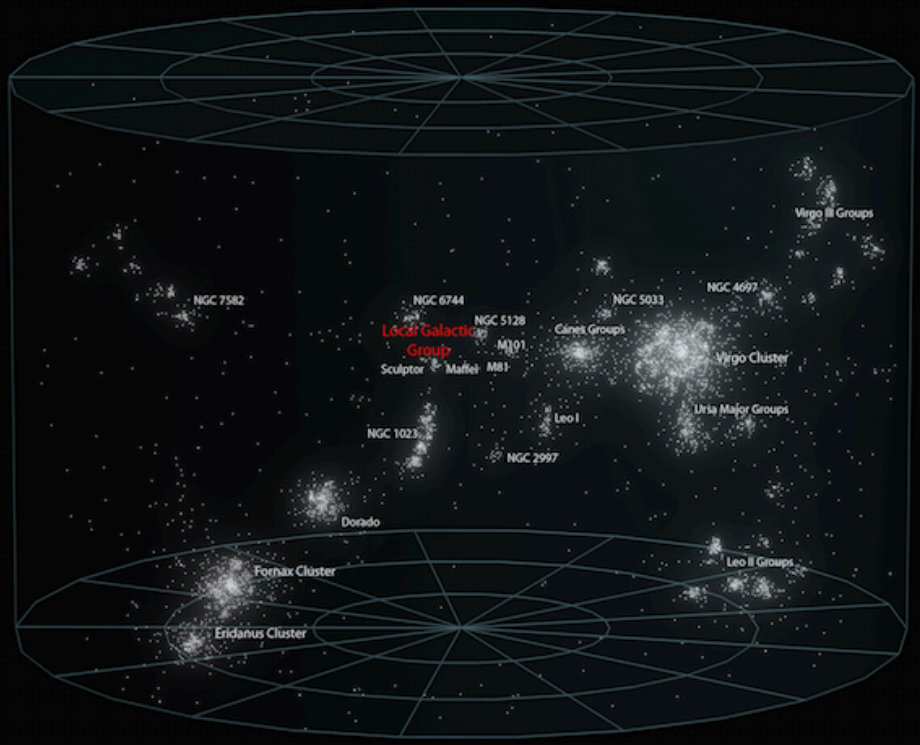
Local Galactic Group



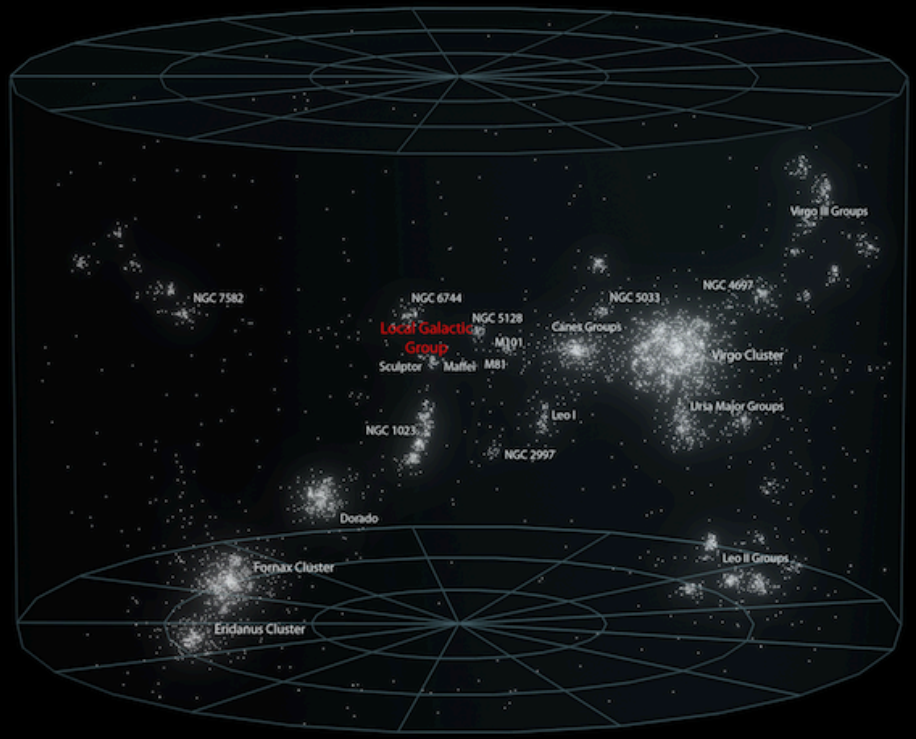
Local Galactic Group



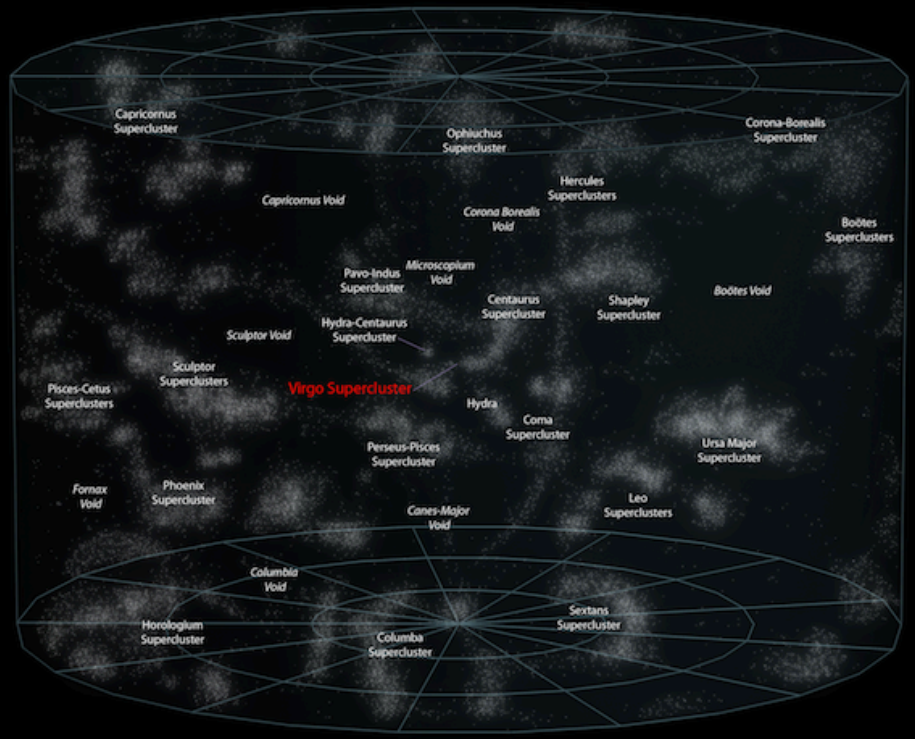
Virgo Supercluster

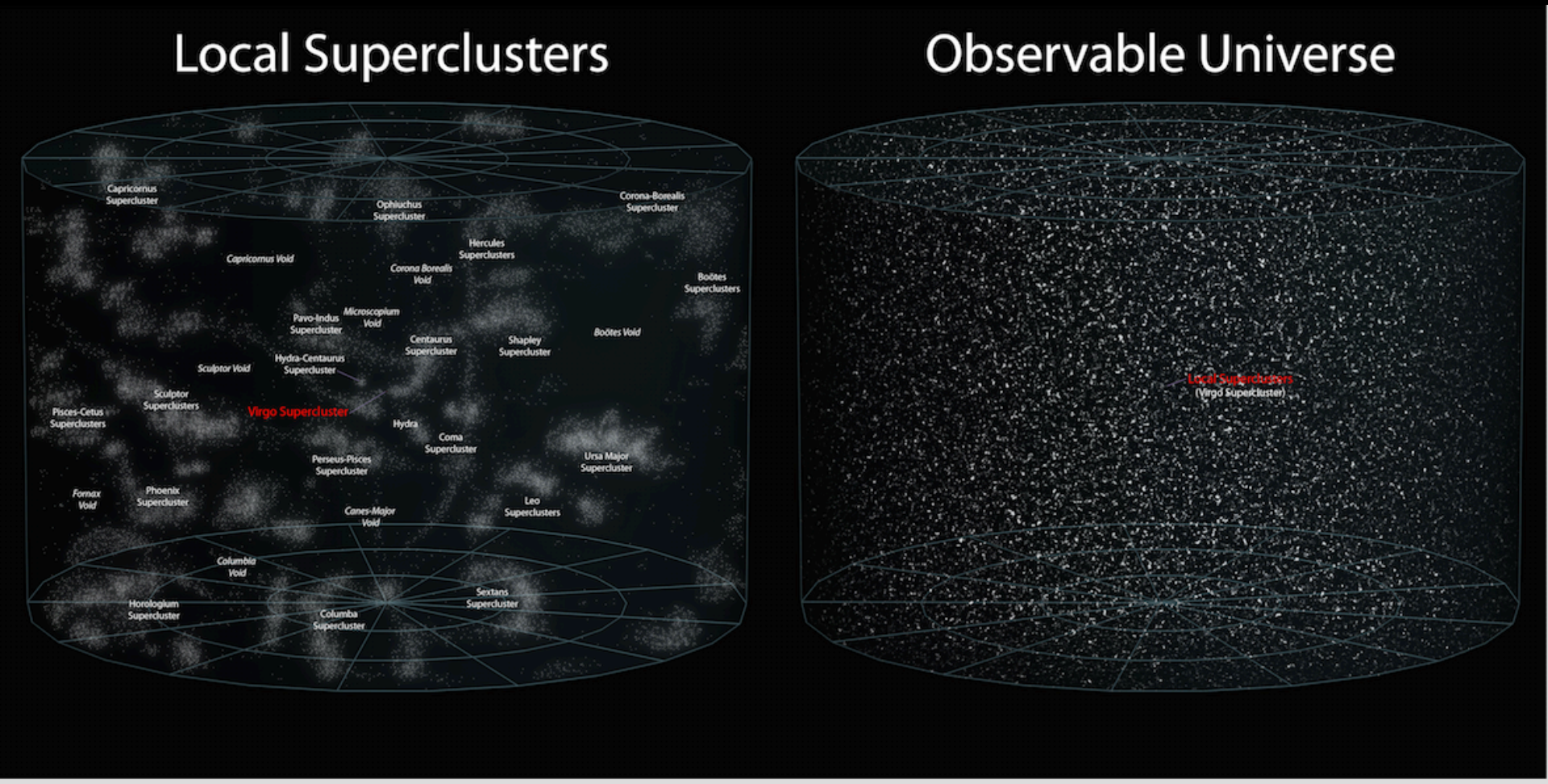


Virgo Supercluster



Local Superclusters




Local Superclusters
Capricornus Supercluster
Ophiuchus Supercluster
Corona-Borealis Supercluster
Hercules Superclusters
Capricornus Void
Corona Borealis Void
Boötes Superclusters
Microscopium Void
Pavo-Indus Supercluster
Boötes Void
Centaurus Supercluster
Shapley Supercluster
Hydra-Centaurus Supercluster
Sculptor Void
Sculptor Superclusters
Pisces-Cetus Superclusters
Virgo Supercluster
Hydra
Coma Supercluster
Perseus-Pisces Supercluster
Ursa Major Supercluster
Fornax Void
Phoenix Supercluster
Canes-Major Void
Leo Superclusters
Columbia Void
Sextans Supercluster
Horologium Supercluster
Columba Supercluster
Observable Universe
Local Superclusters
(Virgo Supercluster)