

Propriétés et observations des galaxies non-résolues en étoiles

Introduction générale du cours, la problématique

1. Historique sur la découverte des galaxies
2. La Voie Lactée
3. Classification morphologique des galaxies

4. Distribution des galaxies aux grandes échelles

4.1 Galaxies satellites de la Voie Lactée

4.2 Le Groupe Local

4.3 Les groupes proches

4.4 Les amas proches

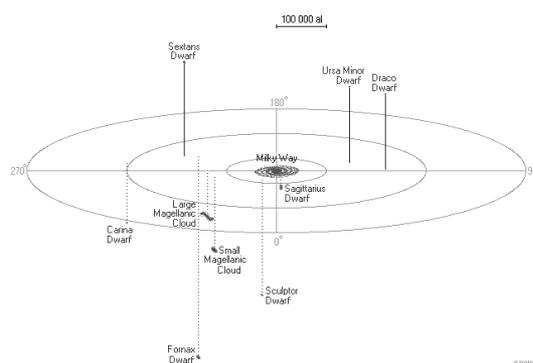
4.5 Les superamas

4.6 Le Grand Mur

4.7 Le Grand Attracteur

4.8 Les Grandes Structures

4.1 Les galaxies satellites (Univers jusqu'à 150 kpc)



Nombre de grandes galaxies jusqu'à 150 kpc = 1

Nombre de galaxies naines jusqu'à 150 kpc = 9

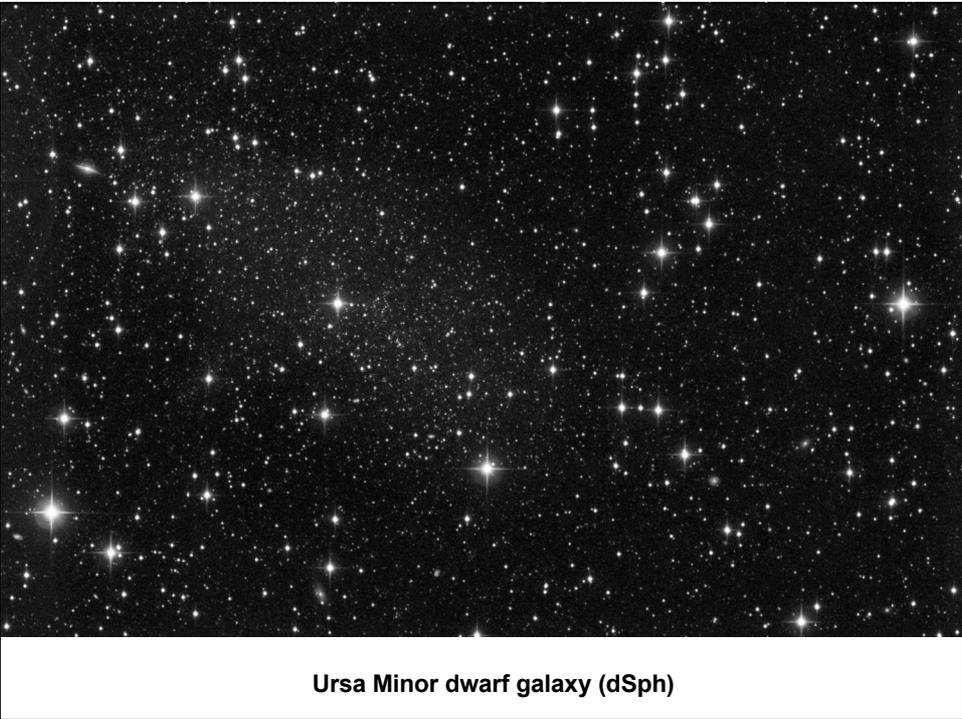
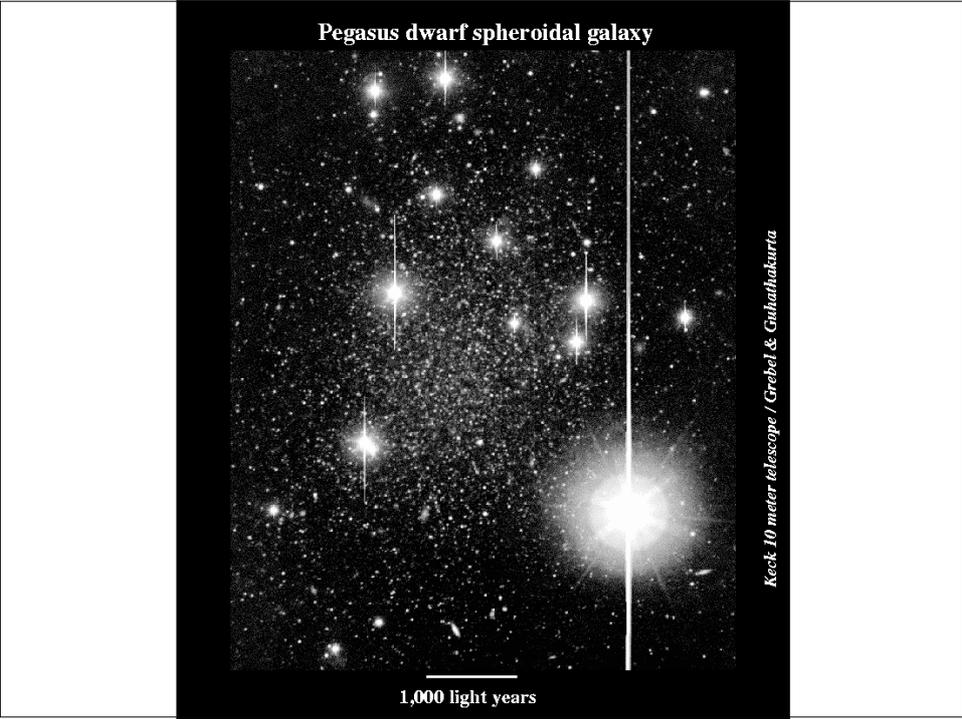
Nombre d'étoiles jusqu'à 150 kpc = 200 milliards



Magellanic clouds



Fornax dwarf galaxy





Draco dwarf galaxy (dSph)



Draco dwarf galaxy



M31 =
 Andromeda galaxy
 + NGC 205 + M32
 + Moon, for scale)

Groupe Local (D < 1.5 Mpc)

TABLE 1
 DERIVED PROPERTIES OF PROMINENT LOCAL GROUP GALAXIES

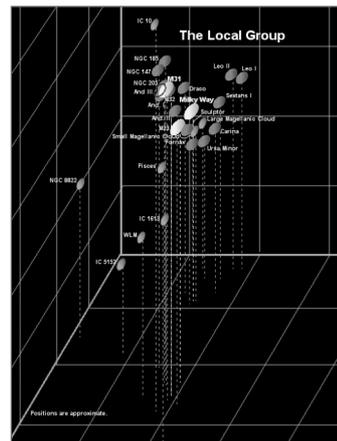
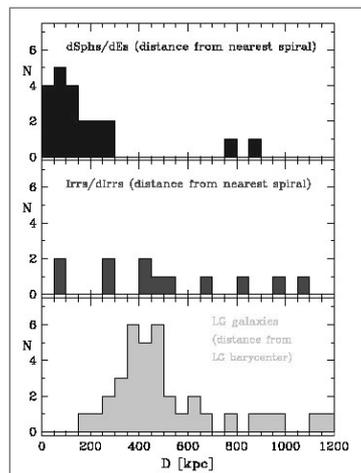
| Name | Alias | DDO Type | ($m-M_b$) | M_b | l (deg) | b (deg) | D (kpc) | $\cos \theta$ |
|-------------|---------|------------|-------------|-------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| M31 | NGC 224 | Sb I-II | 24.4 | -21.2 | 121.17 | -21.57 | 760 | 0.81 |
| Milky Way | Galaxy | SB/Sc I-II | 14.5 | -20.6 | 000.00 | 00.00 | 8 | -0.15 |
| M33 | NGC 598 | Sc II-III | 24.5 | -18.9 | 133.61 | -31.33 | 795 | 0.73 |
| LMC | | I, III-IV | 18.5 | -18.5 | 286.59 | -32.29 | 50 | -0.89 |
| SMC | | I, IV/IV-V | 18.85 | -17.1 | 302.81 | -44.33 | 59 | -0.61 |
| M32 | | E2 | 24.4 | -16.5 | 121.15 | -21.98 | 760 | 0.81 |
| NGC 205 | | Sph | 24.4 | -14.4 | 120.72 | -21.14 | 760 | 0.81 |
| IC 10 | | I, IV | 24.1 | -16.3 | 118.97 | -10.34 | 660 | 0.94 |
| NGC 4022 | | I, IV-V | 23.5 | -16.0 | 025.34 | -18.26 | 820 | 0.38 |
| NGC 185 | | Sph | 24.1 | -15.6 | 120.79 | -14.48 | 660 | 0.91 |
| IC 1463 | | I, V | 23.3 | -15.3 | 129.73 | -60.56 | 725 | 0.47 |
| NGC 147 | | Sph | 24.1 | -15.1 | 119.82 | -14.25 | 660 | 0.92 |
| WLM | DDO 221 | I, IV-V | 24.85 | -14.4 | 075.85 | -73.68 | 925 | 0.32 |
| Sagittarius | | dSph(a) | 17.0 | -11.8 | 005.61 | -14.09 | 24 | -0.04 |
| Fornax | | dSph | 20.7 | -13.1 | 237.24 | -65.66 | 138 | -0.23 |
| Pegasus | DDO 216 | I, V | 24.4 | -12.0 | 094.77 | -43.55 | 760 | 0.76 |
| Leo I | | dSph | 22.0 | -11.9 | 225.98 | +69.11 | 750 | -0.44 |
| And I | | dSph | 24.55 | -11.8 | 121.69 | -24.85 | 810 | 0.86 |
| And II | | dSph | 24.2 | -11.8 | 128.91 | -29.15 | 700 | 0.78 |
| Leo A | DDO 69 | I, V | 24.2 | -11.5 | 198.90 | +52.41 | 690 | -0.14 |
| Aquarius* | DDO 210 | I, V | 22.05 | -11.3 | 034.04 | -31.35 | 1025 | 0.40 |
| Sag DDO* | | I, V | 22.7 | -10.7 | 021.13 | -16.23 | 1300 | 0.22 |
| Pegasus II | And VI | dSph | 24.45 | -10.6 | 106.91 | -36.20 | 830 | 0.83 |
| Phox | CG 3 | dU/dSph | 24.55 | -10.4 | 126.77 | -60.02 | 810 | 0.71 |
| And III | | dSph | 24.4 | -10.2 | 119.31 | -26.25 | 760 | 0.86 |
| And V | | dSph | 24.55 | -10.2 | 126.22 | -15.12 | 810 | 0.87 |
| Leo II | | dSph | 21.6 | -10.1 | 220.14 | +67.23 | 210 | -0.26 |
| Phoenix | | dU/dSph | 23.0 | -9.1 | 272.19 | -68.95 | 395 | -0.39 |
| Scylla | | dSph | 19.7 | -9.1 | 207.69 | -63.16 | 87 | -0.56 |
| Tucana | | dSph | 24.7 | -9.6 | 322.91 | -47.37 | 870 | -0.44 |
| Cassiopeia | And VII | dSph | 24.2 | -9.5 | 109.46 | -109.95 | 690 | 0.98 |
| Sextans | | dSph | 19.7 | -9.5 | 243.50 | +42.27 | 84 | -0.65 |
| Carina | | dSph | 20.0 | -9.4 | 260.11 | -22.22 | 100 | -0.85 |
| Draco | | dSph | 19.5 | -8.6 | 086.27 | +24.71 | 79 | 0.77 |
| Ursa Minor | | dSph | 19.0 | -8.5 | 104.88 | +44.90 | 65 | 0.66 |

NOTE: — Columns denote uncertain values.
 * Membership in Local Group not yet firmly established.

Pritchett & van den Bergh 1999

- Composition (< 1.5 Mpc)
 - 3 Sp (MW, M31, M33)
 - 2 E (M32 & NGC 205)
 - 10 Irr
 - 2 dIrr/dSph
 - 18+ dSph
- ~ 35 galaxies dont 30 naines
- Masse principalement dans MW & M31

Groupe Local (D < 1.5 Mpc)

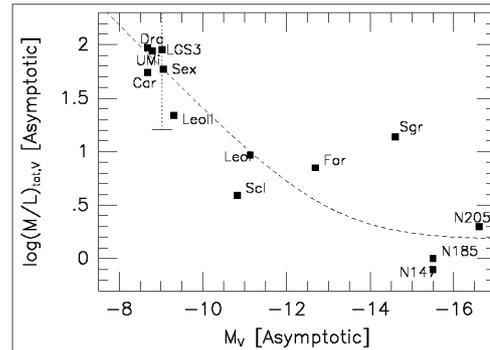


Groupe Local (D < 1.5 Mpc)

- Dans le Groupe Local:
 - Irrs naines dans les régions de faible densité
 - dSphs près de M31 & MW
- Parallèle entre le GL et les amas riches:
 - E & S0 au centre
 - Sp périphérie

Groupe Local (D < 1.5 Mpc)

- Dans le groupe Local, les naines de plus faible luminosité sont celles ayant le (M/L) le plus élevé, donc le plus haut % de DM (dark matter)



Groupe Local (D < 1.5 Mpc)

- Si le GL est représentatif de l'Univers:
 - les Irrs et les dSphs sont les deux types de galaxies les plus abondantes dans l'Univers
- Mais presque indétectables même dans les groupes les plus proches à cause de leur faible magnitude
- Ex.: 10 Mpc $(m-M_0) \sim 30$ $M_B \sim -10/-11$ $B_T \sim 20$
- pas une solution à la matière sombre pcq
- $M_{\text{naine}} \sim 10^6-10^8 M_{\text{sol}}$ $E_{\text{géante}} \sim 10^{11-12} M_{\text{sol}}$

Le Groupe Sculpteur

- Groupe le plus proche du Groupe Local
- Composé de 5 spirales de dernier type Sc-Sm
- Distance ~ 2.5 Mpc ($1.5 < \Delta < 4.0$ Mpc)



Le Groupe Sculpteur

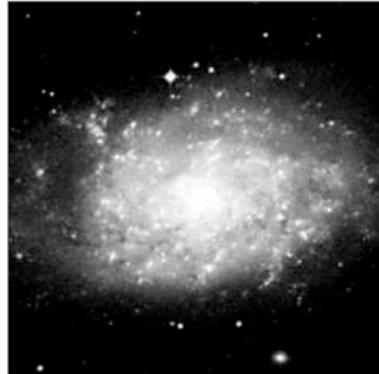


NGC 253 (SAB(s)c) :
Galaxie la plus brillante du groupe

Le Groupe Sculpteur



NGC 55 (SB(s)m): Galaxie la plus près



NGC 7793 (SA(s)d): Galaxie la plus loin

Le Groupe Sculpteur



NGC 247 - SAB(s)d



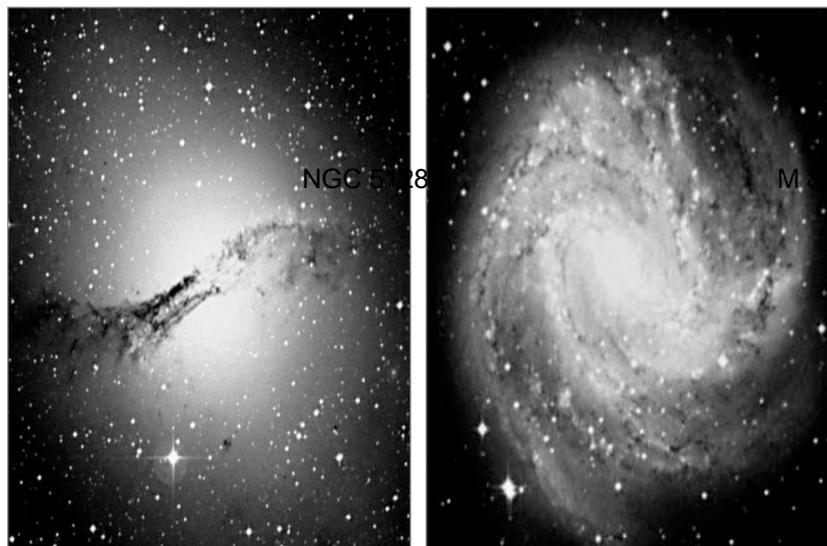
NGC 300 - SA(s)d

Le Groupe Centaurus

- Groupe qui contient plusieurs galaxies actives:
 - Centaurus A : radio galaxie la plus proche et la plus forte avec Virgo A (M87)
 - M83

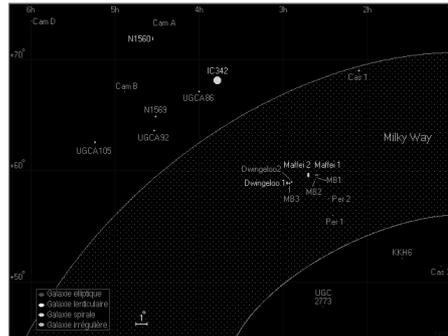


Le Groupe Centaurus

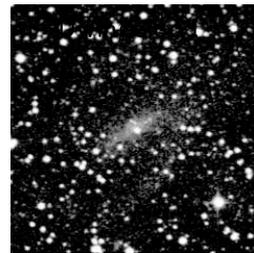


Le Groupe Maffei (IC342)

- Découvert en 1968 (fortement obscurci – derrière le plan gal.)
- Majorité des galaxies inconnues avant 1980
- 16 membres connus (majorité: naines)

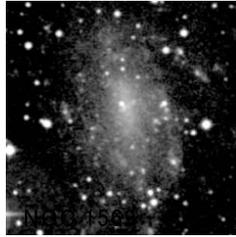


Le Groupe Maffei (IC342)



- 3 galaxies très obscurcies
- Maffei I, grande E la plus proche de nous
- Maffei II, spirale barrée
- Dwingeloo I, SB découverte en 1994 !

Le Groupe Maffei (IC342)



- NGC 1560: Sp ou Irr vue par la tranche
- NGC 1569: naine, exemple le plus proche de *starburst*
- UGCA 105: naine (structure spirale ?)

Le Groupe Maffei (IC342)



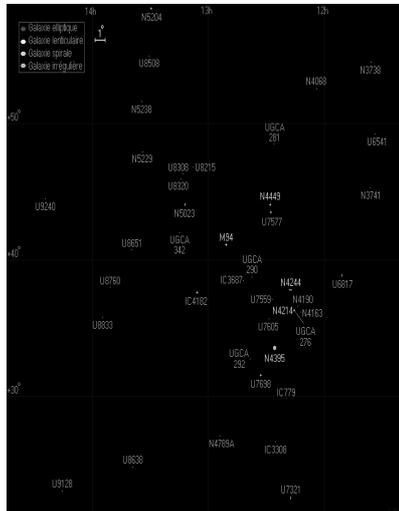
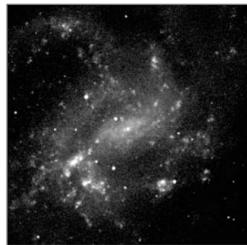
- Galaxie la plus importante du groupe
- S'il n'y avait pas d'obscurité par la Voie Lactée, IC342 serait la galaxie la plus brillante dans le ciel (visible à l'oeil nu !)
- Découverte en 1890

Le Groupe Canes I

NGC 4244
SA(s)cd



NGC 4395
SA(s)m

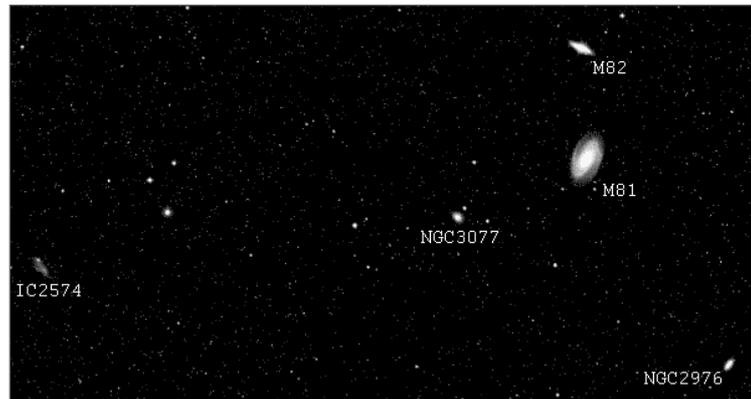


Le Groupe M81

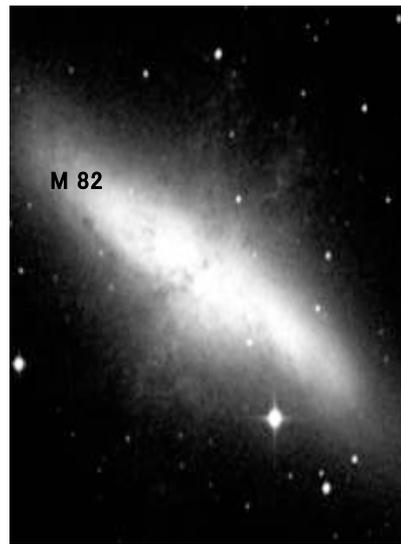
- Contient la célèbre paire M81/M82
- M82: *Starburst* le plus proche
- Spirale importante NGC 2403
- Contient ~30 galaxies



Le Groupe M81



Le Groupe M81



Taille ~ Voie Lactée

Le Groupe M81



- NGC 2366: Irr avec un SFR élevé (NGC 2363 – région HII géante)
- NGC 2403: 2^{ème} galaxie Sp du groupe
- IC 2574: même taille que M82 mais LSB

Le Groupe M81



- NGC 2976: petite Sp 600 kpc derrière M81
- NGC 3077: seulement 40 kpc de M81
- Holmberg II: naine Irr, évidence de Ram Pressure

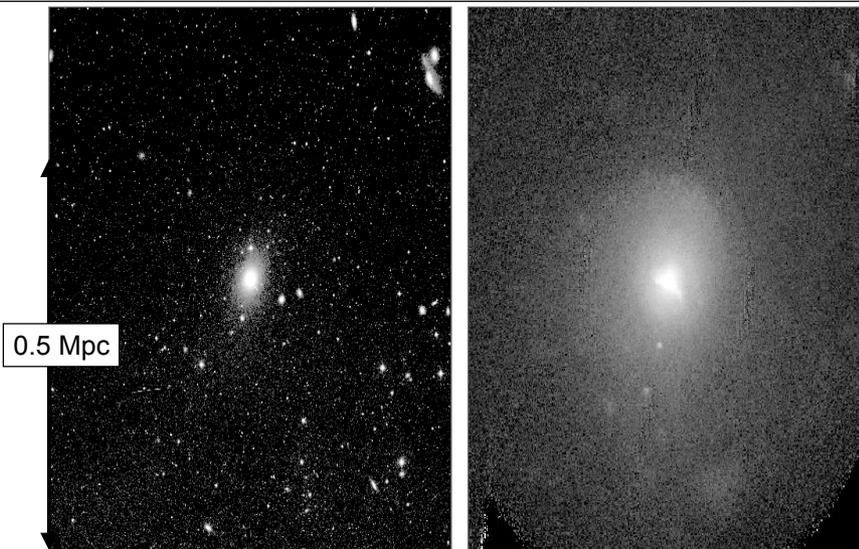
4.4 Les amas proches

Amas de la Vierge

- 2000 galaxies (90% naines)
- Proche: structure complexe + sous-structures
- Pas homogène: coeur + extensions
- $\Delta \sim 15$ Mpc,
- IGM important
- $R \sim 6^\circ \sim 72$ galaxies
 - 41 E + S0
 - 31 Sp
- $\langle V_0 \rangle \sim 1031 \pm 84$ km/sec
- $\sigma_V \sim 712$ km/sec



Amas de la Vierge

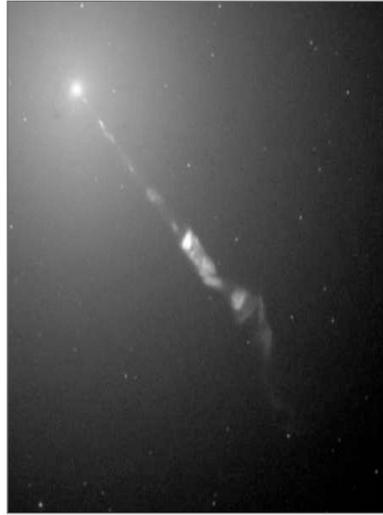


0.5 Mpc

Optique

Rayons-X

Amas de la Vierge



M87

Amas de la Vierge

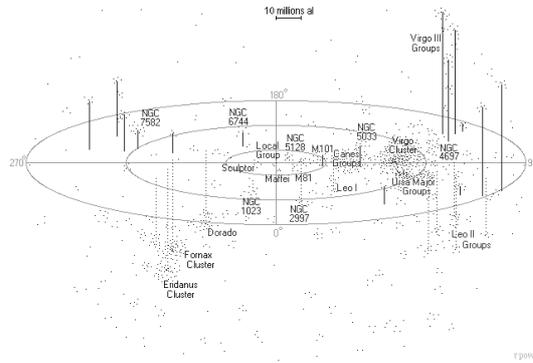


Ram pressure



Warp optique

Le Superamas de la Vierge (Univers jusqu'à 30 Mpc)



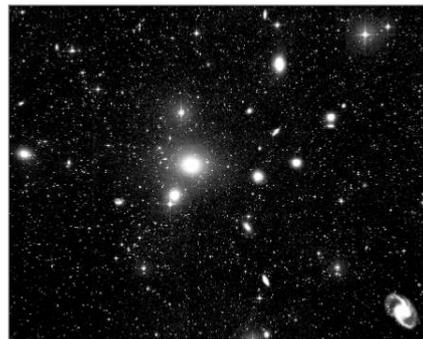
Nombre de groupes de galaxies jusqu'à 30 Mpc = 160
Nombre de grandes galaxies jusqu'à 30 Mpc = 2500
Nombre de galaxies naines jusqu'à 30 Mpc = 25000

Amas de Fornax & D'Eridanus

- Les 2 amas sont séparés par 6-7 Mpc

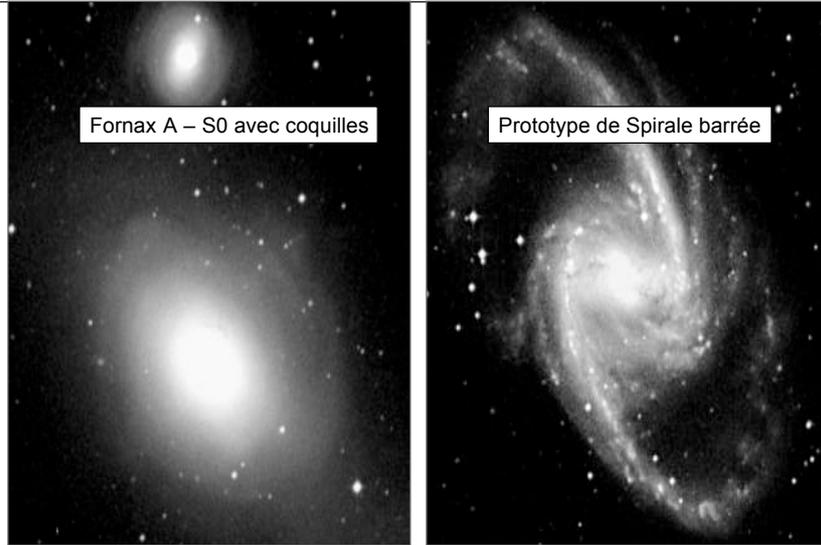


NGC 1300 - Eridanus



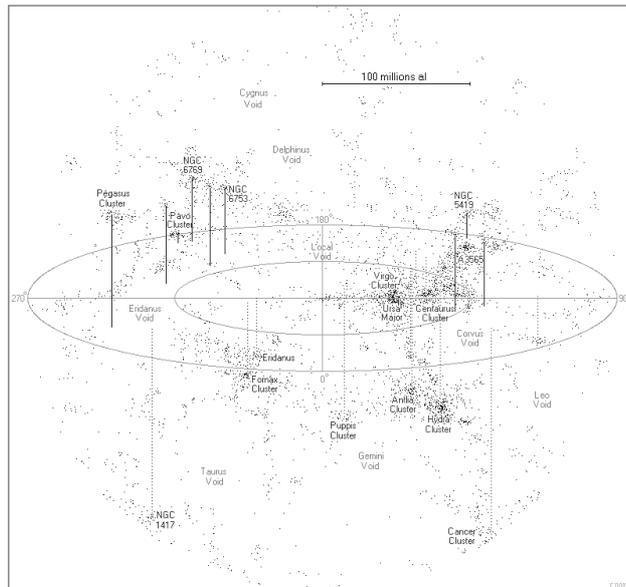
Fornax

Amas de Fornax



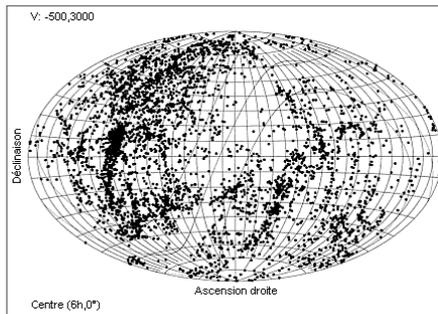
Plus grandes que n'importe quelle galaxie dans l'amas de la Vierge

Au-delà de l'amas de la Vierge 4.5 Les superamas

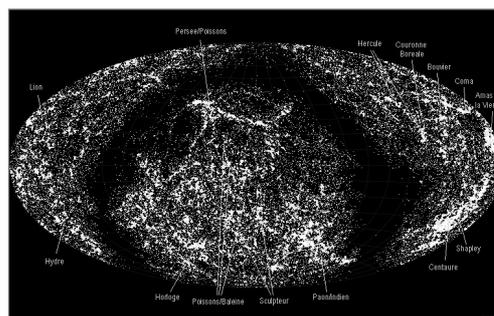
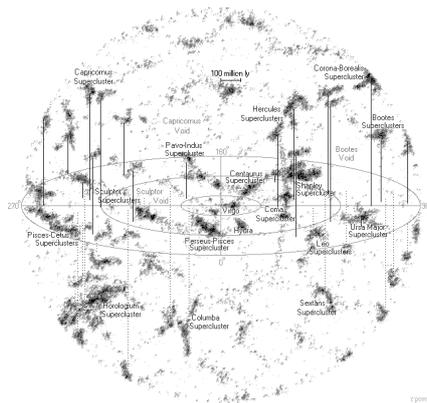


Superamas Local

- L'existence du super-amas local n'a pas été suspecté avant que l'on commence des études sérieuses dans l'hémisphère sud.
- Les amas proches sont concentrés dans un plan qui forme une unité dynamique autour de l'amas de la Vierge (LG + Sculpteur en périphérie)

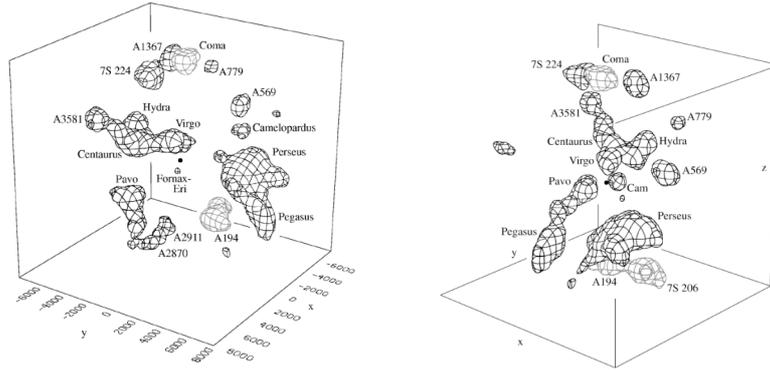


Les Superamas proches (Univers jusqu'à 300 Mpc)

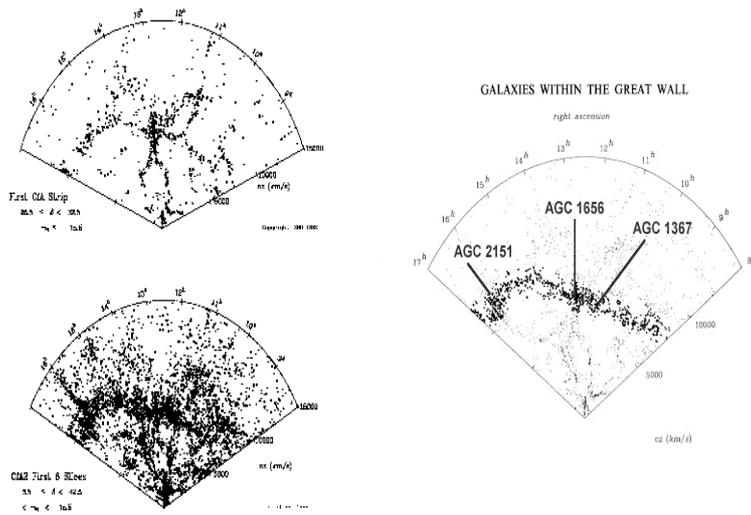


Nombre de superamas jusqu'à 300 Mpc = 80
Nombre de groupes galactiques jusqu'à 300 Mpc = 160 000
Nombre de grandes galaxies jusqu'à 300 Mpc = 3 millions

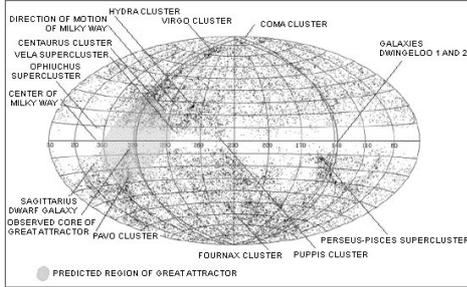
Les superamas voisins



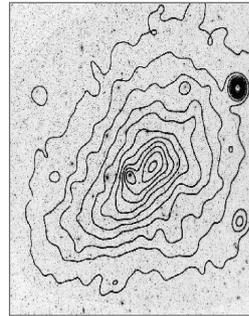
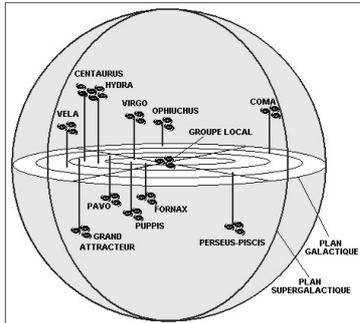
4.6 Le grand mur



4.7 Le Grand Attracteur

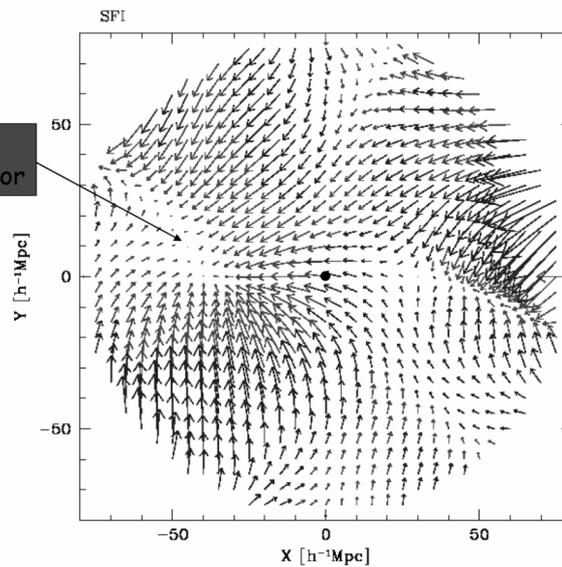


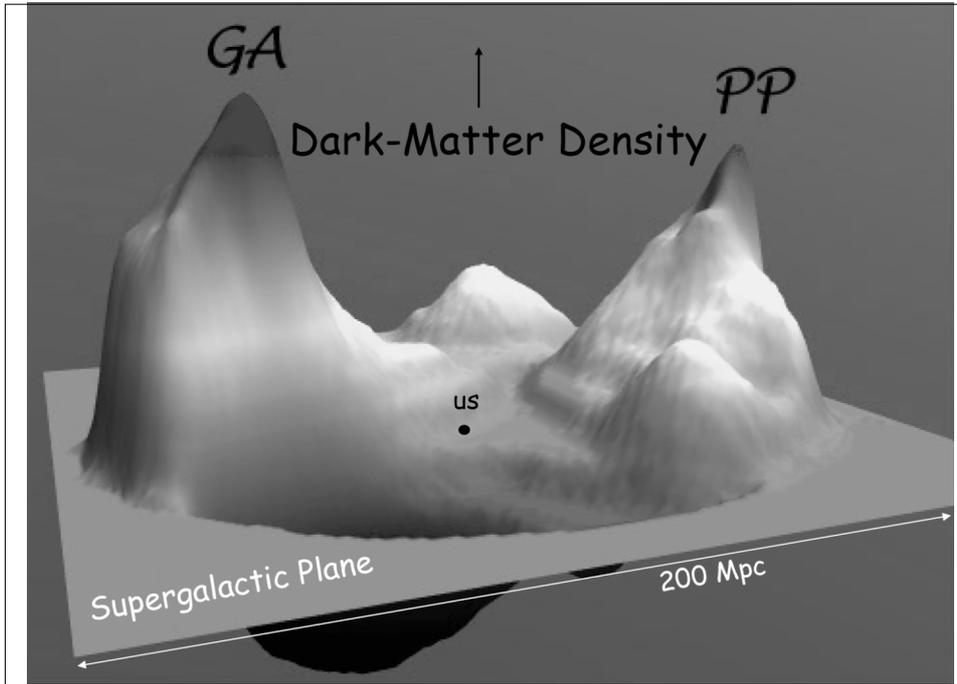
- Il y a un important *streaming motion* de 600 km/s dans la direction de Centaurus
- 10^{16} Msol, $D \sim 65$ Mpc, direction Abell 3627
- 10 x de masse que la matière visible



Cosmic Flows - POTENT

Great Attractor

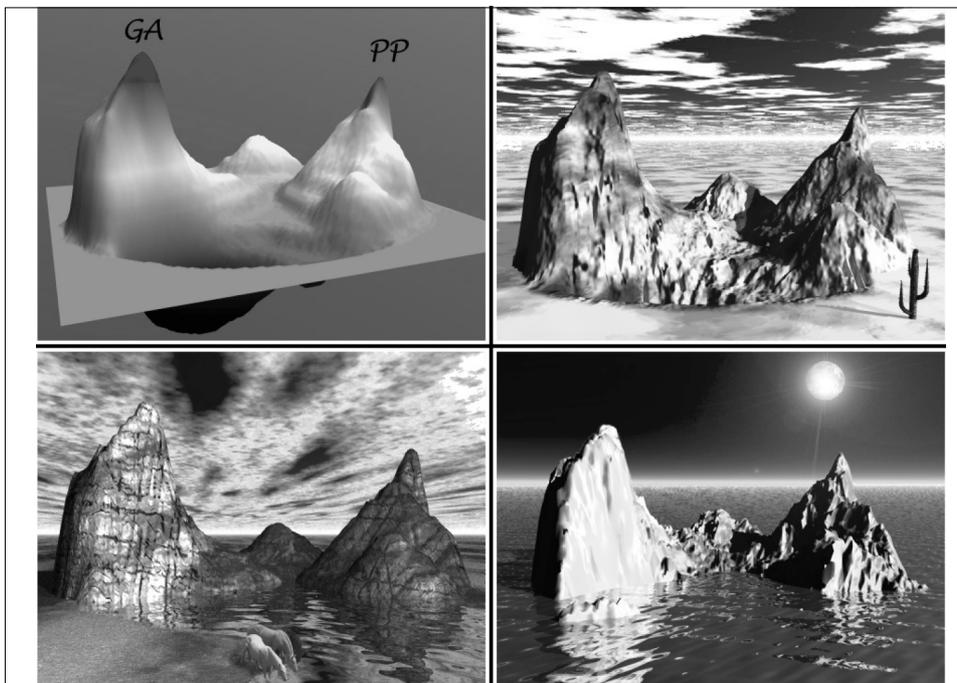




Galaxies J1 - David Elbaz

Distribution des galaxies aux grandes échelles

Page 49



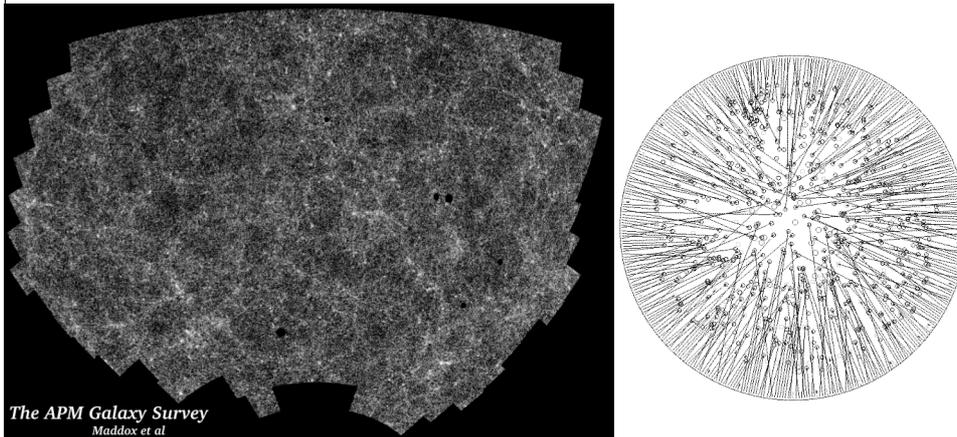
Galaxies J1 - David Elbaz

Distribution des galaxies aux grandes échelles

Page 50

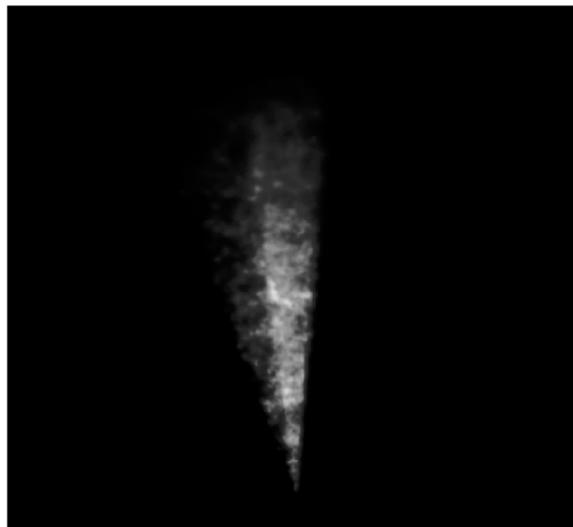
4.8 Les grandes structures: 2dF GRS

Un relevé profond du ciel (APM, image de gauche) a permis de sélectionner les galaxies plus brillantes que $b_j=19.45$ sur 1500²² sur lesquelles un suivi spectroscopique multi-fibres (2dF, 400 fibres/pose, 2000 redshifts/nuit) Galaxy Redshift Survey a permis d'obtenir plus de 220,000 redshifts



The APM Galaxy Survey
Maddox et al

L'univers jusqu'à 500 Mpc avec le 2dfGRS: la plupart des galaxies sont dans des groupes mais une minorité dans des amas. Grands vides, filaments et murs. Taille caractéristique= 150 Mpc



Sloan Digital Sky Survey

Le SDSS utilise un télescope dédié de 2,5 m au Nouveau Mexique qui possède 2 fonctions:

- une caméra de 120 Megapixels réalise des images de 1.5 degrés carrés sur le ciel (8x taille lune)
- deux spectrographes reliés à des fibres optiques mesurent les spectres de 600 galaxies et quasars en une seule observation.

+ un "pipeline" informatique qui traite les données en temps réel.

Phase I: terminée en Juin 2005. 8000 degrés carrés dans 5 bandes optiques ugriz, dans lesquels 200×10^6 objets ont été détectés + spectres de 675 000 galaxies, 90 000 quasars et 185 000 étoiles.

Phase II: terminera en Juin 2008. Objectif final= couverture d'1/4 du ciel + cartographie 3D (grâce aux redshifts mesurés en spectroscopie) de ~1 million de galaxies et quasars.

Les données sont maintenant accessibles pour une grande partie: 5^{ème} "release". <http://www.sdss.org/dr5/start/aboutdr5.html>

DRS Tools

- Getting Started
- Famous places
- Get Images
- Scrolling sky
- Visual Tools
- Search
 - Radial
 - Rectangular
 - SQL
 - Imaging Query
 - Spectro Query
- Object Crossid
- CasJobs

Sloan Digital Sky Survey / SkyServer

Spectroscopic Query Form

Submit Request Limit number of output rows (0 for unlimited) to

Output Format HTML XML CSV

Please see the Query Limits help page for **timeouts** and **row limits**. To get FITS files from the Data Archive Server (DAS), save results to CSV file and upload it to DAS retrieval form

Parameters to return

(Shift+mouse to select multiple contiguous entries; Ctrl+mouse to select non-contiguous entries)

| Spectroscopy | Imaging | Filter (for DAS use) |
|--|---|--|
| minimal <input type="text" value="0"/> | none <input type="text" value="0"/> | <input type="checkbox"/> TARGET Imaging |
| typical <input type="text" value="1"/> | minimal <input type="text" value="1"/> | <input checked="" type="checkbox"/> BEST Imaging |
| radec <input type="text" value="1"/> | typical <input type="text" value="1"/> | u <input type="checkbox"/> g <input type="checkbox"/> r <input type="checkbox"/> i <input type="checkbox"/> z <input type="checkbox"/> |
| bestObjID <input type="text" value="1"/> | radec <input type="text" value="1"/> | |
| | model_mags <input type="text" value="1"/> | |

Submit Request

Position Constraints

Rectangle min ra dec (max 10 square degrees)
max ra dec

Cone center ra dec radius arcmin (max 30°)

Proximity List of ra, dec[, radius] (max 100 obj)
ica, dec, sep
256.443254, 58.0255, 10.
29.94136, 0.08930, 10.
radius arcsec (max 10°)

None **No position constraint**

Submit Request

Spectroscopy Constraints

| Redshift, Confidence, Classification | min | redshift | confidence | Classification |
|--------------------------------------|-----|-------------------------------|-------------------------------|----------------|
| | | <input type="text" value=""/> | <input type="text" value=""/> | ALL |
| | | <input type="text" value=""/> | <input type="text" value=""/> | STAR |
| | | <input type="text" value=""/> | <input type="text" value=""/> | STAR_LATE |
| | | <input type="text" value=""/> | <input type="text" value=""/> | CALAXY |

(Shift+mouse to select multiple contiguous entries; Ctrl+mouse to select non-contiguous entries)

At least one of these bits ON **All of these bits OFF**

<http://cas.sdss.org/astro/en/tools/search/SQS.asp>

Galaxies J1 - David Elbaz

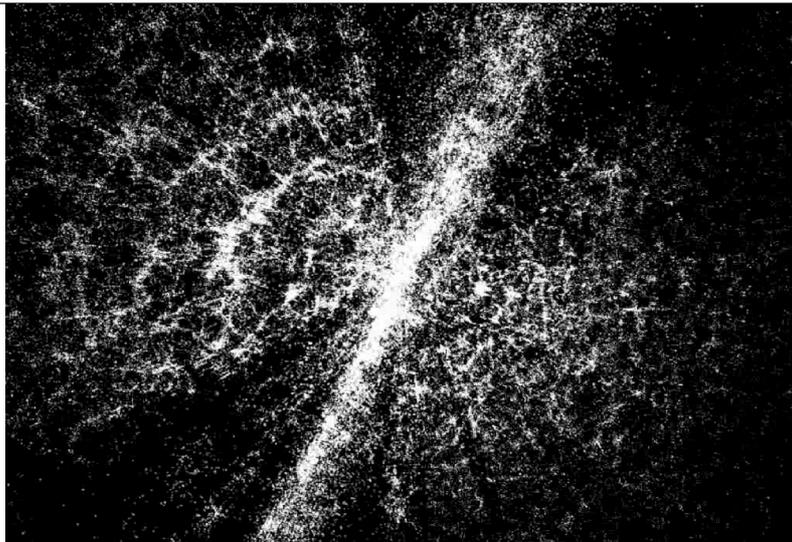
Page 54

27

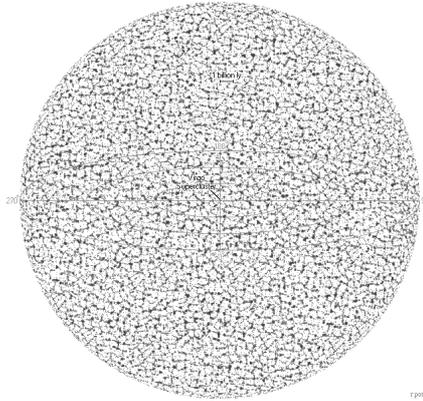
Physical properties for galaxies and active galactic nuclei
in the Sloan Digital Sky Survey (SDSS)
<http://www.mpa-garching.mpg.de/SDSS/>

- Here we publicly release catalogues of derived physical properties for 567486 spectra of approximately 520500 individual galaxies, including 88178 narrow-line AGN.
- These properties include:
stellar masses; stellar mass-to-light ratios; effective stellar attenuation by dust; indicators of recent major starbursts; current total and specific star-formation rates, both for the regions with spectroscopy and for the galaxies as a whole; gas-phase metallicities; AGN classifications based on the standard emission line ratio diagnostic diagrams; AGN luminosities in the [O III]5007 emission line (a proxy for the accretion rate).

Sloan Digital Sky Survey (SDSS): Juin 2005 -> Juin 2008
redshifts pour 100 million d'objets (15 tera-bytes de données)
sur $10,000^{\circ 2}$. aujourd'hui 675,000 redshifts



**L'Univers visible
(Univers jusqu'à $\sim 14 \times 10^9$ a.l.)**



Nombre de superamas de l'univers visible = 270 000
Nombre de groupes de galaxies de l'univers visible = 500 millions
Nombre de grandes galaxies de l'univers visible = 10 milliards