

Une conférence simple  
pour comprendre l'Univers !

# L'Astronomie

## POUR LES NULS

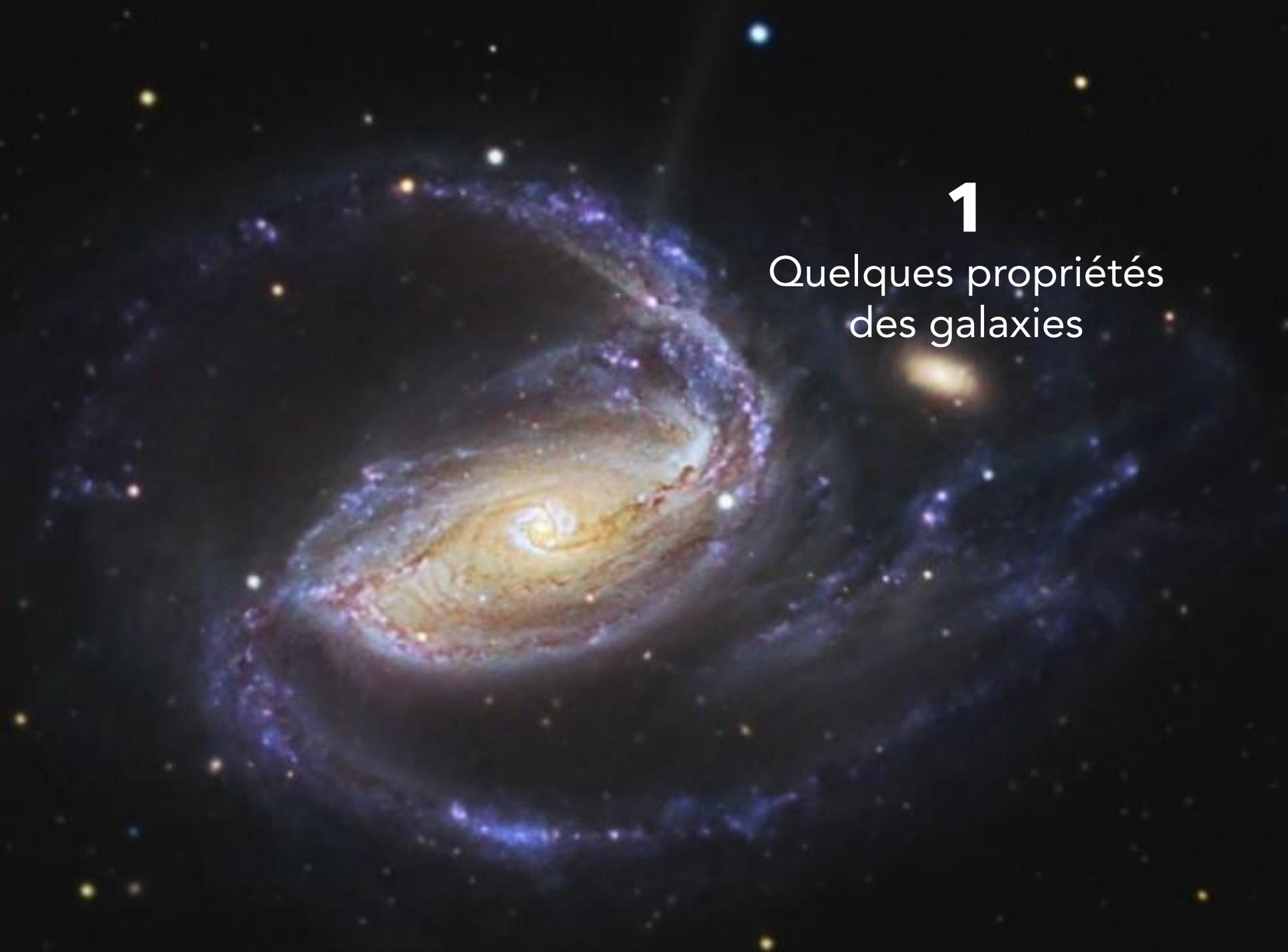
Uniquement au Festival de Fleurance

### **Le dessous des galaxies**

par Jérôme Perez



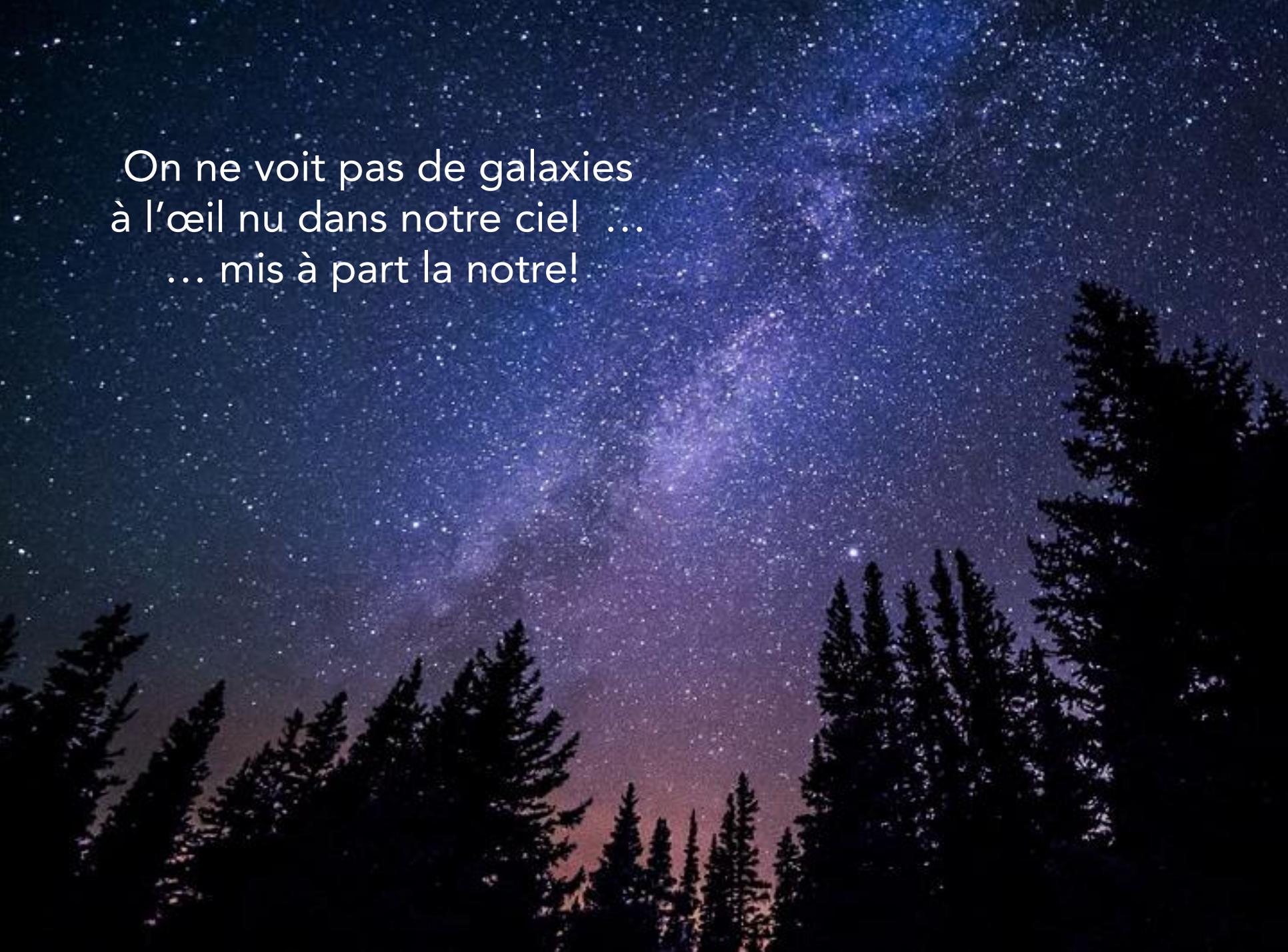
A mettre entre toutes les oreilles



**1**

Quelques propriétés  
des galaxies

On ne voit pas de galaxies  
à l'œil nu dans notre ciel ...  
... mis à part la notre!



Si on voyage un peu  
on peut en voir 3



Les photos de galaxies  
que l'on voit partout sont  
généralement « trafiquées\* »...

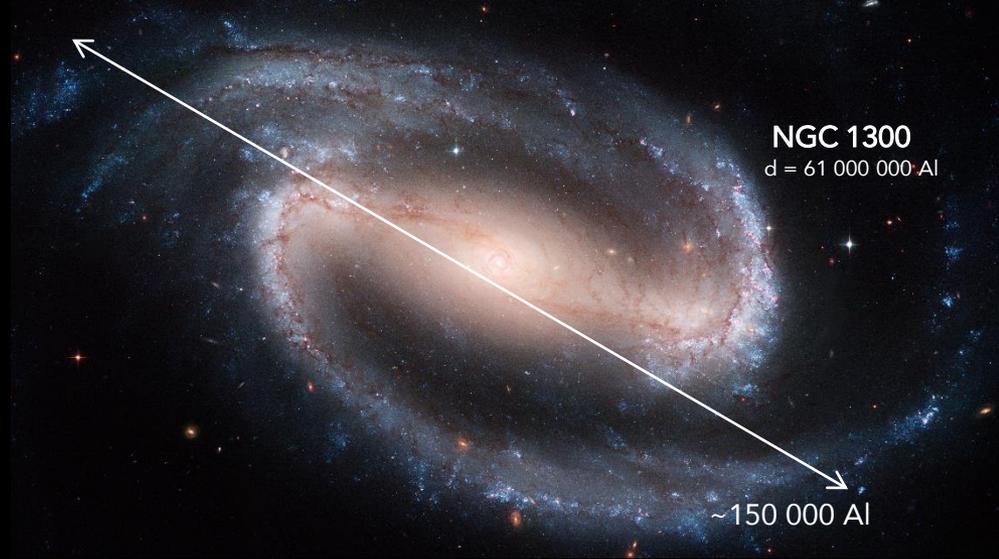
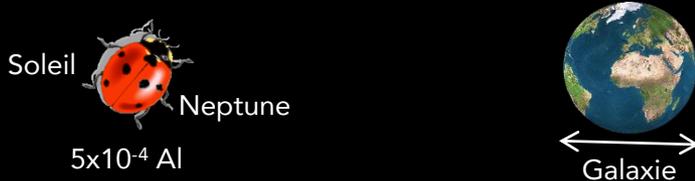


Ici superposition de plusieurs images obtenues avec plusieurs « filtres »

\* Dans le bon sens du terme car c'est pour les rendre visibles

# Très grand

Quelques centaines de milliers d'années-lumière



Une galaxie c'est généralement ...

## Très loin

Au minimum quelques millions d'années-lumière



# Une galaxie c'est essentiellement vide !

Quelques centaines de milliard d'étoiles ...

(autant que de cheveux sur la tête de tous les parisiens)

... mais dans un volume gigantesque

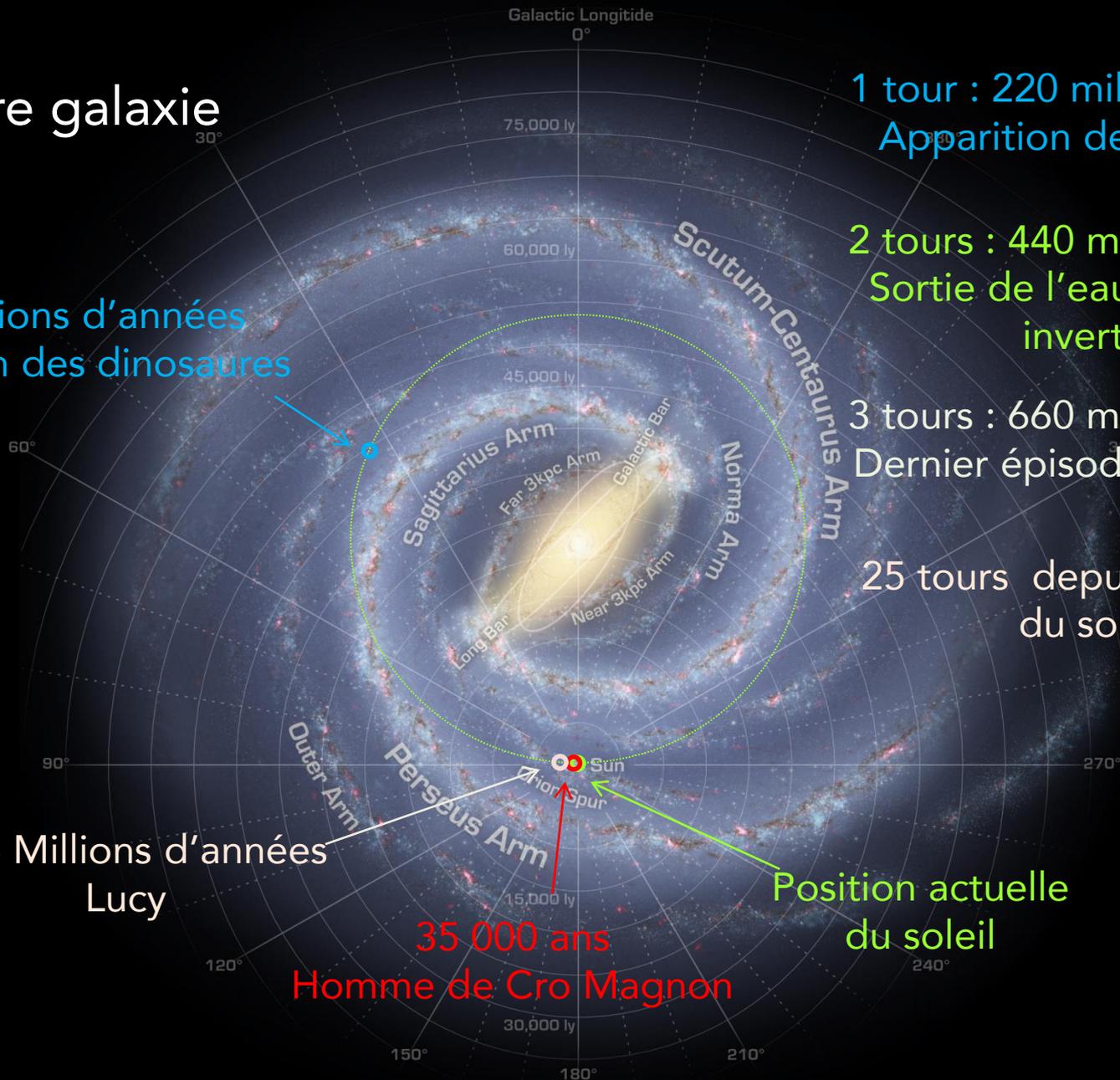
$100 \times 10^9$  soleils dans  $(250\,000 \text{ Al})^3$

soit quelques atomes par centimètre cube !

Dans une galaxie les étoiles se traînent !



# Notre galaxie



1 tour : 220 millions d'années  
Apparition des dinosaures

2 tours : 440 millions d'années  
Sortie de l'eau des premiers  
invertébrés

3 tours : 660 millions d'années  
Dernier épisode de Snow-Ball

25 tours depuis la naissance  
du soleil ...

65 Millions d'années  
Extinction des dinosaures

3,18 Millions d'années  
Lucy

35 000 ans  
Homme de Cro Magnon

Position actuelle  
du soleil



**2**

Comment sait-on  
tout cela ?

A

On fait des observations



depuis le sol

depuis l'espace



$\mu$  math

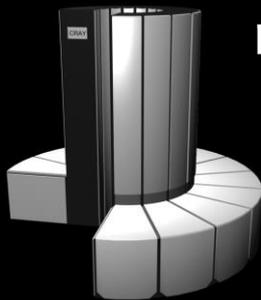
$\varphi$  physique

On construit des théories

B

C

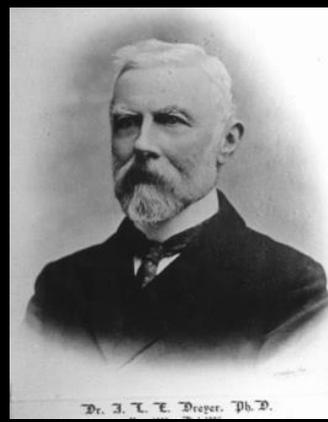
On fait des simulations numériques



Comment sait-on tout cela ?

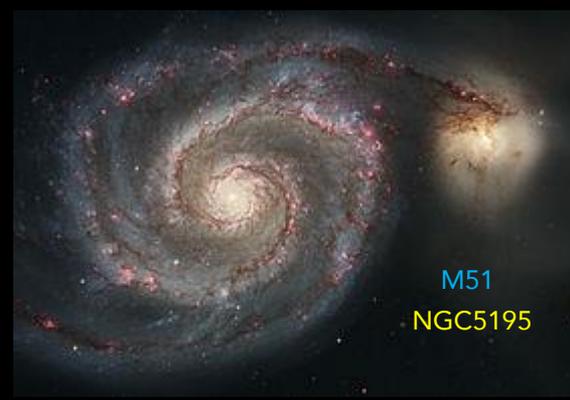
# A L'observation des galaxies

New  
General  
Catalogue



John Dreyer (1852-1926)

Au début on savait pas ...



M51  
NGC5195



Charles Messier (1730-1817)

Catalogue  
Messier

Le grand débat  
sur la nature des « nébuleuses »



H. Shapley  
(1885-1972)

H. D. Curtis  
(1872-1942)

Rien au-delà  
de la Voie Lactée

Les galaxies  
existent

~1920

Puis l'on comprit ...



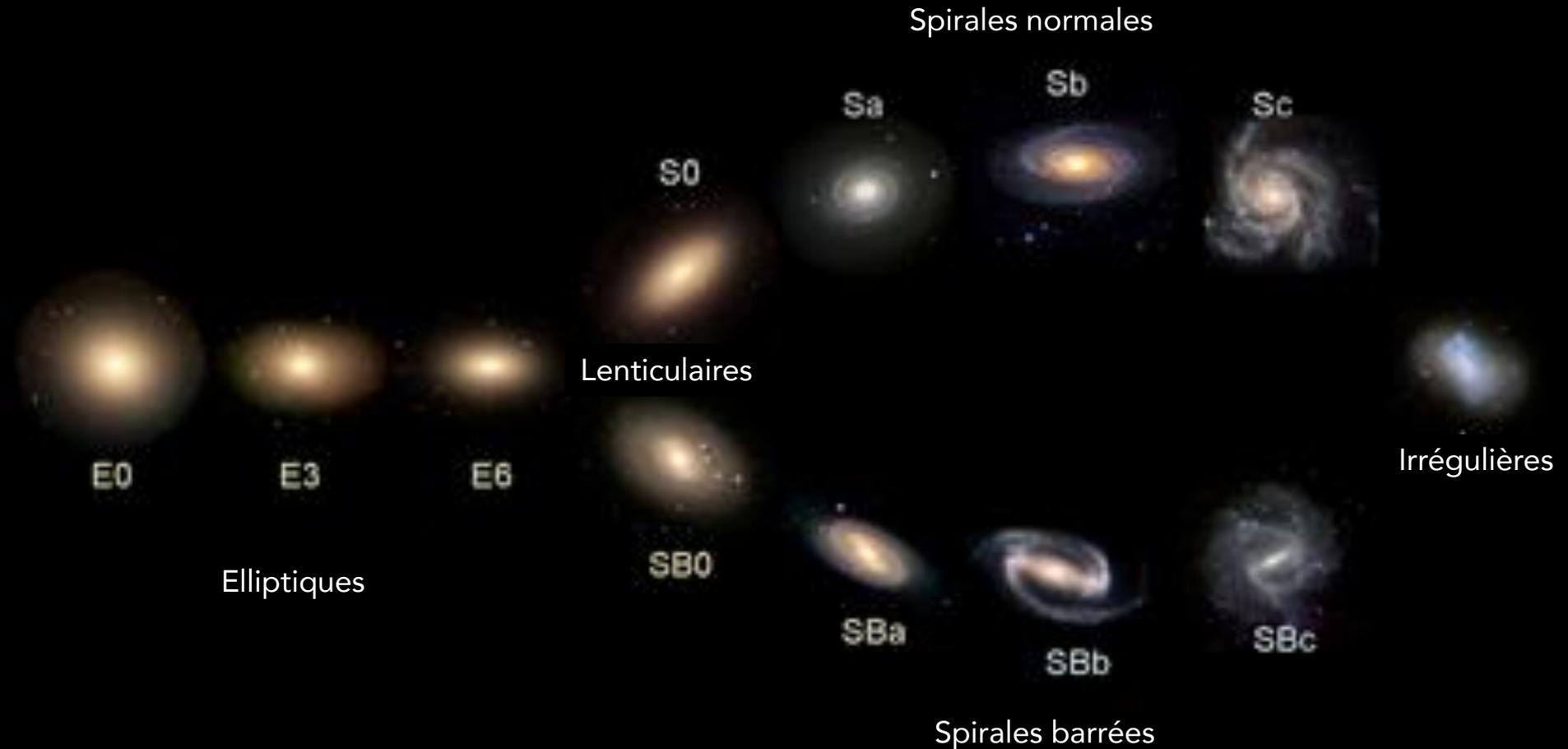
Edwin Hubble (1889-1953)

Edwin Hubble; observe 35 céphéides  
dans la « nébuleuse » du triangle.

C'est une galaxie située à 3 millions  
d'années-lumière



# La classification de Hubble 1926



Ce n'est pas un schéma d'évolution !

BULLETIN OF THE ASTRONOMICAL INSTITUTES  
OF THE NETHERLANDS

1957 NOVEMBER 9

VOLUME XIV

NUMBER 480

COMMUNICATIONS FROM THE NETHERLANDS FOUNDATION FOR RADIO  
ASTRONOMY AND THE OBSERVATORY AT LEIDEN

ROTATION AND DENSITY DISTRIBUTION OF THE ANDROMEDA NEBULA DERIVED  
FROM OBSERVATIONS OF THE 21-cm LINE

BY H. C. VAN DE HULST, E. RAIMOND AND H. VAN WOERDEN

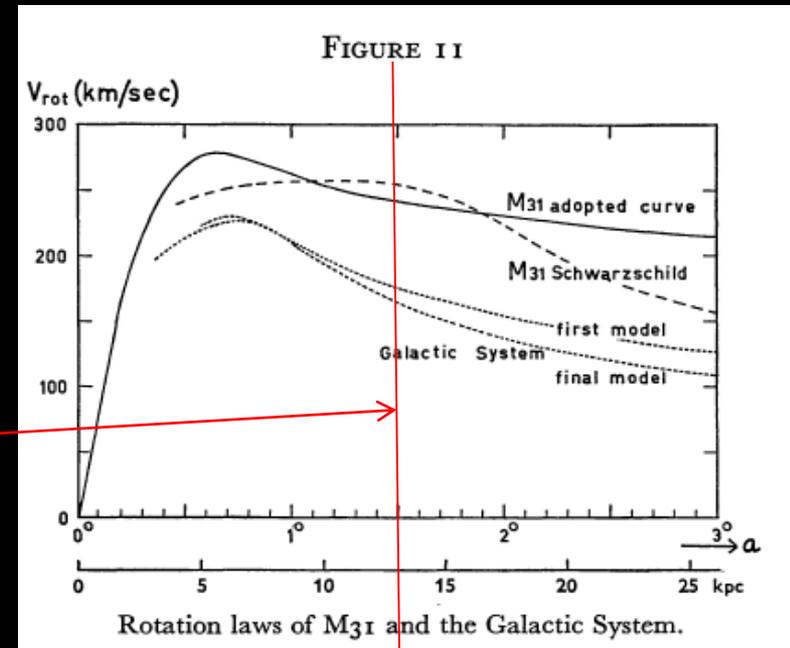
Les galaxies sont pleines  
de matière noire !



Radiotélescope de Dwingeloo (25m)

Rayon apparent :  $1,5^\circ$   
(3 fois la lune...)

L'intervention de la  
radioastronomie



Visible

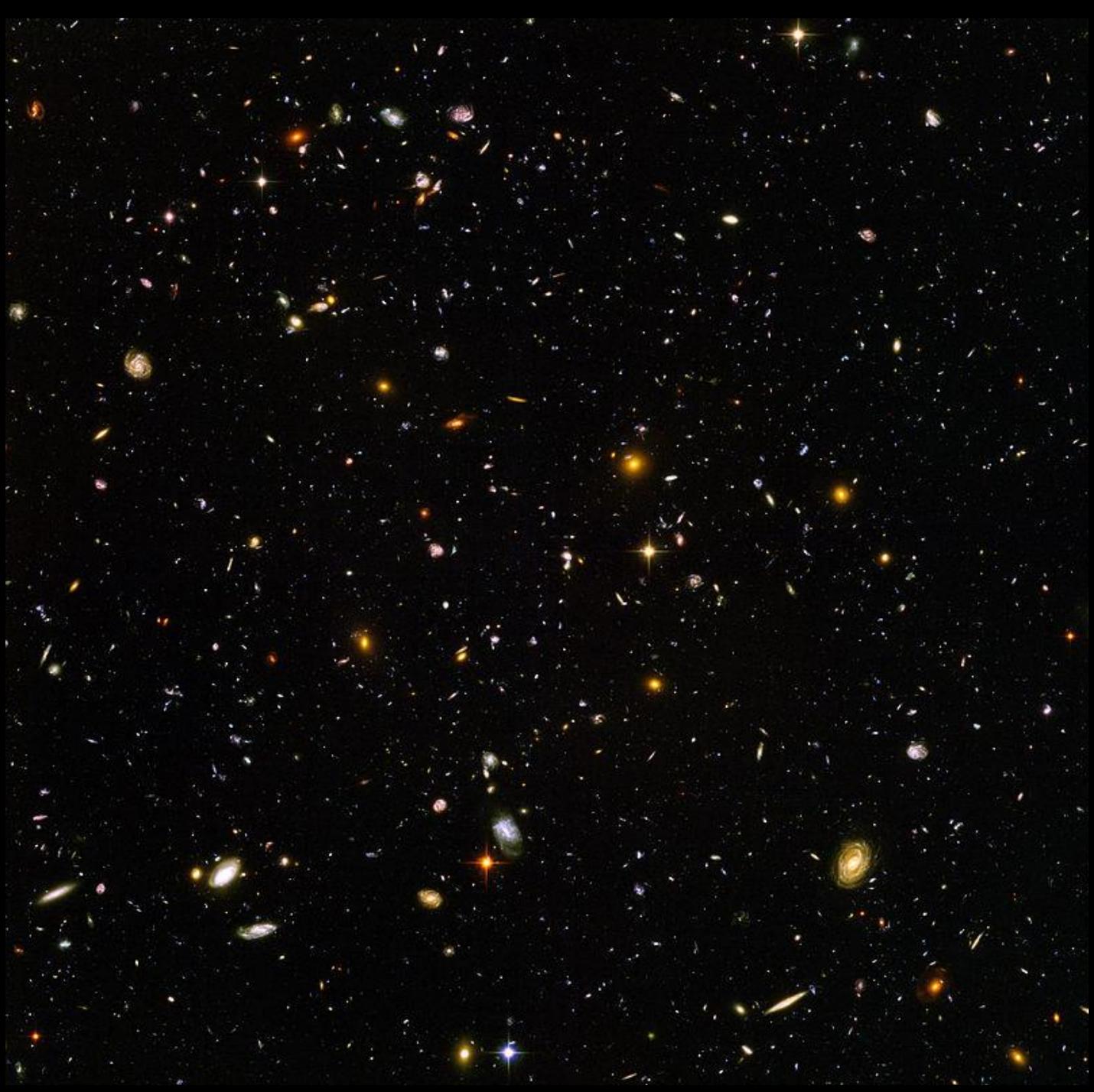
Non Visible

On vise vers une  
région sans étoiles...

Le champ  
ultra-profond  
du HST  
2014

10 000 galaxies  
sur la même  
photo

Les observations  
« récentes »



## B Théories

Une galaxie est un système de  
particules massives  
non collisionnelles en interaction  
gravitationnelle



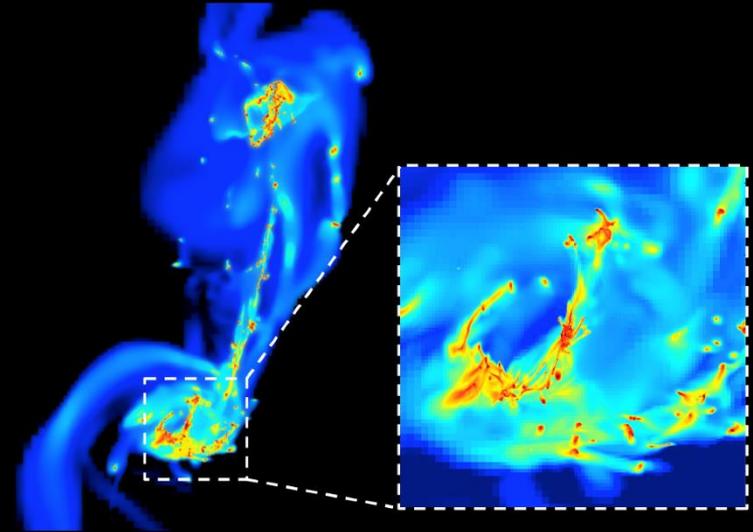
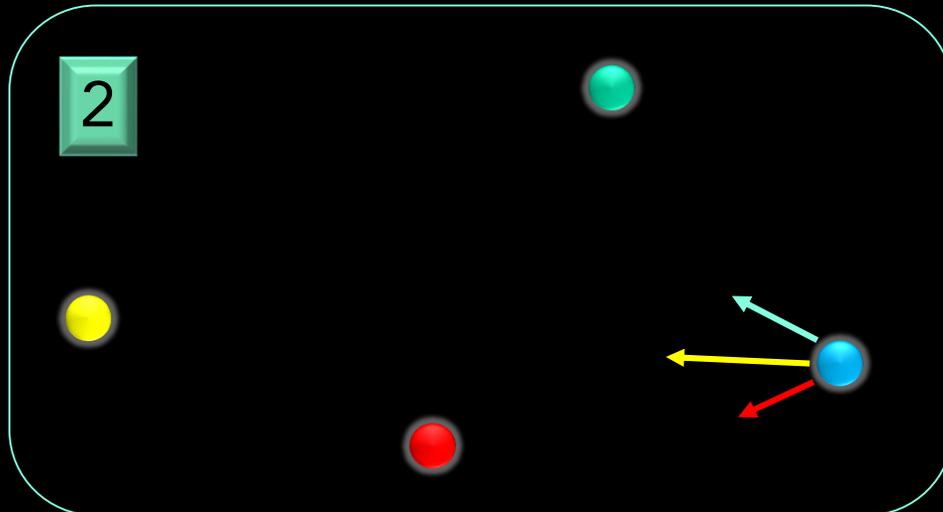
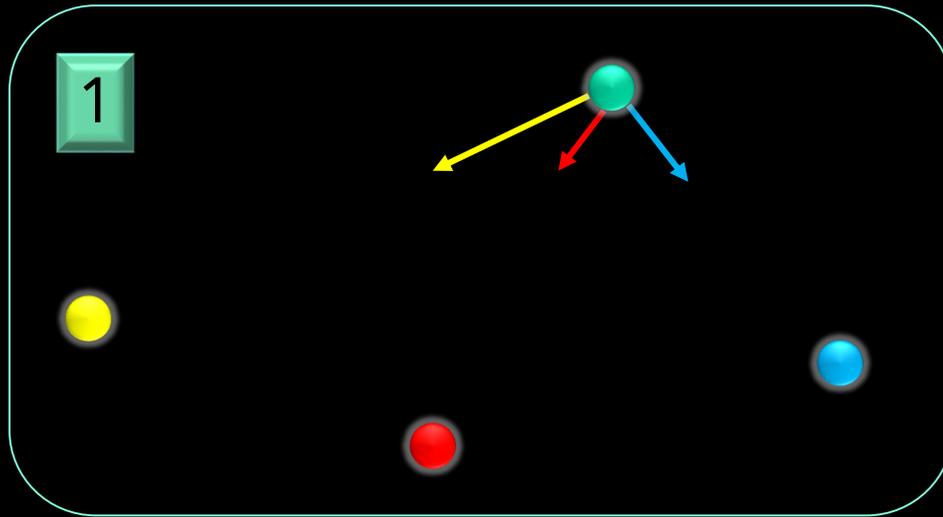
Chacune de ces particules évolue dans le champ de gravitation  
moyen créé par toutes les autres

Système  
de  
Vlasov-Poisson

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial f}{\partial t} + \vec{v} \cdot \frac{\partial f}{\partial \vec{r}} - m \frac{\partial \psi}{\partial \vec{r}} \cdot \frac{\partial f}{\partial \vec{p}} = 0 \\ \psi(\vec{r}, t) = -G \int \frac{f(\vec{r}', \vec{p}', t)}{|\vec{r}' - \vec{r}|} d\vec{r}' d\vec{p}' \end{array} \right.$$

# C Simulations numériques

C'est souvent long mais l'idée de base est assez simple...!



$\vec{F} = \text{masse} \times \text{accélération}$

Accélération : variation de la vitesse pendant un intervalle de temps

Vitesse : variation de la position pendant un intervalle de temps

A composite image of galaxies and stars in space. The background is a dark field filled with numerous stars of various colors, including bright white and blue ones. Several galaxies are visible: a large, bright, yellowish-white elliptical galaxy in the upper left; a smaller, blue, irregular galaxy in the upper right; and a large, yellowish-white elliptical galaxy in the lower right with a distinct secondary nucleus. The text "Les familles de galaxie ..." is overlaid in the center in a red, sans-serif font.

Les familles de galaxie ...

NGC 2986 - Vierge  
M= 11.7- z=0.00768



E3



NGC 4365 - Vierge  
M=11 - z=0.00415

NGC 3818 - Vierge  
M=12.7 - z=0.00567

E5



NGC 4967 - Vierge  
M=10.1 - z=0.00414

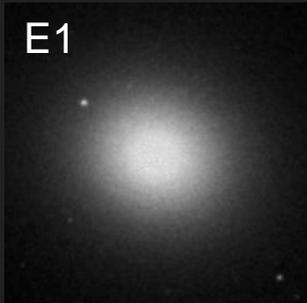
E6



# Galaxies elliptiques

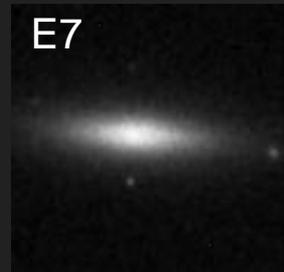
$$Ex, \quad x = 1 - \frac{b}{a}$$

E1



M 105 - Lion  
M=10.2 - z=0.0304

E7



NGC 4623 - Vierge  
M=3.2 - z=0.00631

E0



IC 4296 - Centaure  
M=10.6 - z=0.0125

Coquille



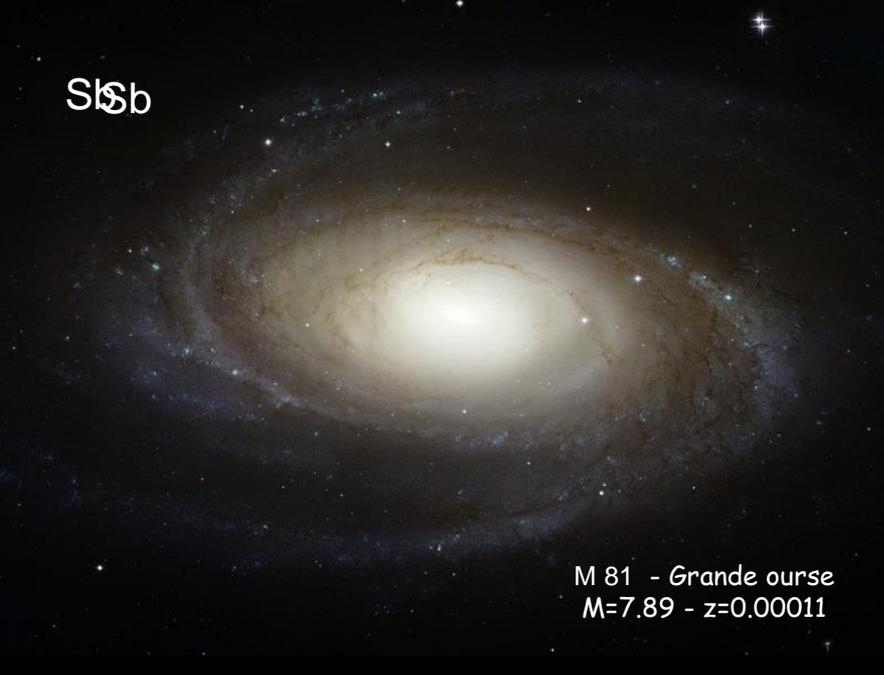
NGC 3923 - Hydre  
M=10.1

Lenticulaire



M102 - Dragon  
M=10.74 - z=0.00224

Sb



M 81 - Grande ourse  
M=7.89 - z=0.00011

Sc



M101 - Grande ourse  
M=7.7 - 27 MAL

Sa



NGC 2841 - Grande ourse  
M=10.09 - z=0.00213

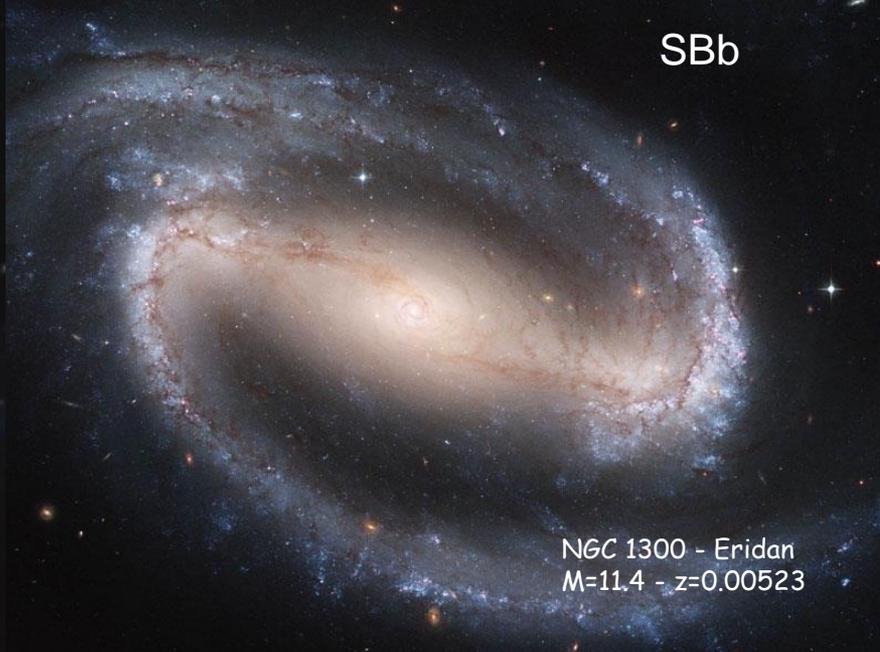
# ***Galaxies spirales normales***

SBa



NGC 1097 - Fornax  
M=9.3 - z=0.00456

SBb



NGC 1300 - Eridan  
M=11.4 - z=0.00523

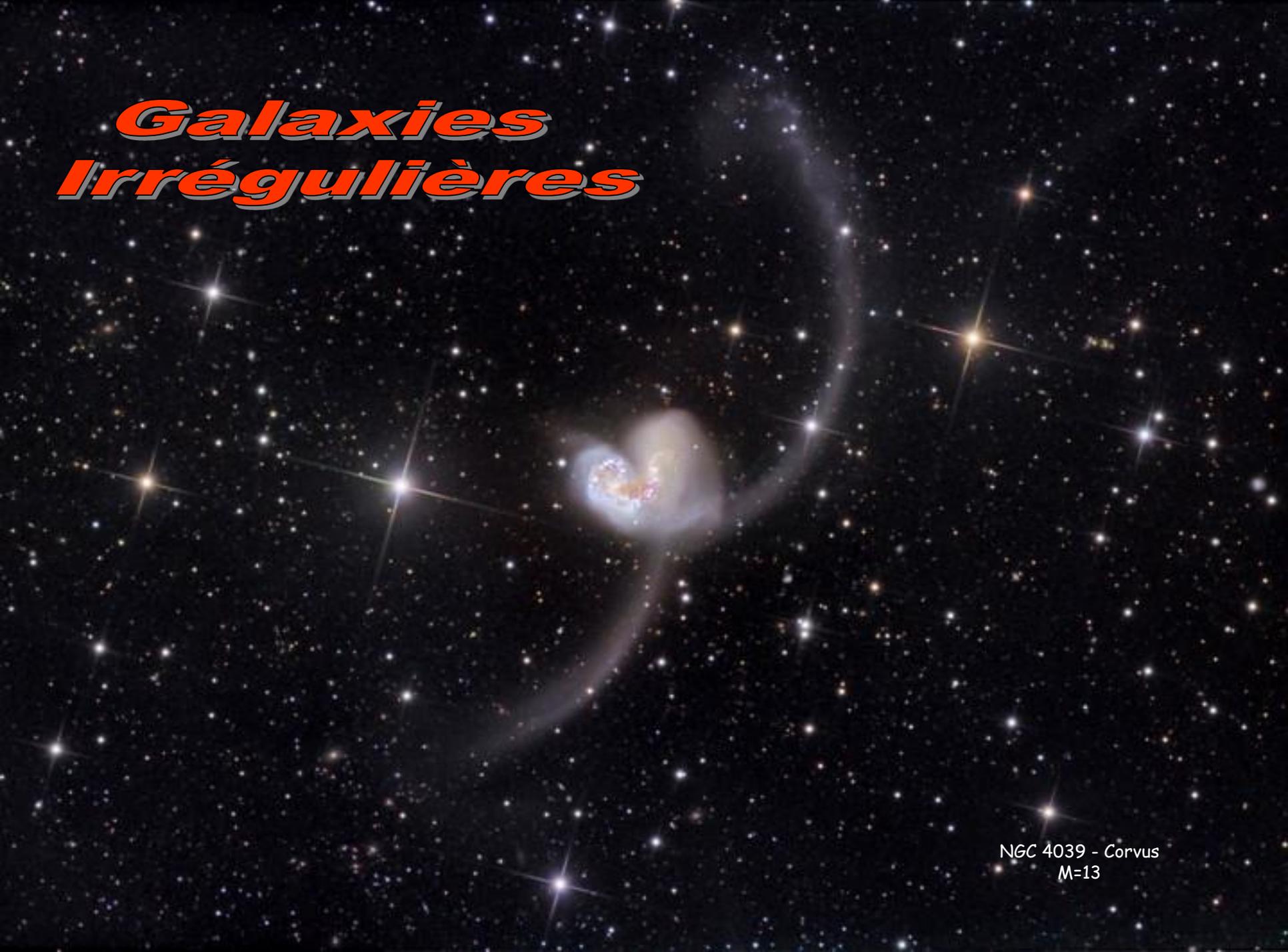
# *Galaxies spirales barrées*

SBbc

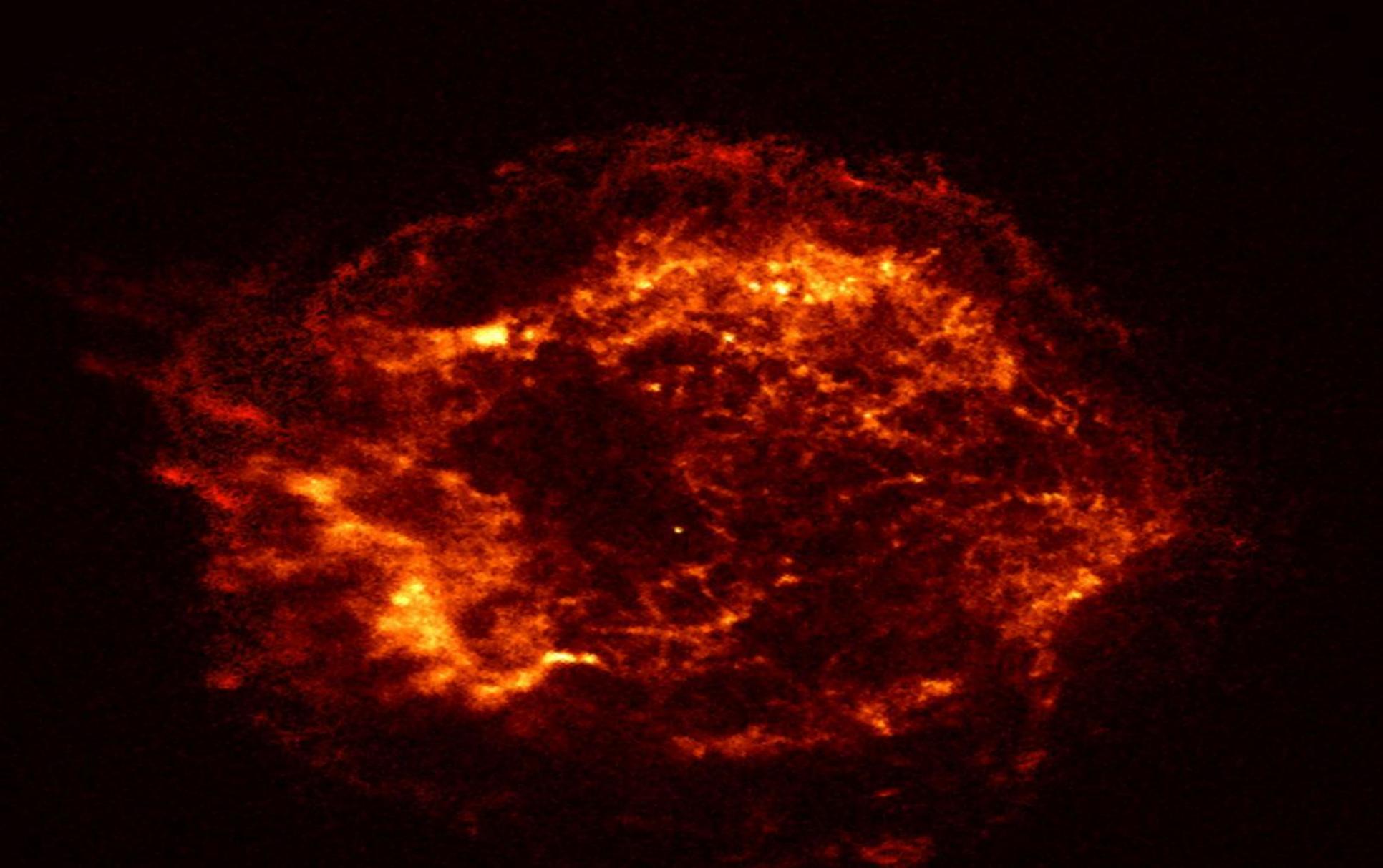


NGC 1365 - Fornax  
M=9.6

# *Galaxies Irrégulières*



NGC 4039 - Corvus  
M=13

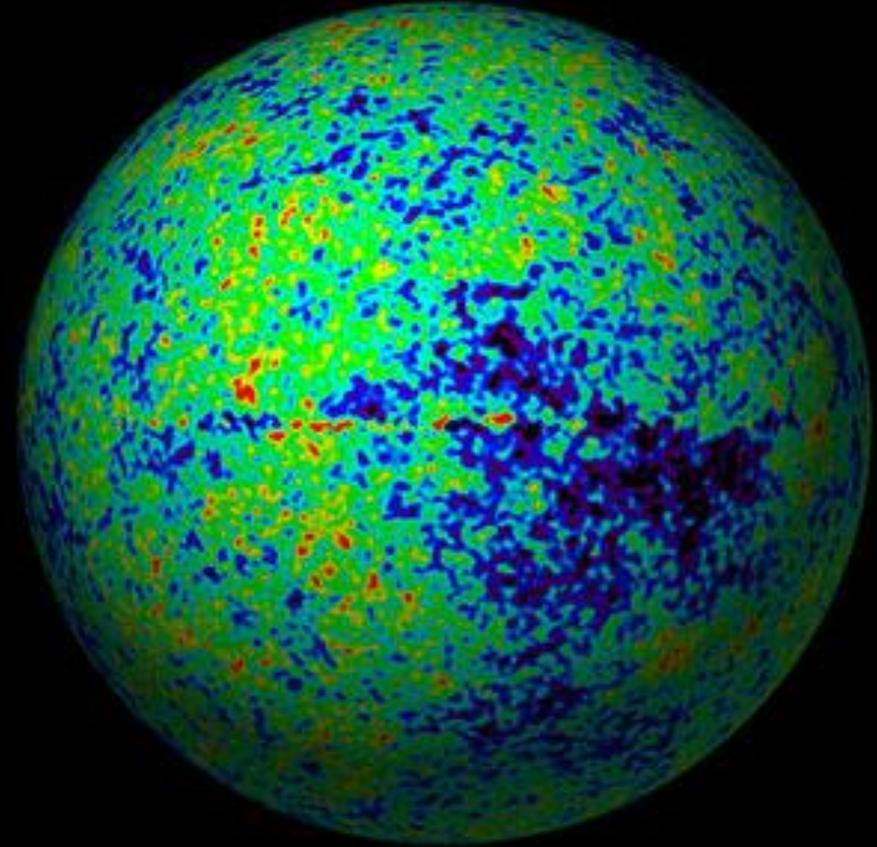
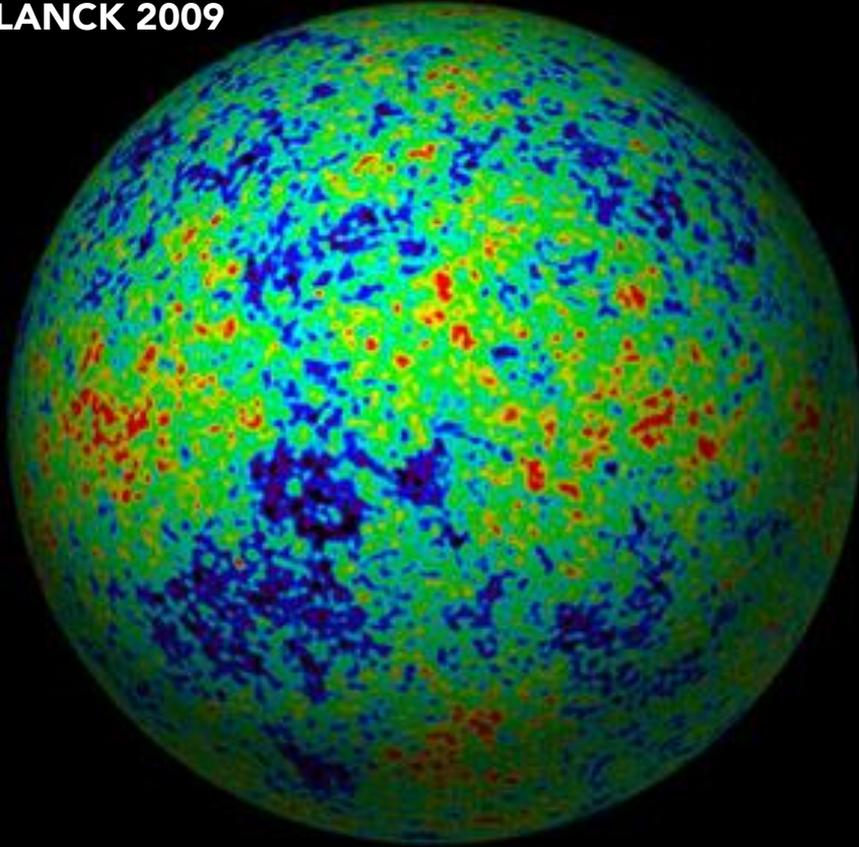


**La naissance des galaxies**

# Principe cosmologique

l'Univers est homogène  
et isotrope

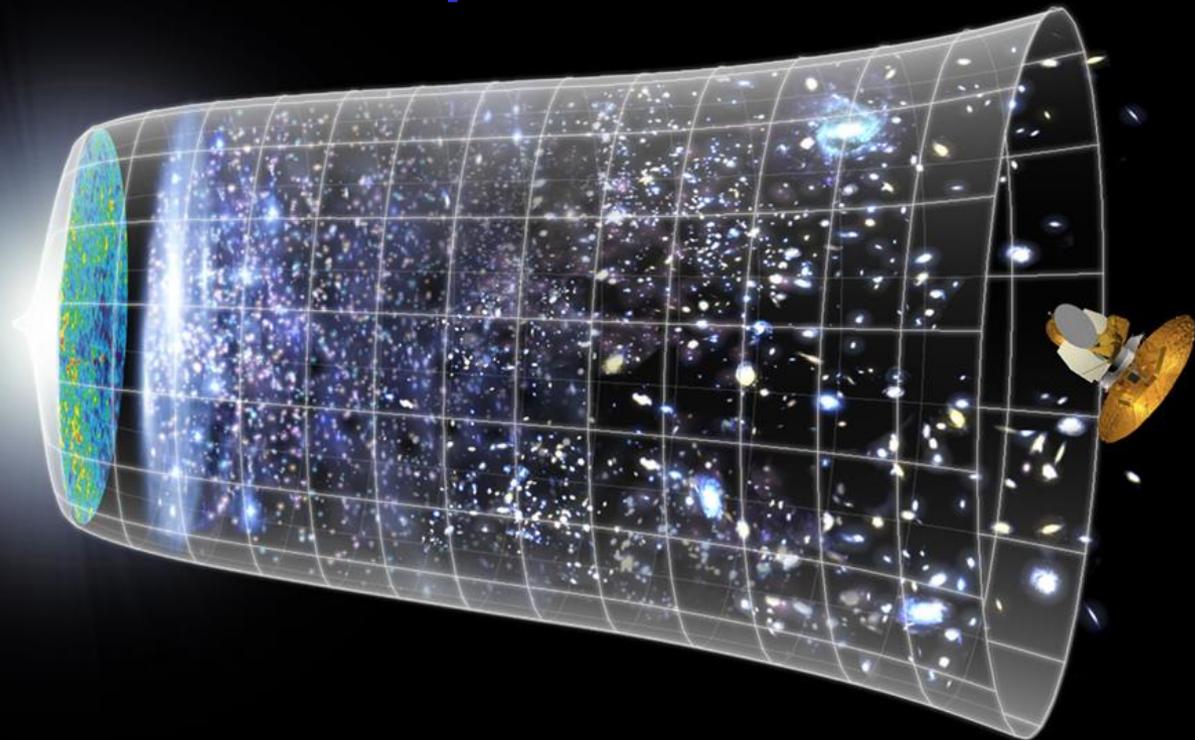
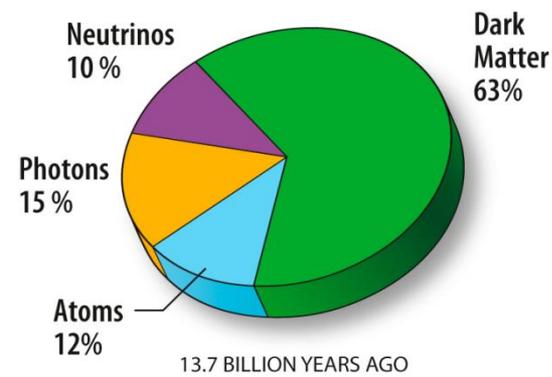
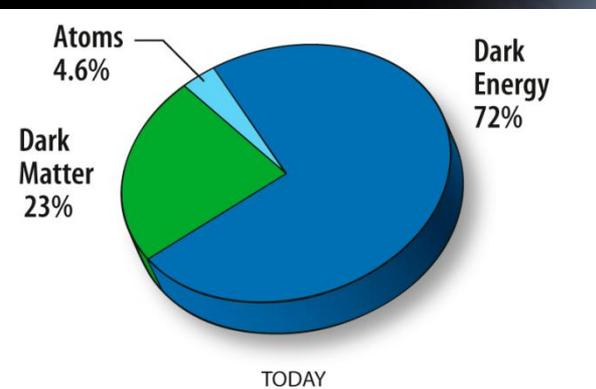
COBE 1992  
WMAP 2001  
PLANCK 2009



à quelques fluctuations près !

# Modèle d 'Univers (← Relativité générale)

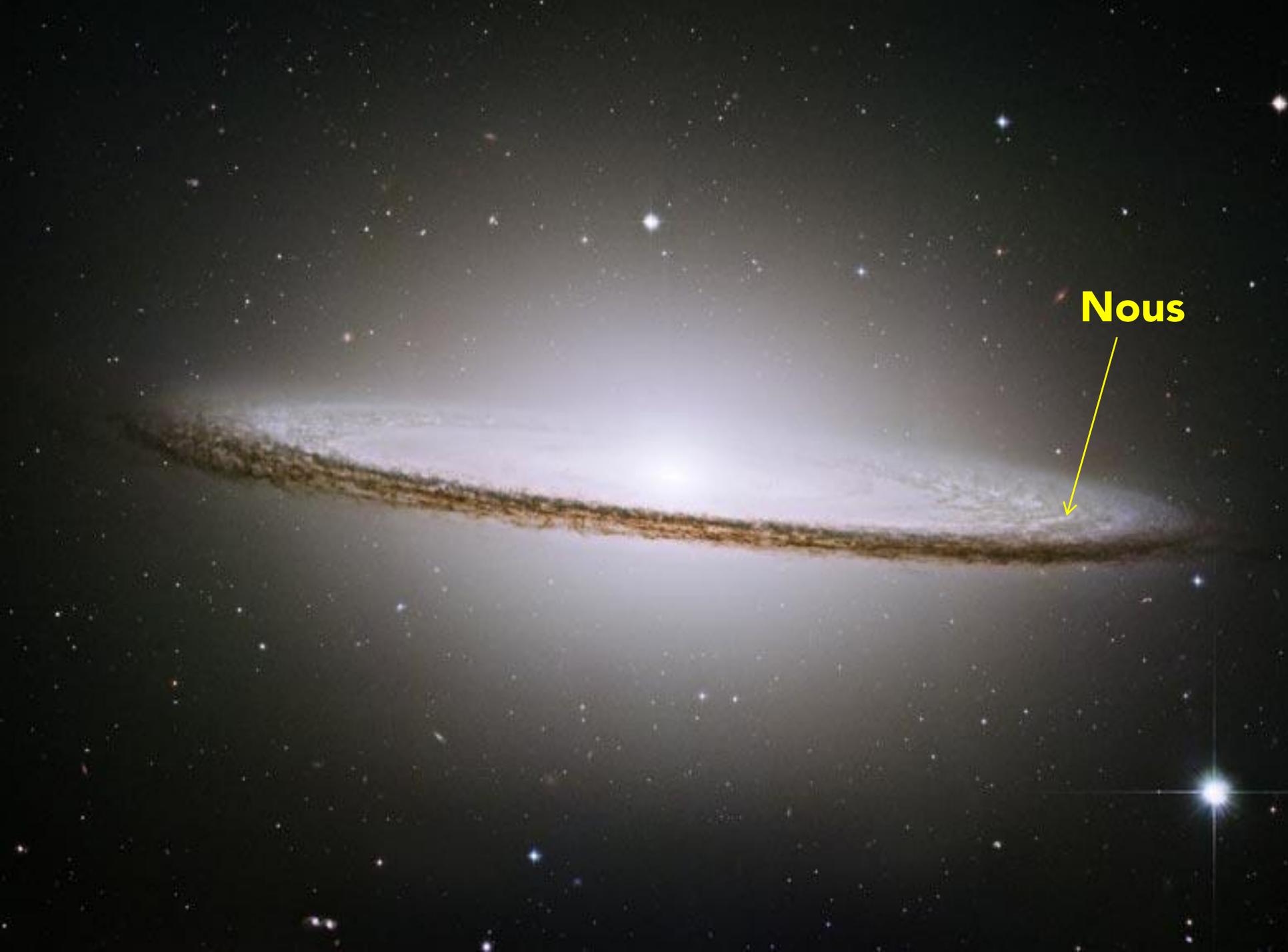
Les propriétés dynamiques de l 'Univers sont reliées à son contenu ... Il possède une histoire



95 % de l 'Univers est invisible !

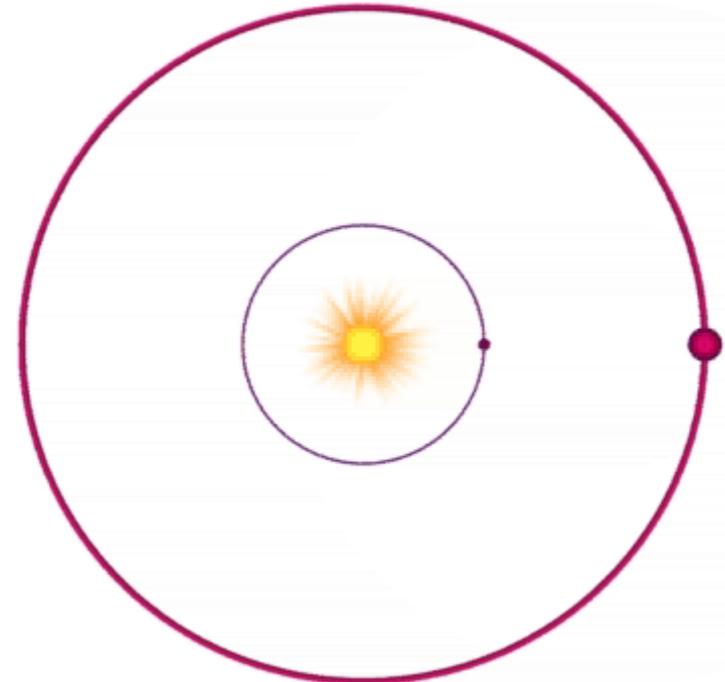
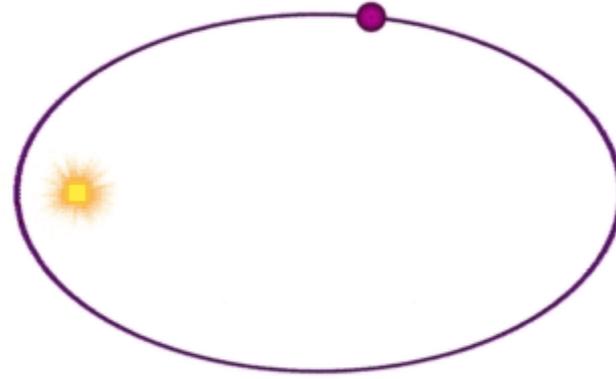
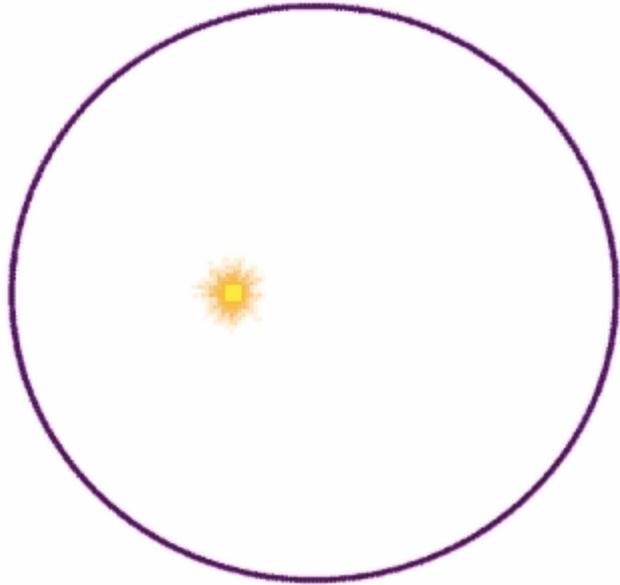
**Dans l'intimité des galaxies ...**





**Nous**

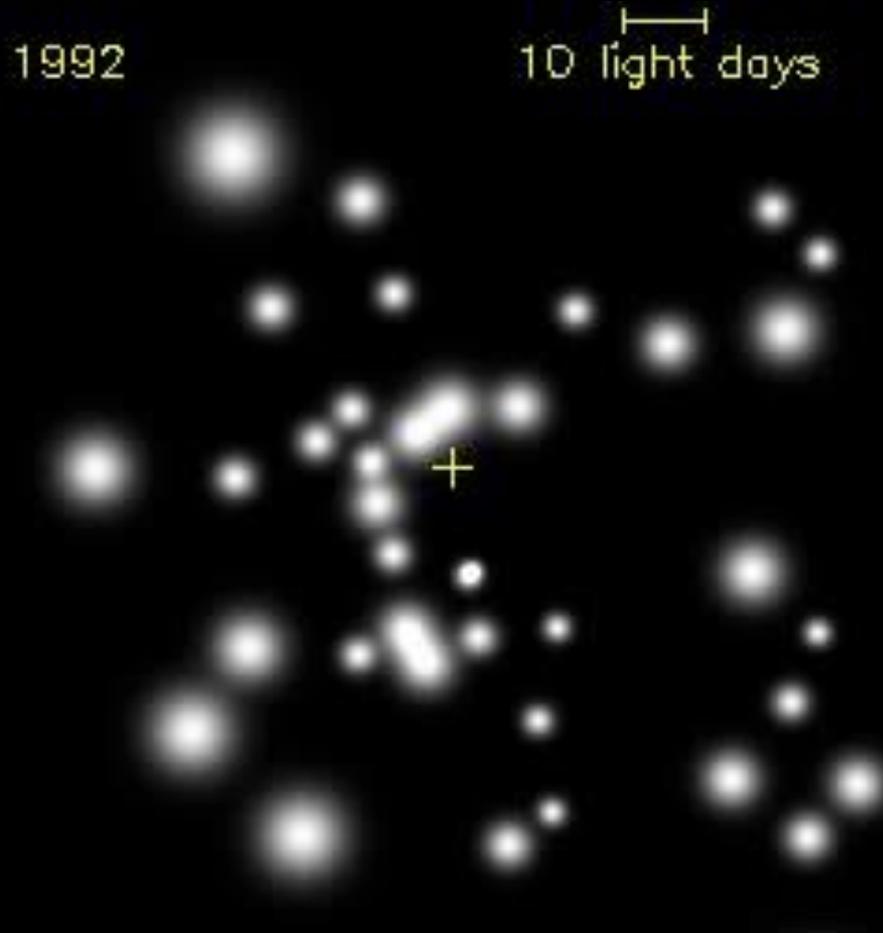
# Un peu de physique ...



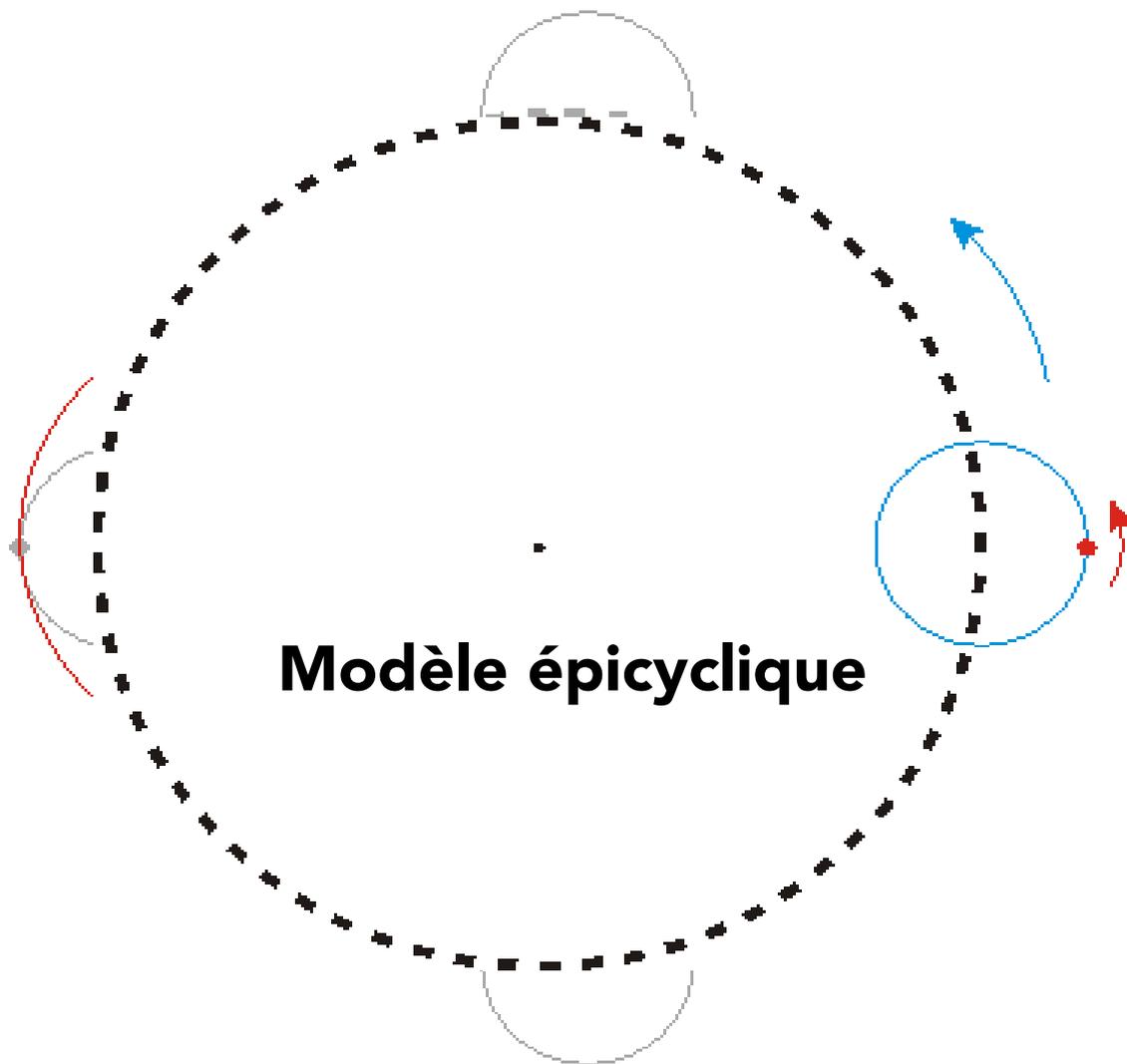
**Le mouvement  
képlérien**



# Un trou noir super massif au centre ...

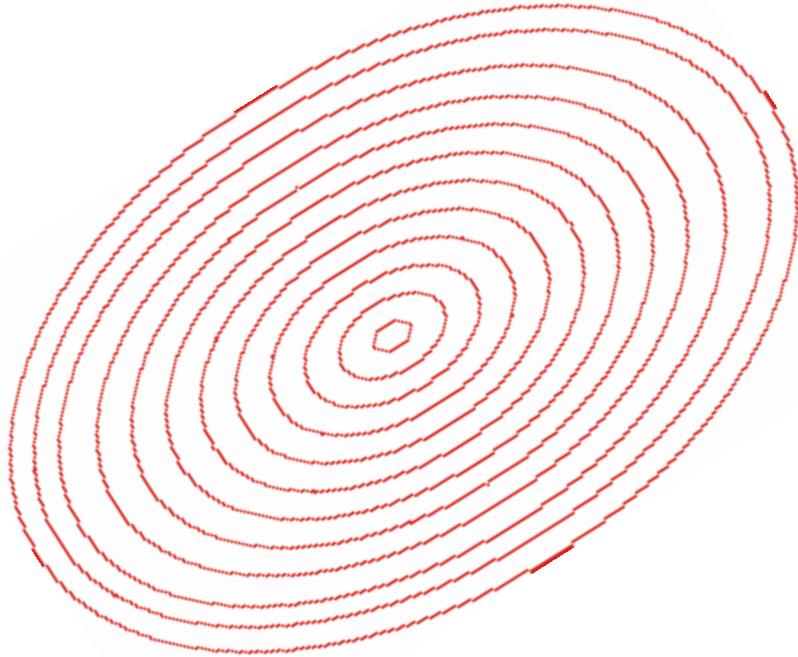


**Un peu de physique ...**



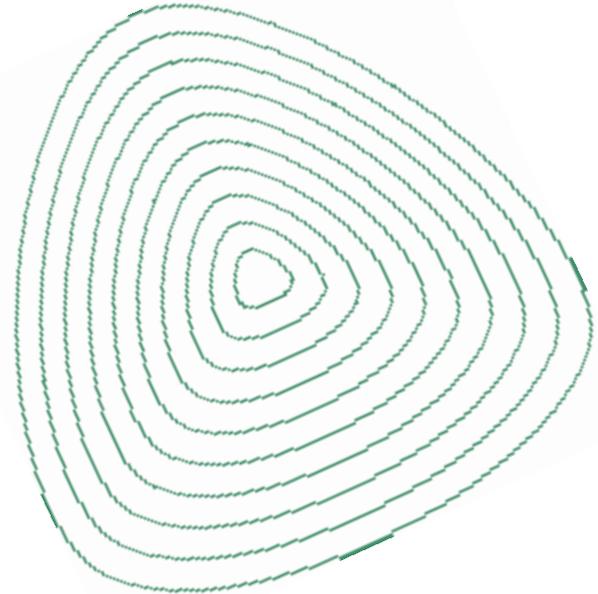
**L'orbite des étoiles dans les galaxies spirales**

**Un peu de physique ...**



**2 tour / 1 tour**

**3 tour / 1 tour**



**Et la rotation différentielle !**

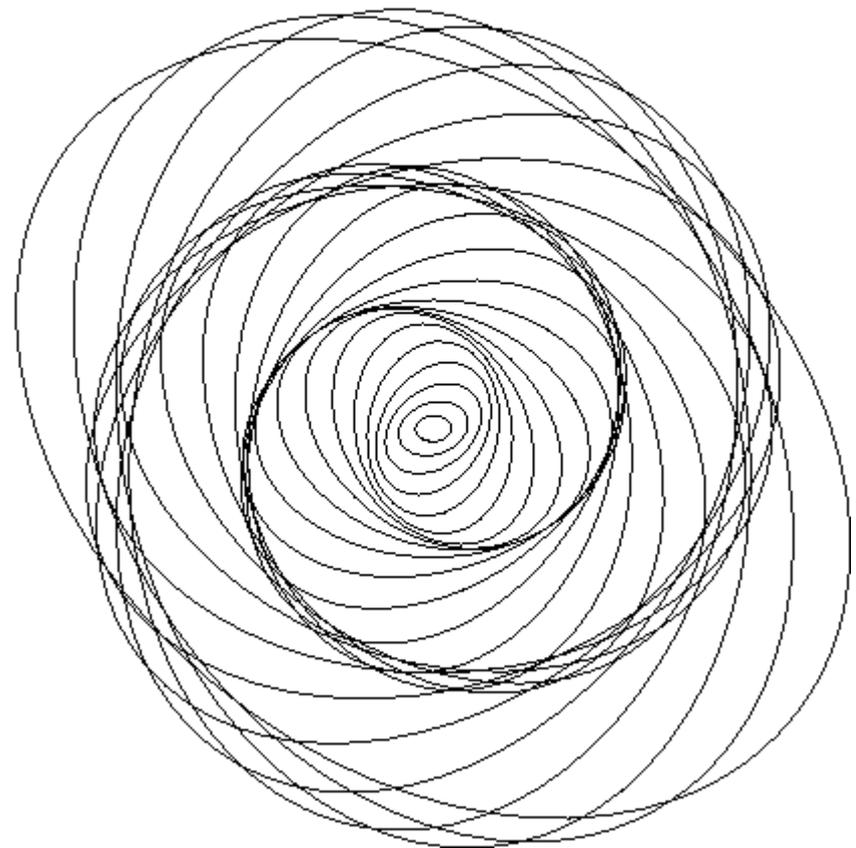
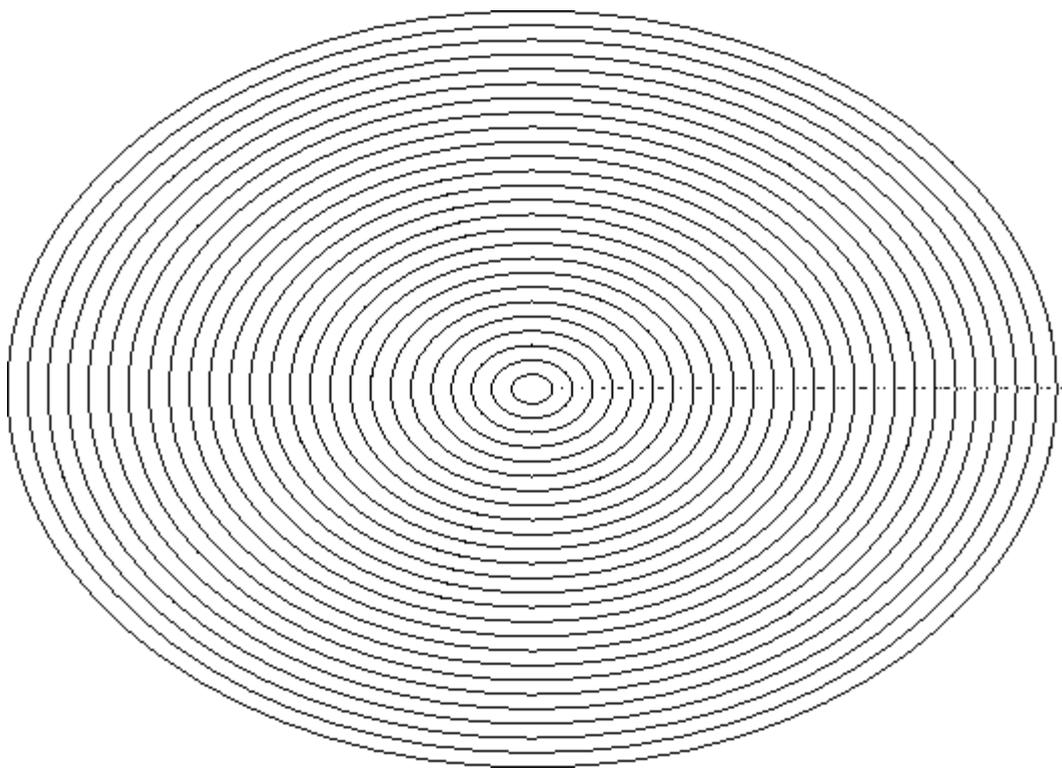
**L'orbite des étoiles dans les galaxies spirales**

# *Spiral* kreator

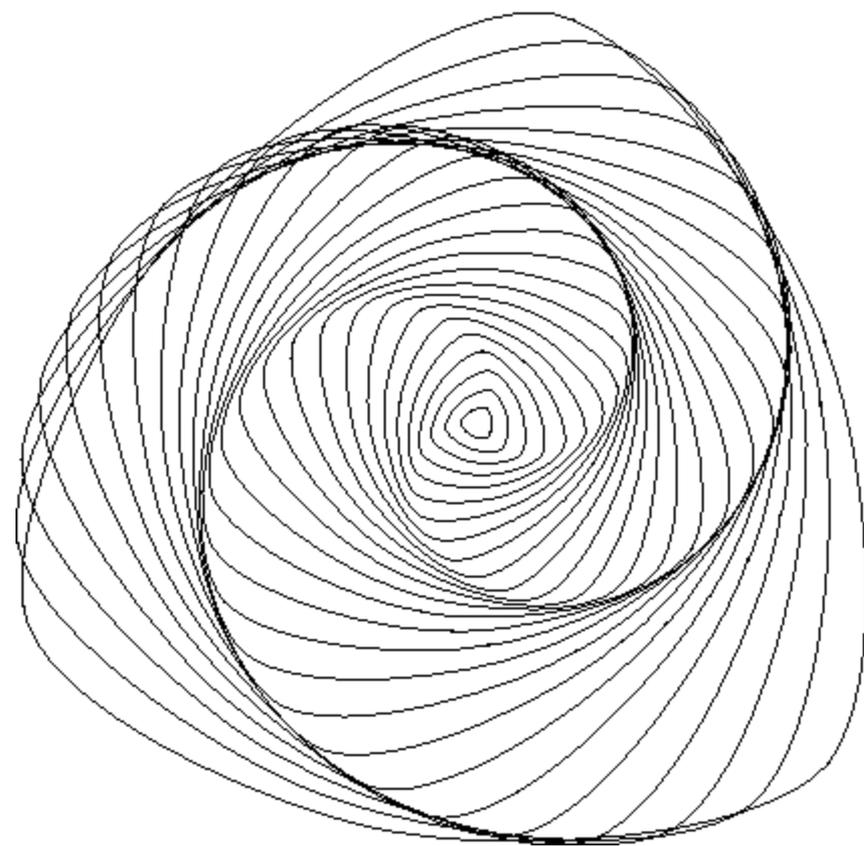
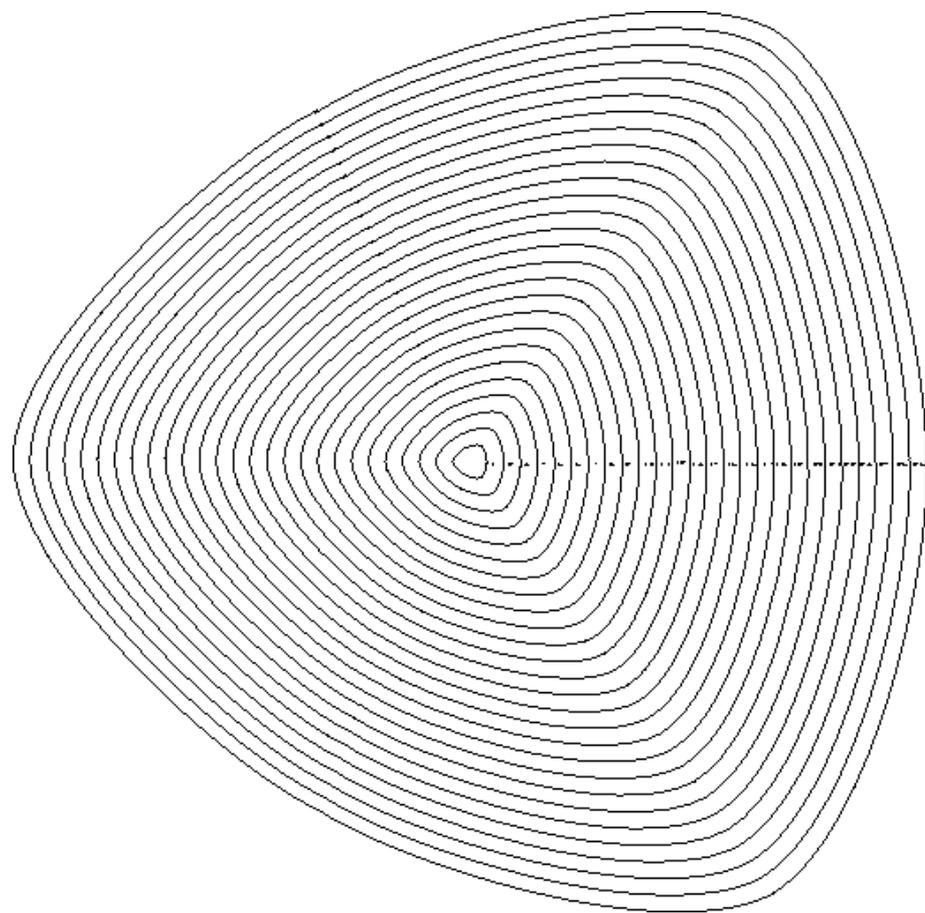
**Nom français**

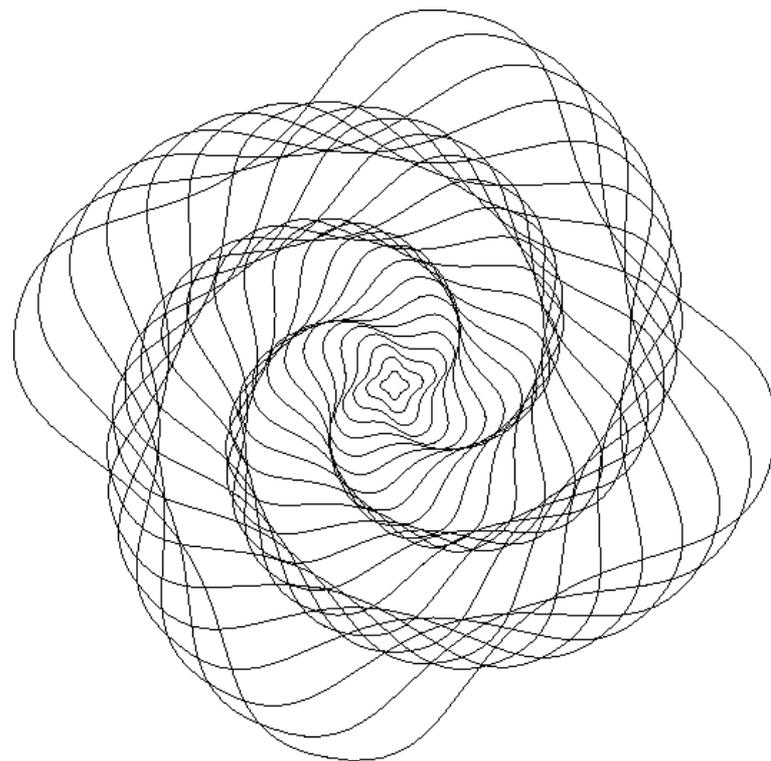
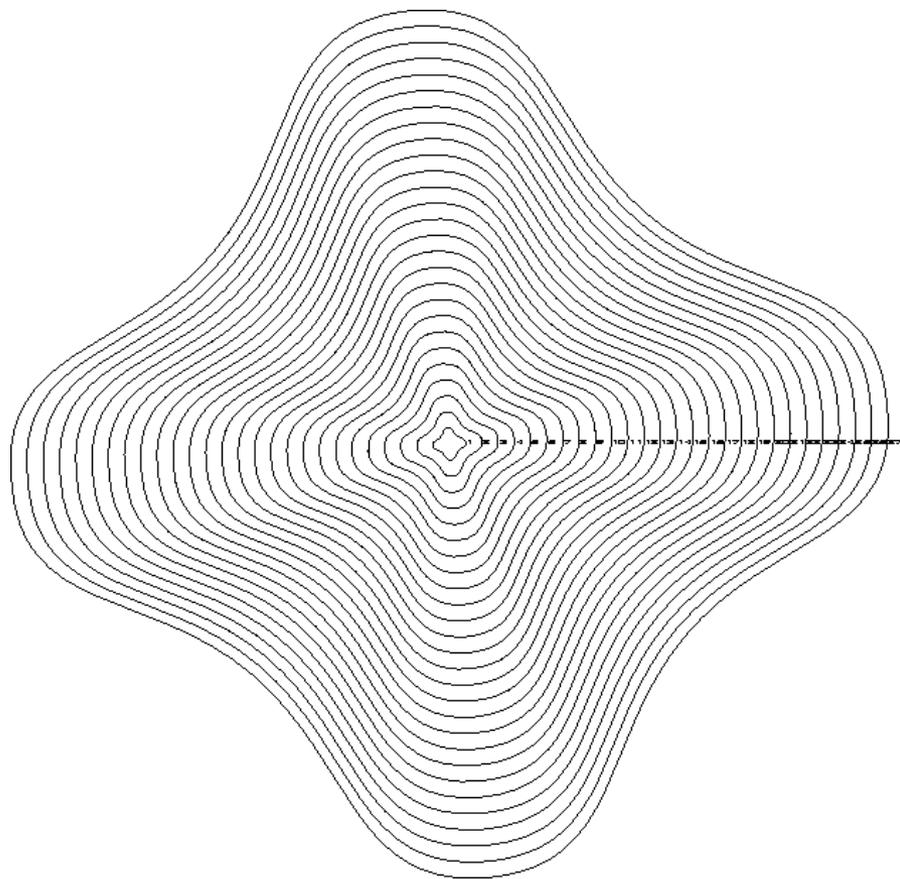
**Cinématokaléidoscope à N ellipses horizontales  
et à traction manuelle verticale**

2 bras 20 degrés

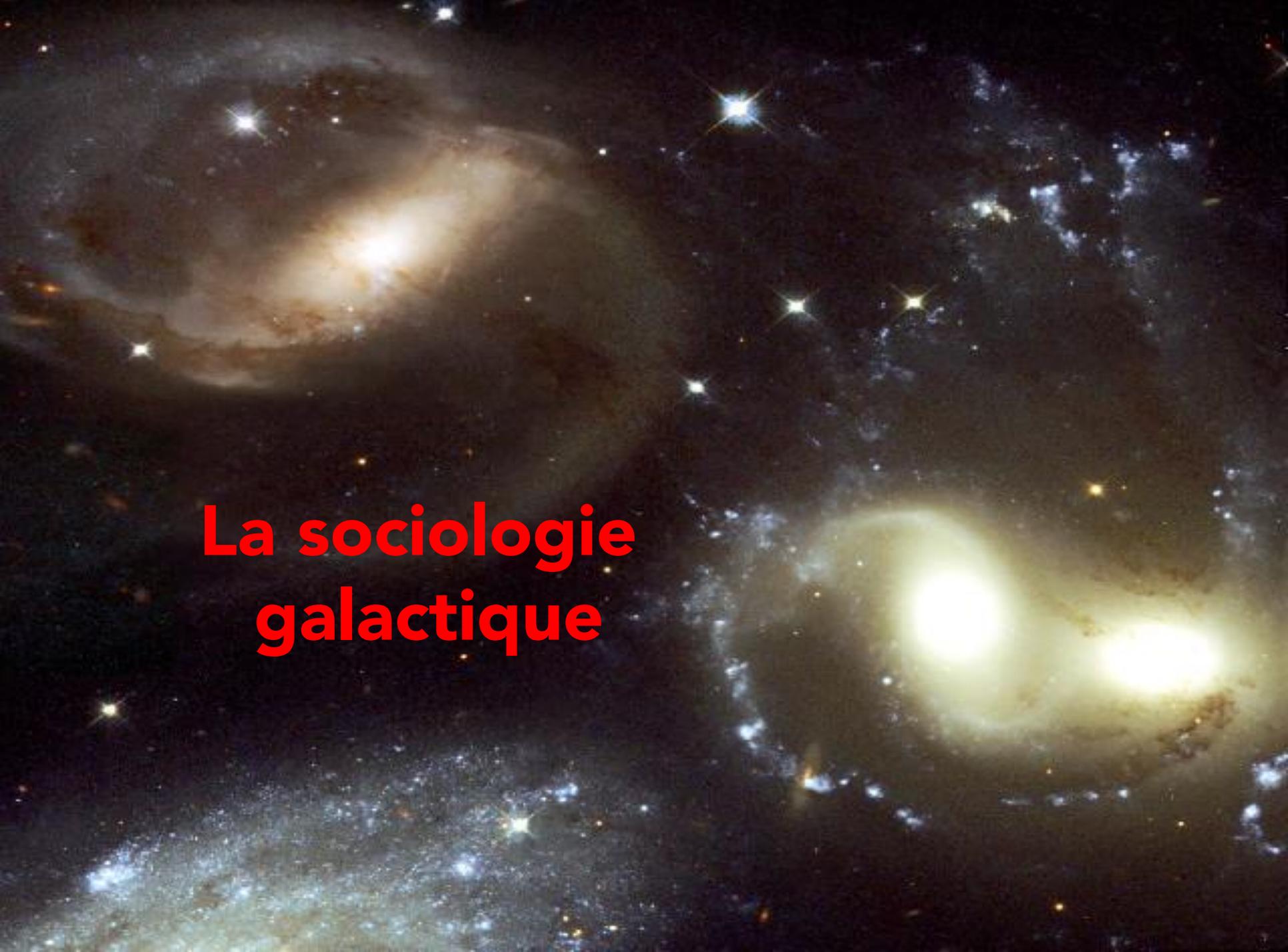


3 bras 10 degrés



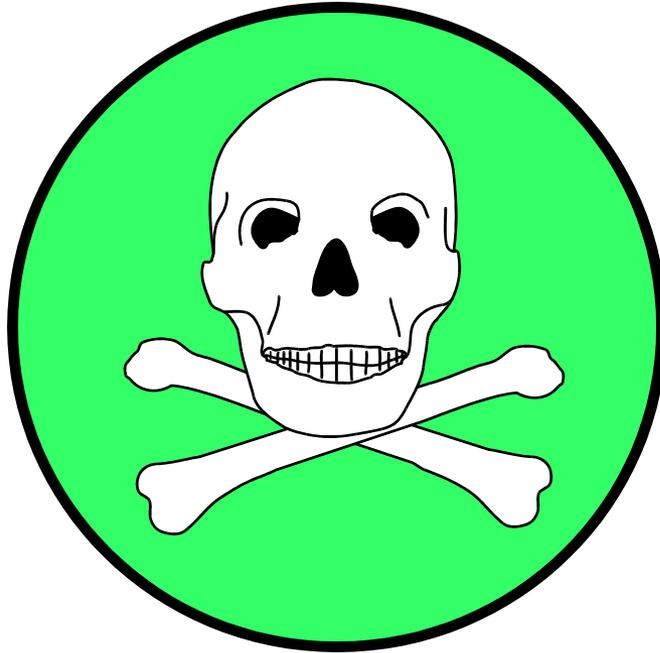


4 bras 10 degrés



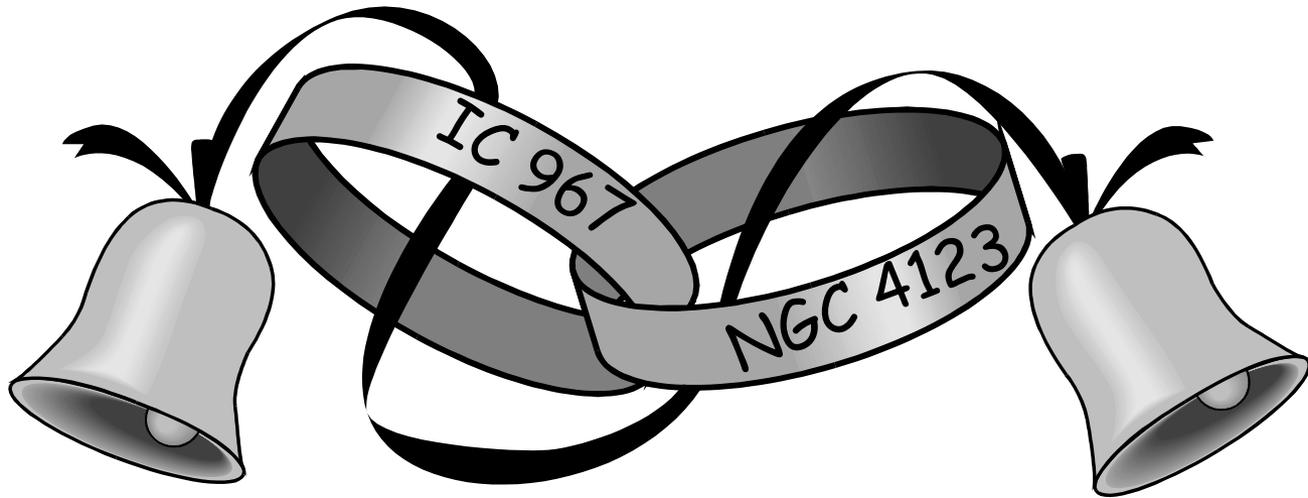
**La sociologie  
galactique**

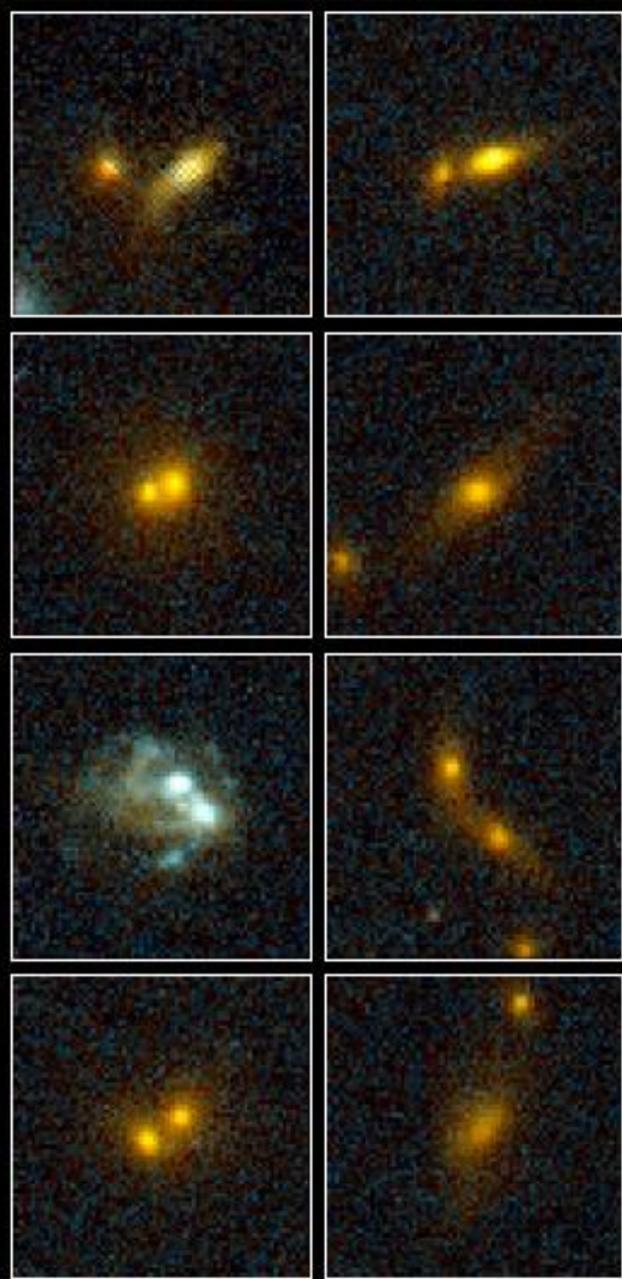
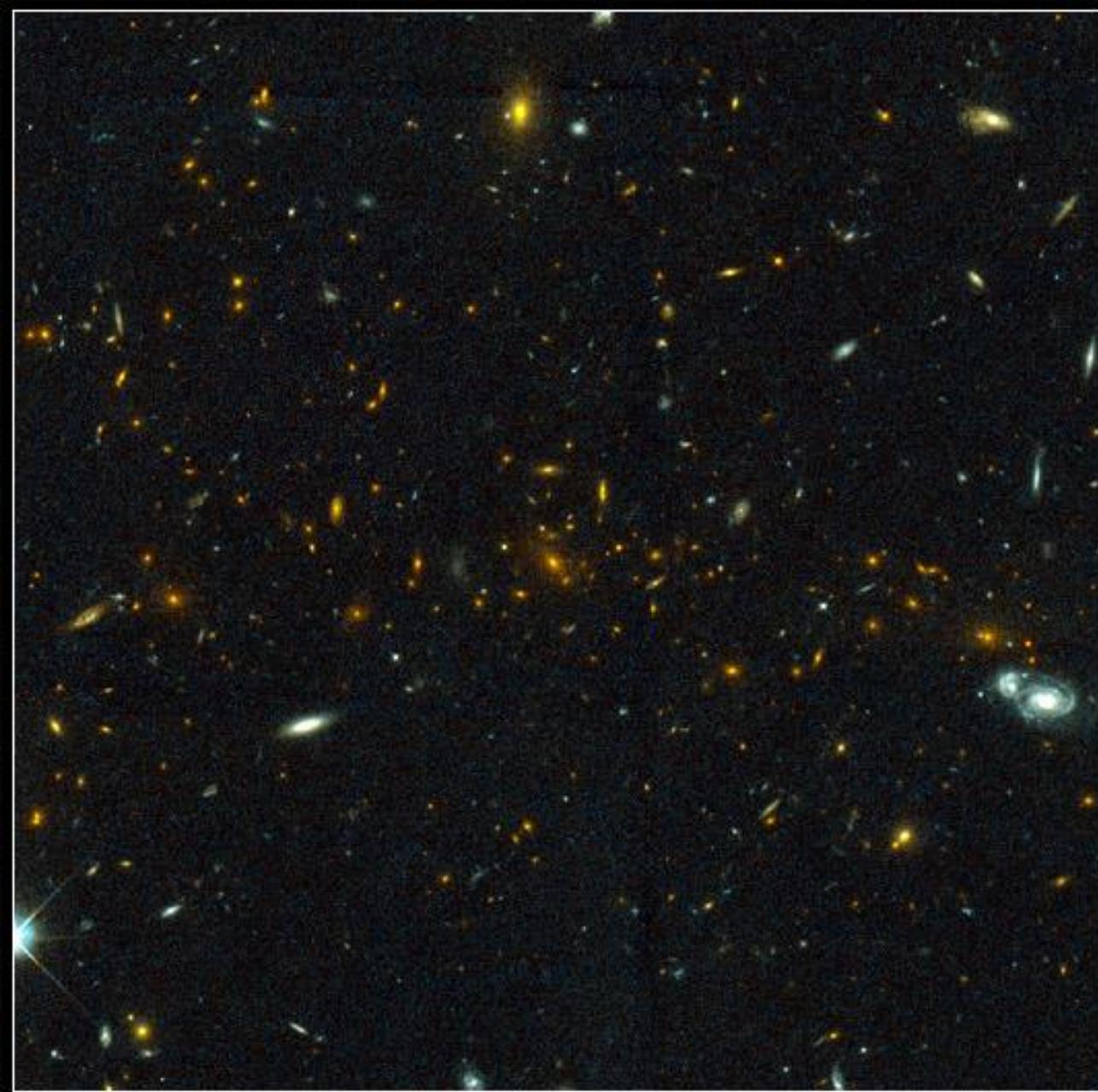
**Les galaxies sont cannibales ...  
... malgré elles !**



**Les plus lourdes mangent  
les plus légères !**

# Les galaxies se marient !



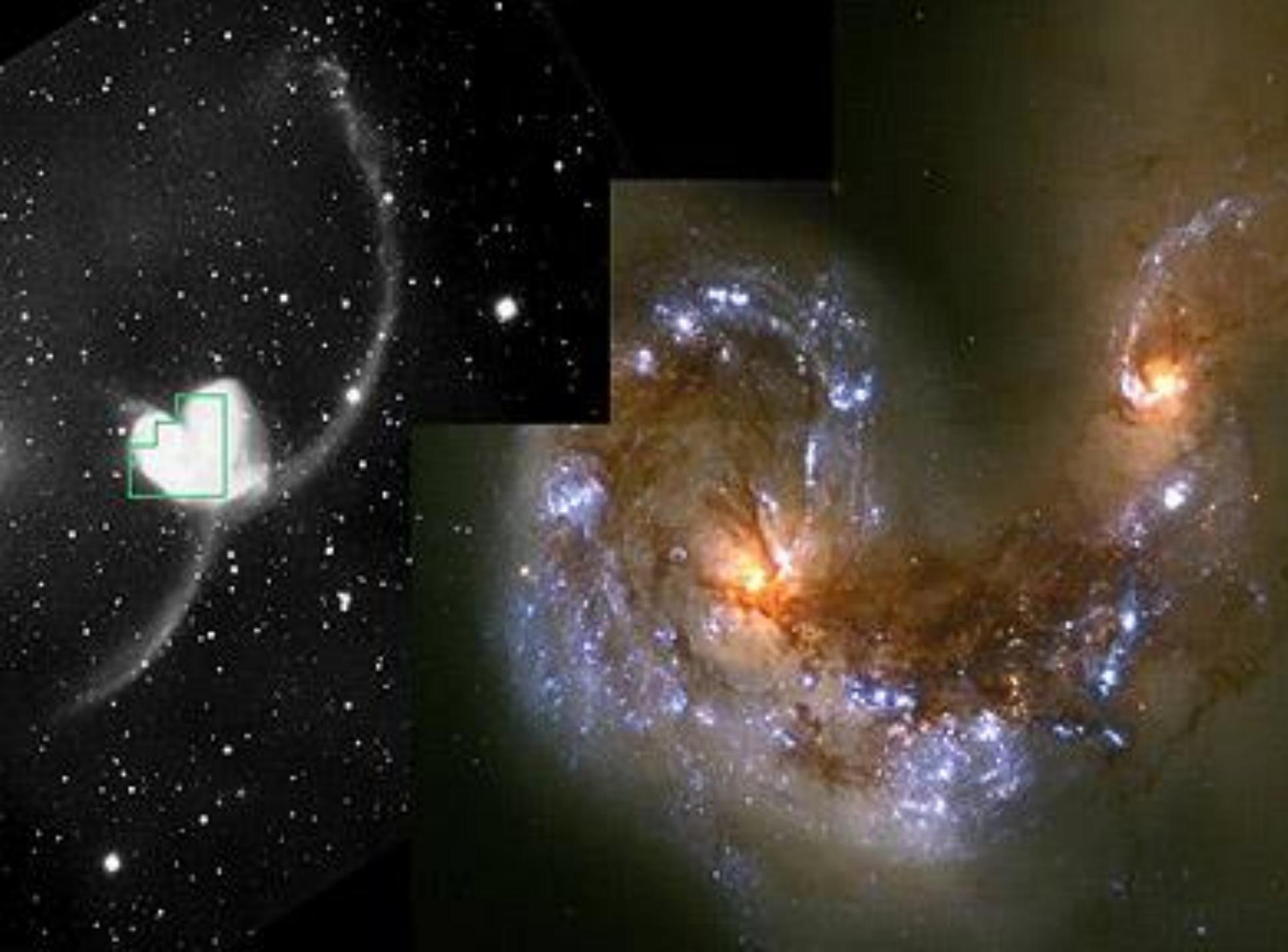


**Galaxy Cluster MS1054-03**

**HST • WFPC2**

PRC99-28 • STScI OPO • P. van Dokkum (University of Groningen), ESA and NASA









# Merci de votre attention !

## Films & images

- CLUSTAR - J. Perez, F. Roy, R. Gautier, D. Garet, ENSTA
- TREECODE, Barnes & Hernquist, Los Alamos center for astrophysics
- GRAVITOR, D. Pfenniger, R. Fux, Observatoire de Genève
- , GADGET - V. Springel , N. Yoshida, Max Planck Institute Garching
- HUBBLE Heritage
- GravStar – J. Dubinski – Cita Canada