

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* »...

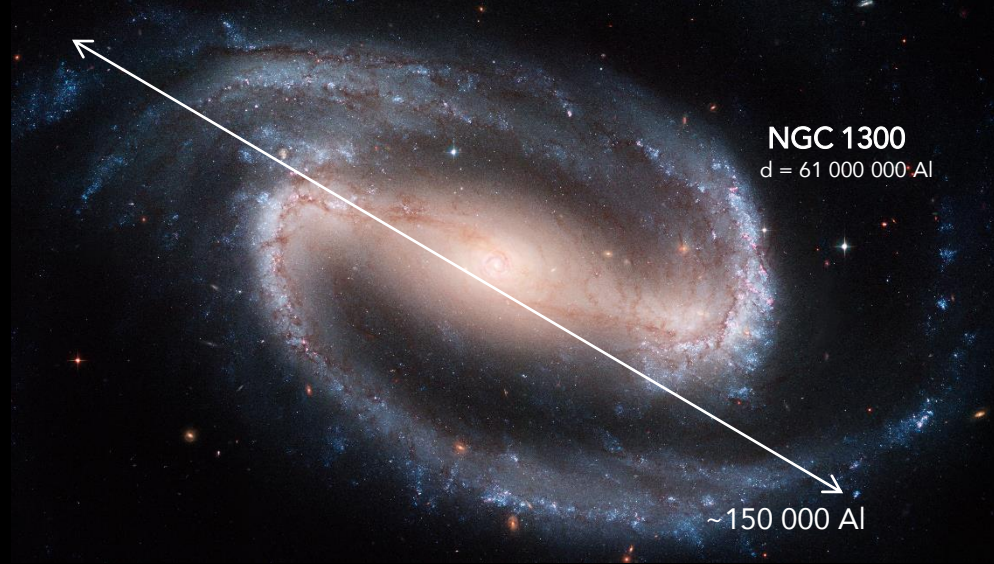
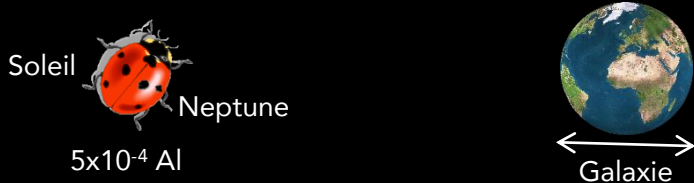


Ici superposition de plusieurs images obtenues avec plusieurs « filtres »

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

Très grand

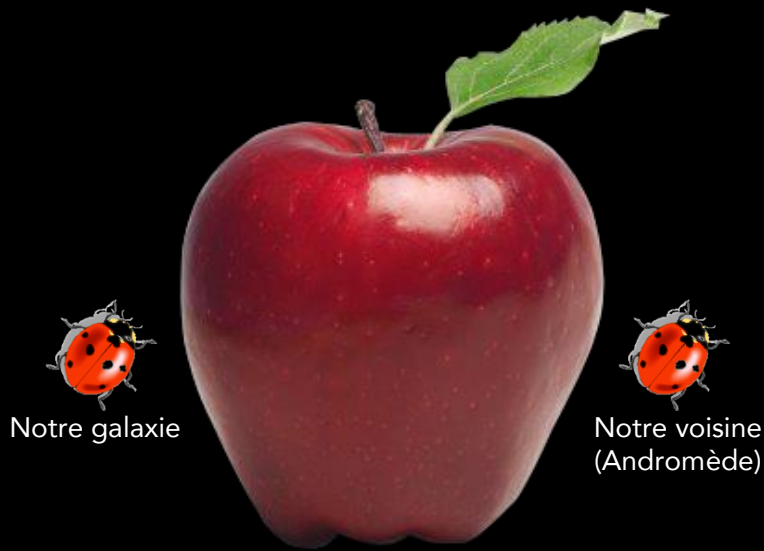
Quelques centaines de milliers d'années-lumière



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

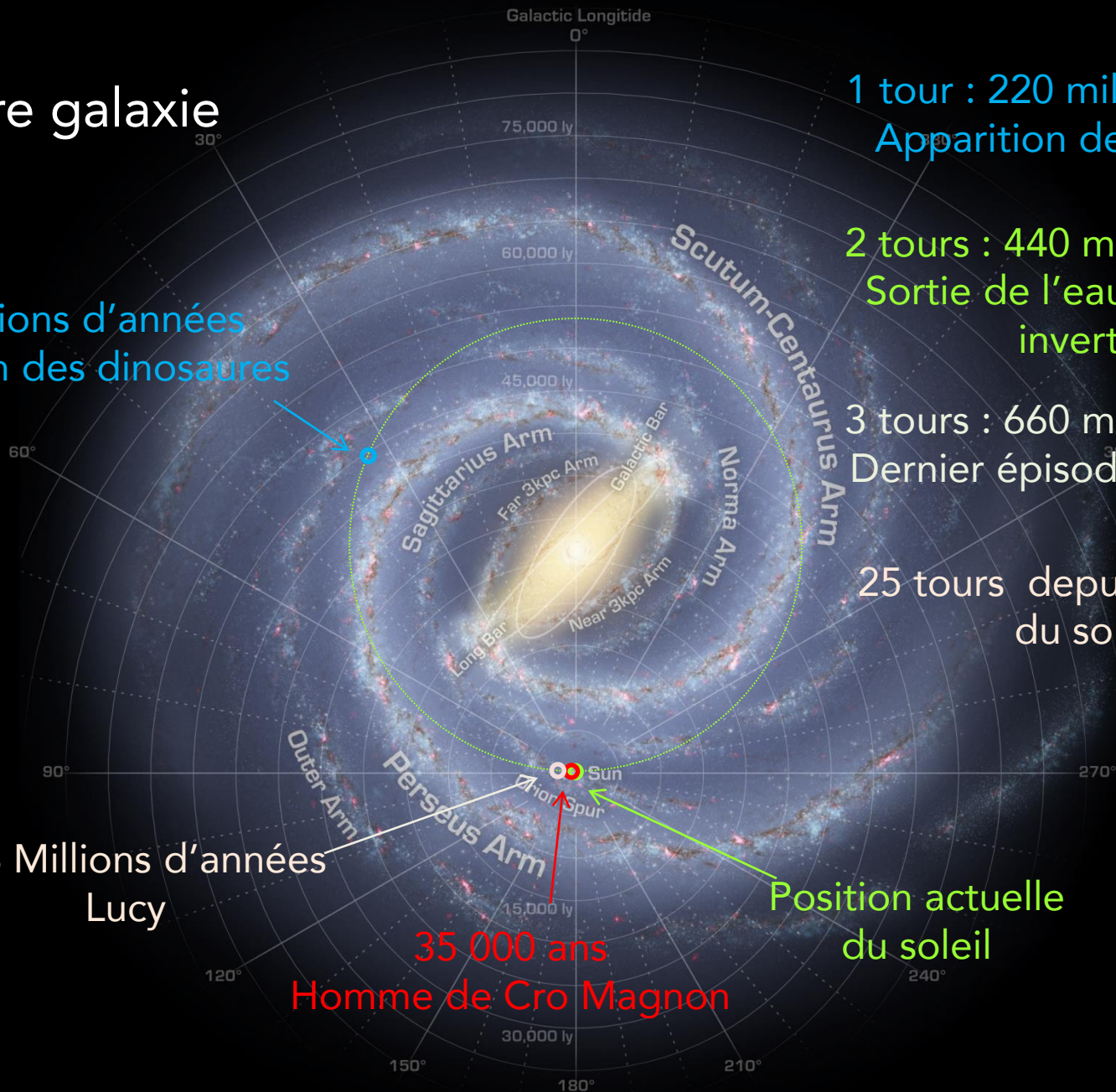
100×10^9 soleils dans $(250\,000 \text{ Al})^3$

soit quelques atomes par centimètre cube !

Dans une galaxie les étoiles se traînent !



Notre galaxie



65 Millions d'années
Extinction des dinosaures

3,18 Millions d'années
Lucy

35 000 ans
Homme de Cro Magnon

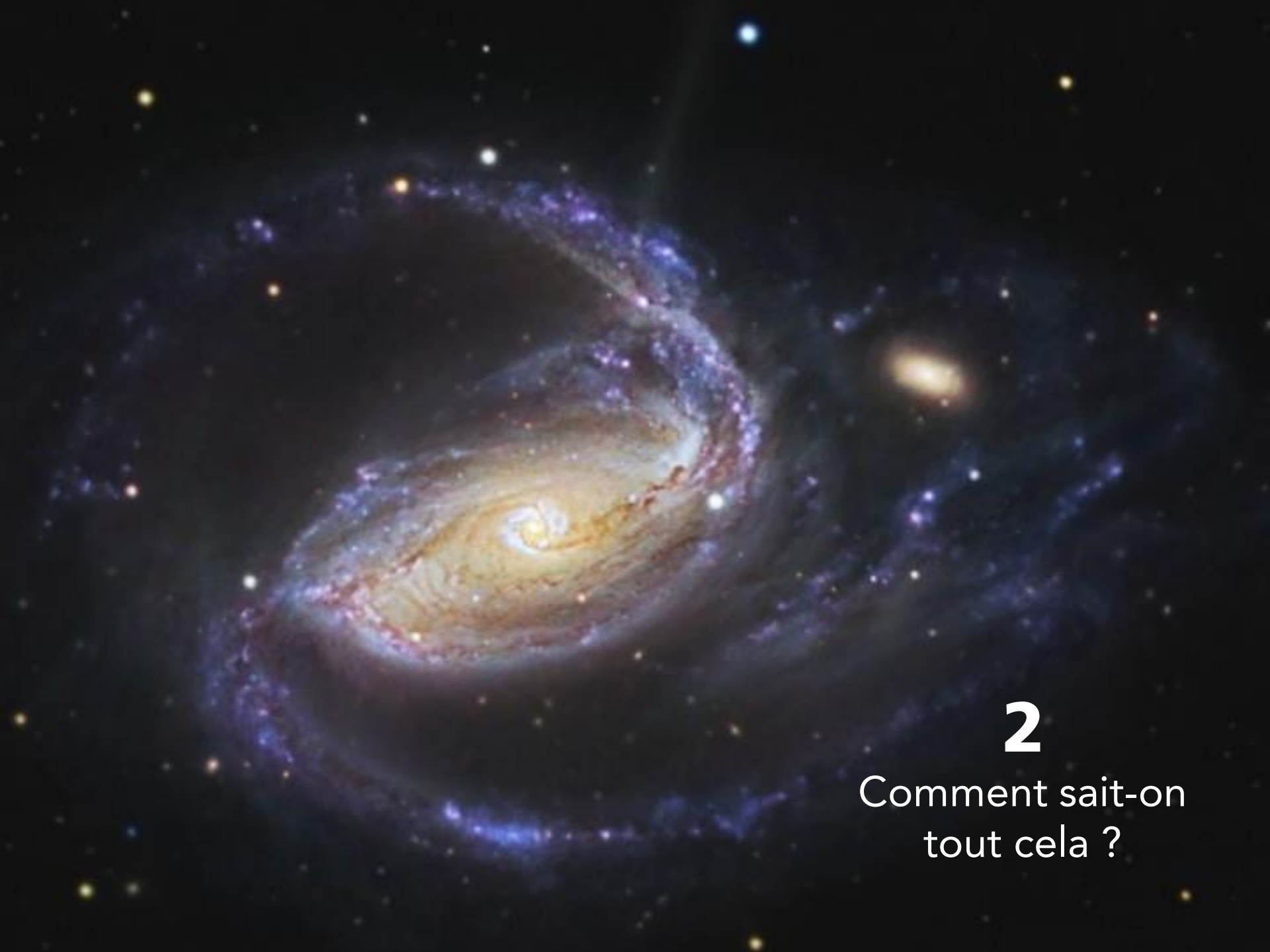
1 tour : 220 millions d'années
Apparition des dinosaures

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 ...

Position actuelle
du soleil



2

Comment sait-on
tout cela ?

A

On fait des observations



depuis le sol

depuis l'espace



μ math

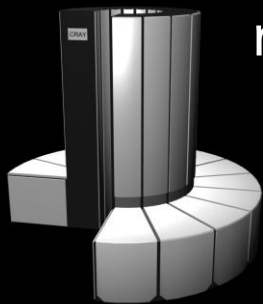
φ physique

On construit des théories

B

C

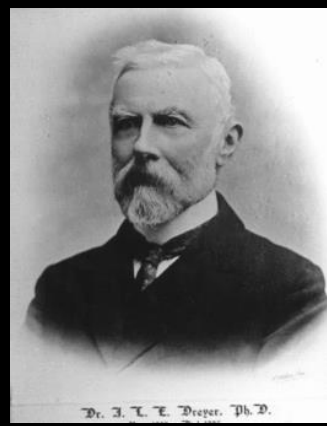
On fait des simulations numériques



Comment sait-on tout cela ?

A L'observation des galaxies

New
General
Catalogue



John Dreyer (1852-1926)

Au début on savait pas ...



Catalogue
Messier

Charles Messier (1730-1817)

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 ...



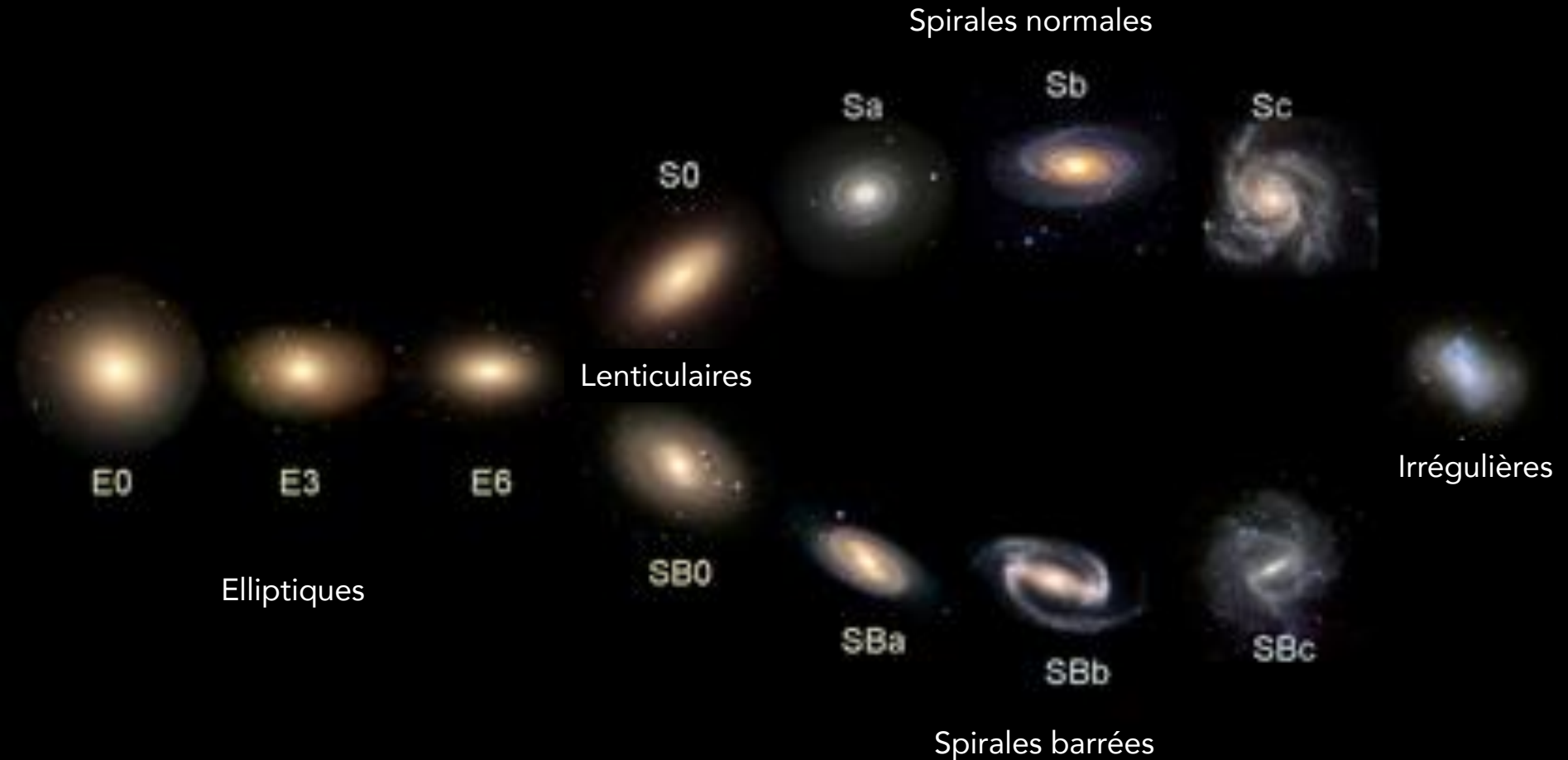
Edwin Hubble (1889-1953)



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

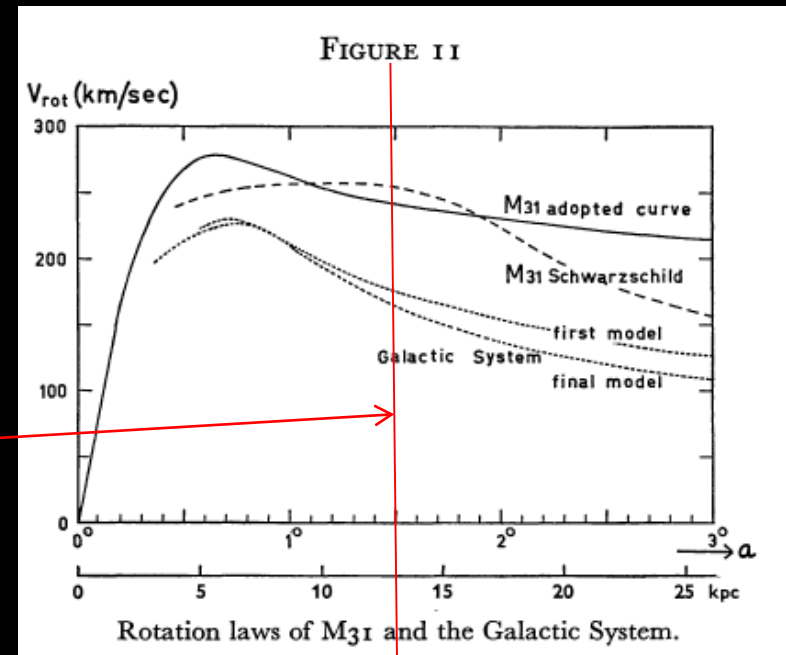
Les galaxies sont pleines
de matière noire !



Radiotélescope de Dwingeloo (25m)

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

L'intervention de la
radioastronomie



Visible

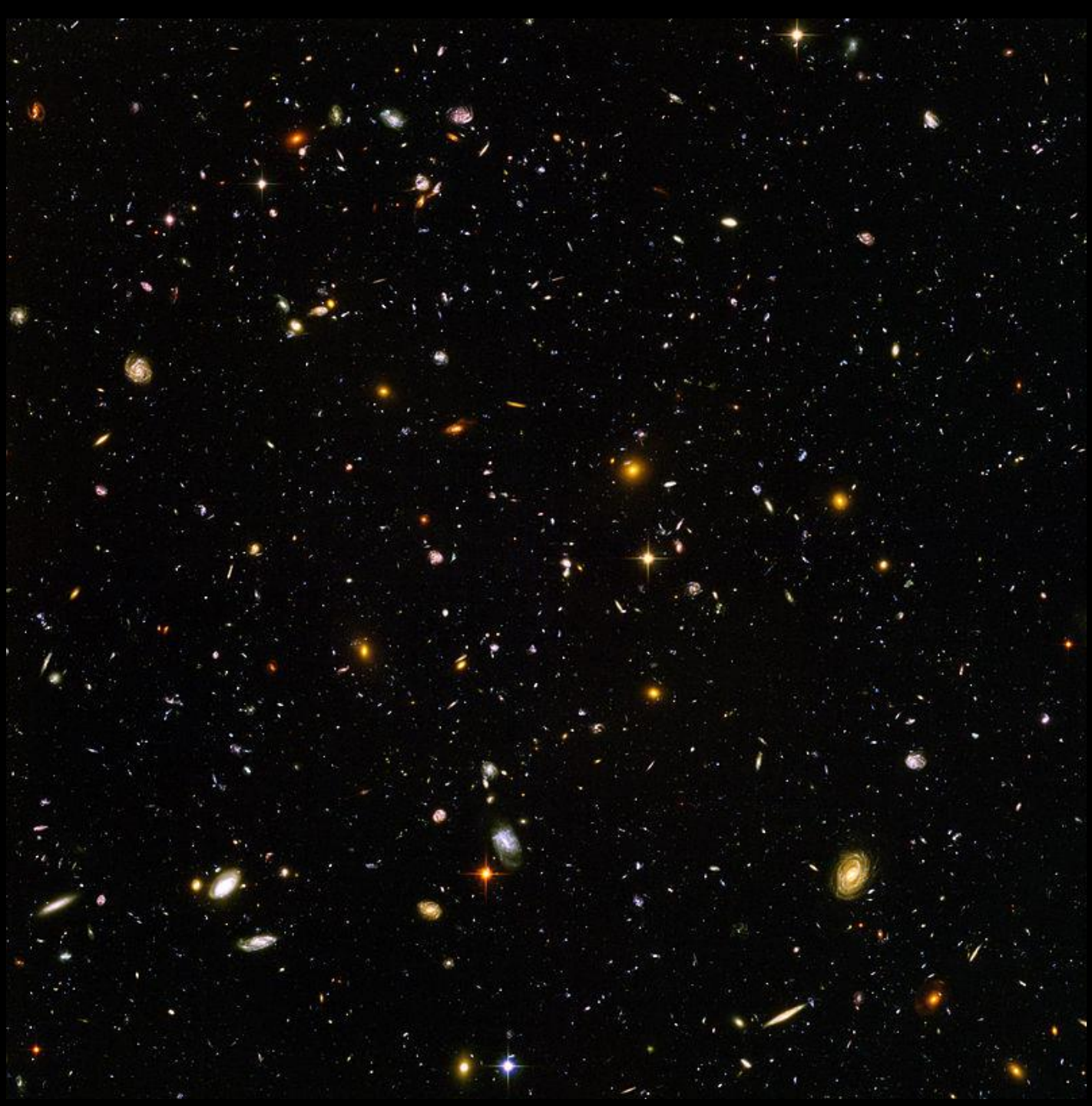
Non Visible

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



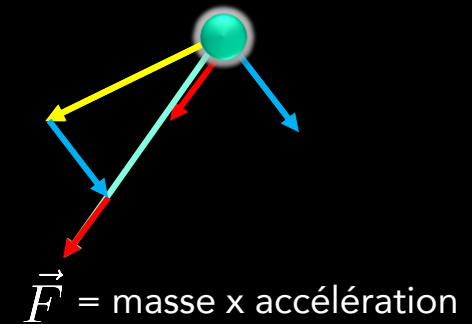
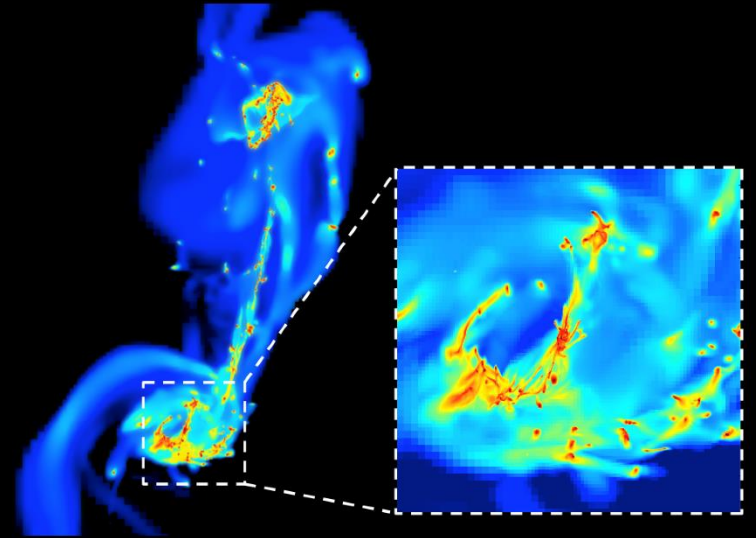
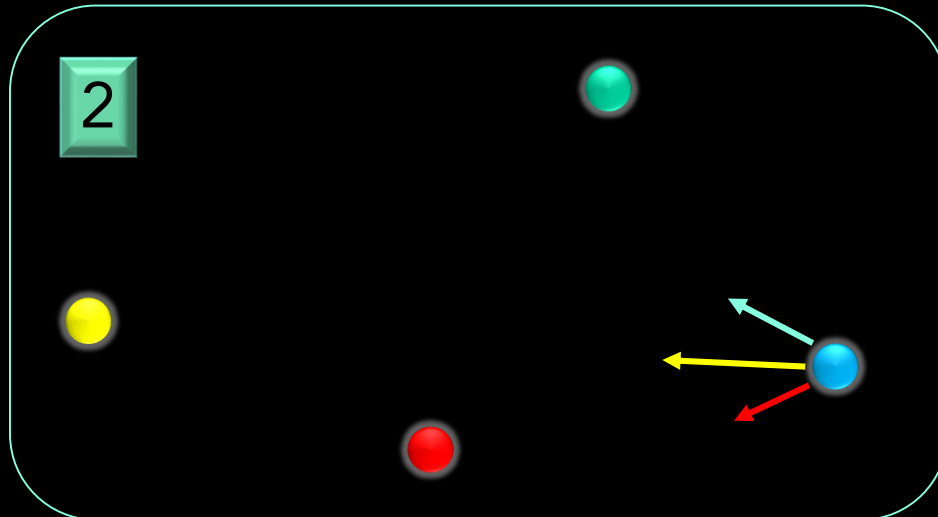
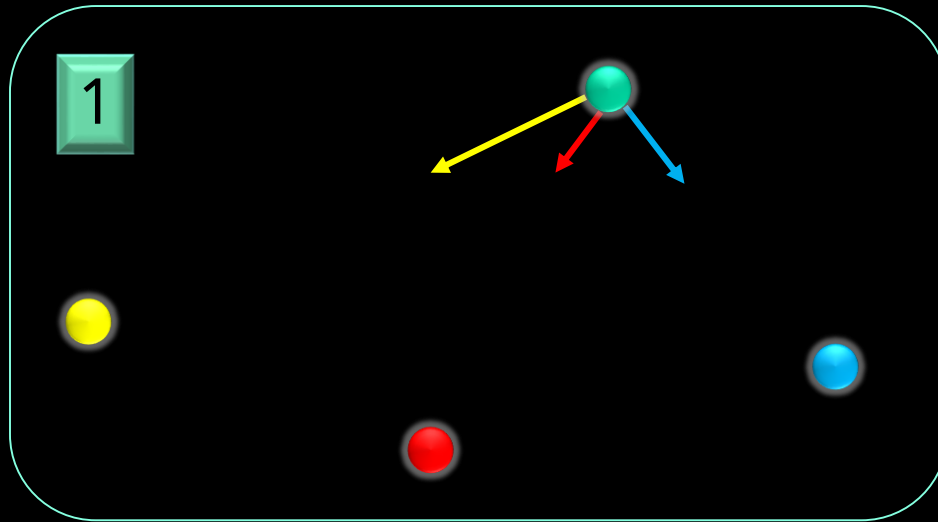
Chacune de ces particules évolue dans le champ de gravitation
moyen créé par toutes les autres

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...!



Accélération : variation de la vitesse pendant un intervalle de temps

Vitesse : variation de la position pendant un intervalle de temps



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

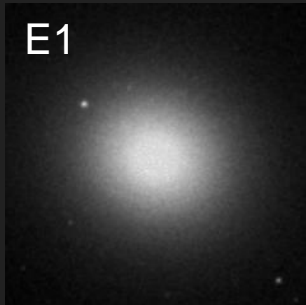
E6



Galaxies elliptiques

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

E1



M 105 - Lion
M=10.2 - z=0.0304

E7



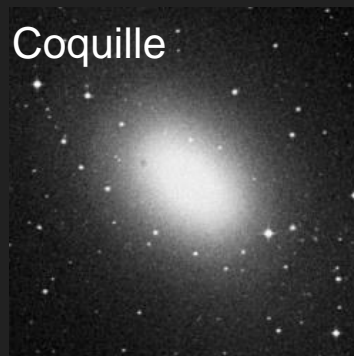
NGC 4623 - Vierge
M=3.2 - z=0.00631

E0



IC 4296 - Centaure
M=10.6 - z=0.0125

Coquille



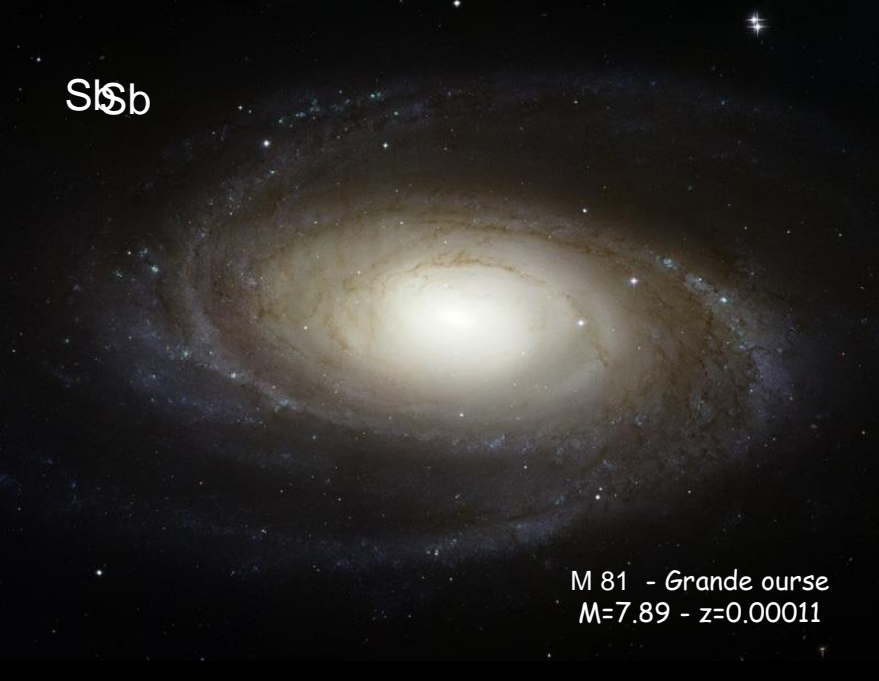
NGC 3923 - Hydre
M=10.1

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

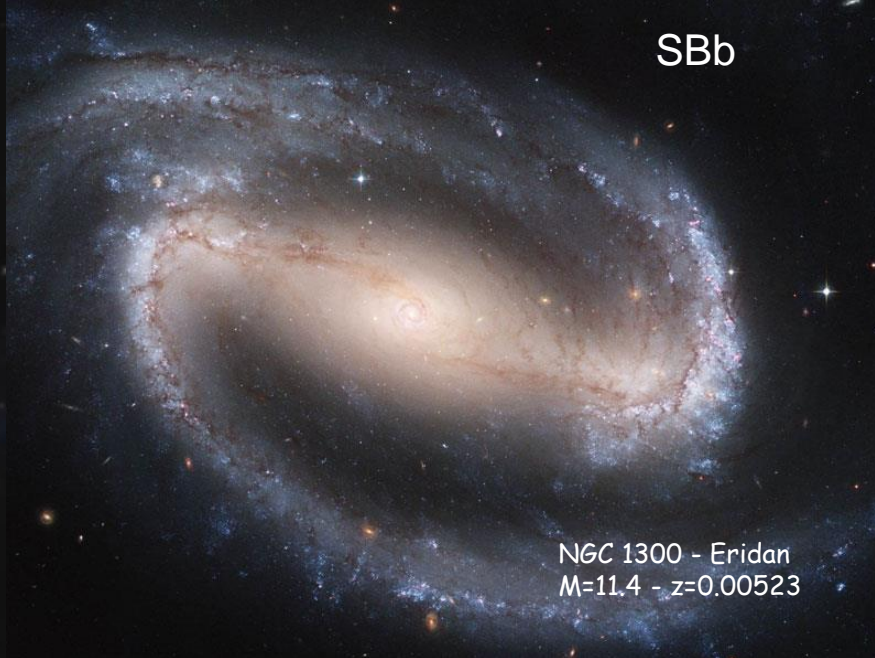
Galaxies spirales normales

SBa



NGC 1097 - Fornax
M=9.3 - z=0.00456

SBb



NGC 1300 - Eridan
M=11.4 - z=0.00523

Galaxies spirales barrées

SBbc

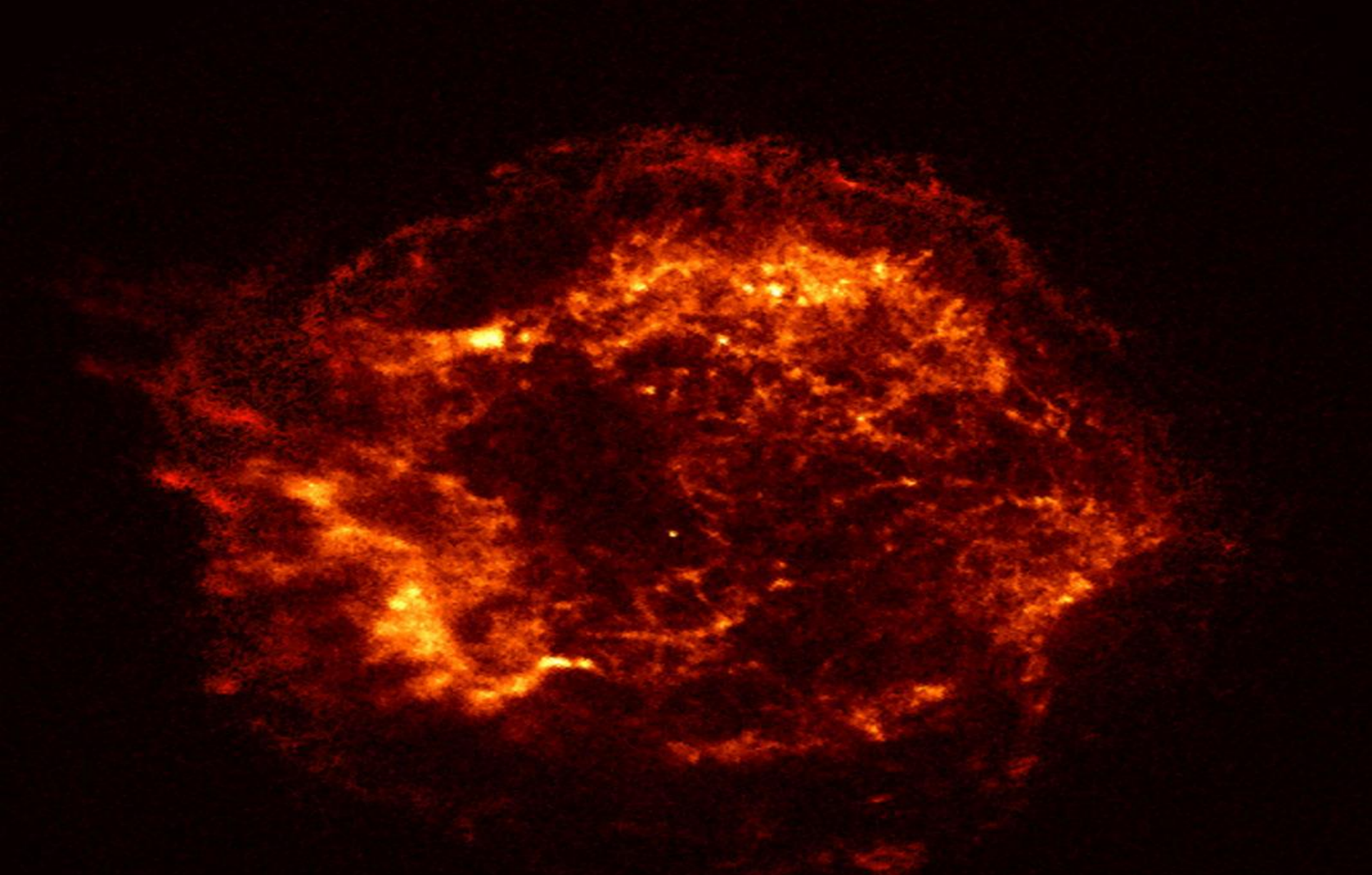


NGC 1365 - Fornax
M=9.6

Galaxies Irrégulières



NGC 4039 - Corvus
M=13

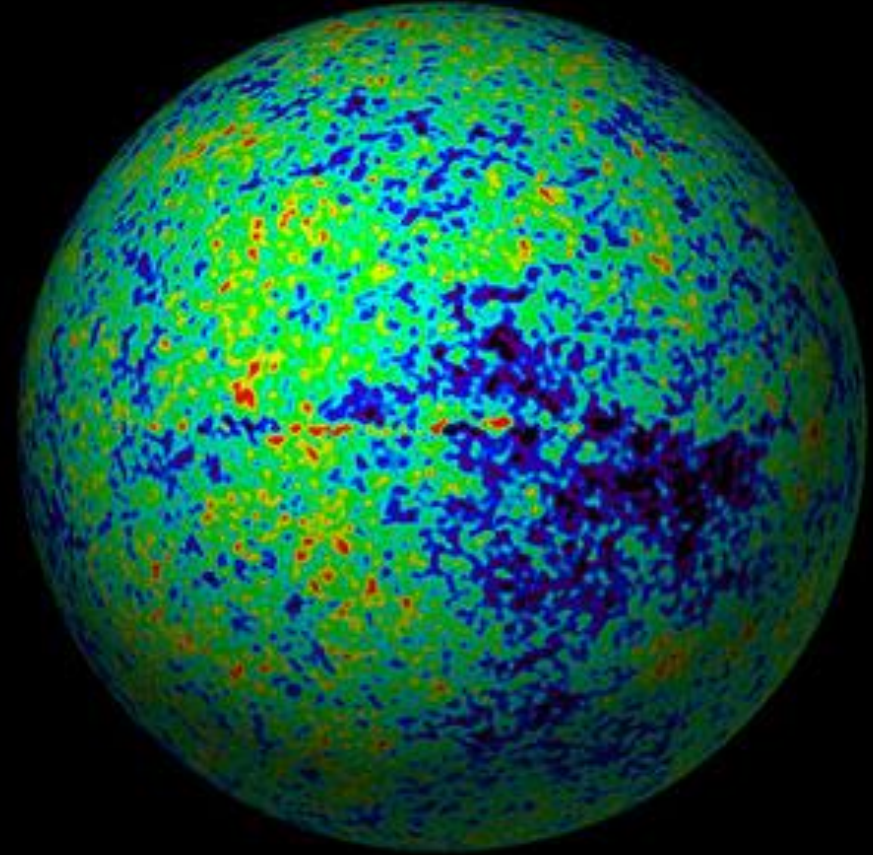
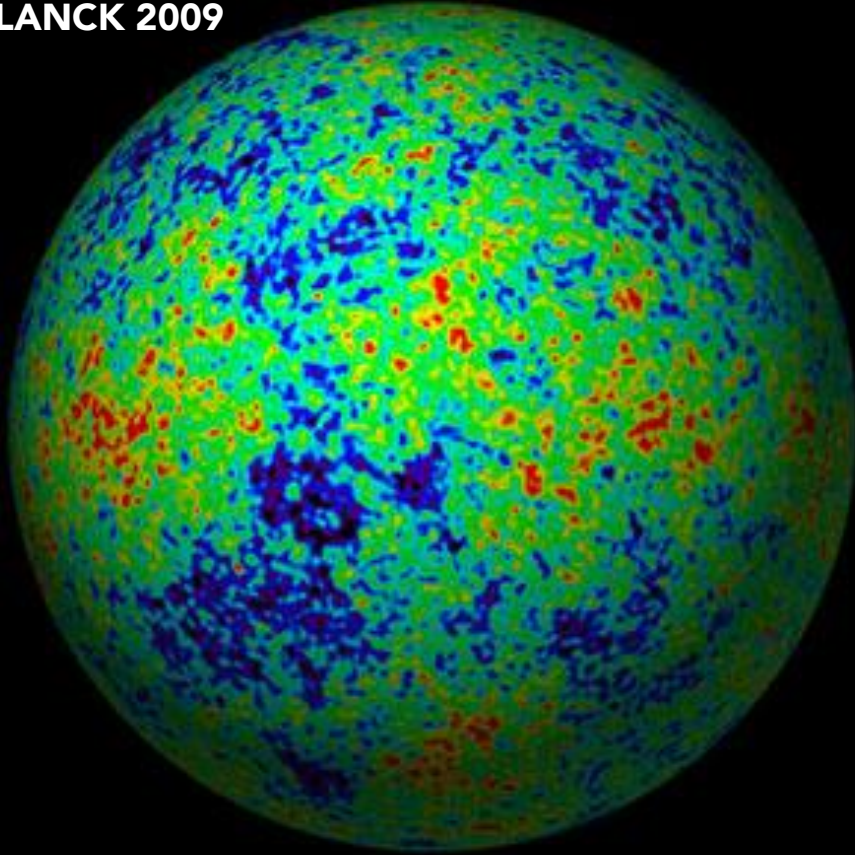


La naissance des galaxies

Principe cosmologique

l'Univers est homogène
et isotrope

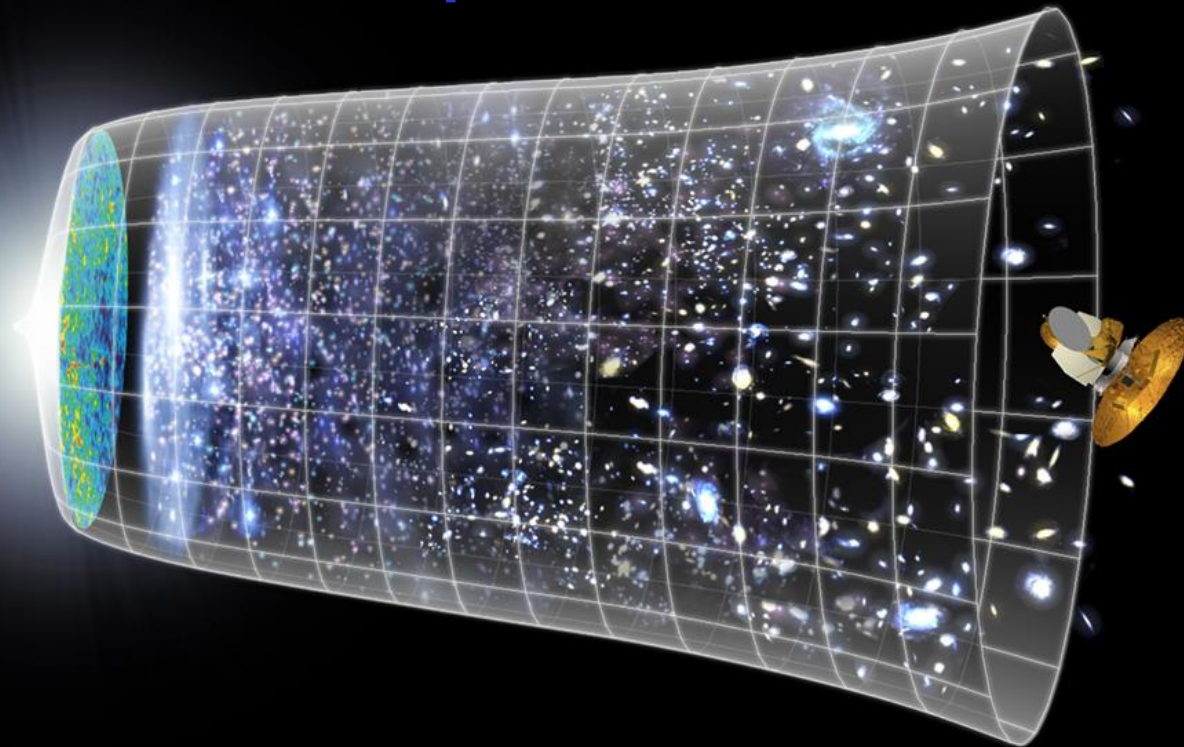
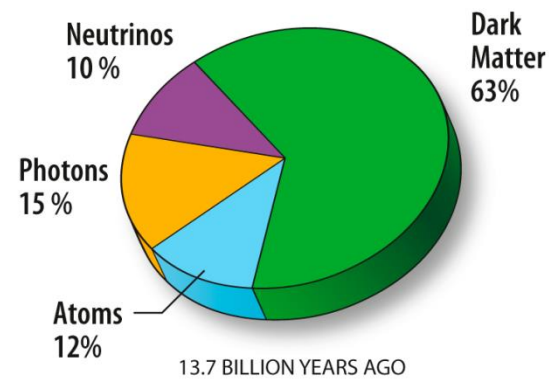
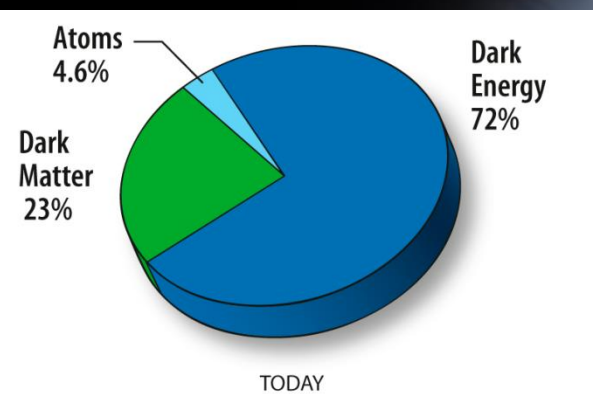
COBE 1992
WMAP 2001
PLANCK 2009



à quelques fluctuations près !

Modèle d 'Univers (← Relativité générale)

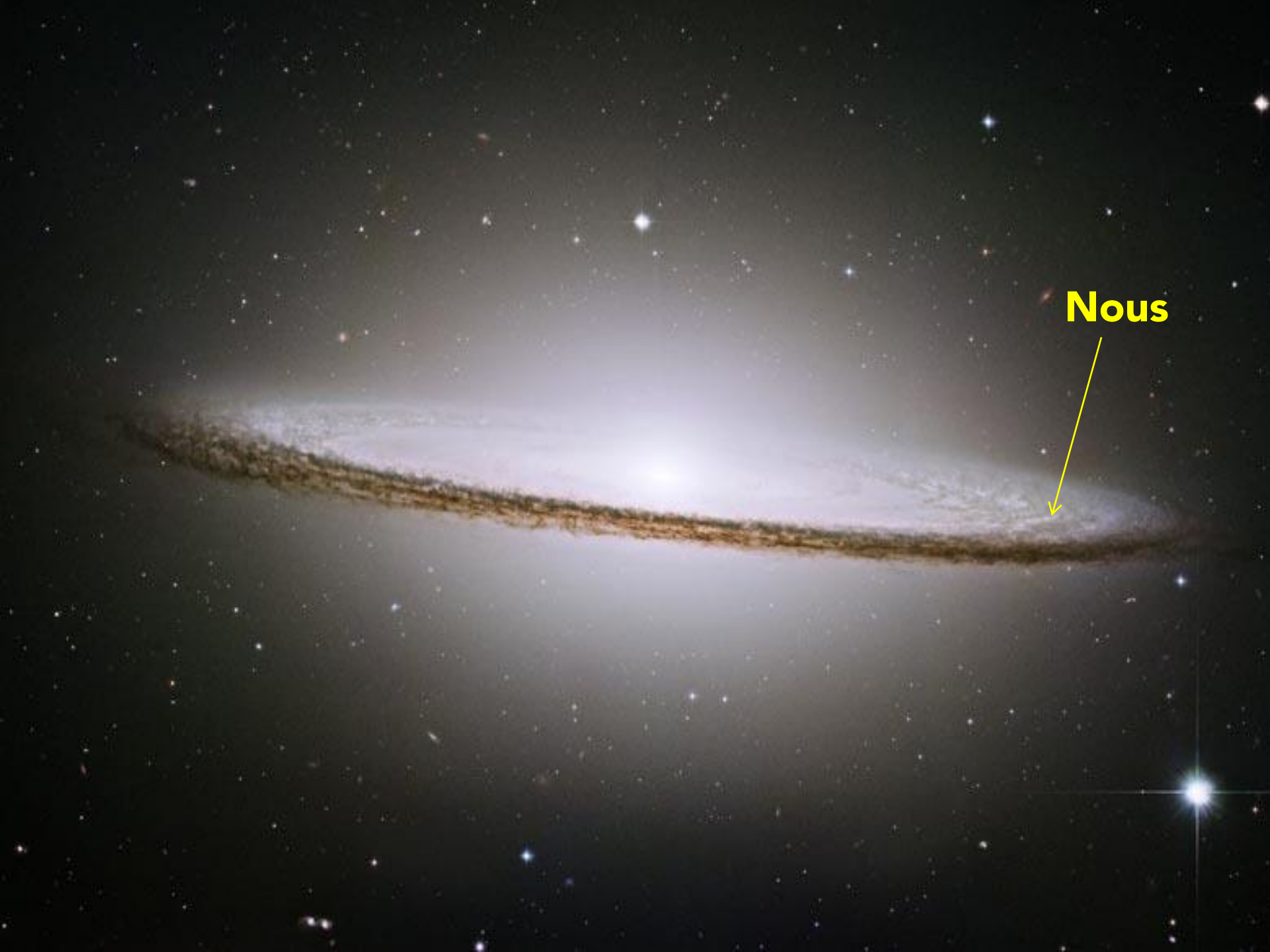
Les propriétés dynamiques de l 'Univers sont reliées à son contenu ... Il possède une histoire



95 % de l 'Univers est invisible !

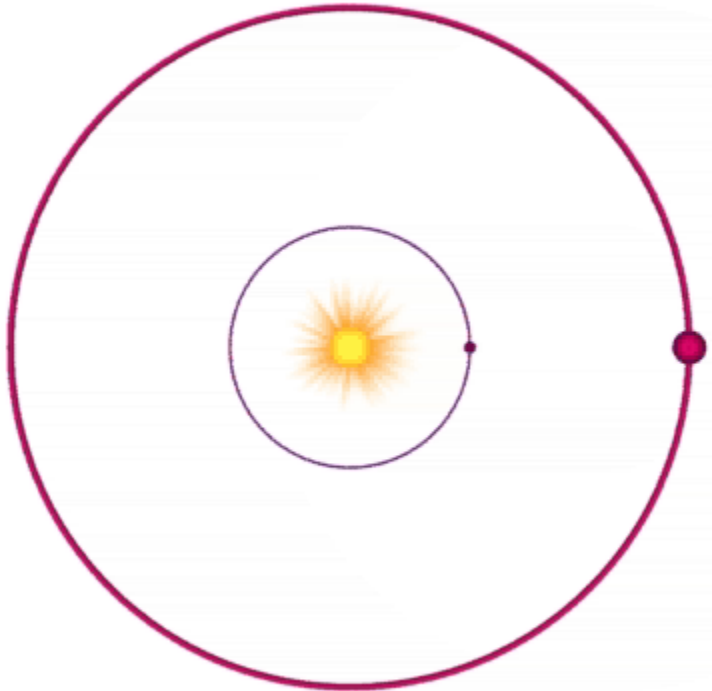
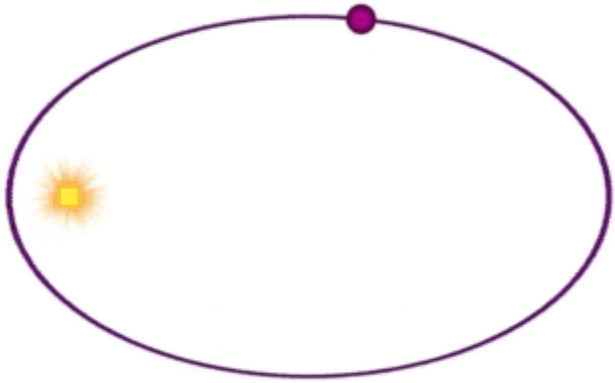
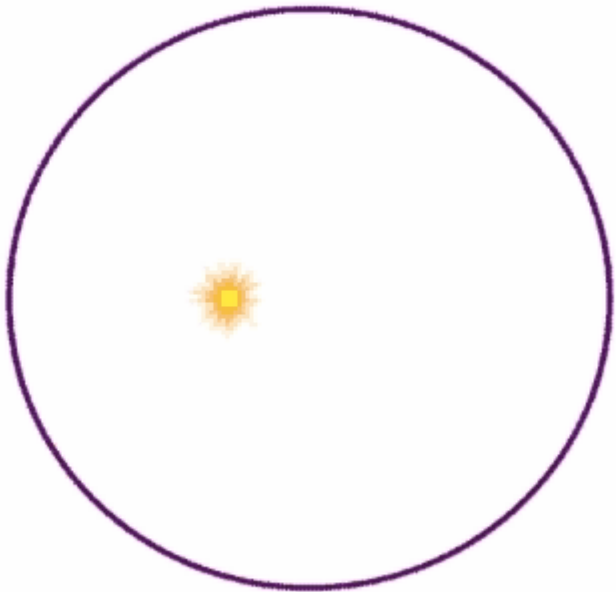
Dans l'intimité des galaxies ...





Nous

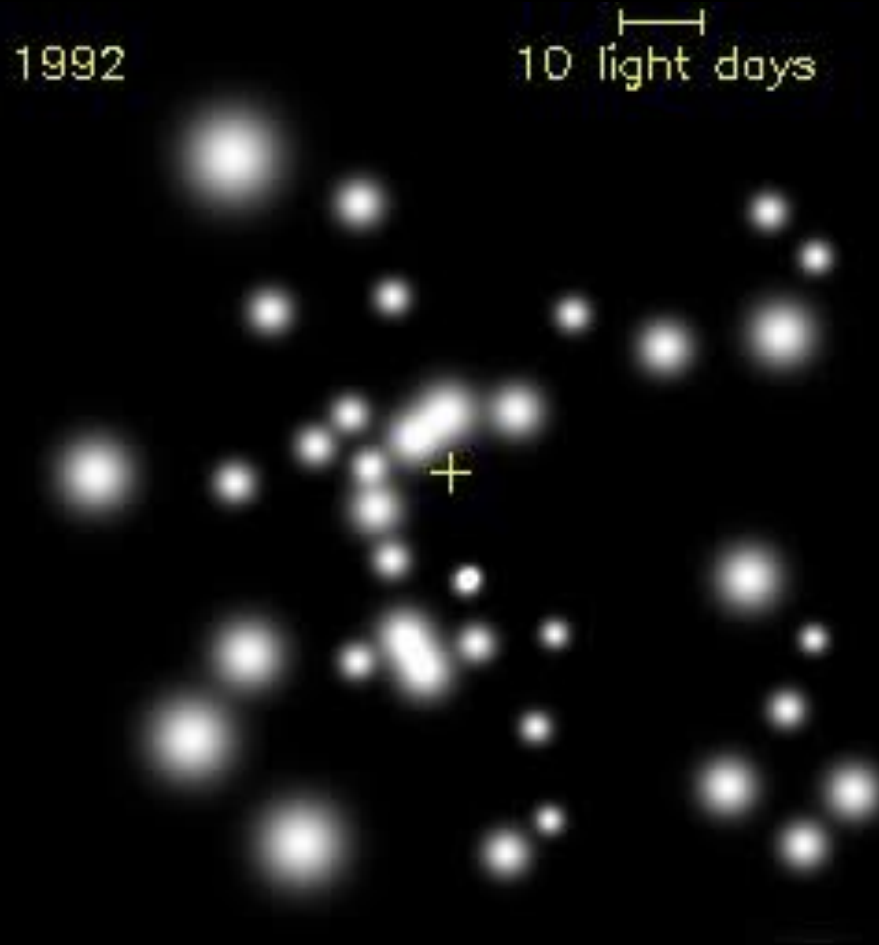
Un peu de physique ...



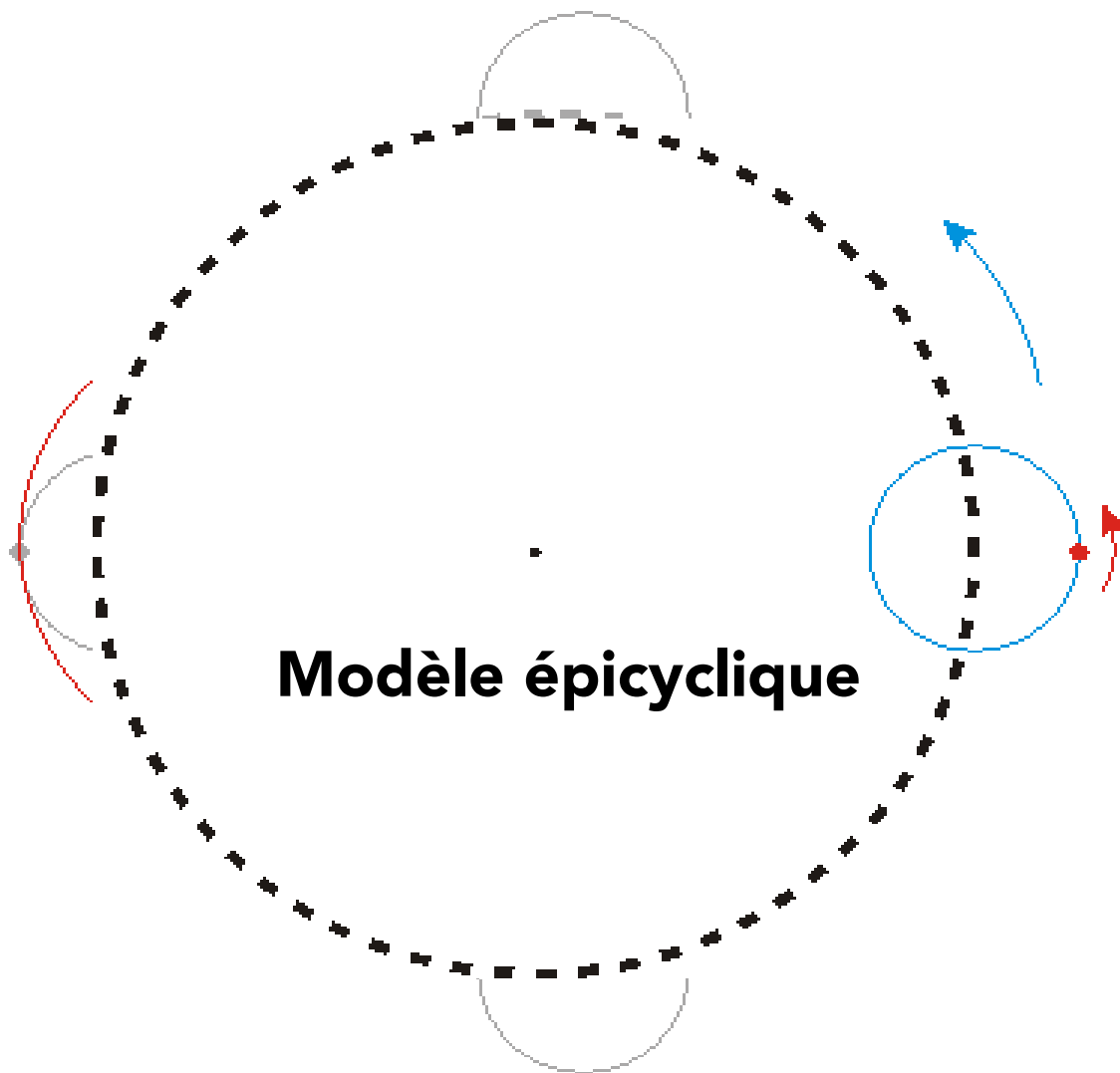
Le mouvement képlerien



Un trou noir super massif au centre ...



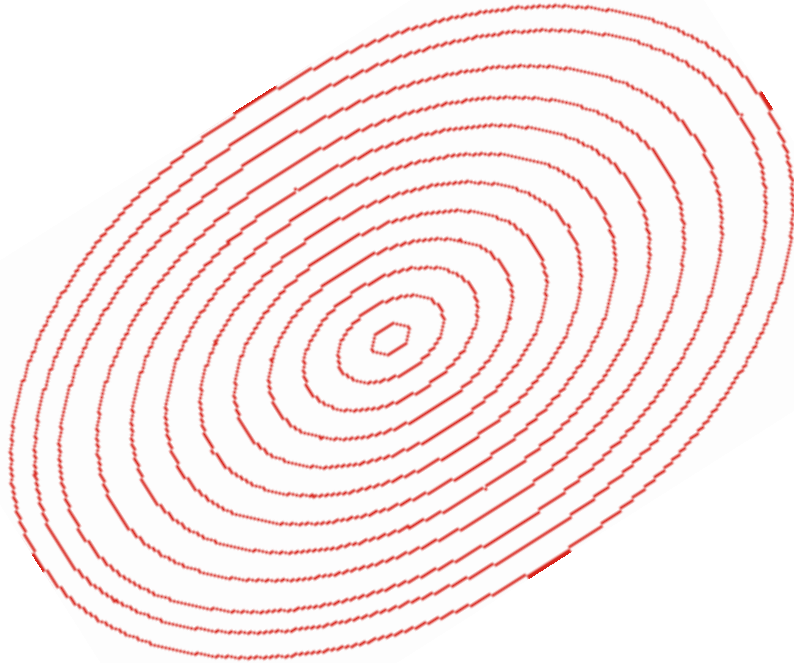
Un peu de physique ...



Modèle épicyclique

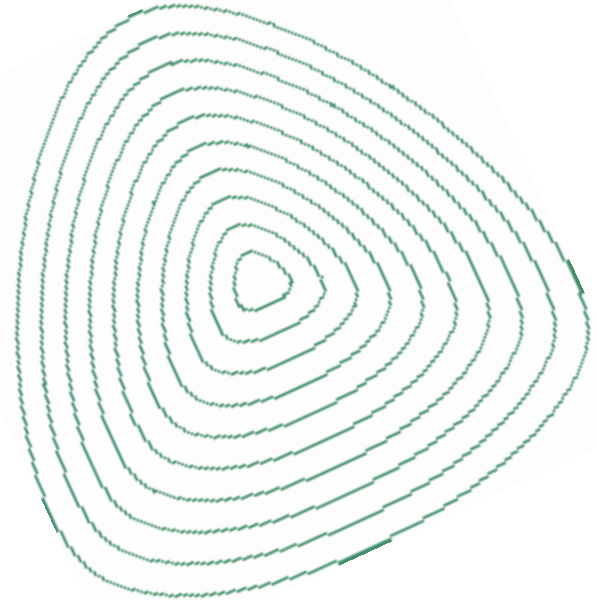
L'orbite des étoiles dans les galaxies spirales

Un peu de physique ...



2 tour / 1 tour

3 tour / 1 tour



Et la rotation différentielle !

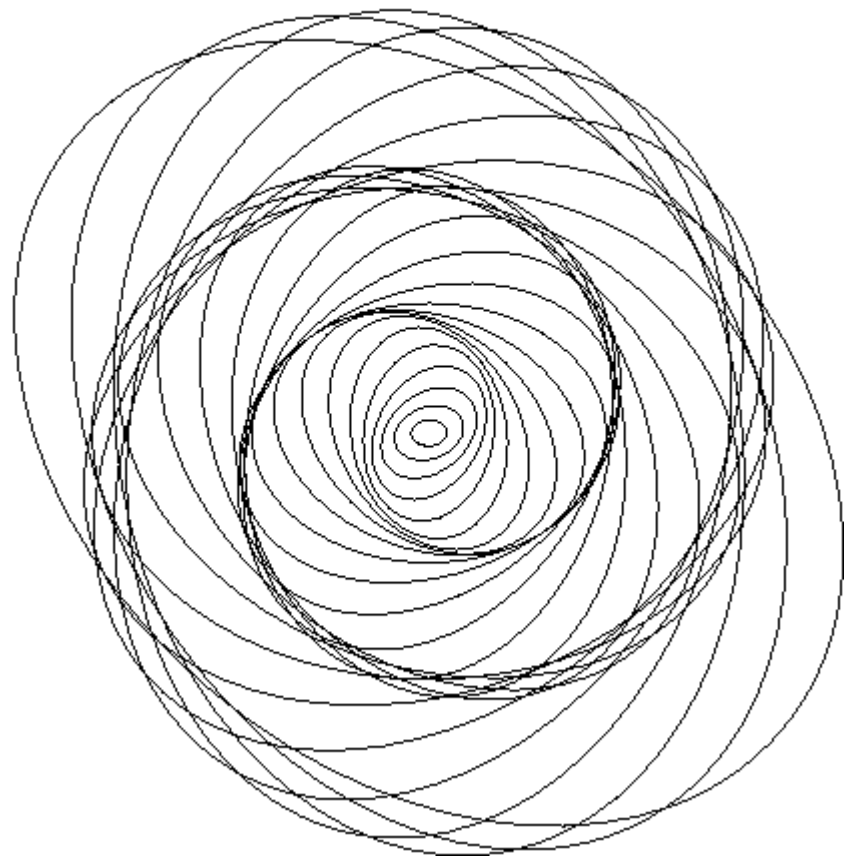
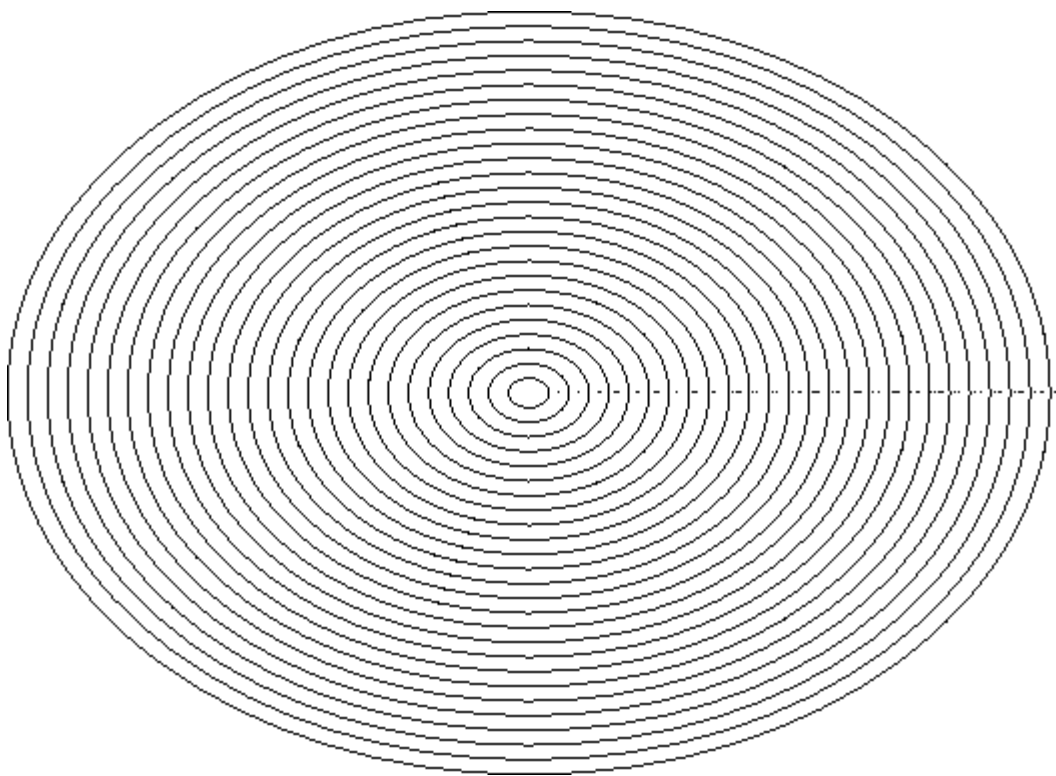
L'orbite des étoiles dans les galaxies spirales

Spiral kreator

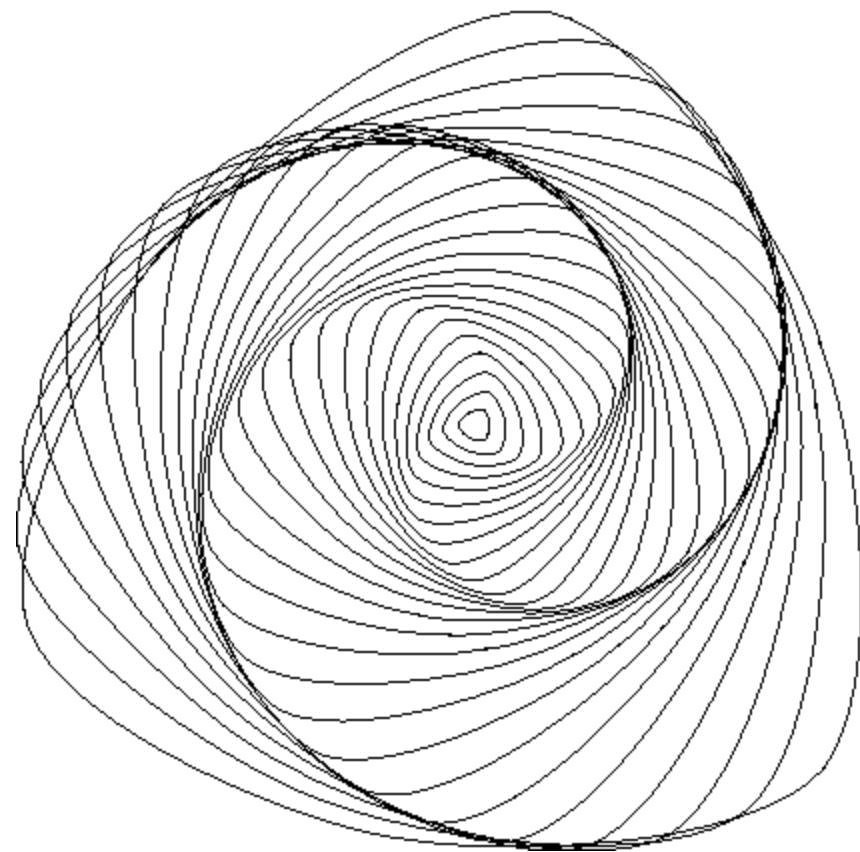
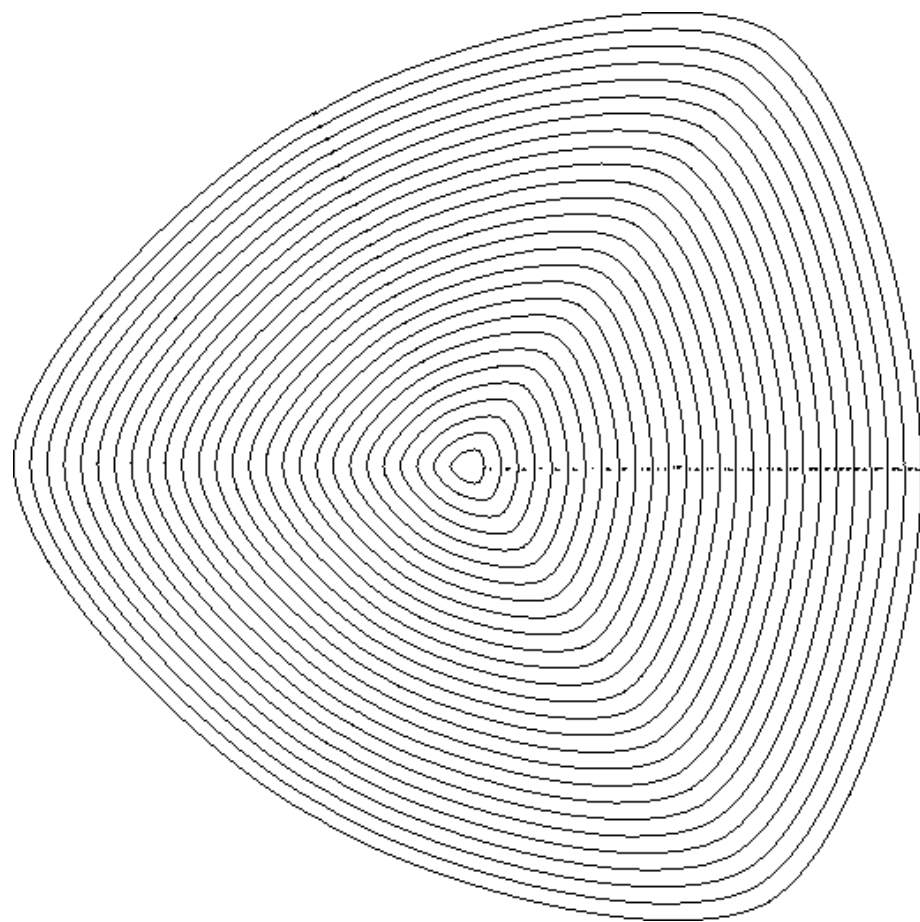
Nom français

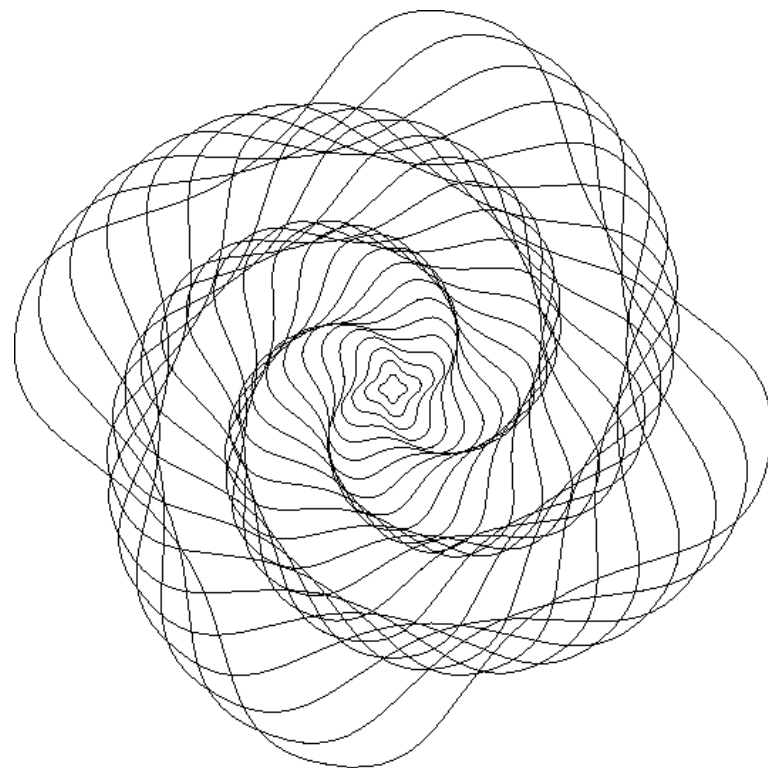
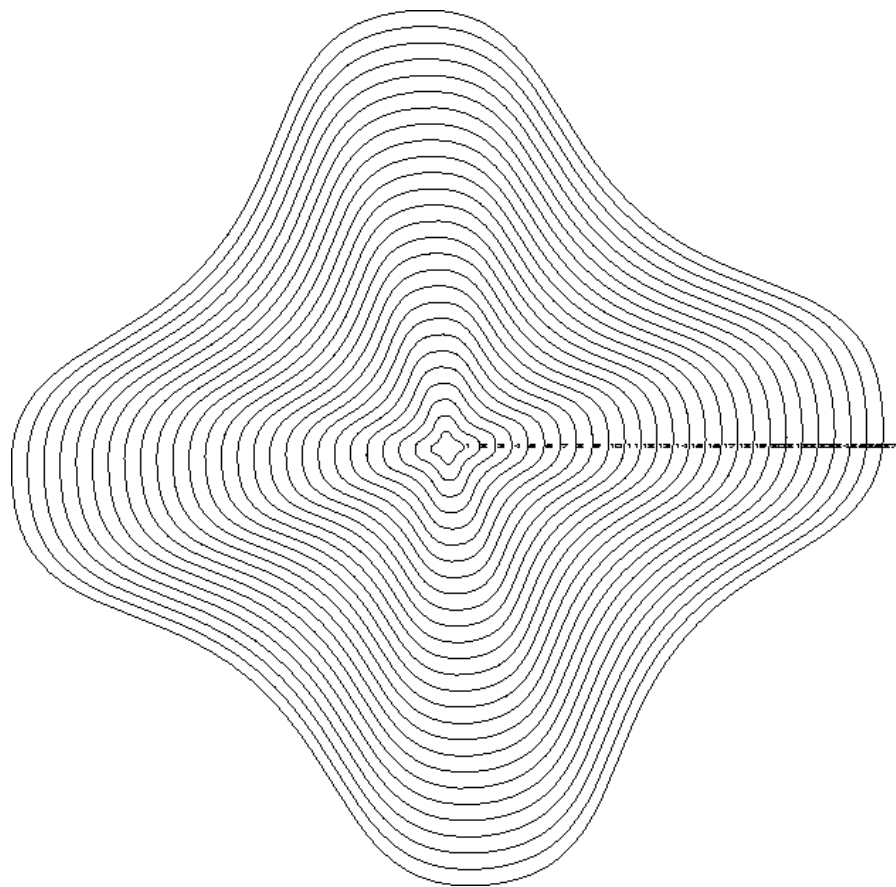
**Cinématokaléidoscope à N ellipses horizontales
et à traction manuelle verticale**

2 bras 20 degrés



3 bras 10 degrés



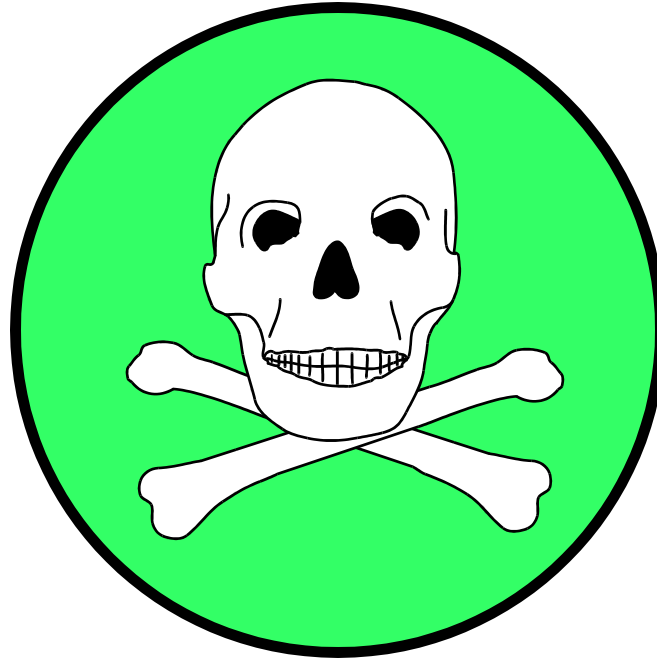


4 bras 10 degrés



**La sociologie
galactique**

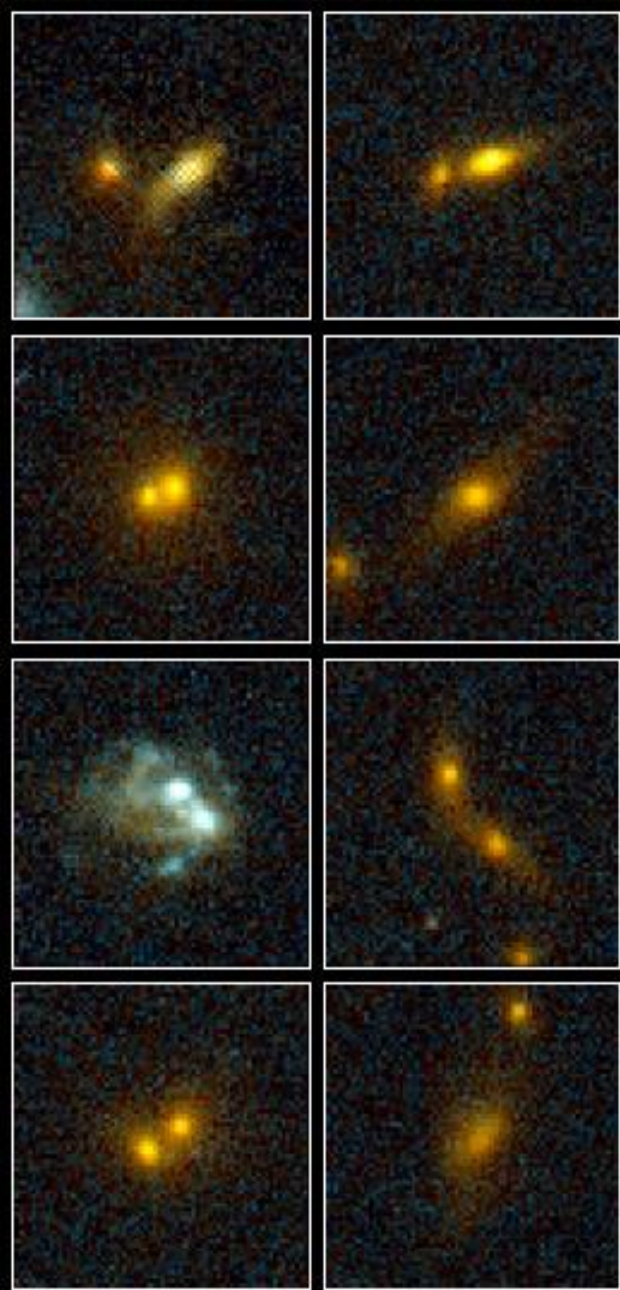
**Les galaxies sont cannibales ...
... malgré elles !**



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

Les galaxies se marient !



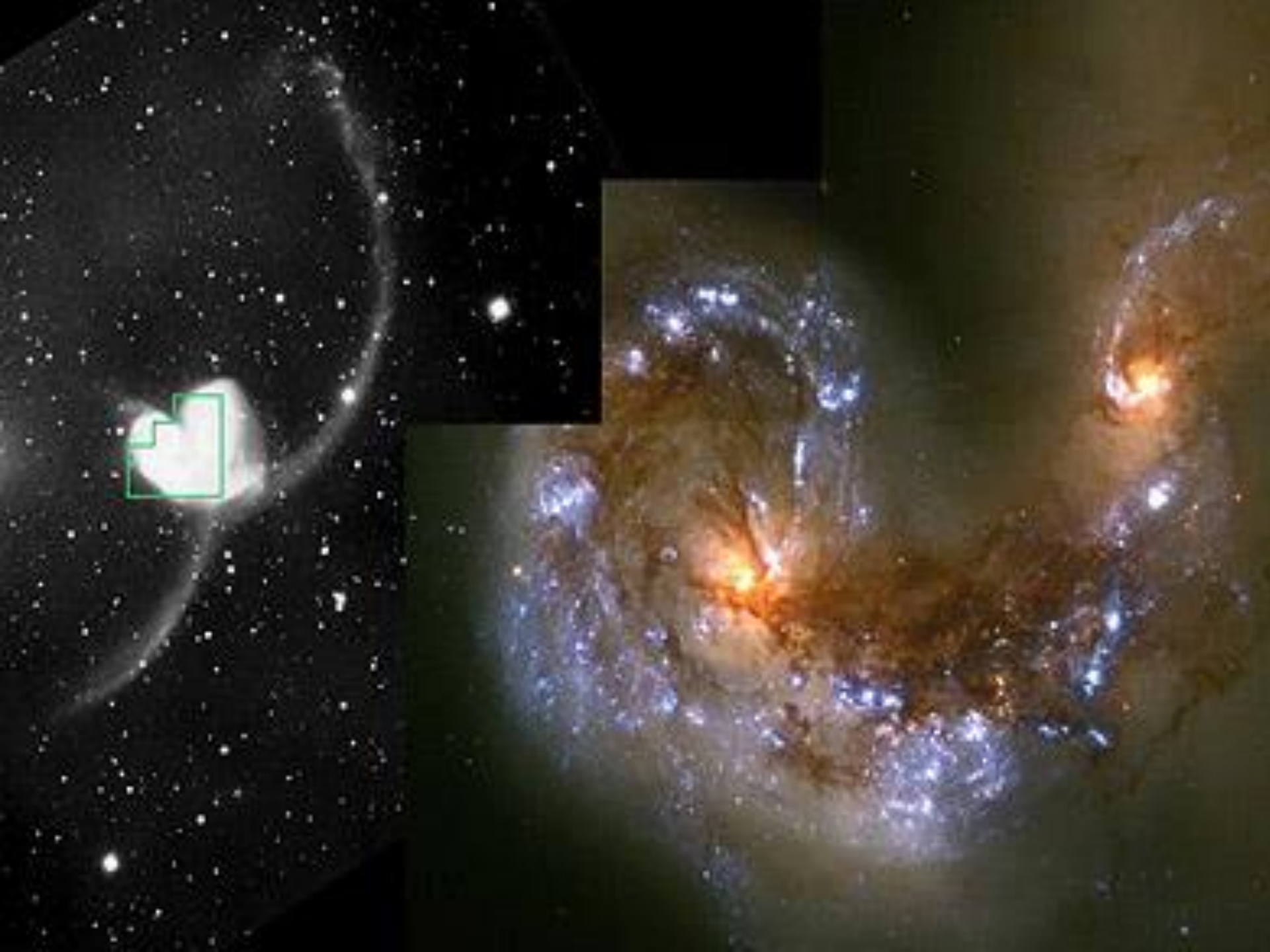


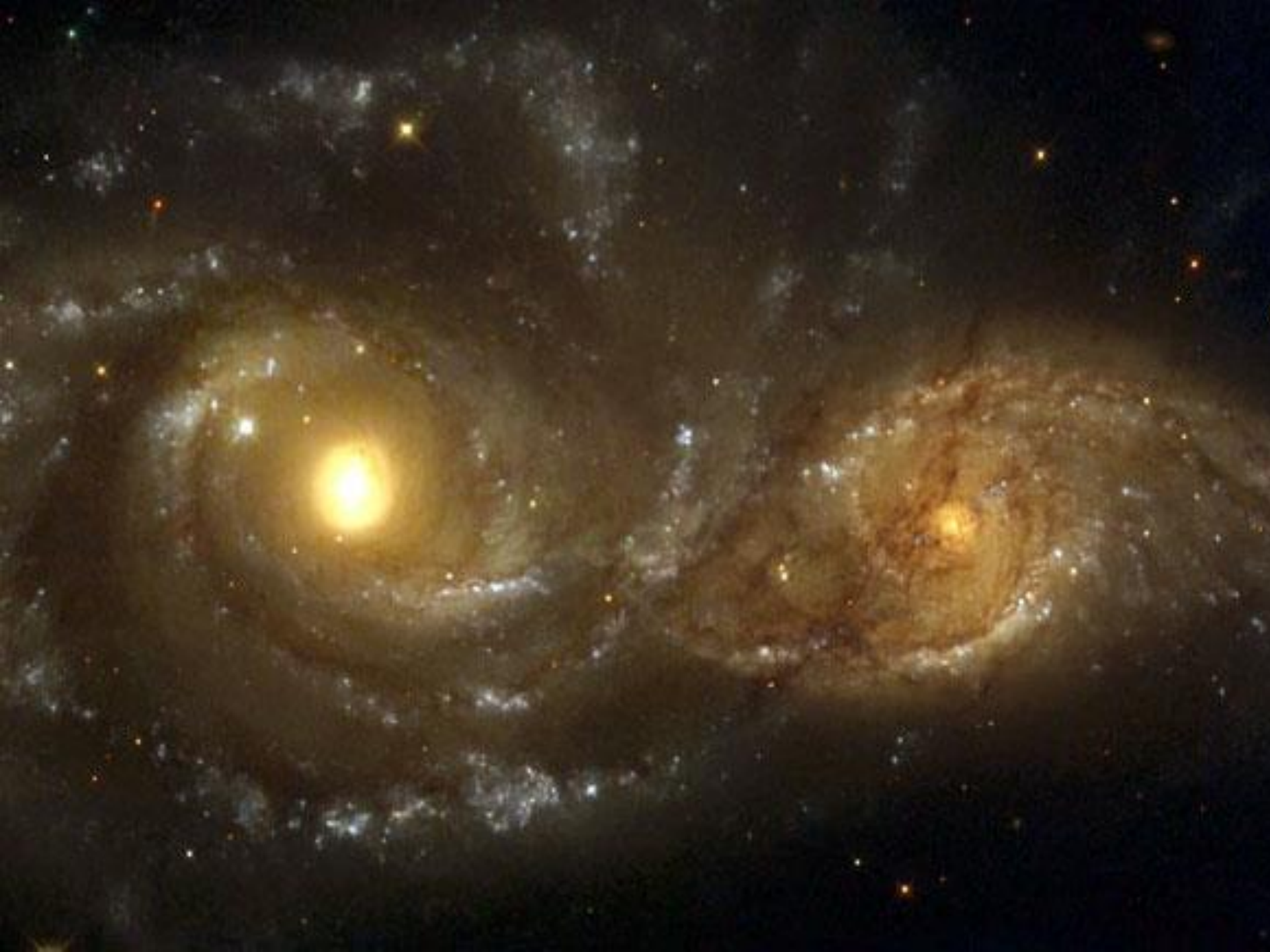
Galaxy Cluster MS1054-03

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