



Infiniment petit et
infiniment grand,
les liaisons dangereuses

S. Basa

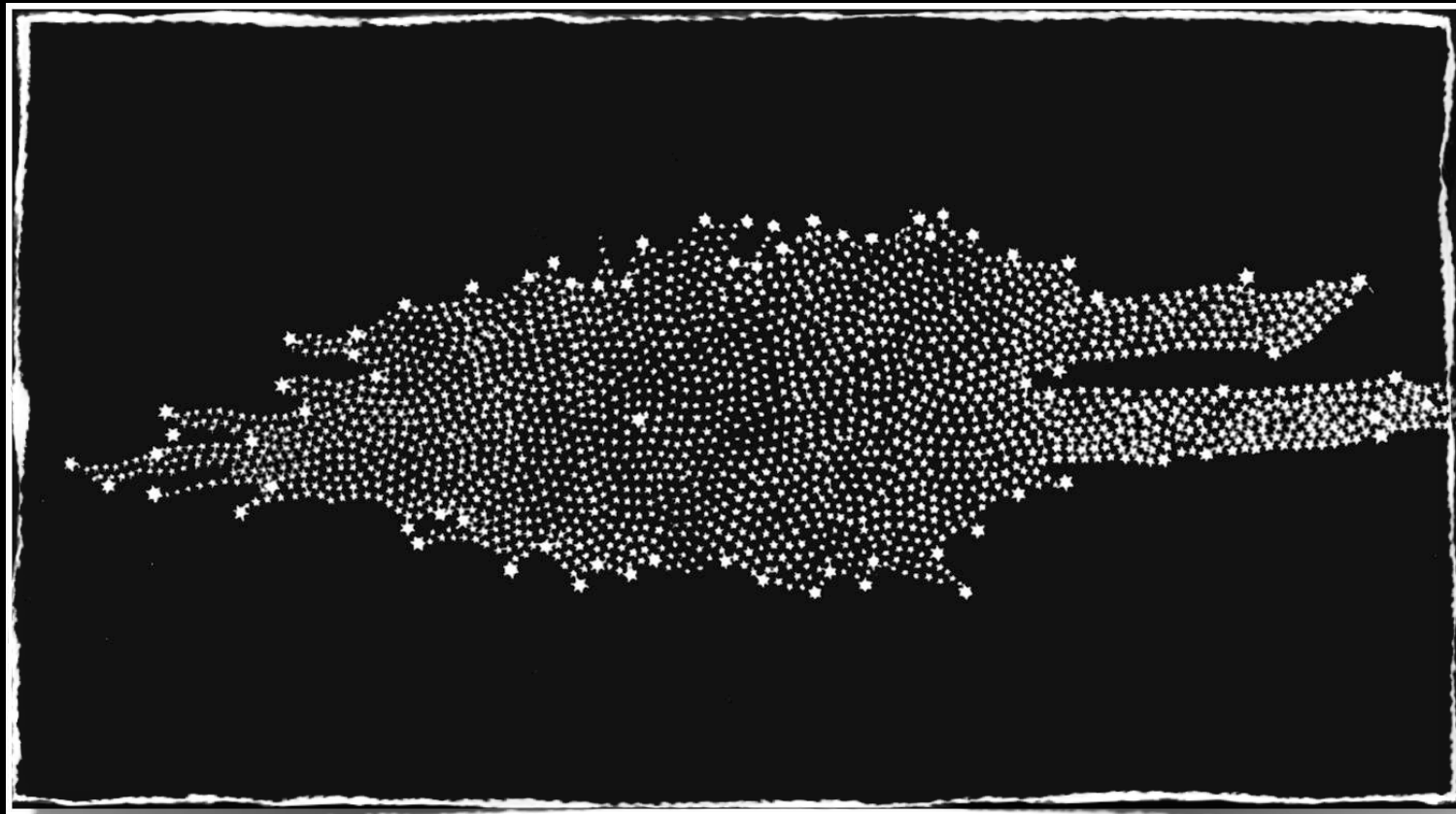
Laboratoire d'Astrophysique de Marseille
Observatoire des Sciences de l'Univers - Institut Pytheas





La cosmologie, une jeune science!

L'univers en 1923



Edwin Hubble

1889-1953



1923: Edwin Hubble va définitivement sortir les
nébuleuses de la Voie Lactée.

1922-1923: E. Hubble découvre dans M31 une Céphéide de 30 jours de période, 7000 fois plus brillante que le Soleil

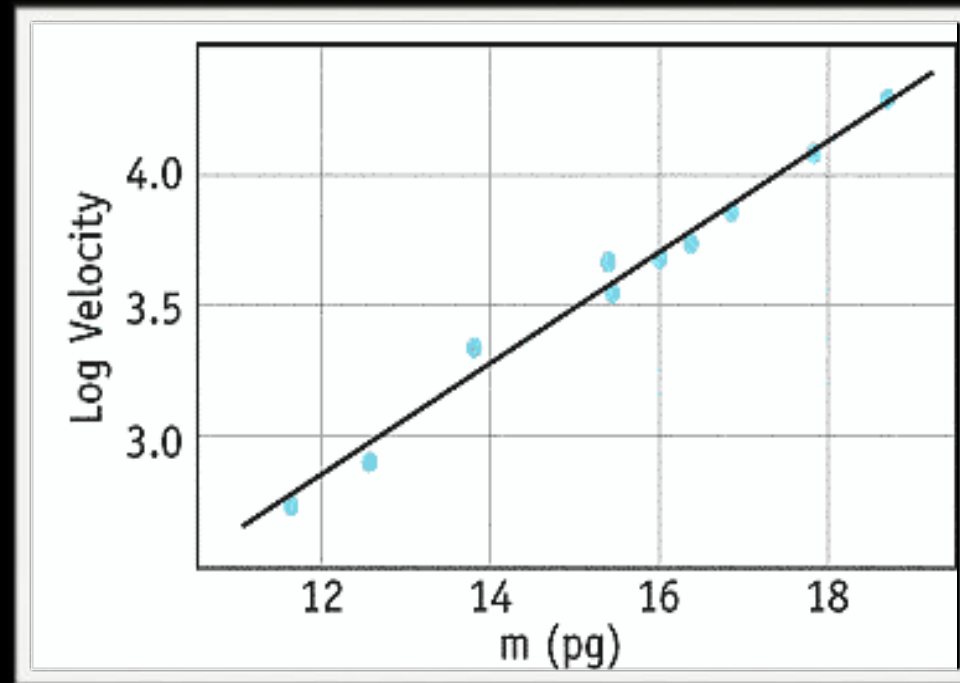


Hypothèse: les Céphéides de M31 sont identiques à celles observées dans la Galaxie.



Conclusion: M31 est à 900 000 années lumière !

La fuite généralisée des galaxies : la Loi de HUBBLE



La naissance de la Cosmologie Moderne!

Les bases de la Cosmologie

Le premier principe énonce qu'il y a un sens à envisager une cosmologie scientifique, à parler d'un Univers qui ne se réduit pas à la simple accumulation des objets existants, et que **cet Univers est intelligible.**

On postule que les lois physiques sont partout les mêmes:

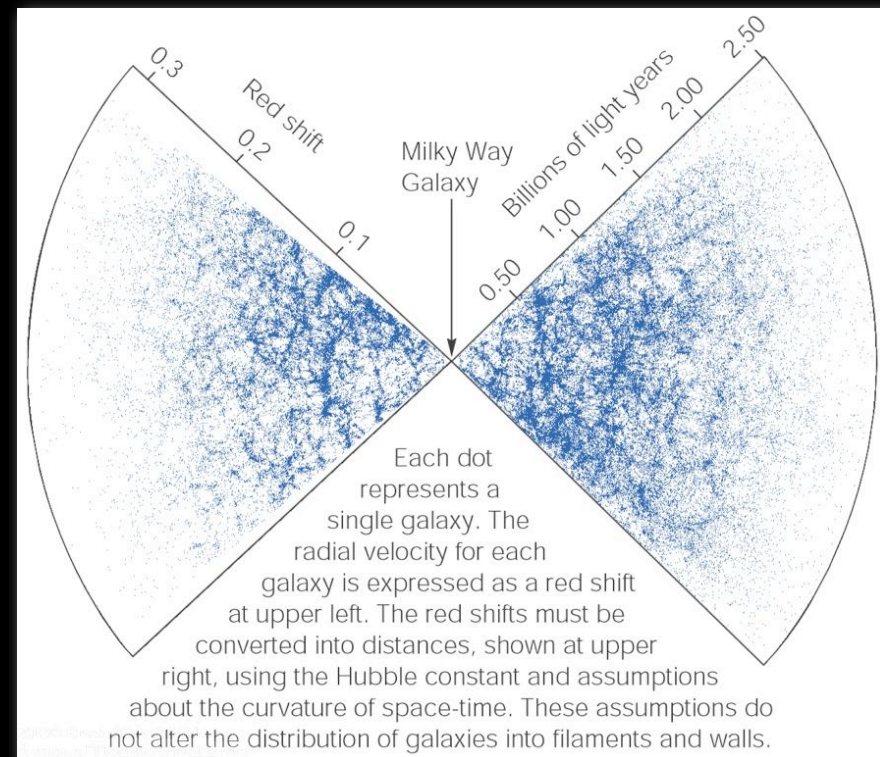
les lois de la gravitation, de l'électromagnétisme, de la physique quantique, ... sont identiques en tout point de l'Univers.

Le Principe Cosmologique

L'Univers présente le même aspect en chacun de ses points, c'est-à-dire qu'il est homogène et isotrope.

Cette homogénéité s'énonce sous la forme du

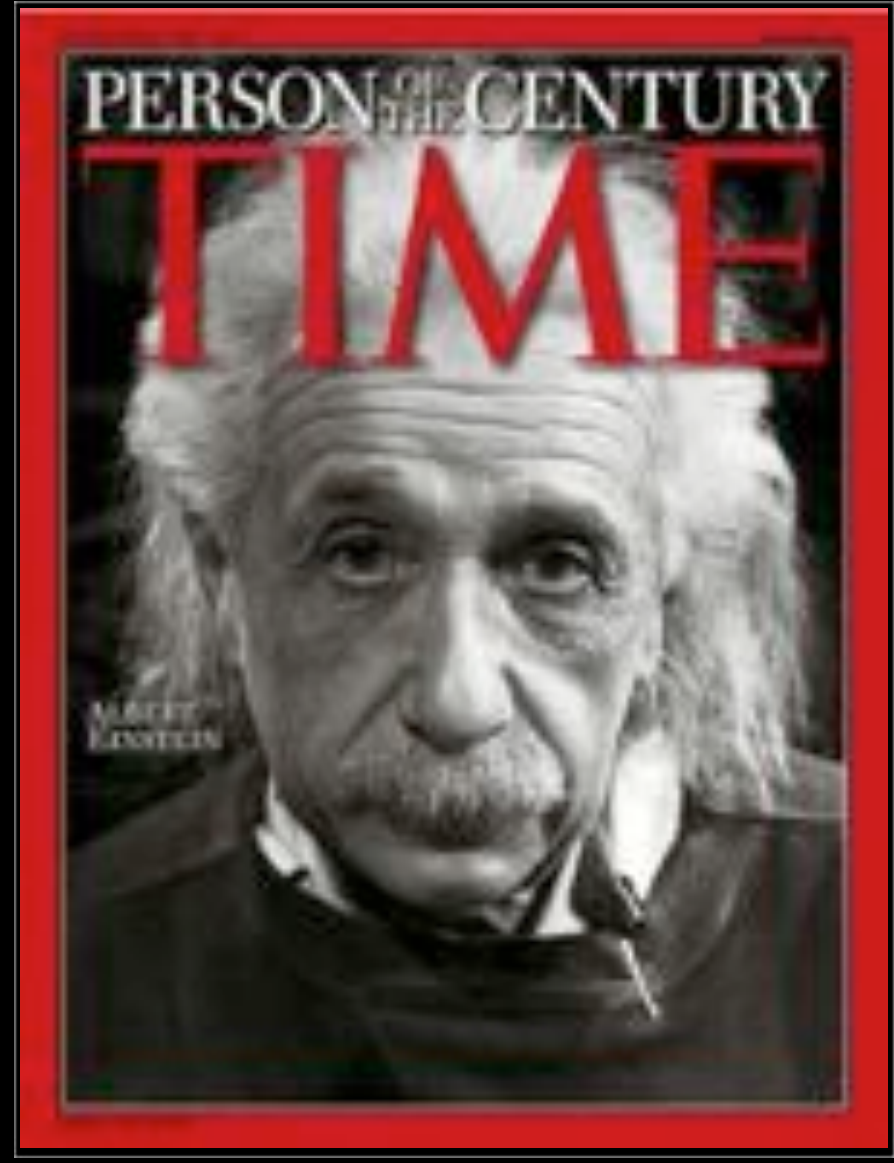
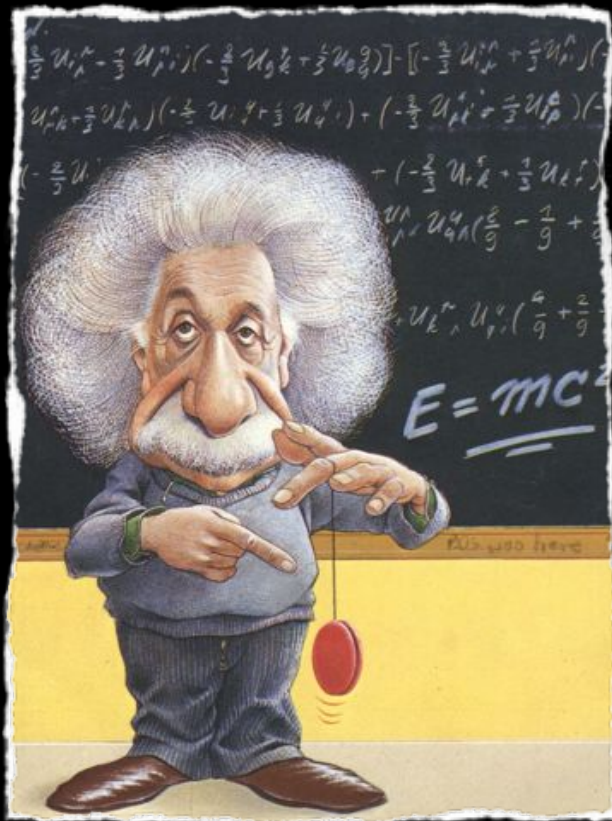
Principe Cosmologique.



Le cadre mathématique

La Relativité Générale de
Monsieur A. Einstein.

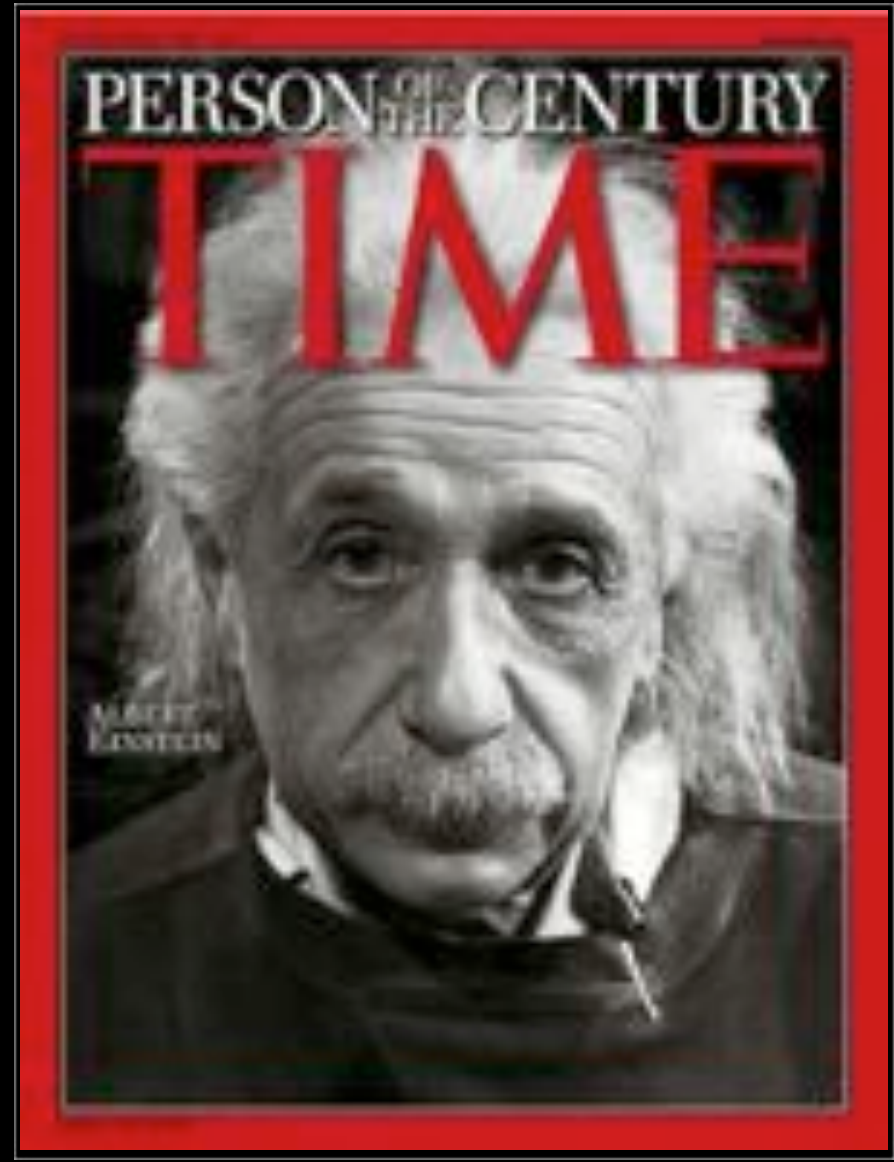
$$G_{\mu\nu} = (8 \pi G / c^4) T_{\mu\nu}$$



Le cadre mathématique

La Relativité Générale de
Monsieur A. Einstein.

$$G_{\mu\nu} = (8 \pi G / c^4) T_{\mu\nu}$$



Les pères du Modèle Cosmologique



A. Friedmann

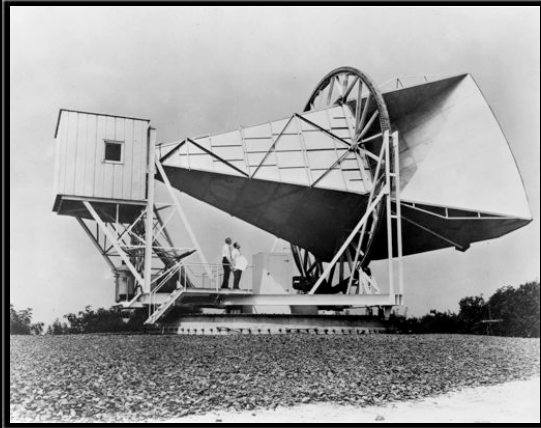


G. Gamow



G. Lemaitre

A Schematic Outline of the Cosmic History



Time since the Big Bang (years)

~ 300 thousand

~ 500 million

~ 1 billion

~ 9 billion

~ 13 billion



← The Big Bang

The Universe filled with ionized gas

← The Universe becomes neutral and opaque

The Dark Ages start

Galaxies and Quasars begin to form
The Reionization starts

The Cosmic Renaissance
The Dark Ages end

← Reionization complete, the Universe becomes transparent again

Galaxies evolve

The Solar System forms

Today: Astronomers figure it all out!



L'Univers en équation

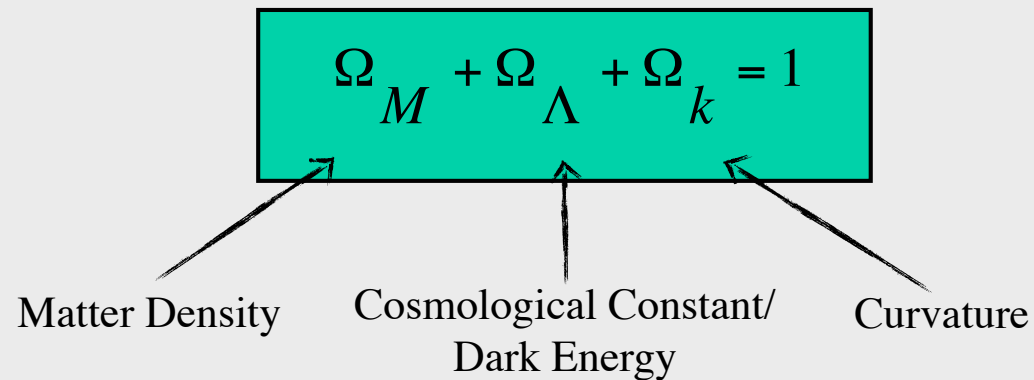
Observation: *The Universe is expanding*

Principles: *Homogeneous, isotropic*

Theory: *General Relativity*

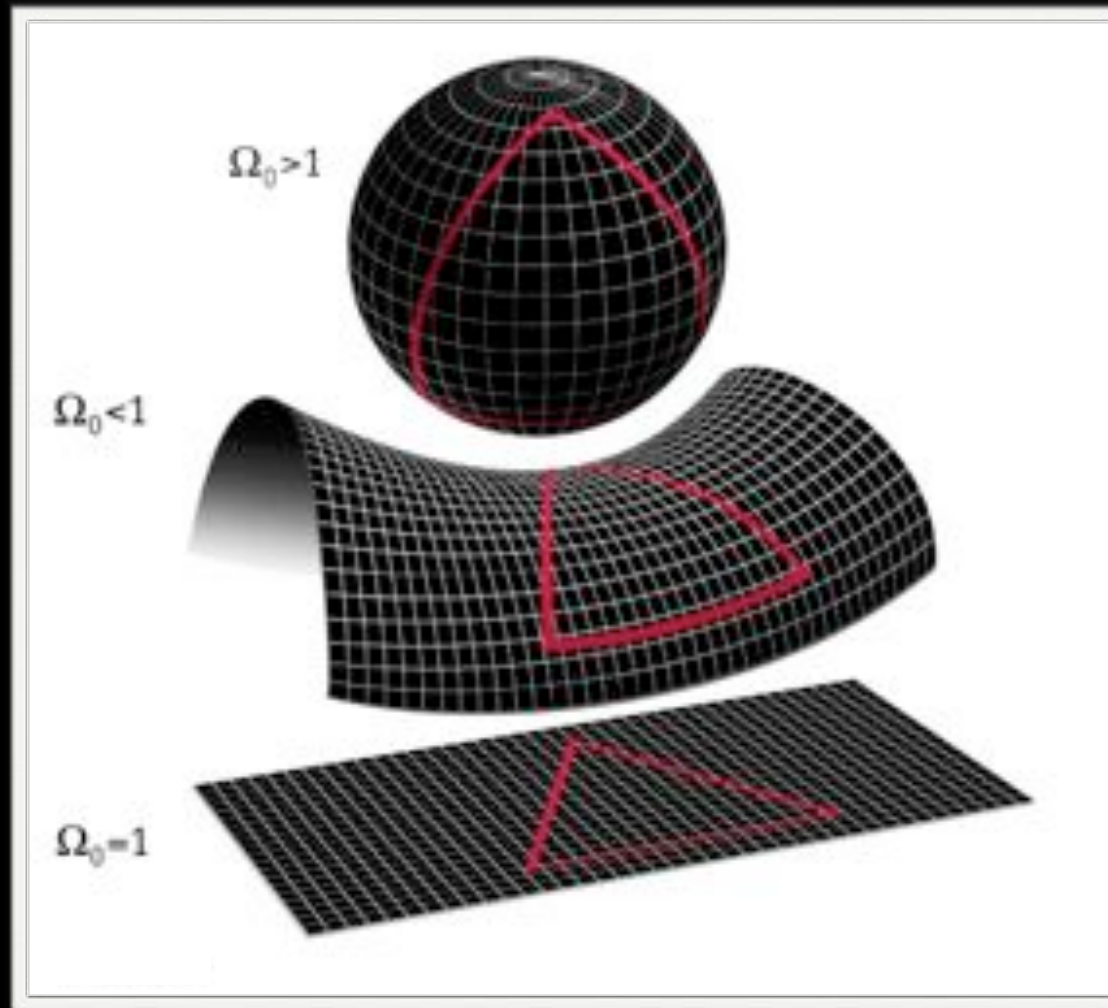
Friedman Equation, which governs expansion:

$$H^2 \equiv \left(\frac{\dot{a}}{a} \right)^2 = \frac{8\pi G\rho}{3} - \frac{k}{a^2} + \frac{\Lambda}{3}$$



Dans quel Univers vivons-nous ?

“Peser” l’Univers, pourquoi faire?



La partie émergée de l'iceberg



La partie émergée de l'iceberg



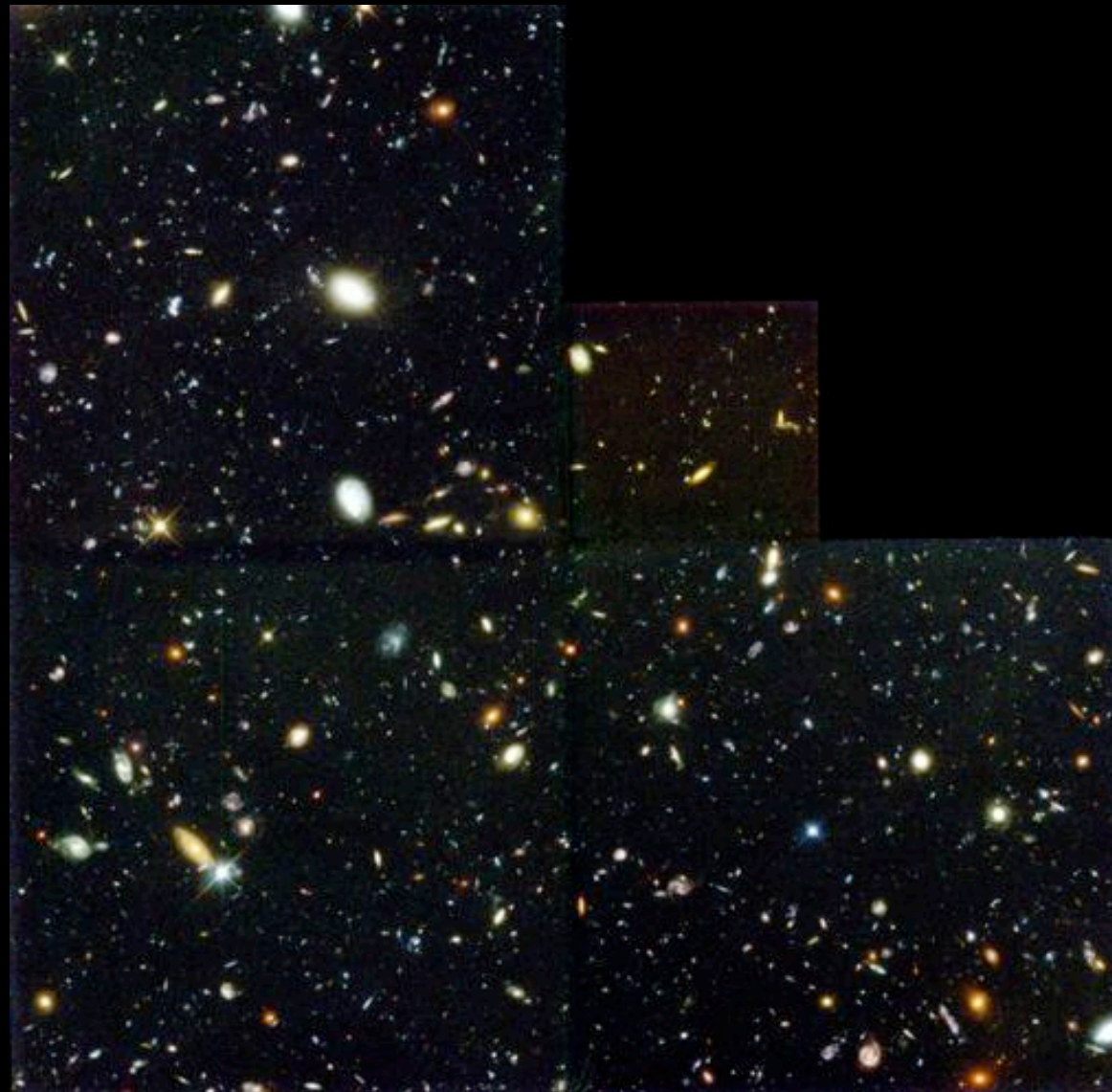
Giant Interacting Galaxies NGC 6872 / IC 4970
(VLT ANTU + FORS1)

ESO PR Photo 20b/99 (30 April 1999)

© European Southern Observatory



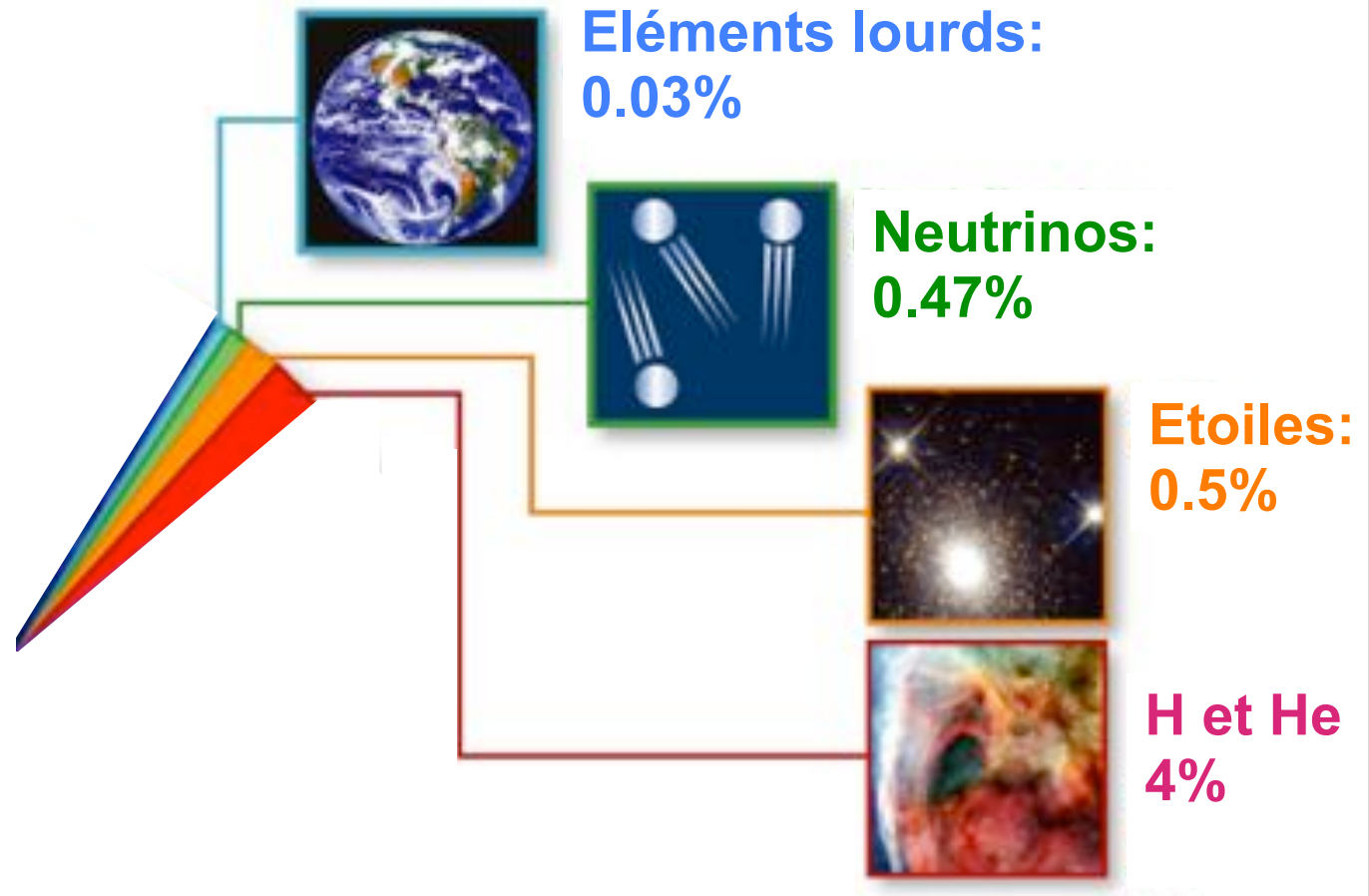
La partie émergée de l'iceberg



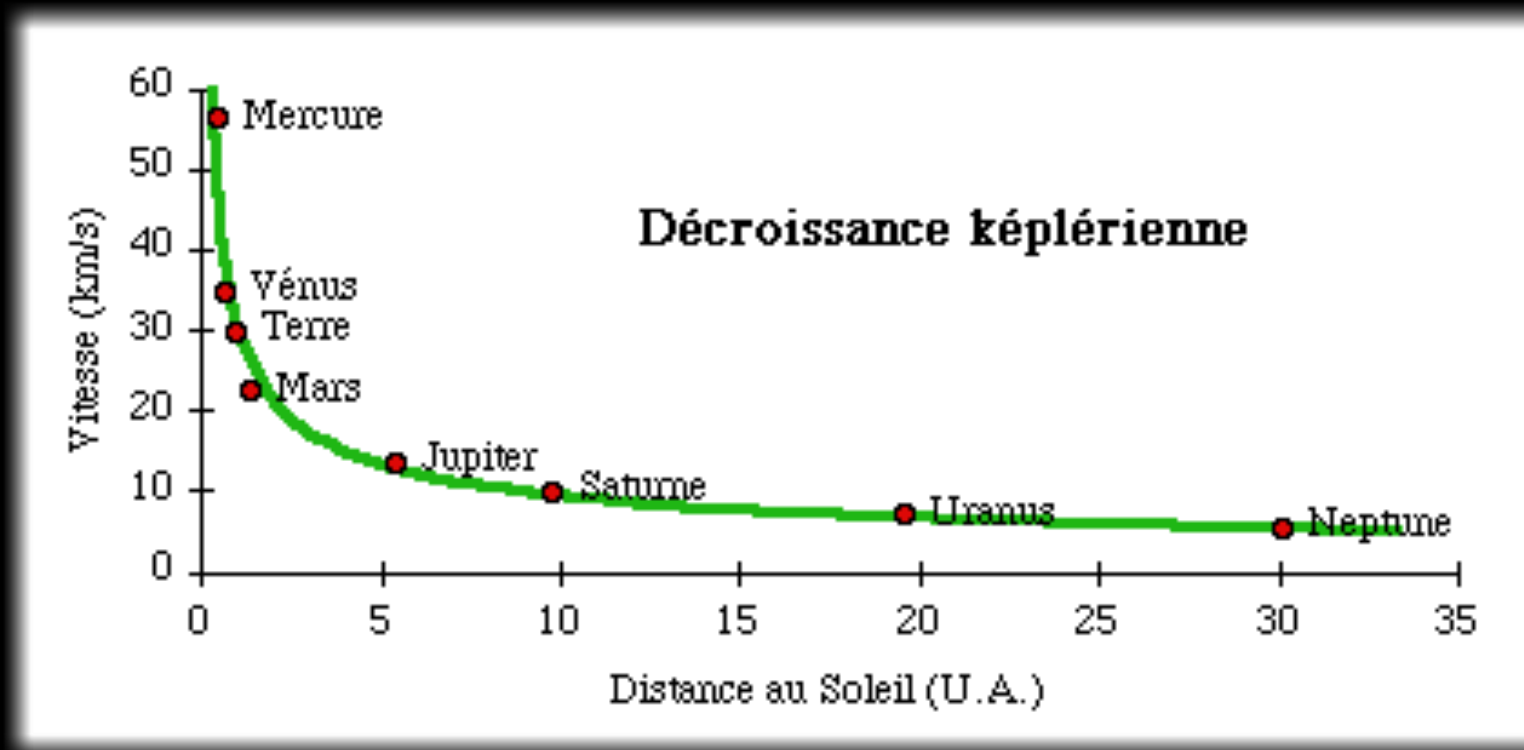
Hubble Deep Field

ST ScI, OPD, January 13, 1996. © Williams and the HDF Team (ST ScI) and NASA.

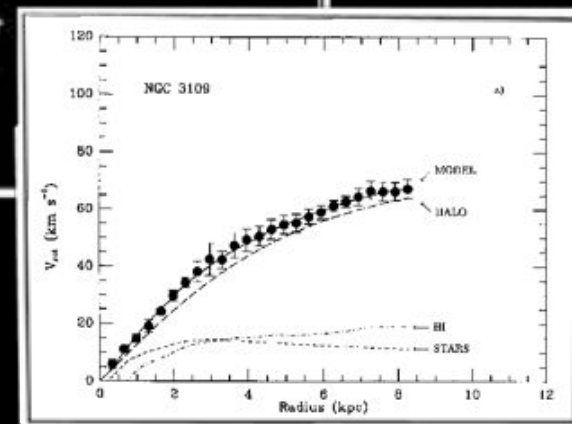
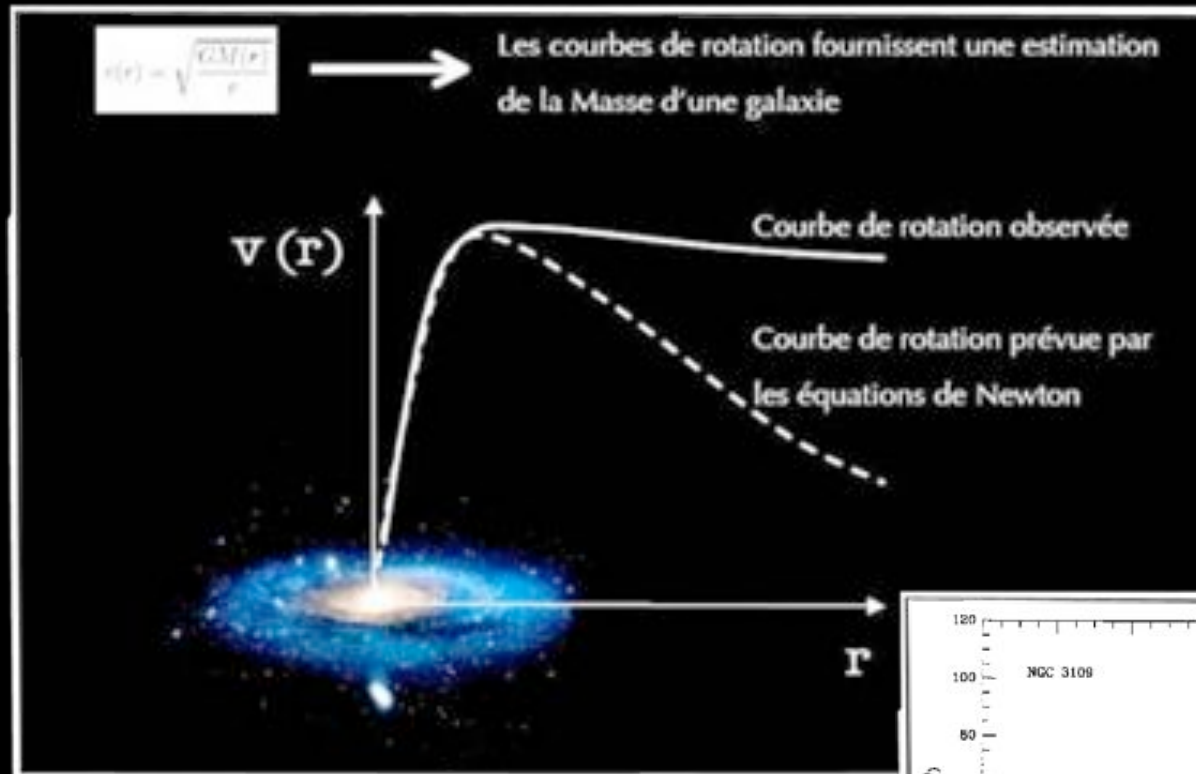
HST WFPC2



La courbe de rotation des galaxies

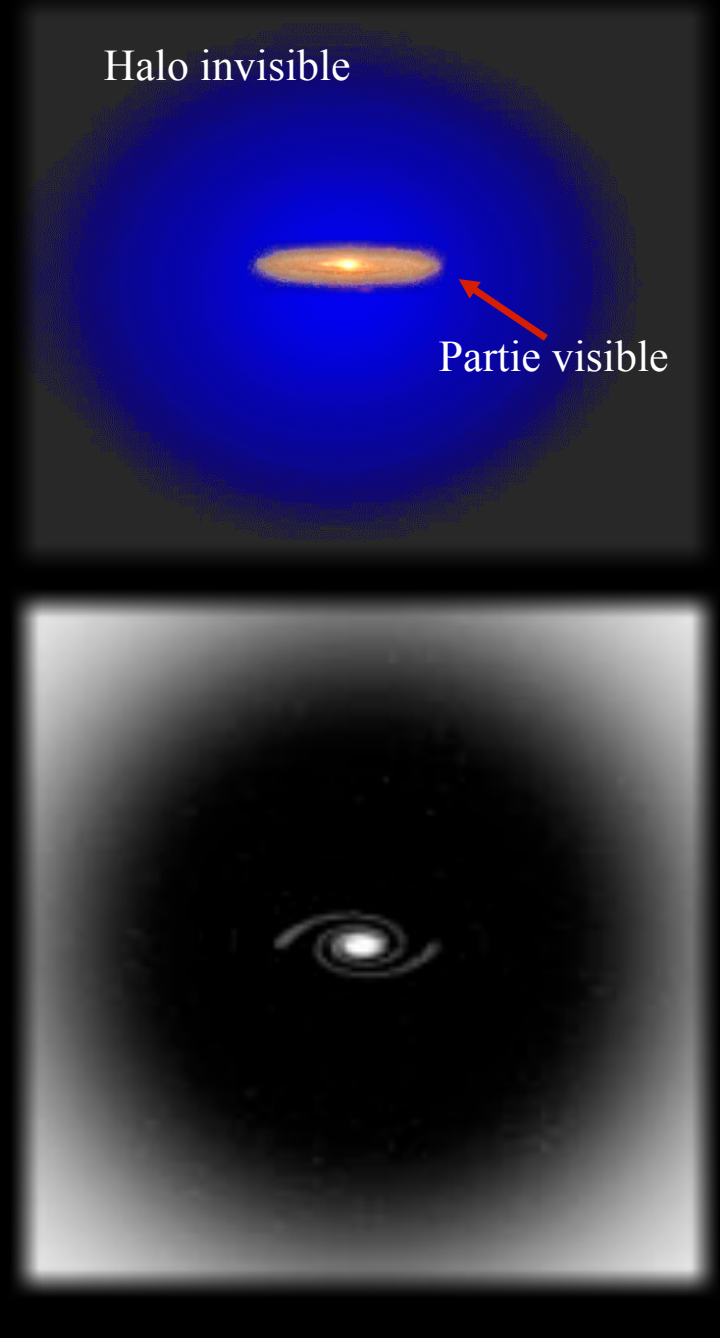


La courbe de rotation des galaxies

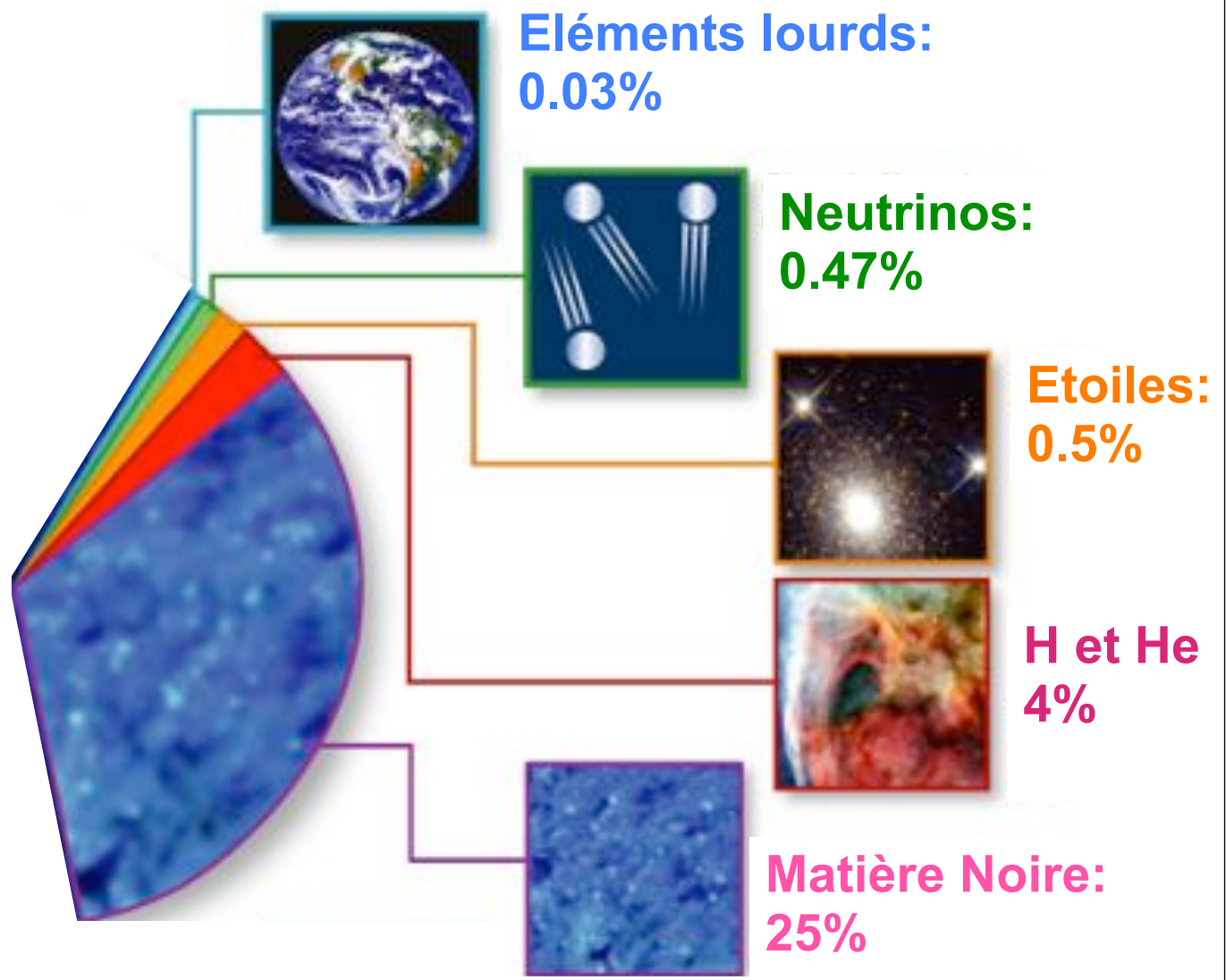


Place à la Matière Noire

- Un halo de matière invisible autour de chaque galaxie spirale.
- Fraction dominante de la masse de la galaxie.



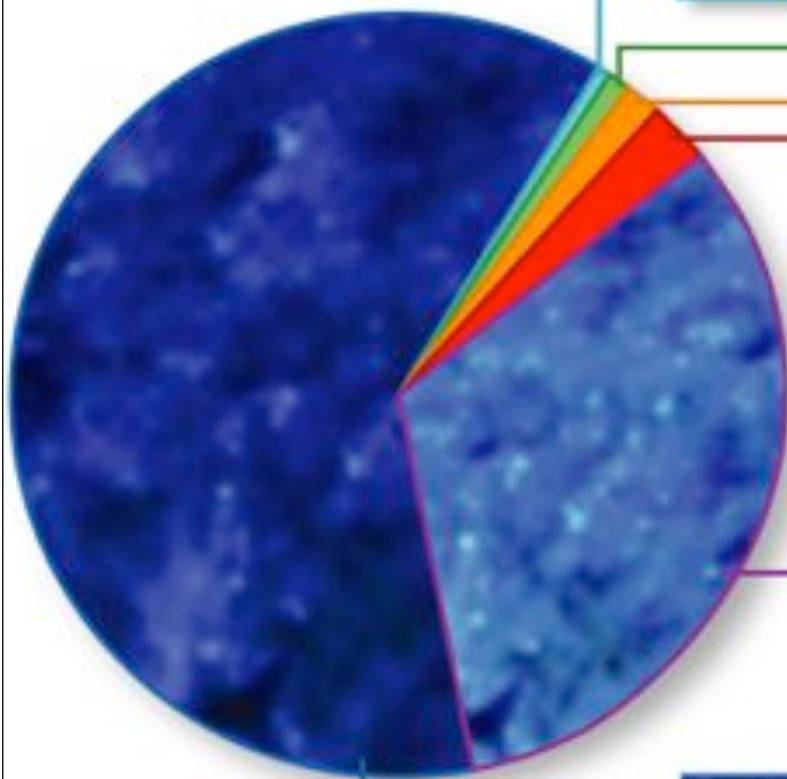








**> 95%
INCONNU**



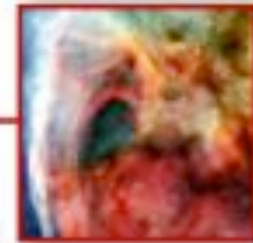
**Éléments lourds:
0.03%**



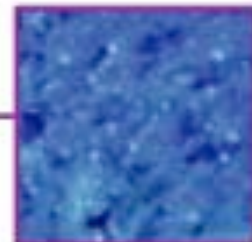
**Neutrinos:
0.47%**



**Etoiles:
0.5%**



**H et He
4%**



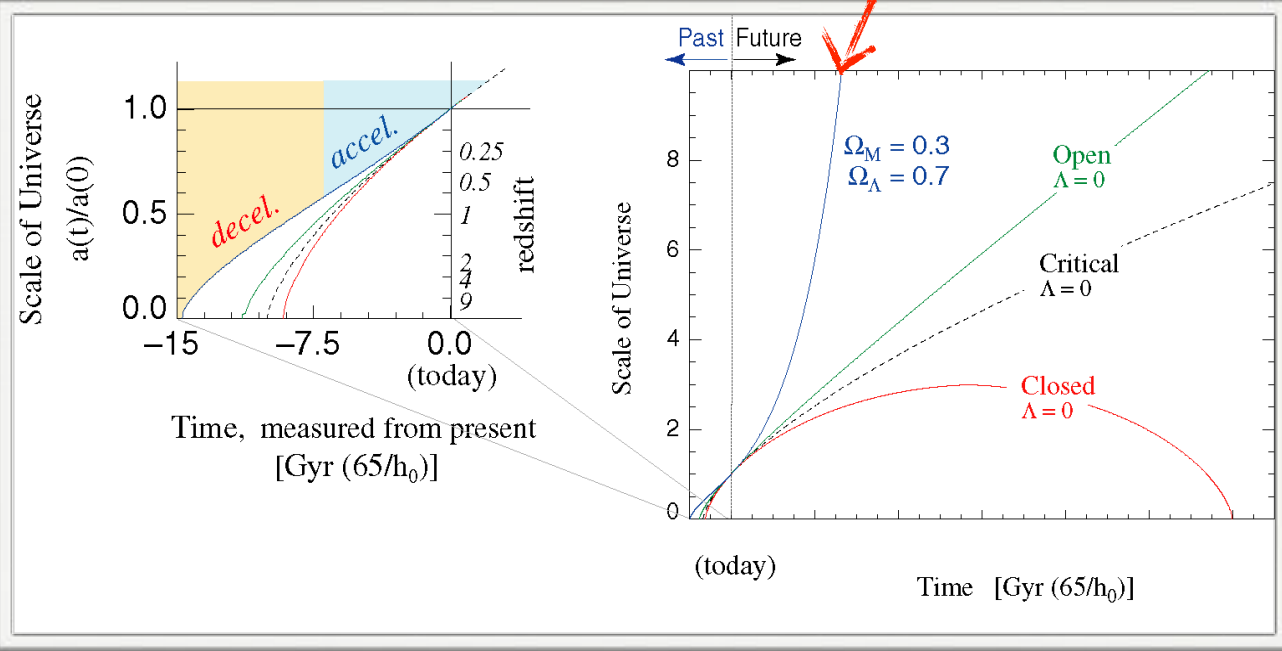
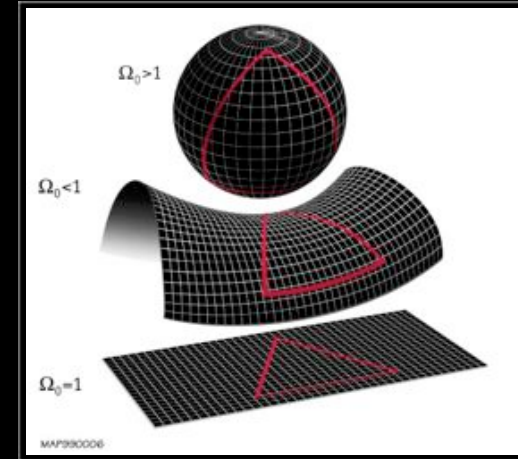
**Matière Noire:
25%**



**Energie Noire:
70%**

Un Univers en expansion accélérée...

Notre Univers



Le problème de l'énergie noire et de l'énergie du vide

Why so small?

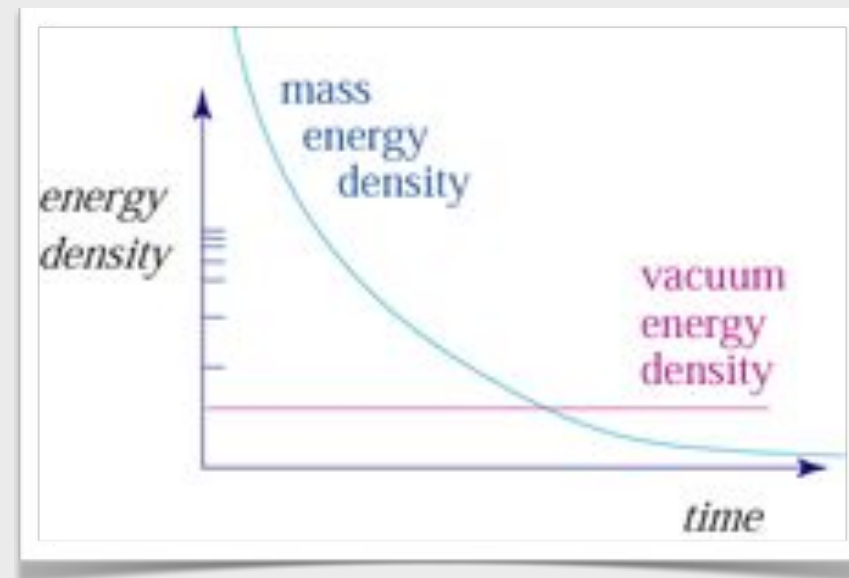
Expectation: $\rho_{\Lambda} \sim \frac{M_P c^2}{l_P^3}$

= 122 orders of magnitudes larger than the observed value!

Why now?

Matter: $\rho \sim R^{-3}$

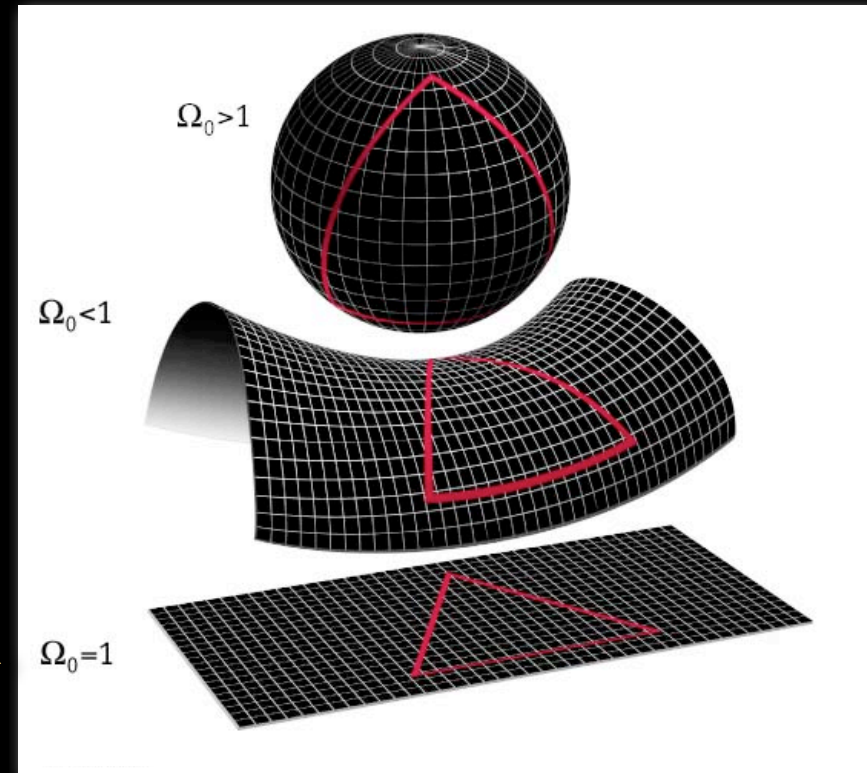
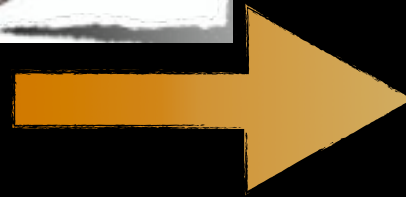
Vacuum Energy: $\rho = \text{constant}$



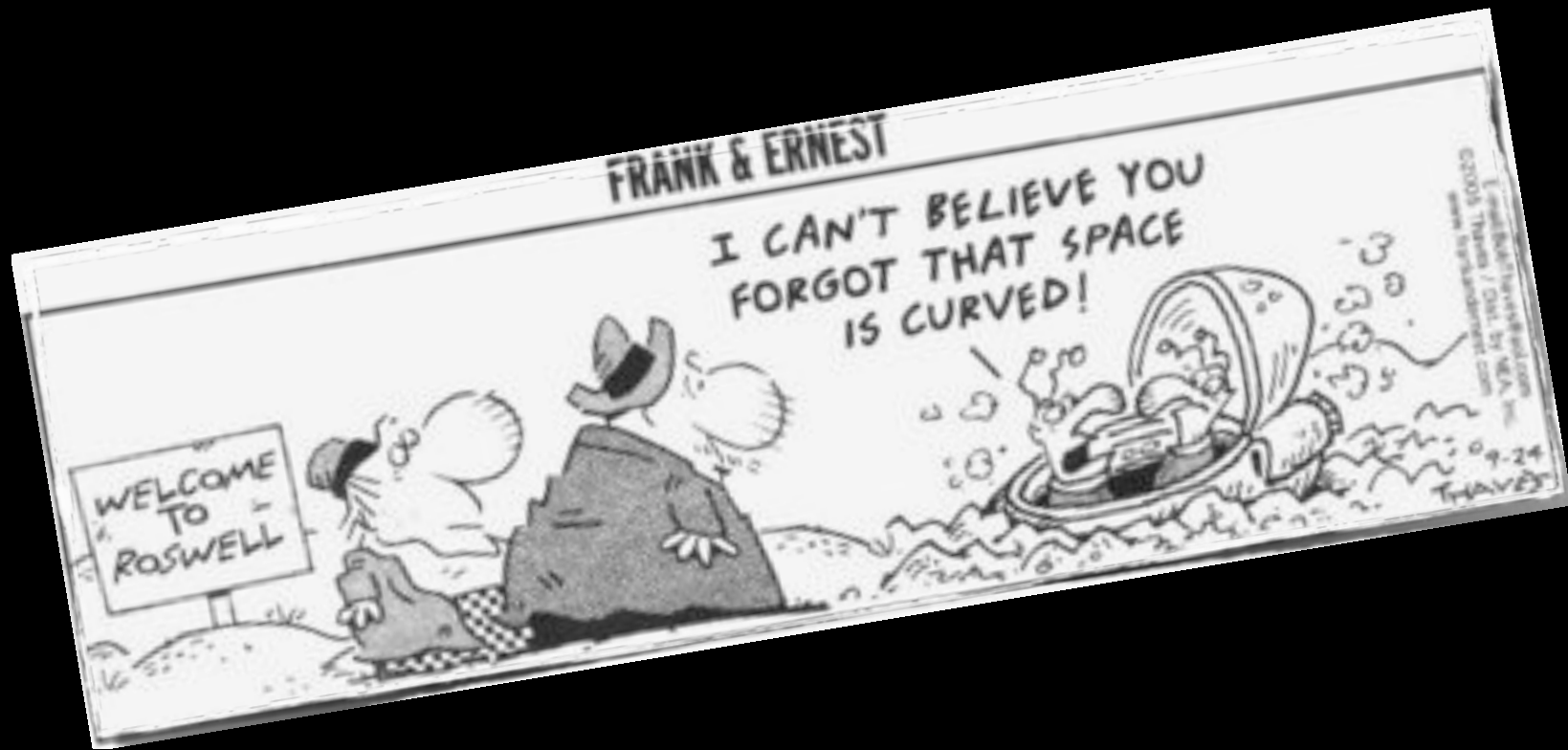


L'avenir du futur ...

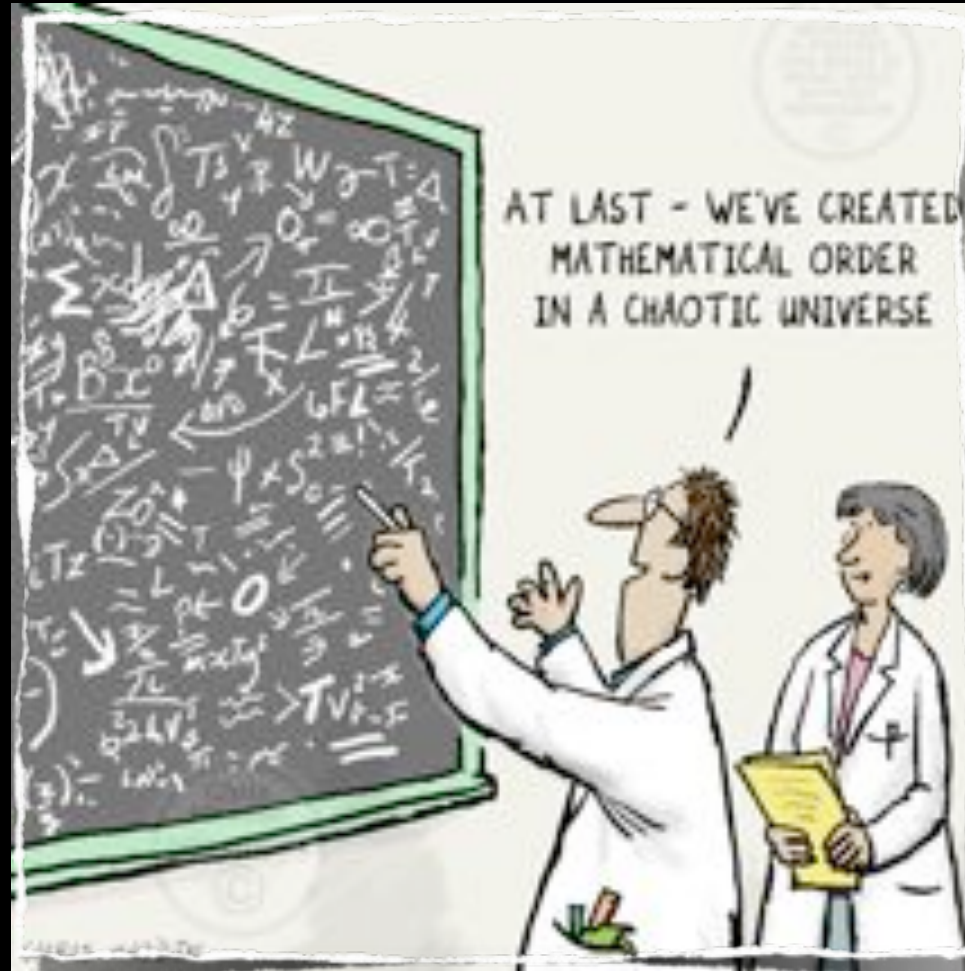
Mais attention aux interprétations trop hâtives !!!



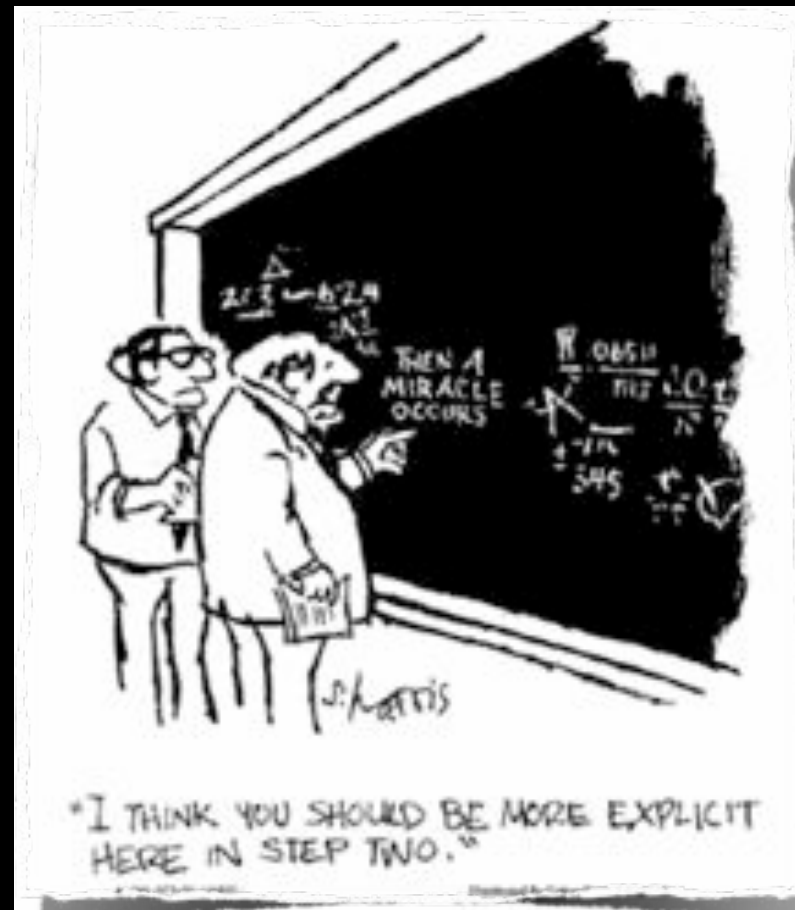
Mais attention aux interprétations
trop hâtives !!!



Savoir rester modeste!



Savoir rester modeste!



Savoir rester modeste!



Savoir rester modeste!



