

LE COTE OBSCUR DE L'UNIVERS !

"Cette obscure
clarté qui tombe
des étoiles..."

Corneille

A. MAZURE

LAM

MARSEILLE 1

LA QUETE DE LA MATIERE NOIRE

ET

DE L'ENERGIE NOIRE

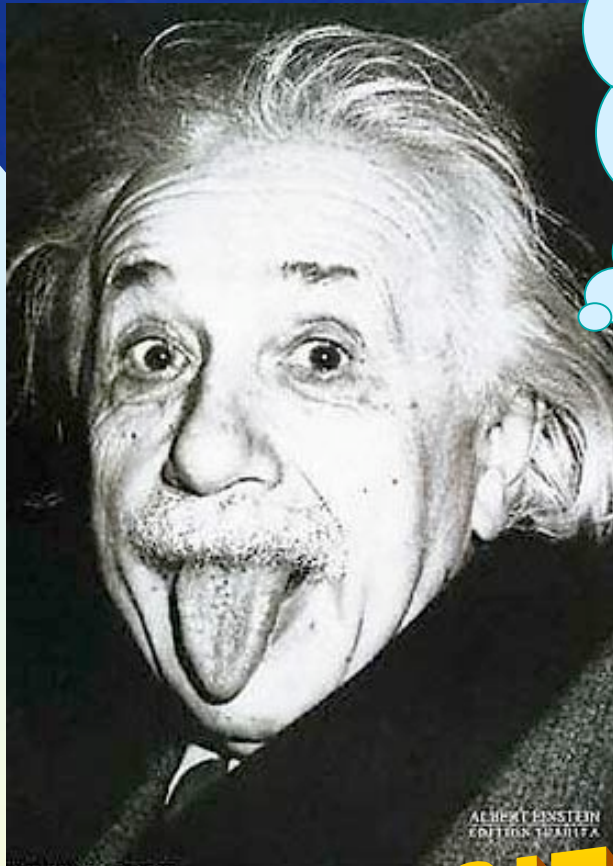
DANS L'UNIVERS

11/05/05

TRICENTENAIRE



**"PESER" LES OBJETS DE L'UNIVERS
VOIRE L'UNIVERS LUI MÊME
AVEC EINSTEIN ...**



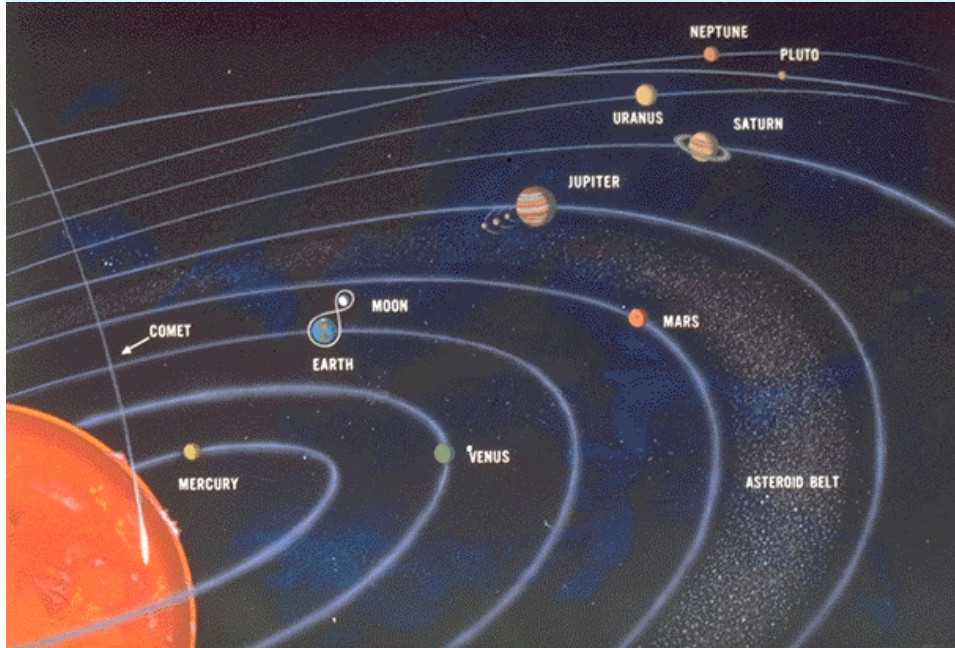
MASSE ET ENERGIE EQUIVALENTES

POUR CETTE QUÊTE PARTONS POUR
UN VOYAGE DANS LE COSMOS

PARTIR BIEN LOIN!



DE LA TERRE



DU SYSTEME SOLAIRE

DE LA VOIE LACTEE



11/05/05

TRIC

EN ROUTE POUR

LE ROYAUME DES NEBULEUSES

11/05/05

TRICENTENAIRE

7

IL EN EXISTE 3 FAMILLES

11/05/05

TRICENTENAIRE

8

LES SPIRALES



Spiral Galaxy Messier 83 (VLT ANTU + FORS1)

ESO PR Photo 41/99 (25 November 1999)

© European Southern Observatory



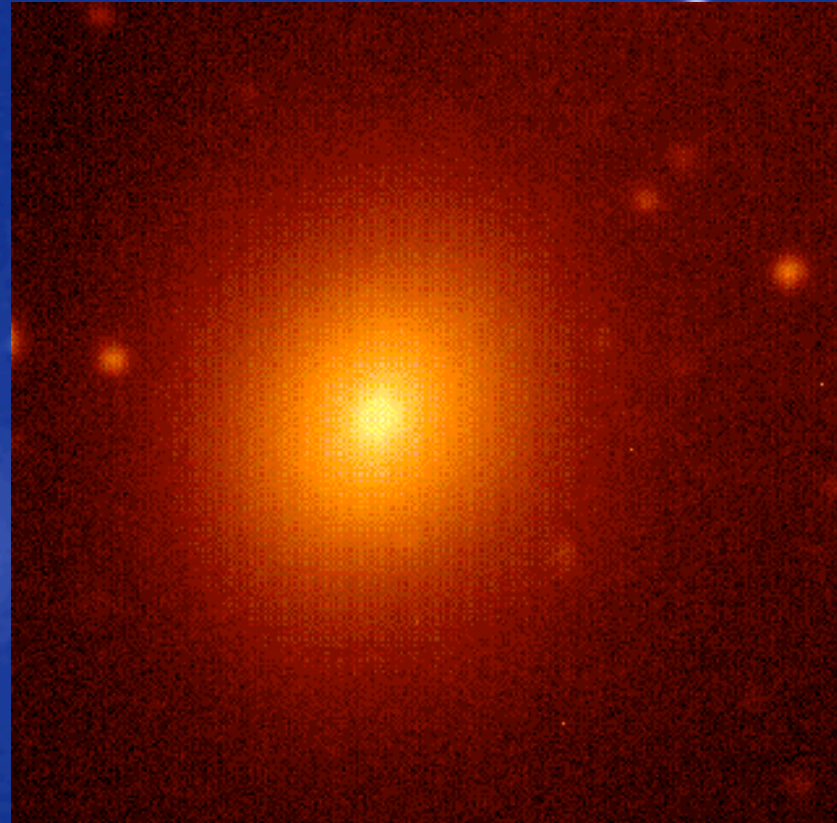
The Sombrero Galaxy M 104
(VLT ANTU + FORS1)

ESO PR Photo 07a/00 (22 February 2000)

© European Southern Observatory

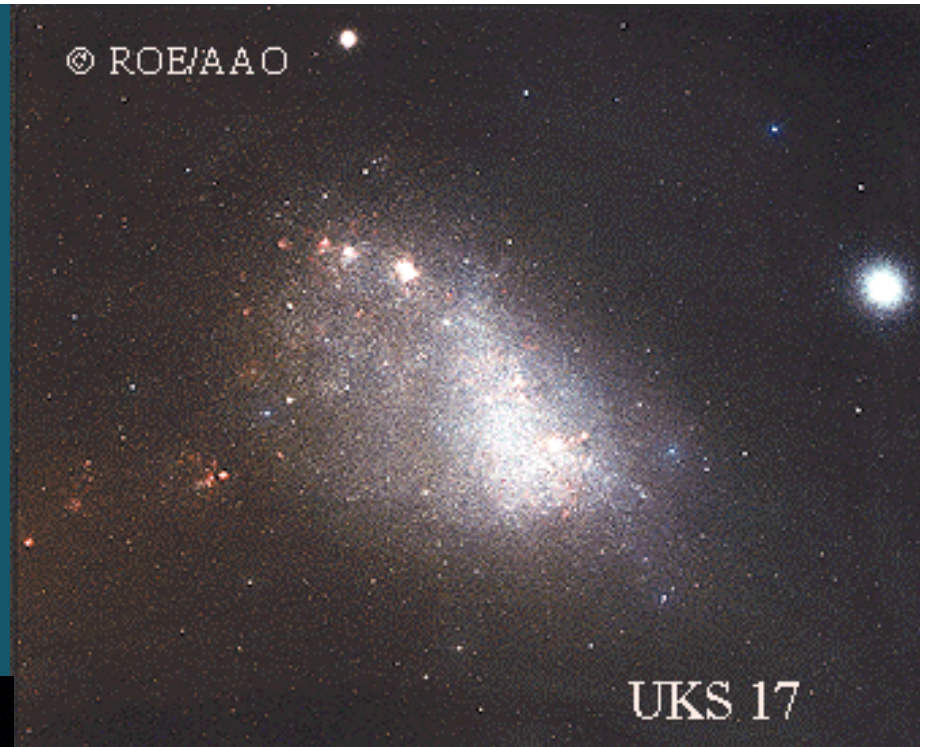


LES ELLIPTIQUES



LES IRREGULIERES

Grand Nuage de Magellan



UKS 17

Petit Nuage de Magellan

LES GALAXIES SPIRALES

TOURNENT!

COMMENT SAIT-ON QUE ELLES TOURNENT ?

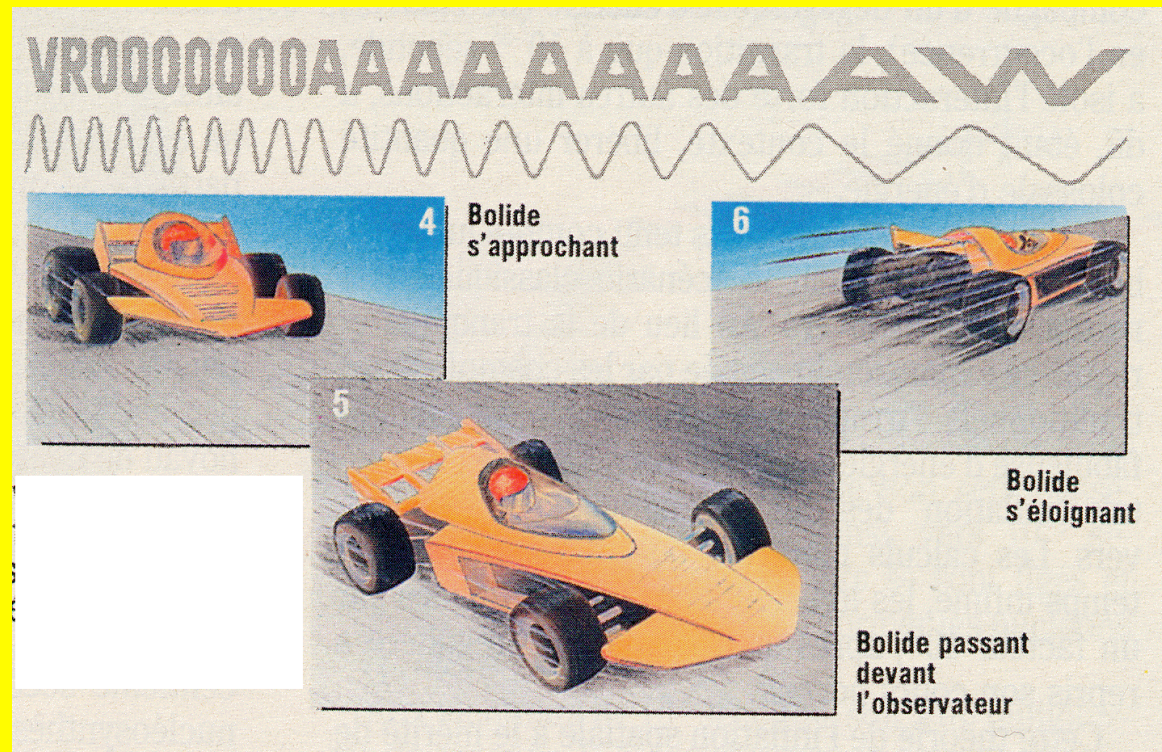
11/05/05

TRICENTENAIRE

13

EFFET DOPPLER

- LA FREQUENCE DU BRUIT DU MOTEUR OU DU KLAXON D'UNE VOITURE VARIE LORS DE SON PASSAGE 



EFFET DOPPLER



MODIFICATION DE LA FREQUENCE DE L'ONDE

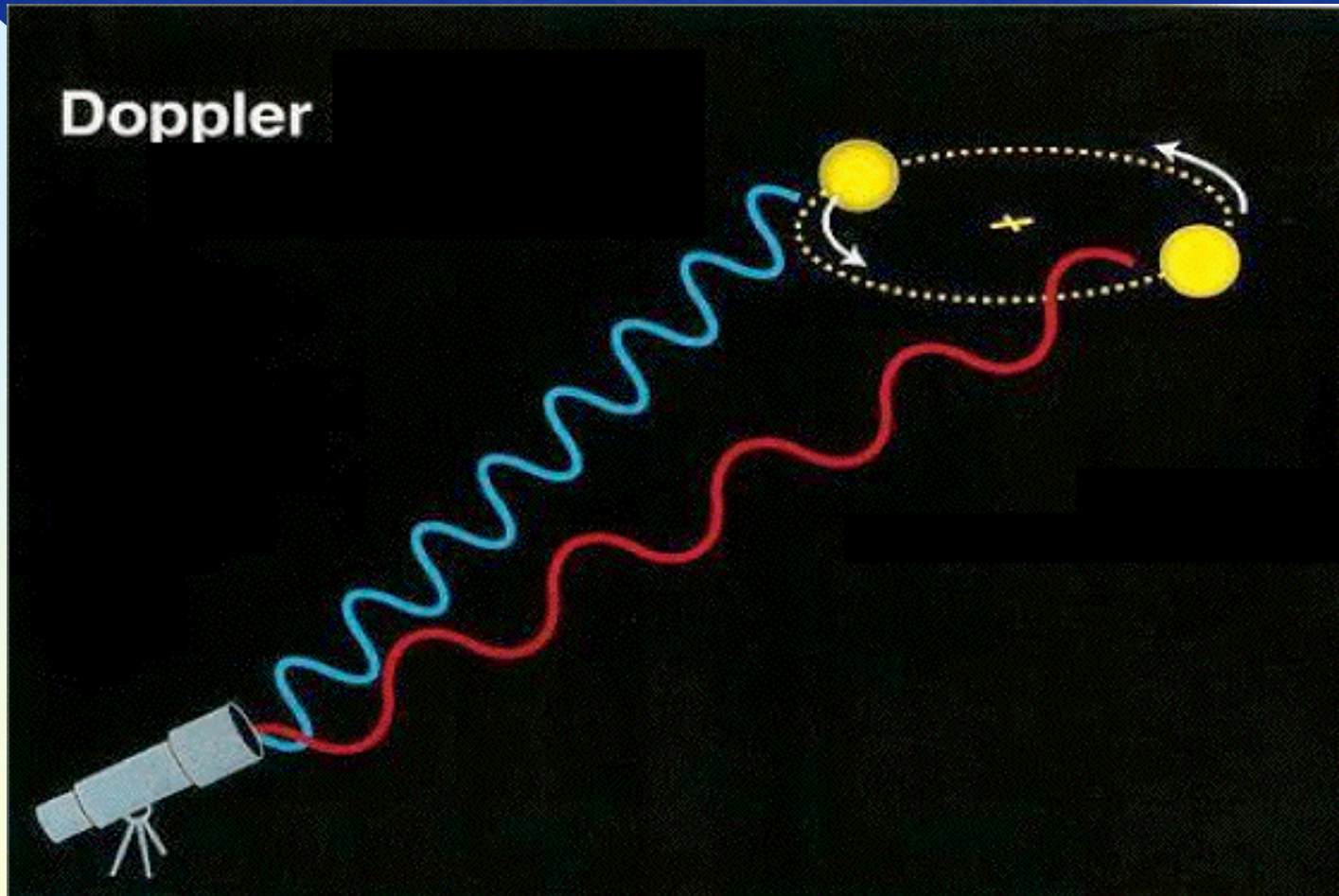
EMISE PAR UN CORPS EN MOUVEMENT

LES GALAXIES ÉMETTENT DE LA "LUMIÈRE"

LA LUMIÈRE EST UNE ONDE !

(ELECTROMAGNETIQUE)

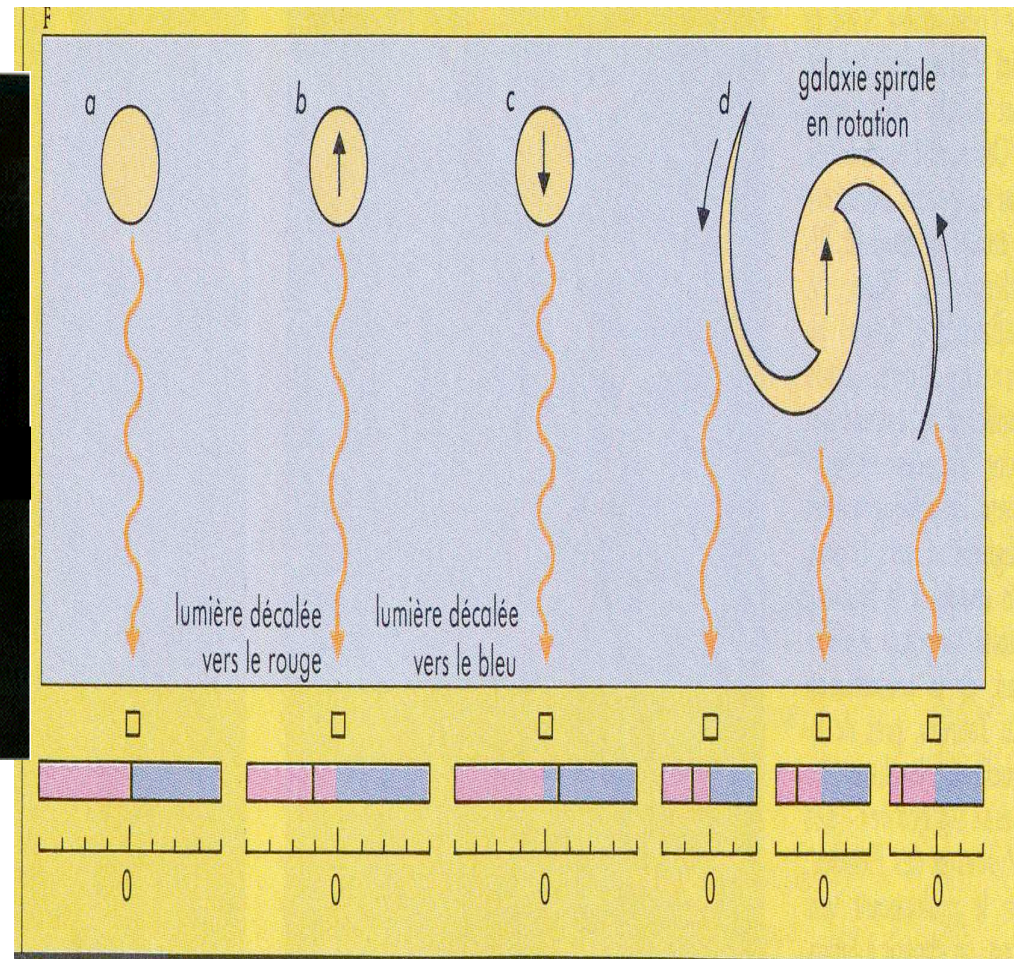
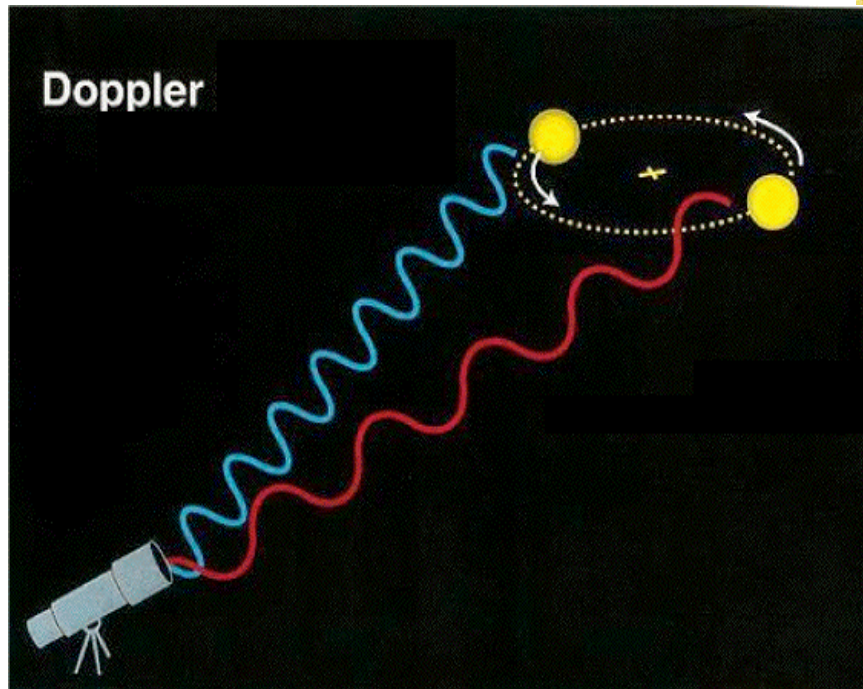
LA VARIATION DE LA FREQUENCE



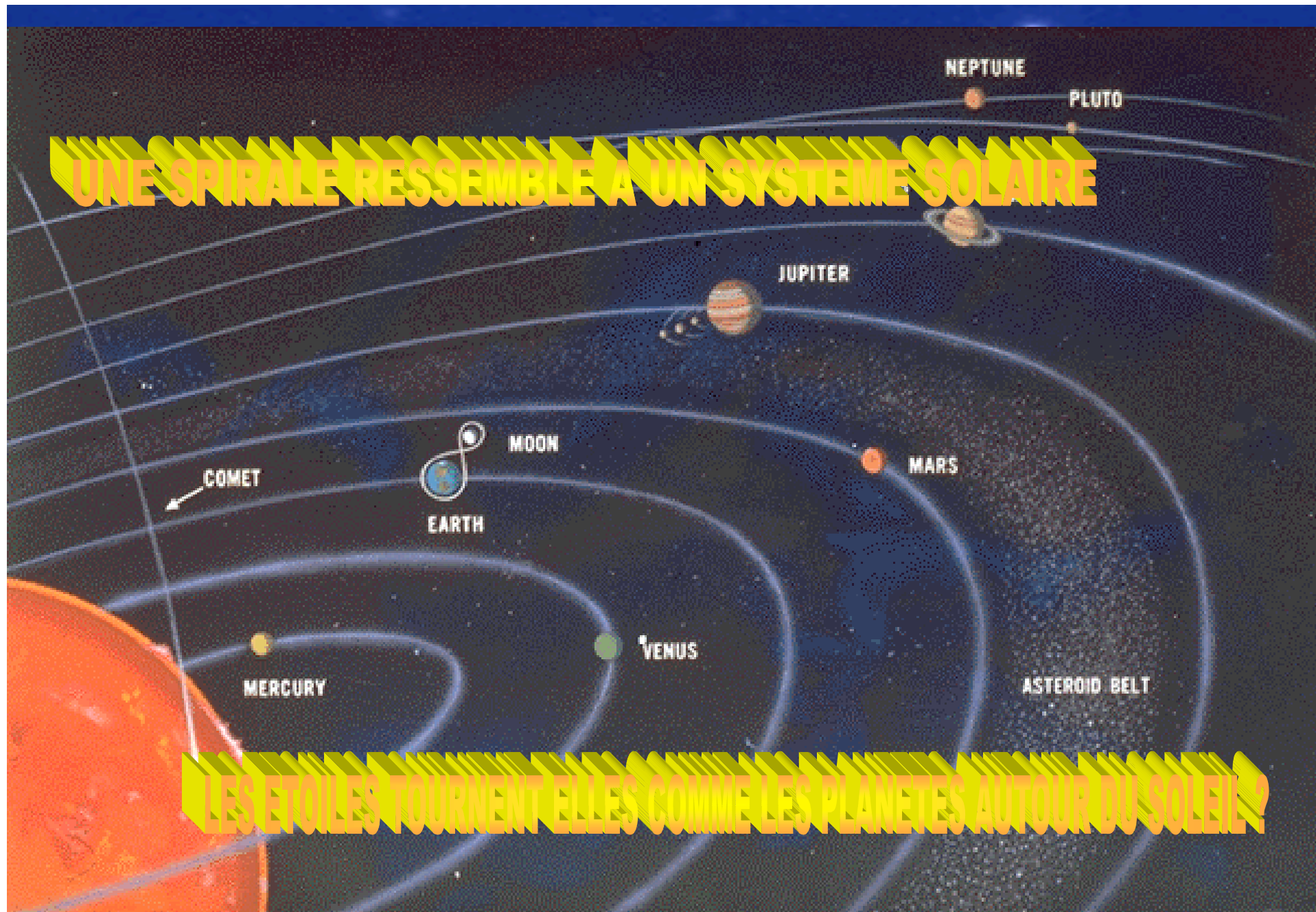
DEPEND DE LA VITESSE
TRICENTENAIRE

LA MESURE DE L'EFFET DOPPLER

DONNE LA VITESSE DE ROTATION DE LA GALAXIE ET LA 'COURBE DE ROTATION'

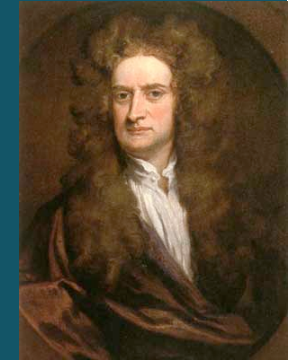


UNE SPIRALE RESSEMBLE A UN SYSTEME SOLAIRE

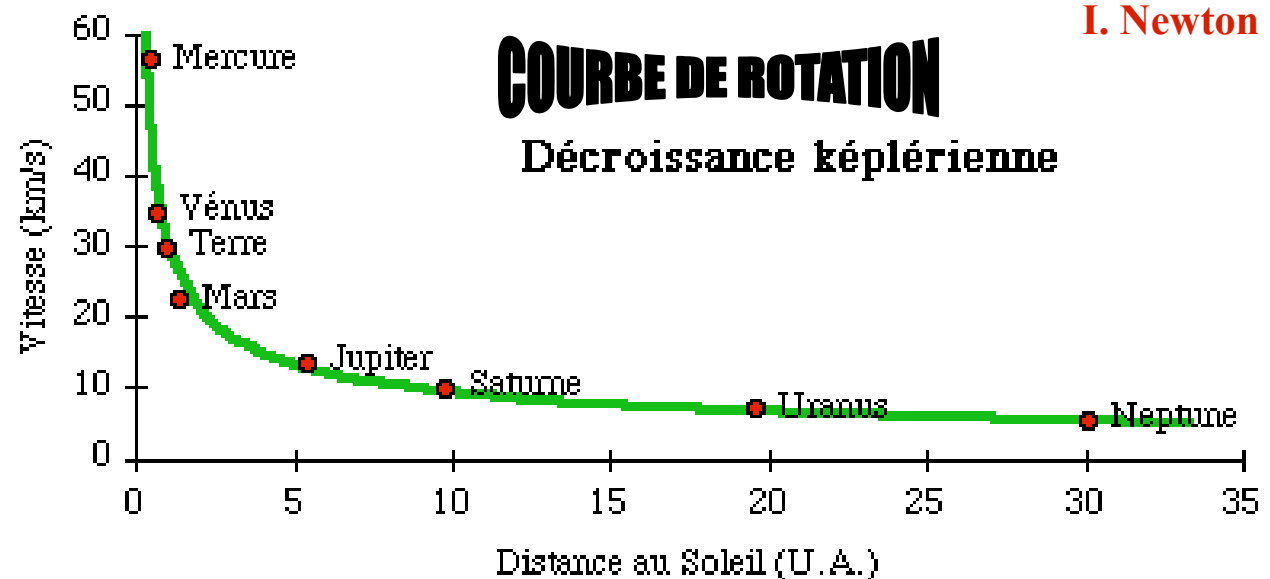


LES ÉTOILES TOURNENT ELLES COMME LES PLANÈTES AUTOUR DU SOLEIL ?

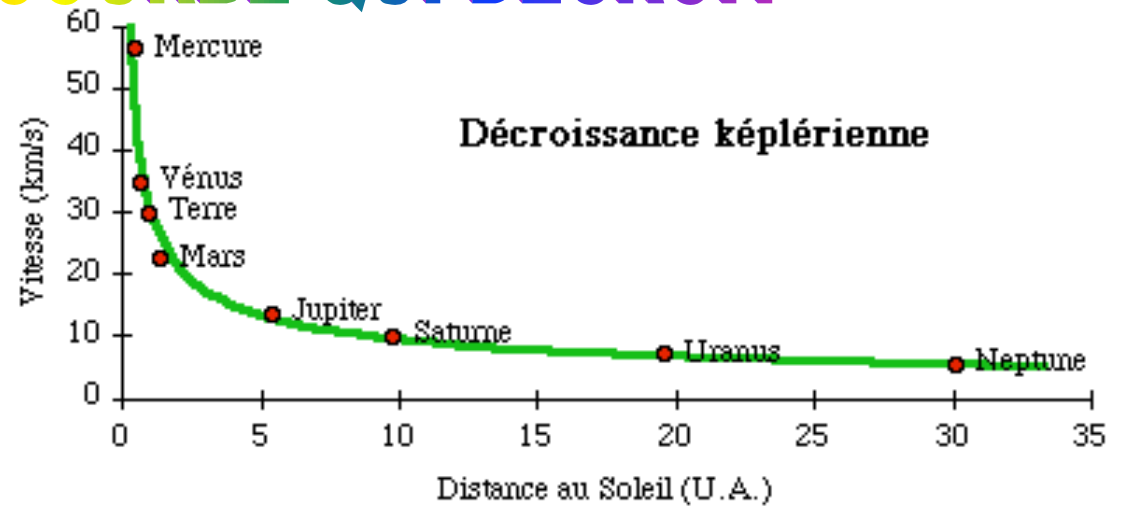
**SI C'EST LE CAS, J. KEPLER A DONNE LA
REPONSE
GRACE A LA LOI DE LA GRAVITATION
ETABLIE PAR NEWTON**



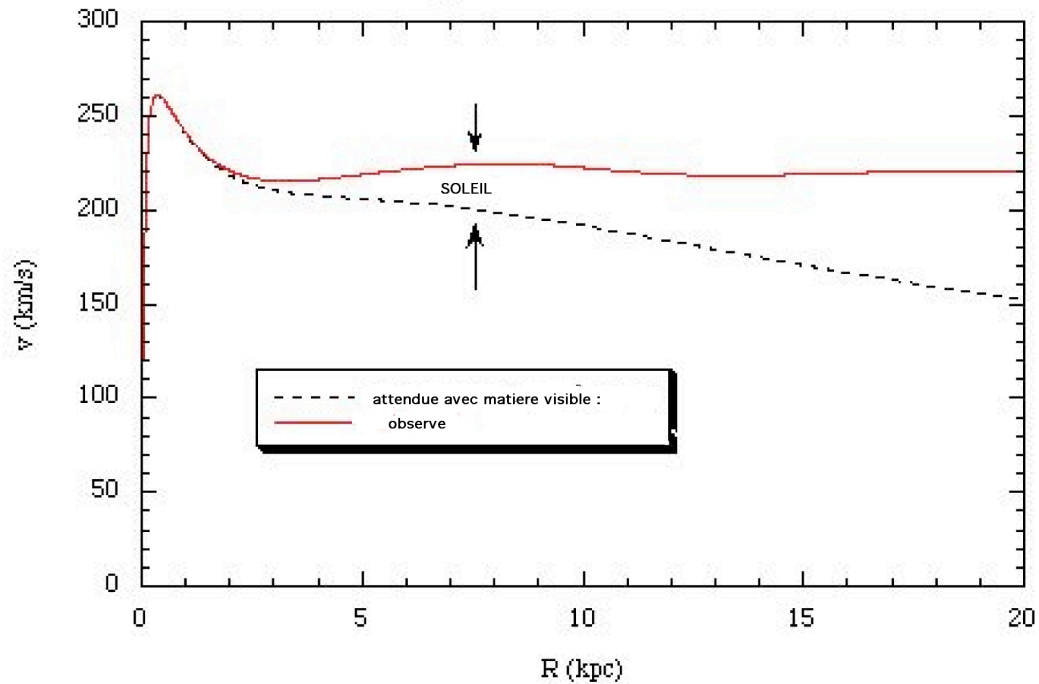
11/05/15 Kepler



ON ATTEND UNE COURBE QUI DECROIT

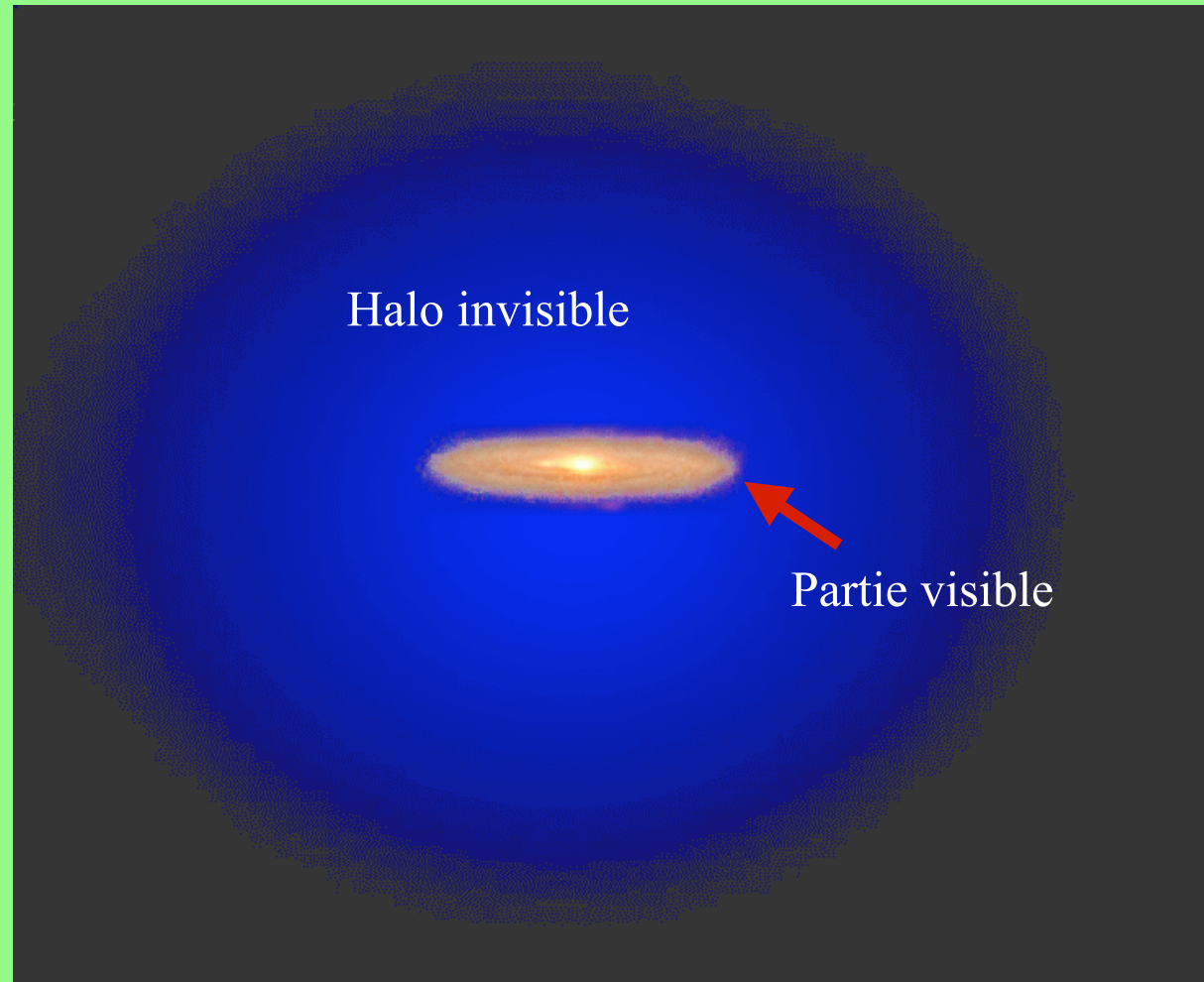


Typical rotation curves



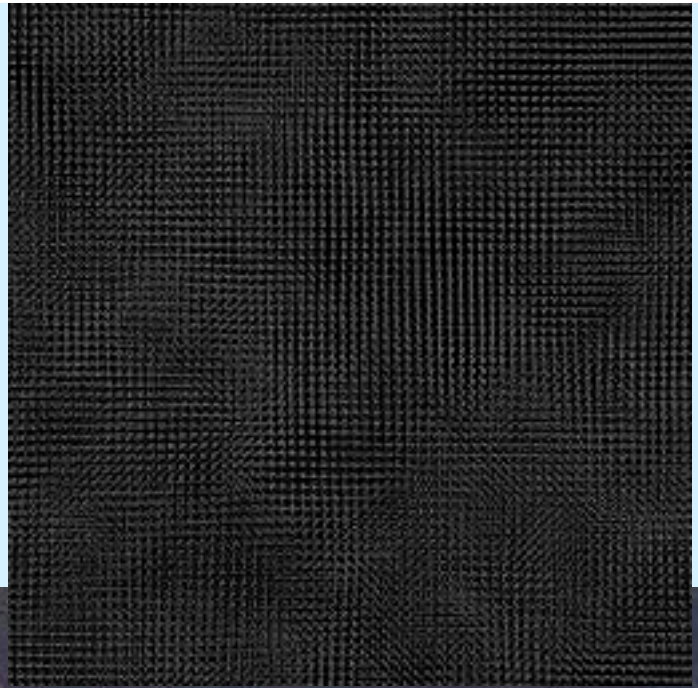
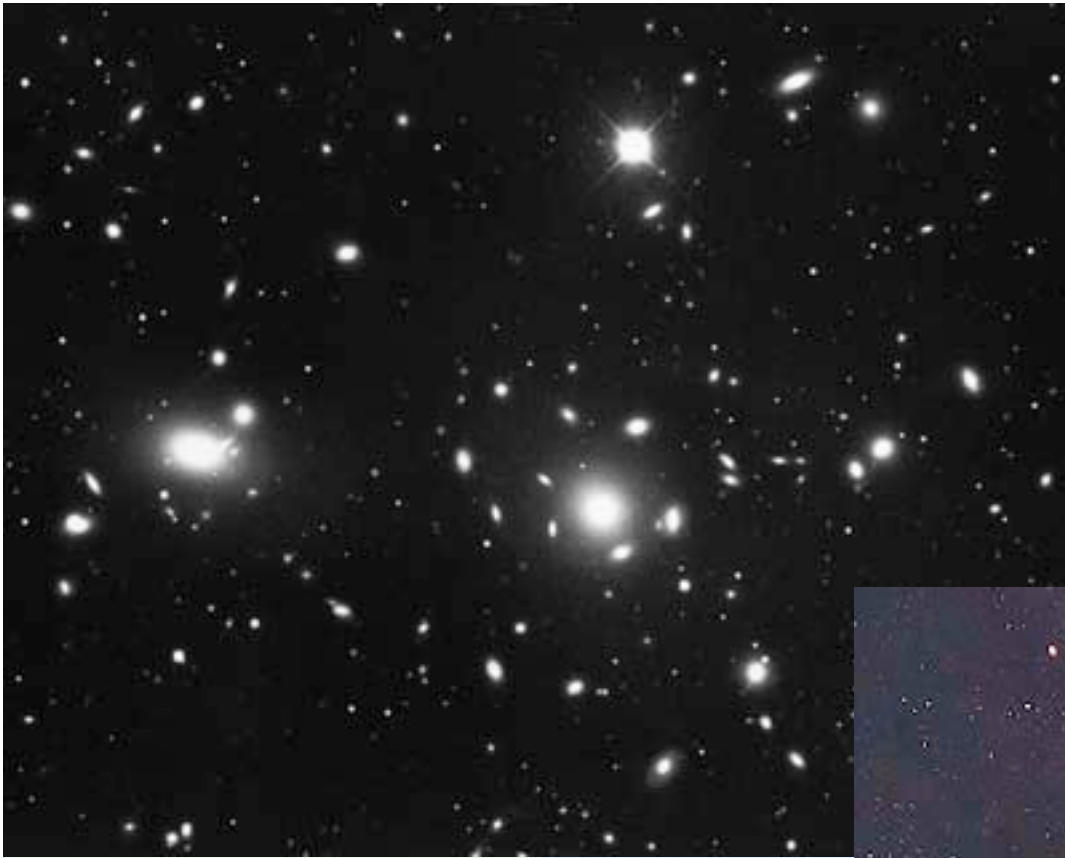
OR
ON A UNE
COURBE PLATE!

***EXPLICATION:
UN HALO DE
MATIERE
INVISIBLE
AUTOUR DE
CHAQUE
GALAXIE
SPIRALE
90% DE LA
MASSE DE LA
GALAXIE***





**NEXT STOP :
LES AMAS DE GALAXIES**



**DES CENTAINES
DE GALAXIES !**

11/05/05

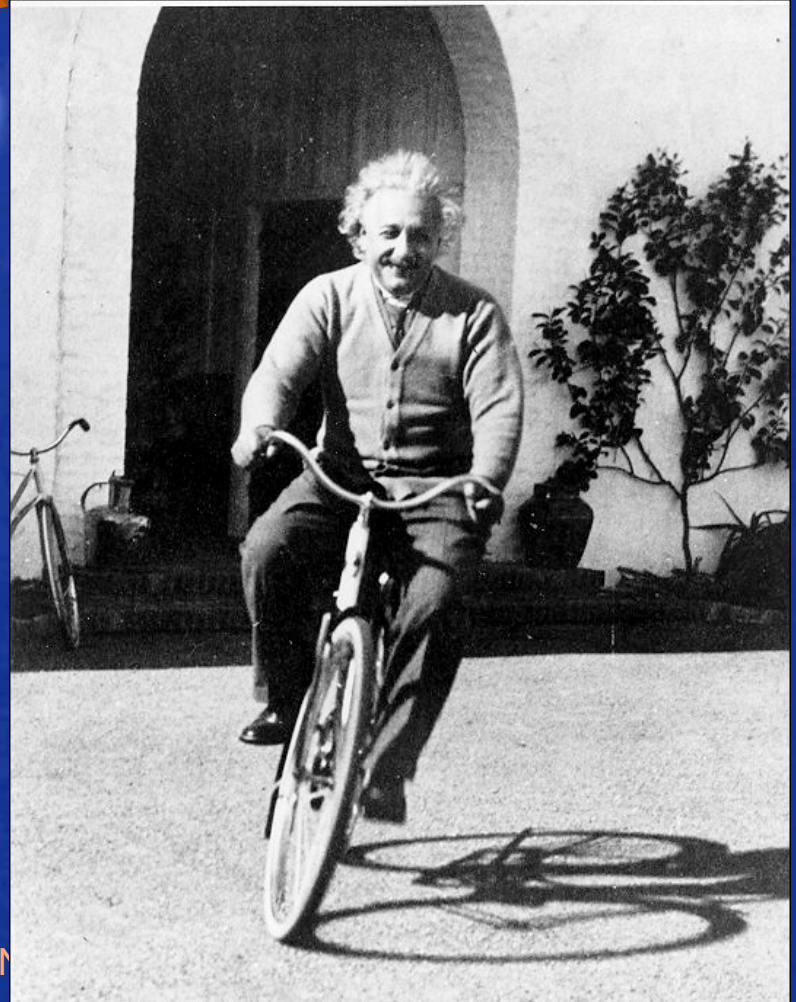
© Anglo-Australian Observatory/ Royal Observatory, Edinburgh

MESURER LA MASSE D'UN AMAS DE GALAXIES !

EINSTEIN HELP !

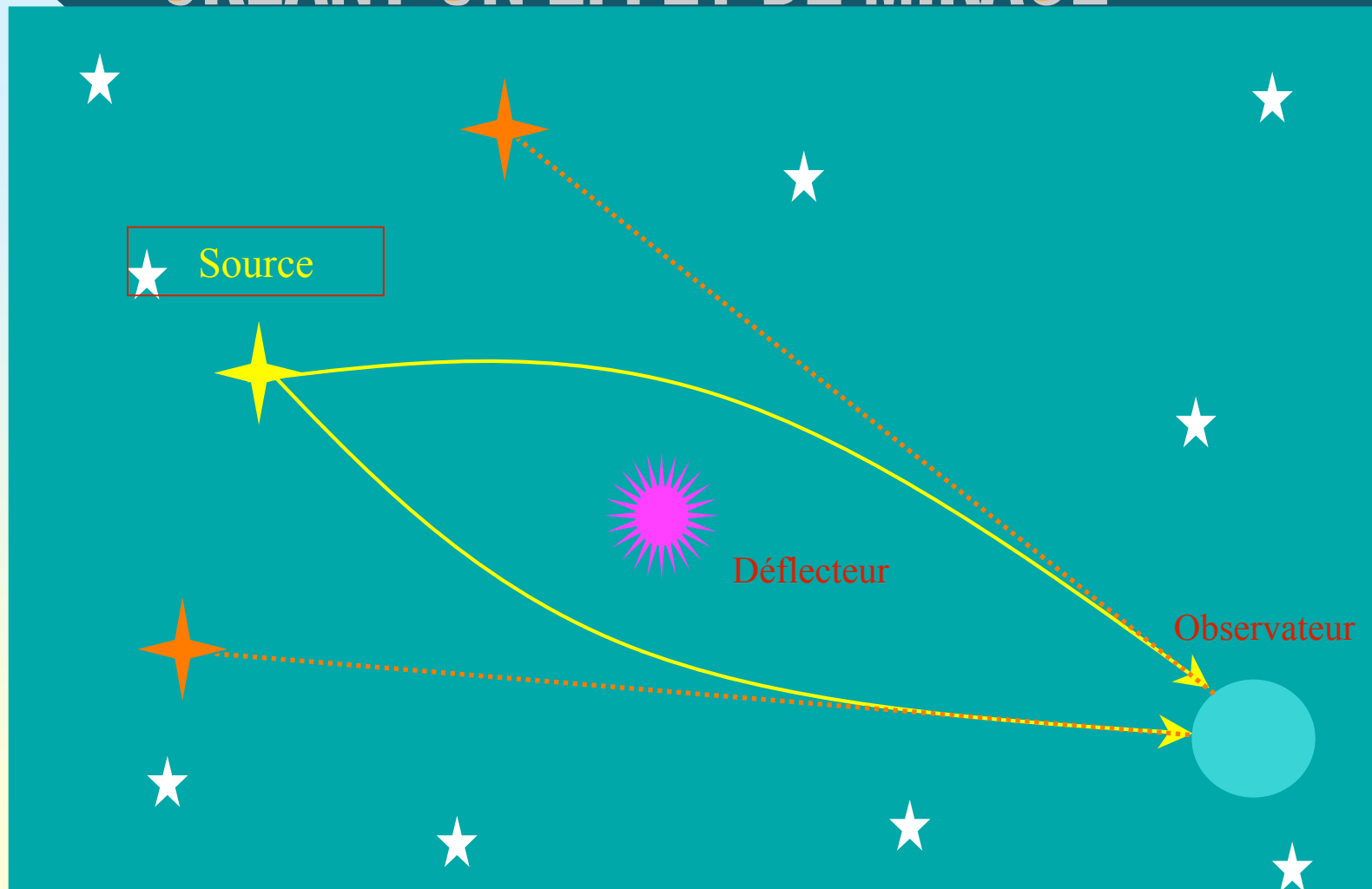
11/05/05

TRICENTEN

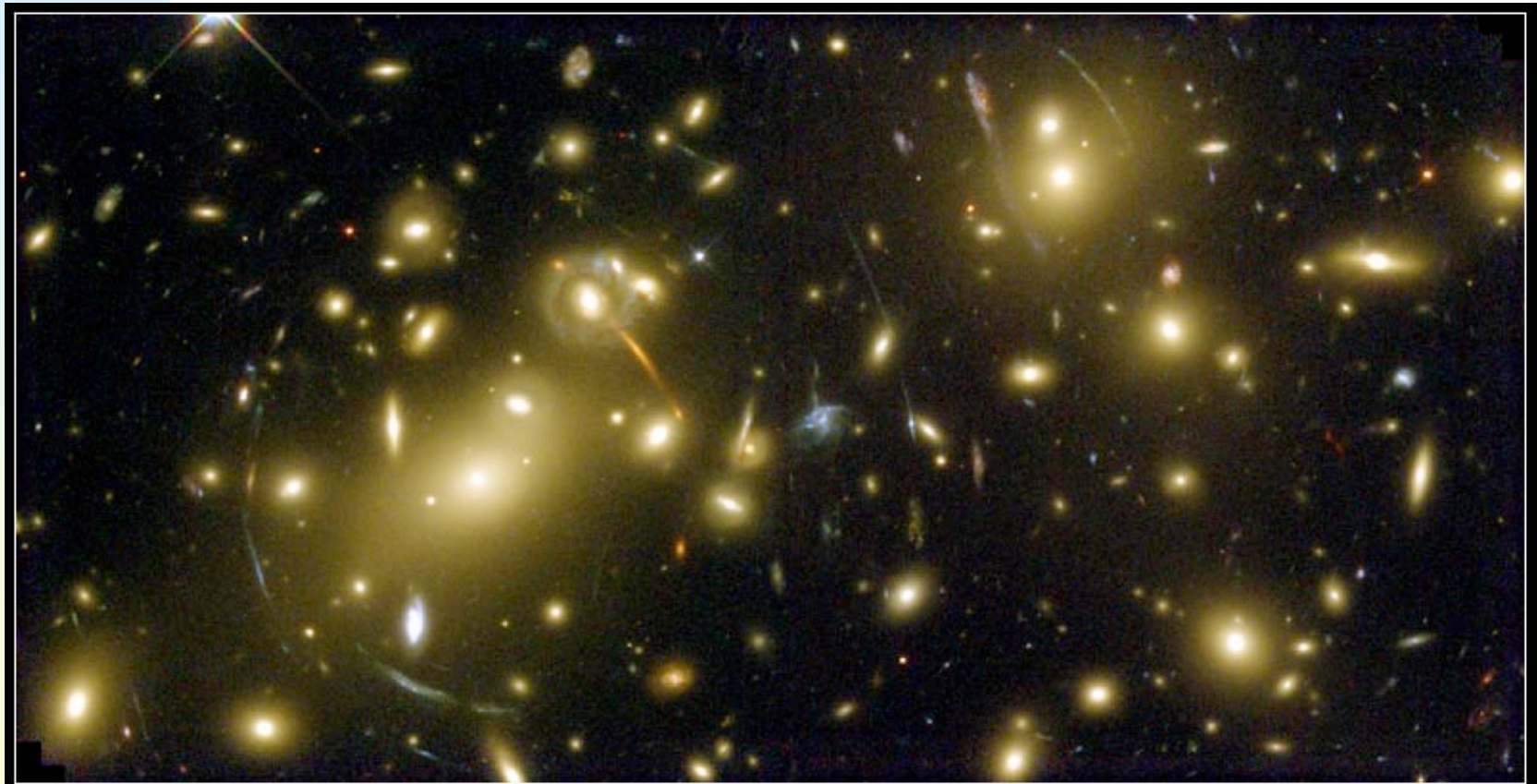


© Copyright California Institute of Technology. All rights reserved.
Commercial use or modification of this material is prohibited.

TOUTE MASSE DEVIE LES RAYONS LUMINEUX CREANT UN EFFET DE MIRAGE



MIRAGES GRAVITATIONNELS



Galaxy Cluster Abell 2218

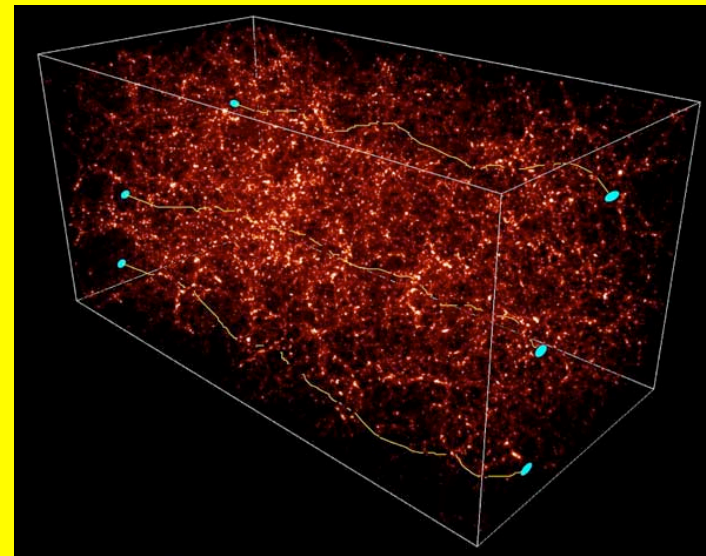
HST • WFPC2

11/05 NASA, A. Fruchter and the ERO Team (STScI, STECF) • STScI-PRC00-08

POUR EXPLIQUER LA PRESENCE ET LA FORME DE CES MIRAGES

100% - 100% - 100%

DE MATIERE NOIRE



**POURQUOI PARLER
DE "MATIERE NOIRE" ?**

**PARCE QU'ELLE
EST "INVISIBLE" !**

radio

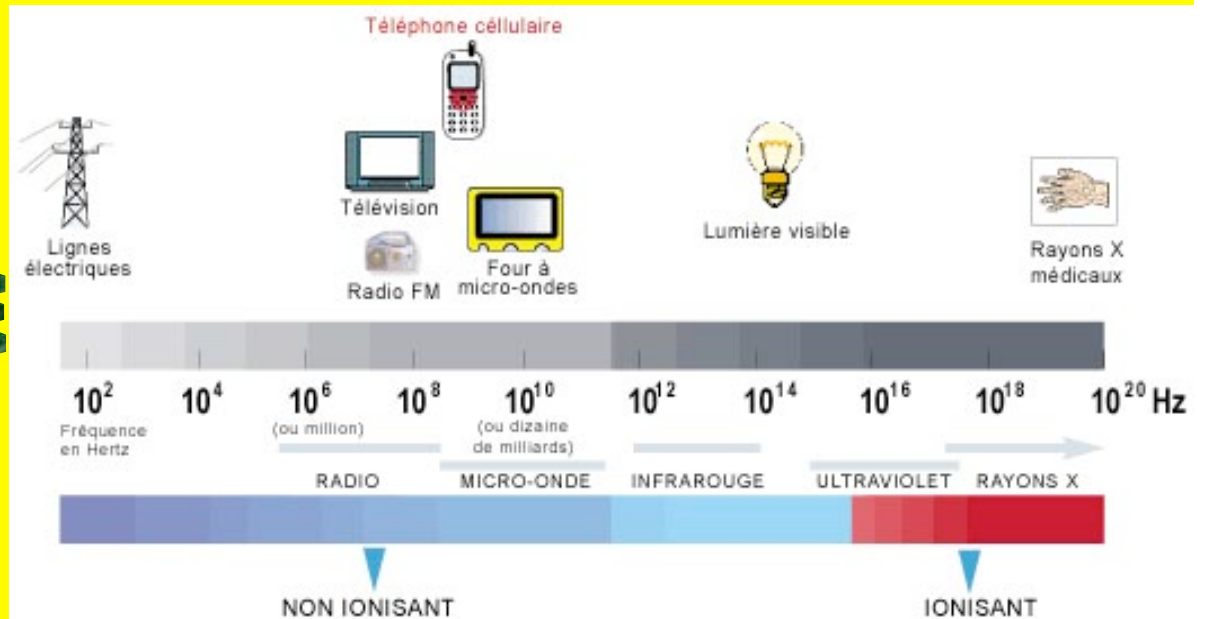
infrarouge

lumière visible par l'œil

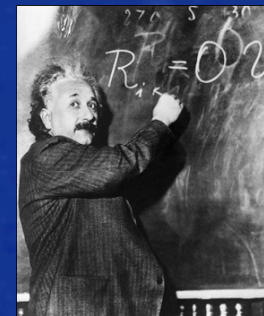
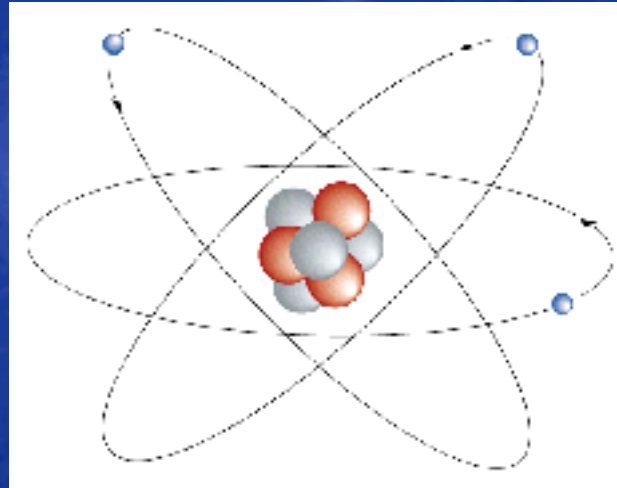
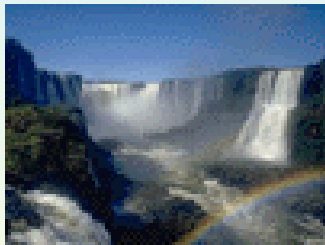
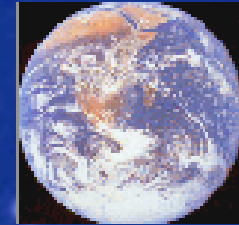
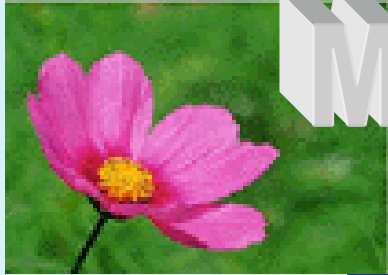
rayons X

SUR TOUT LE SPECTRE ELECTROMAGNETIQUE

11/05/05



AUTRE CHOSE QUE LA MATIERE ORDINAIRE !

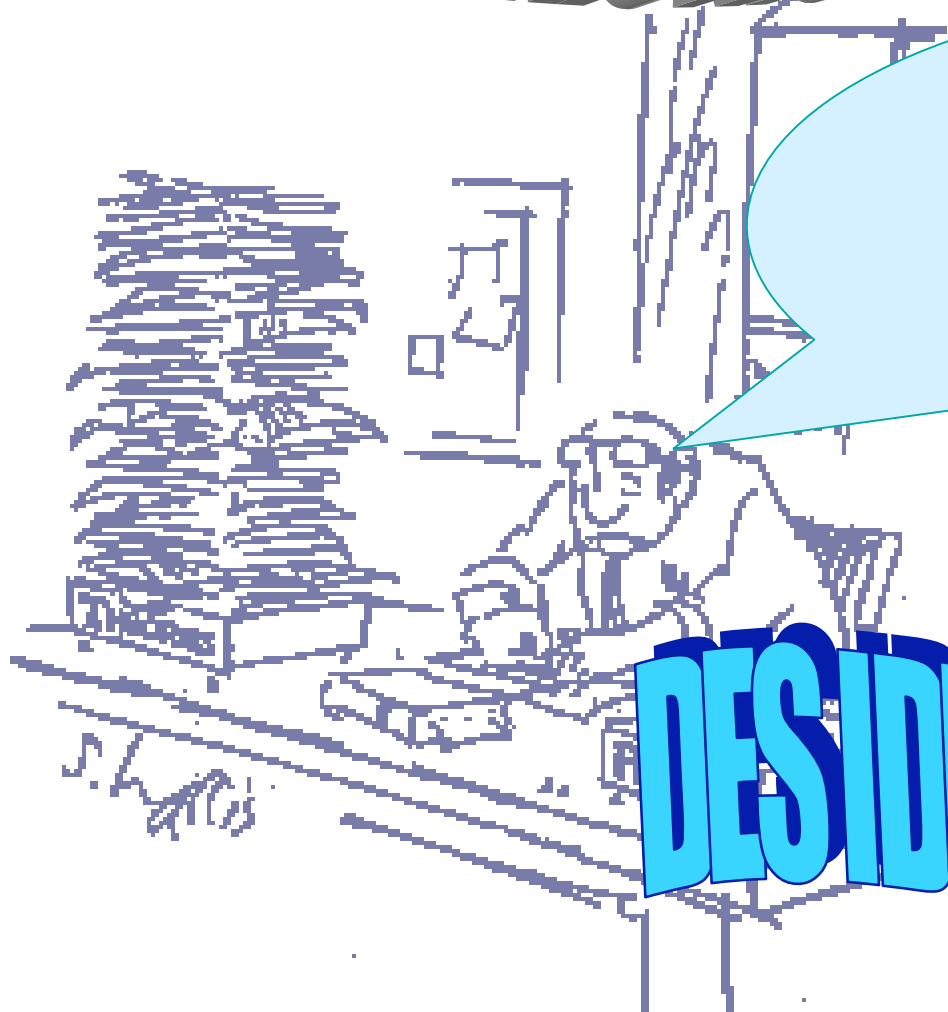


11/05/05

TRICENTENAIRE

31

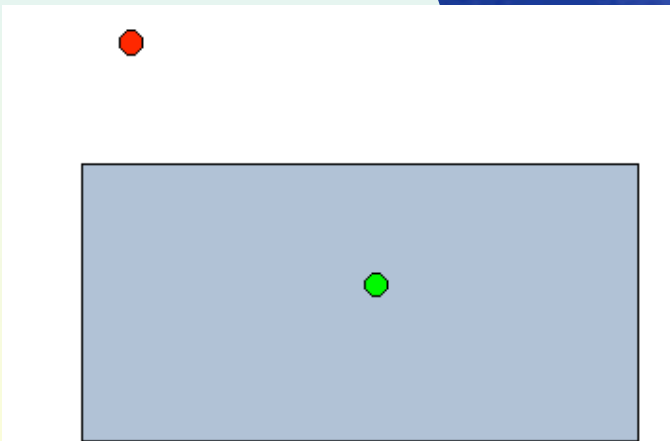
HELP LES THEORICIENS!



"SUSY"
"SUGRA"
INOS...

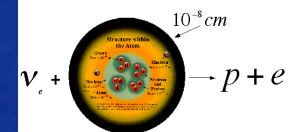
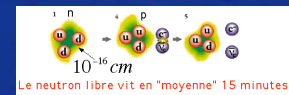
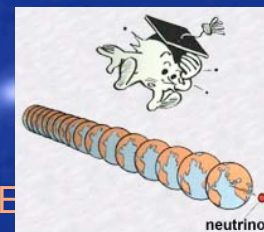
DES IDEES EN PERMANENCE

PREDISENT UNE FLORAISON DE PARTICULES "EXOTIQUES"



- neutrino
- proton
- neutron
- positron
- ~ photon

LE NEUTRINO



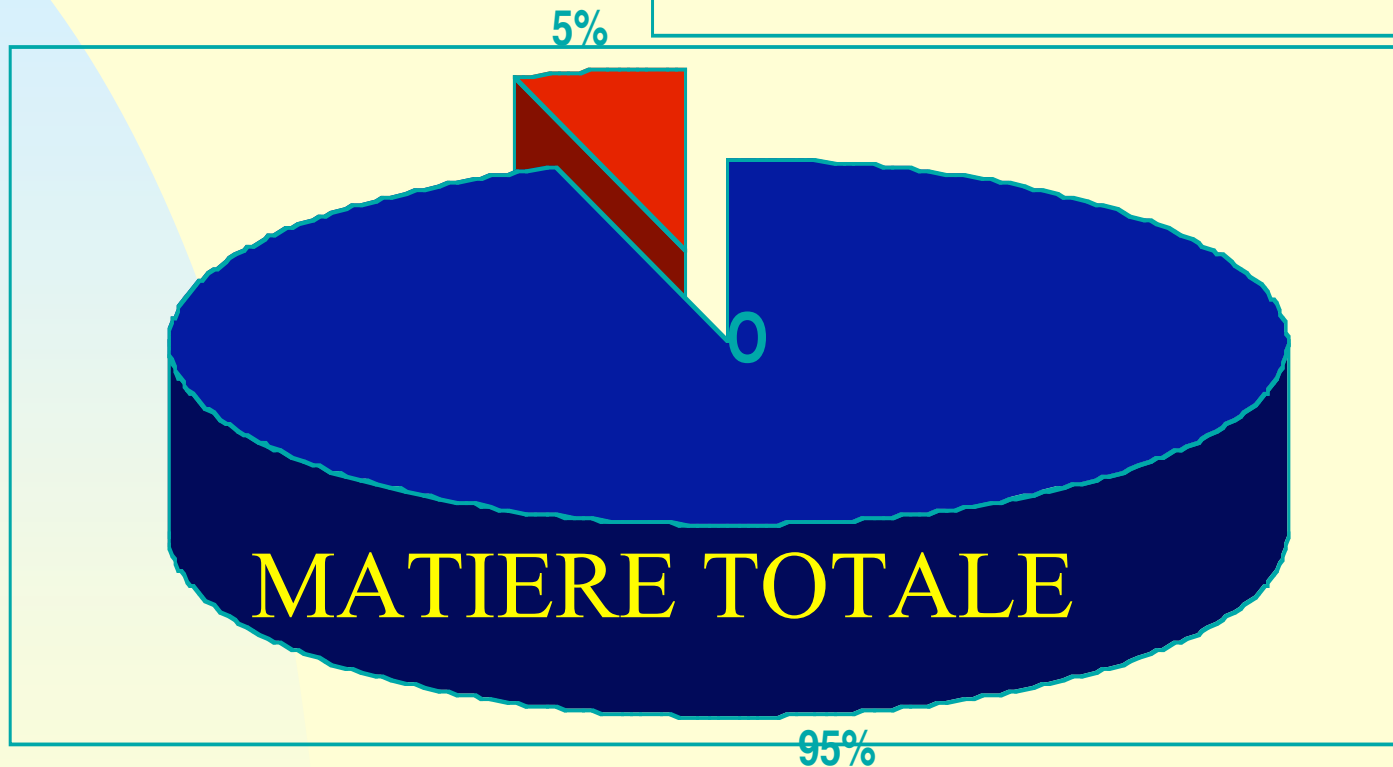
Ce temps de vie incroyablement long, devant celui des particules instables (10^{-16} s), est la raison essentielle de la transparence de la matière vis à vis du neutrino.

Des milliards de neutrinos traversent la terre de part en part pour quelques uns qui s'y arrêtent.

QUEL BILAN DE MATIERE

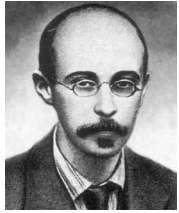
■ MATIERE NOIRE

■ ORDINAIRE



**MAIS POURSUIVONS
NOTRE VOYAGE
DANS L'UNIVERS**

L'UNIVERS EN EXPANSION DEPUIS LE BIG BANG



FRIEDMANN



SLIPHER



*A. Einstein et G. Lemaître,
Pasadena 1932*

**EINSTEIN
LEMAITRE**



Edwin Hubble
1889 - 1953

HUBBLE



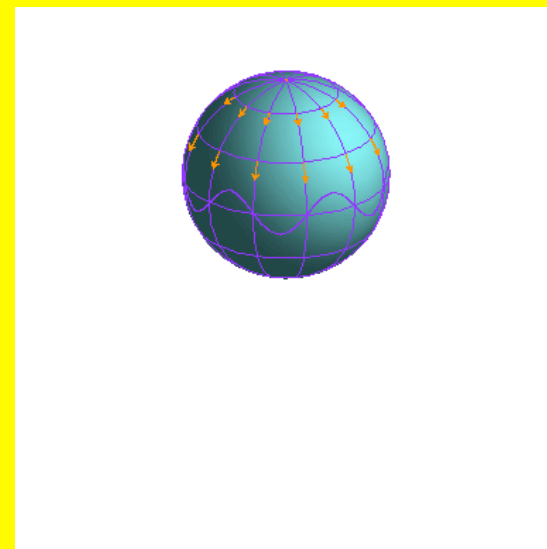
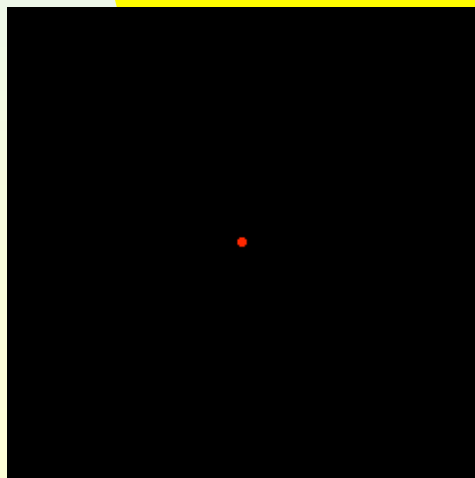
COMMENT LE SAIT-ON ?

11/05/05

TRICENTENAIRE

37

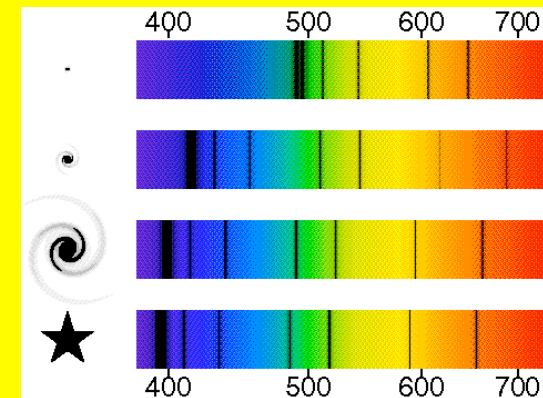
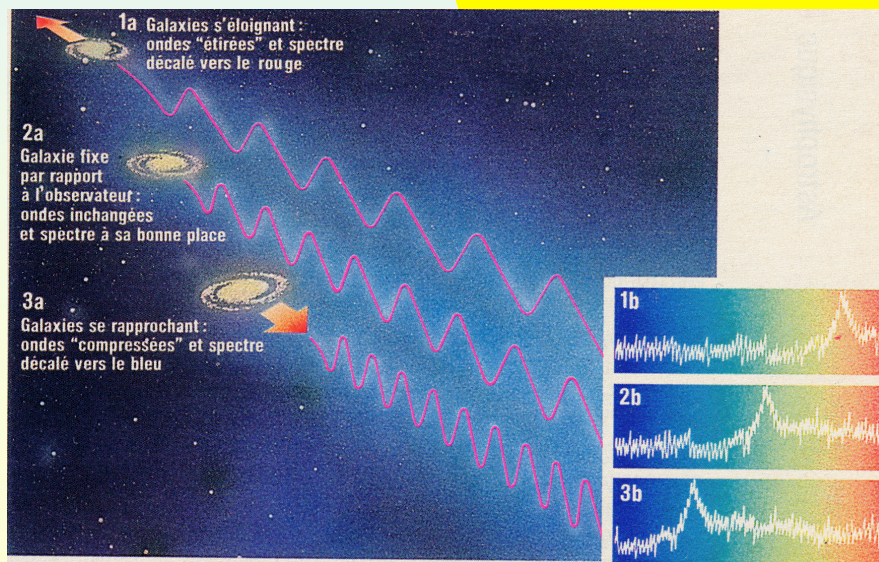
ON OBSERVE DEPUIS SLIPHER ET HUBBLE LA "FUITE DES GALAXIES"



ENCORE "L'EFFET DOPPLER" !!

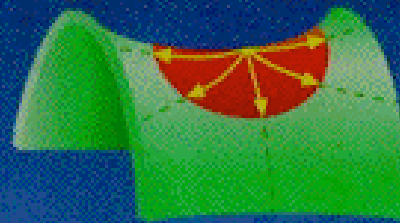
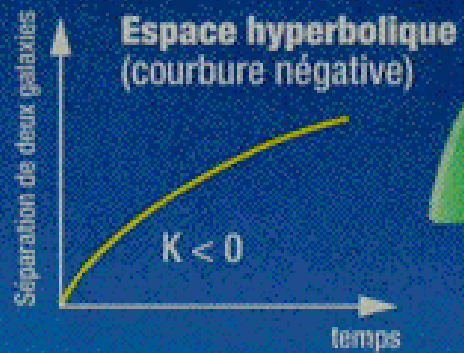
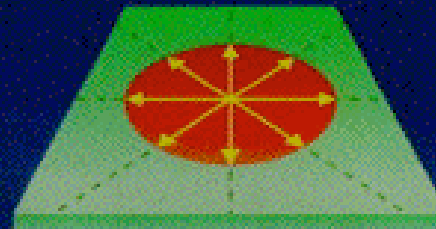
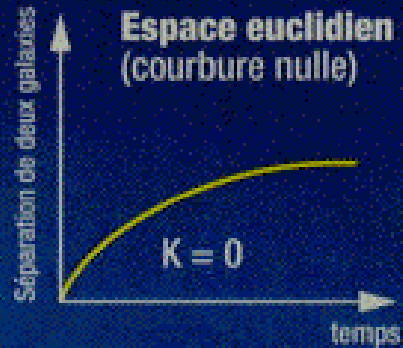
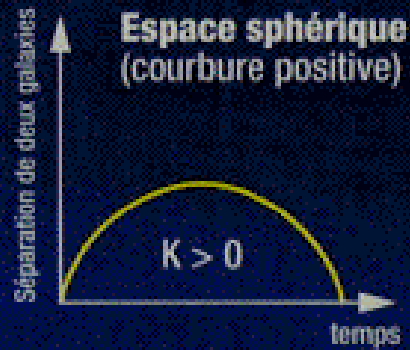
LA LUMIERE DES GALAXIES

EST DECALEE VERS LE ROUGE



FRANCIS - ZNO - 2009

L'UNIVERS DE FRIEDMANN-LEMAITRE



Expansion finie:
“Big Crunch”

Expansion infinie

COMMENT TESTER L'EXPANSION ?

**DETERMINER S'IL Y AURA
EXPANSION OU CONTRACTION ?**

L'ECLAT D'ASTRES "BIEN CONNUS"

(DES CHANDELLES STANDARD)

EN FONCTION DE LEUR DISTANCE

VARIERA DE FACON DIFFERENTE

CES ASTRES DOIVENT ETRE TRES BRILLANTS

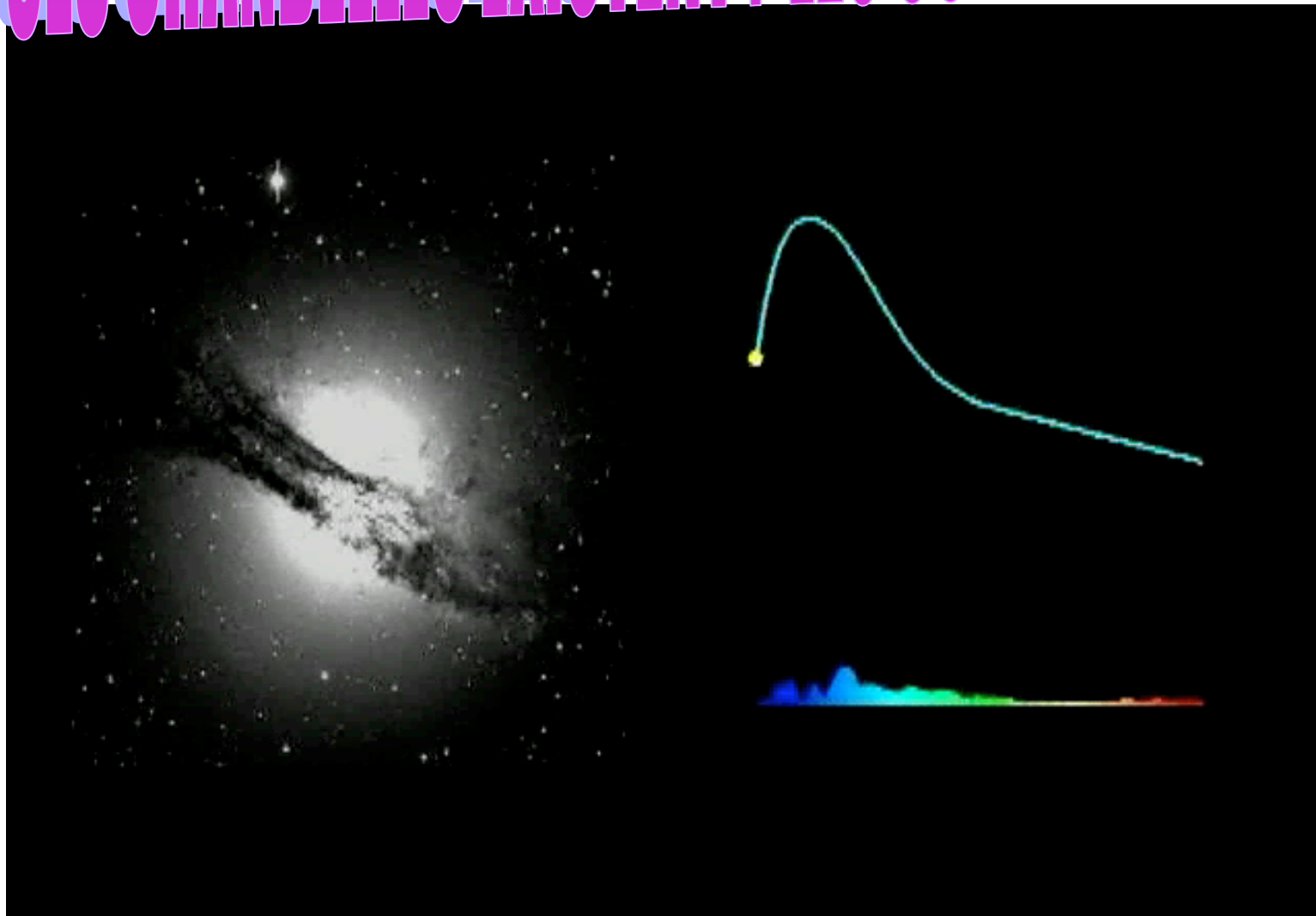
ET SEMBLABLES

DU PASSE AU PRESENT!

CAR REGARDER "LOIN"

C'EST REMONTER LE TEMPS COSMIQUE

CES CHANDELLES EXISTENT : LES SUPERNOVAE!



**LA MESURE DE L'ECLAT
DE CES ETOILES
DANS DES GALAXIES
DE PLUS EN PLUS LOINTAINES**

CONFIRME BIEN

L'EXPANSION

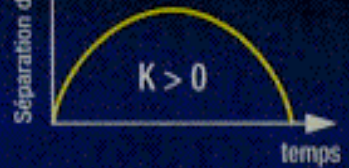
MAIS ELLE EST

PLUS RAPIDE

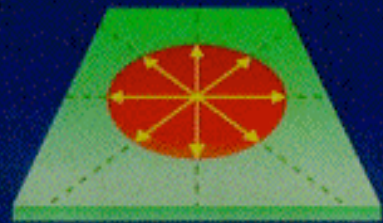
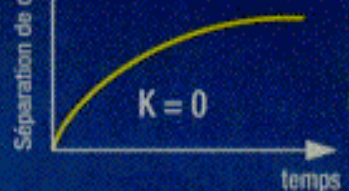
QUE CE QUE L'ON IMAGINAIT !!!

L'UNIVERS DE FRIEDMANN-LEMAITRE

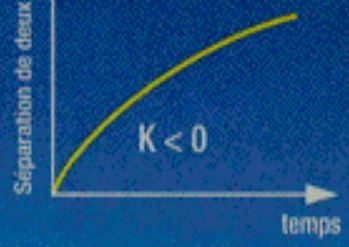
Espace sphérique
(courbure positive)



Espace euclidien
(courbure nulle)



Espace hyperbolique
(courbure négative)



LA MATIERE MEME NOIRE
NON CANDIDATE
ELLE FREINERAIT L'EXPANSION

IL FAUT INVOQUER
UNE "ENERGIE NOIRE"

**LE VIDE N'EST
PAS VIDE
=
ENERGIE !**

ZZZZ



HEUREUSEMENT

LES THEORICIENS

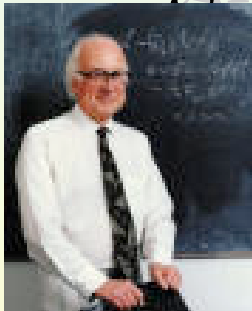
SONT AU TRAVAIL

11/05/05

Suivant Einstein, Bohr



De Broglie



Higgs

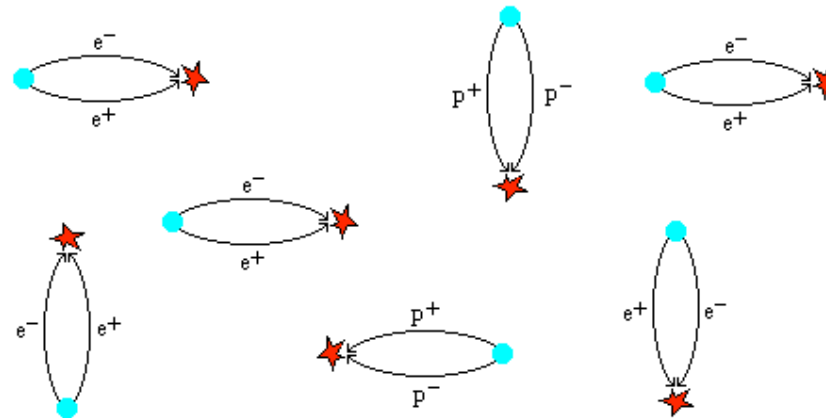
11/05/05



Heisenberg

Quantum Vacuum

the quantum vacuum cannot be perceived or measured directly since it appears to be empty, in fact it is filled with potentiality



within the quantum vacuum, pairs of virtual matter and anti-matter particles are continually created and destroyed, borrowing their mass/energy by the uncertainty principle. They do not exist as observable entities, but their existence is exerted on other particles as a subtle pressure (called the Casimir effect)

CETTE "ENERGIE NOIRE"

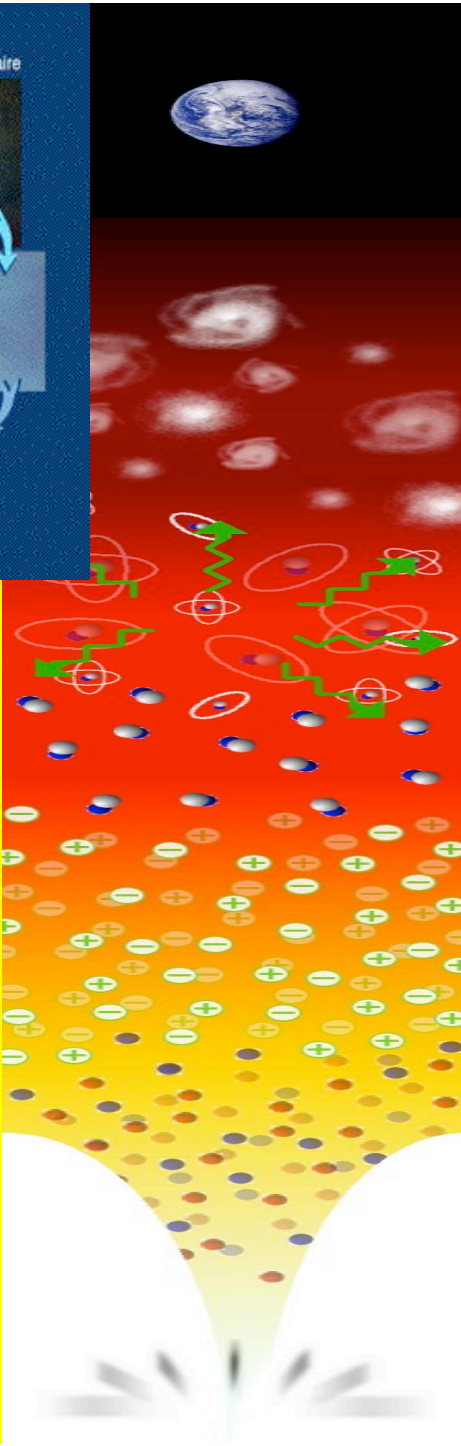
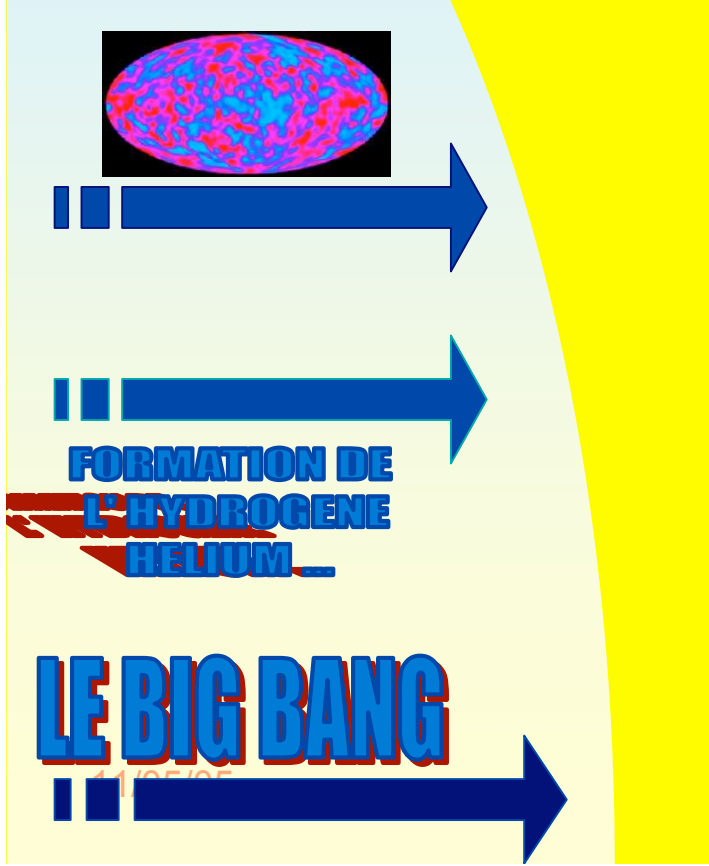
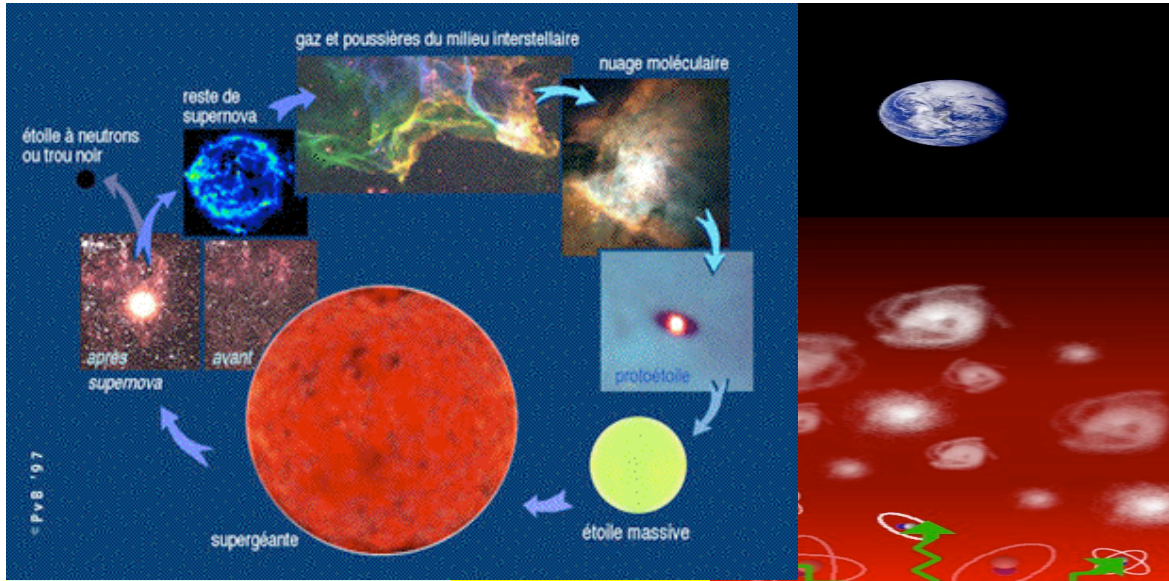
NE SERAIT RIEN

D'AUTRE

QUE L'EFFET FOSSILE

DU "VIDE QUANTIQUE"

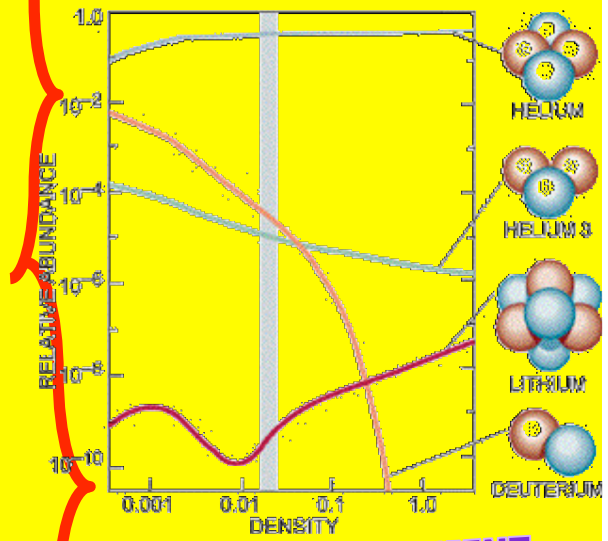
PRIMORDIAL



LA VIE

ERE "ENERGIE DU VIDE"

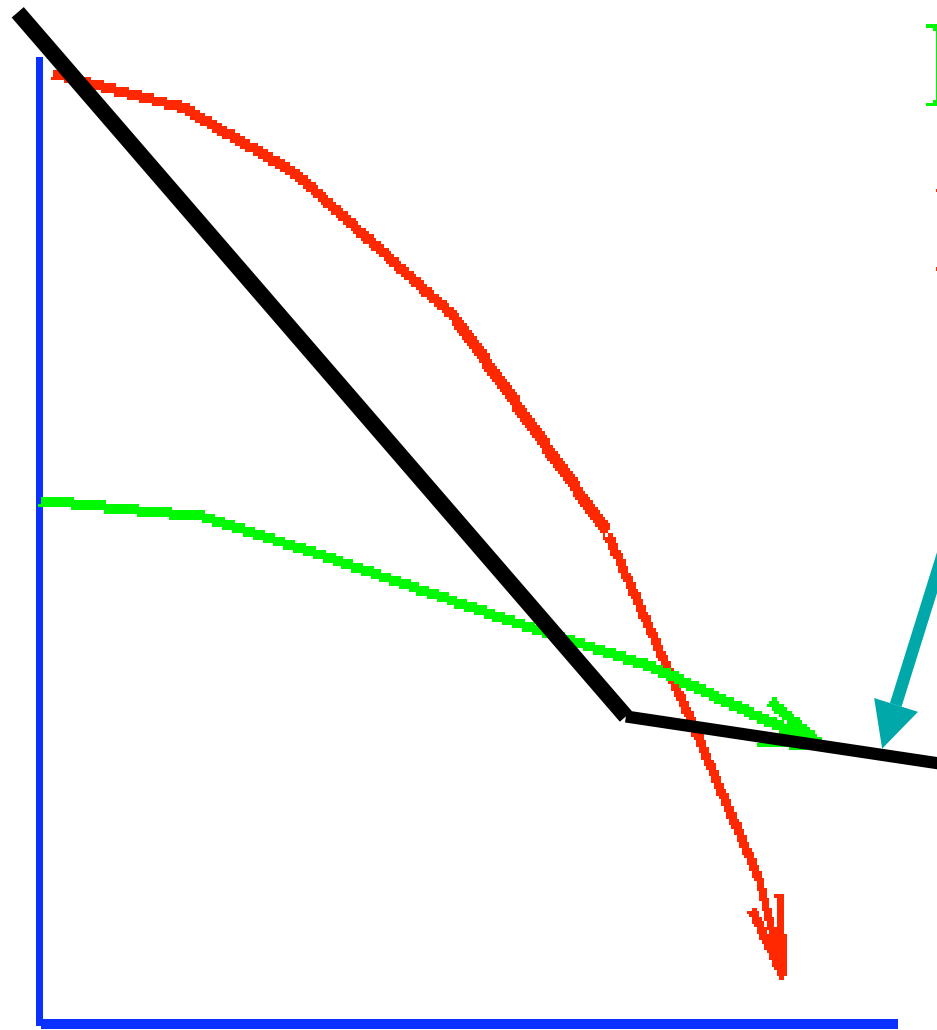
ERE DE LA "MATIERE"



ERE DU RAYONNEMENT

ERE DE PLANCK
GRAVITATION ET QUANTA
VIDE QUANTIQUE

Energy Density



Matter

Radiation

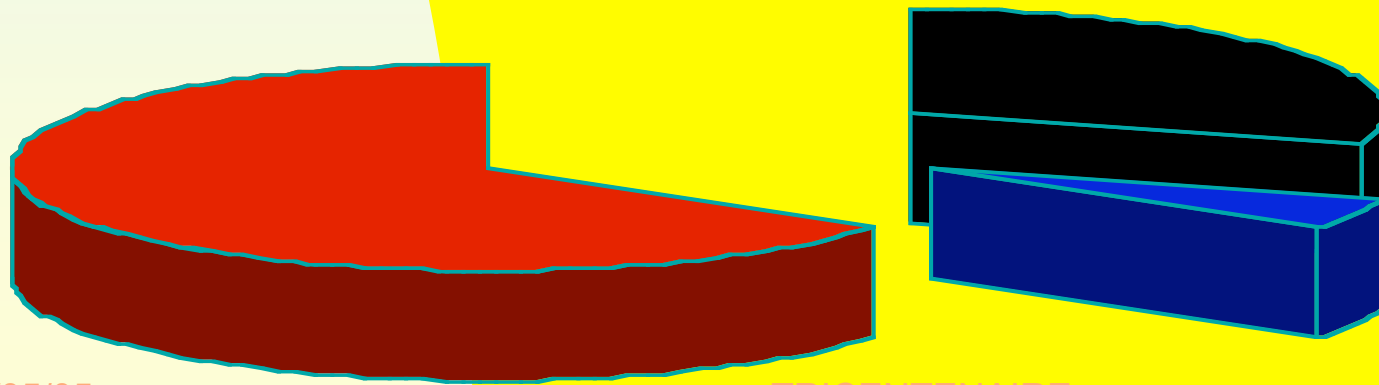
Vacuum

HELLO !

Time (Radius) →

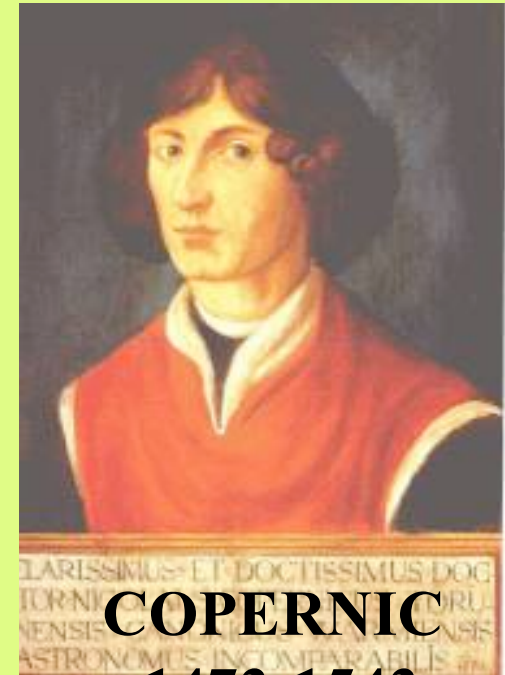
BILAN FINAL DE LA MATIERE-ENERGIE !

- **MATIERE NOIRE 30%**
- **MATIERE ORDINAIRE 5%**
- **ENERGIE DU VIDE 65%**



CONCLUSION

À côté de son intérêt astronomique, l'œuvre de Copernic eut une portée philosophique immense.



COPERNIC
1473-1543

Elle marqua l'un des tournants essentiels de la pensée, ébranlant la vision médiévale du monde, qui plaçait l'homme au centre d'un univers fait pour lui.

Mais un Univers dont
il n'est qu'une infime
poussière d'étoiles .



Elles même infimes
vaguelettes d'un océan
de matière et d'énergie

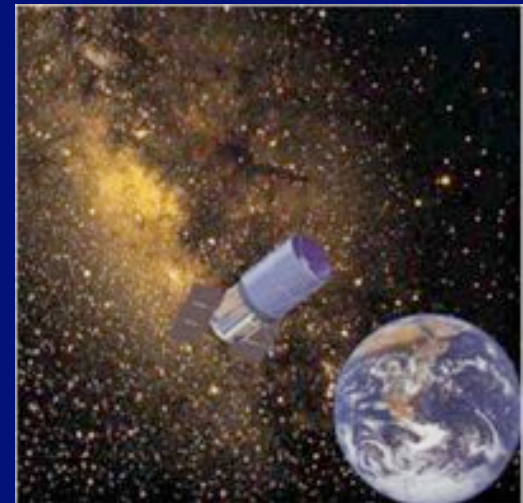
issus des instants les plus
primordiaux du Big Bang et d'une nature
différente.

2 EXPERIENCES



ANTARES
detection de neutrinos
au fond de la mer

SNAP
observations
de Supernovae
depuis l'espace



Matière et Energie Noire au CNRS à Marseille

Les supernovae comme chandelles standard

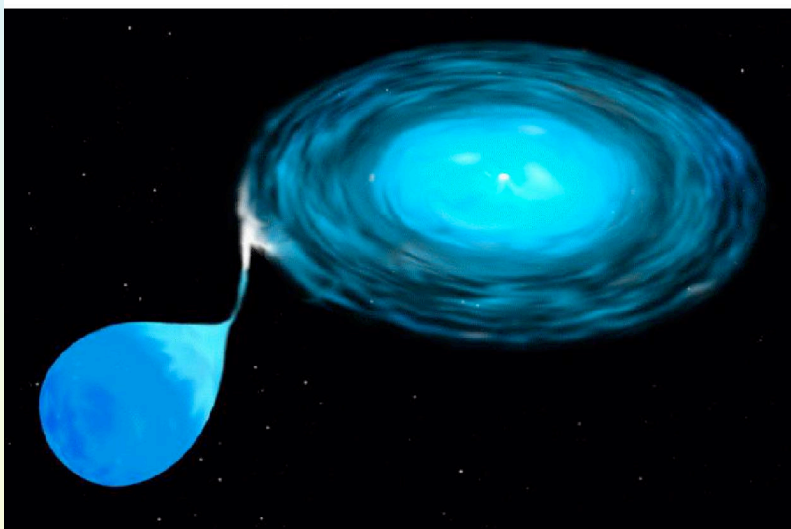
Connait-on des chandelles standard ?

Les supernovae de TYPE Ia



Actuellement les meilleurs candidats

- pas d'hydrogène et beaucoup de Si
- Présentent dans toutes les galaxies



Naine blanche

Réchauffement par accréation du partenaire

Explosion thermonucléaire à une masse de
1.4 M_☉

