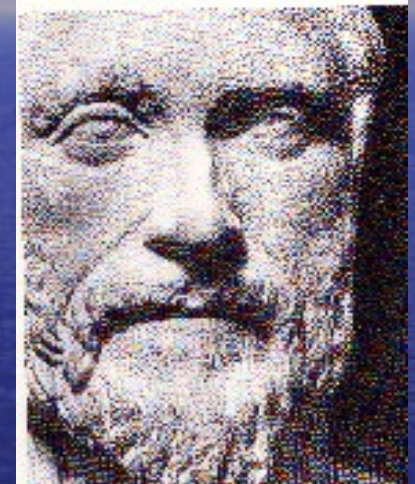
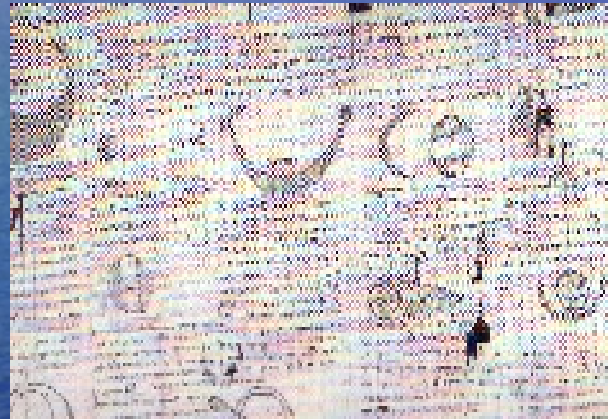
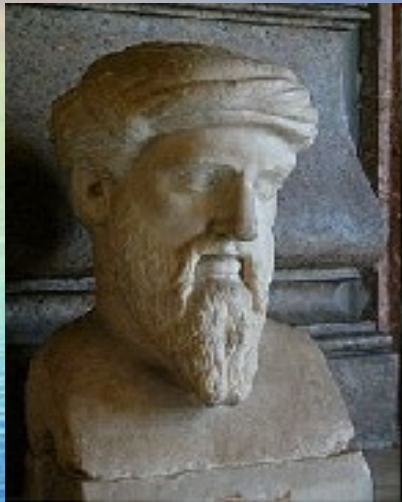


Univers, miroir de l'homme

Observatoire de Narbonne. (ANAP)
Université Populaire de Septimanie.(UPS)
02/12/11

L'antique alliance

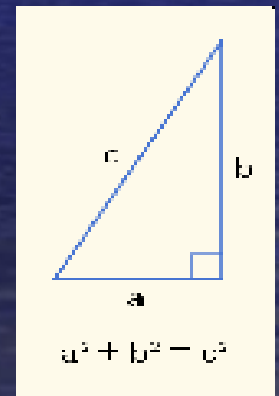
le principe véritablement créateur se trouve dans les mathématiques.
Seule la science dit la vérité (A.Einstein)



- Tout est nombre (Pythagore: -580/-500)
- Le temps est le nombre du mouvement
(Aristote:-384/-322)

Aristarque de Samos (-310/-230) pose le soleil au centre du système.

Y avait-il quelqu'un pour entendre?



Démarche scientifique:

un exemple pour justifier le rôle de l'hypothèse.

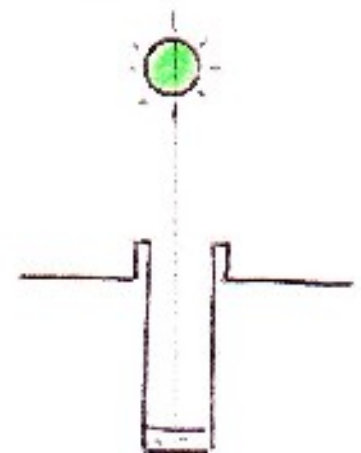
- Ératosthène (-230) directeur de la bibliothèque d'Alexandrie.
- -à midi solaire, le jour du solstice d'été on signale que le soleil se projette au fond d'un puits profond à Syène. Le soleil est donc à la verticale du puits.
- -le même jour, à la même heure et sur le même méridien, il constate que les obélisques projettent une ombre au sol à Alexandrie. Le soleil n'est donc pas à la verticale du lieu.
- Comment interpréter ce fait?

LE 21 JUIN ET A MIDI SOLAIRE
(Solstice d'été dans l'hémisphère nord)

A ALEXENDRIE



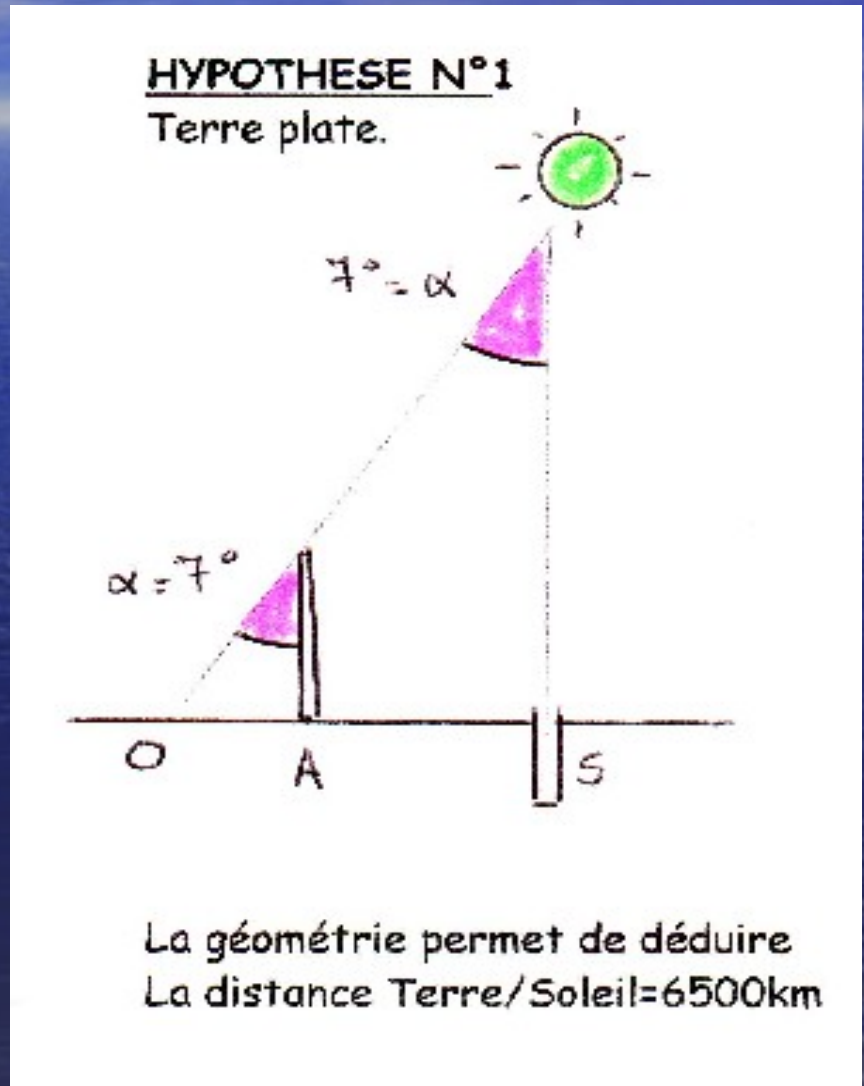
A SYENE (ASSOUAN)



Distance Alexandrie-Syène=800km
(Sur le même méridien)

Sur le point de vue d'une Terre plate (bon sens)

- Anaxagore (-499/-428)
- Hypothèse:
- Terre plate. construit des triangles et mesure des angles.
- Déduction
- Outil : Théorème des similitudes de Thalès ou trigonométrie
- la distance Terre/Soleil.
Environs 6500km.



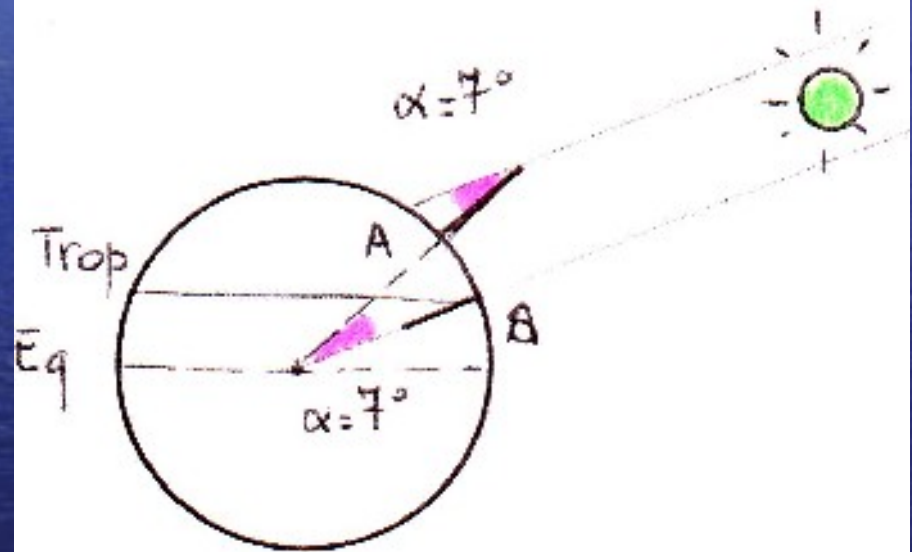
Point de vue d'une Terre sphérique. (moins évident encore aujourd'hui...)

- Ératosthène: (-280/-200)
- Hypothèse:
 - Soleil très loin. (Rayons parallèles sur Terre)
 - sur la sphère il reporte des angles. (géométrie euclidienne)
- Déduction:
 - 7° représente environ $1/50$ de la circonférence ($50 \times 7 = 350^\circ$).
 - Distance Alexandrie/Syène = 800km,
 - Circonférence de Terre = $50 \times 800 = 40.000\text{km} = 2\pi R$
 - Le rayon sera 6400km.

HYPOTHESE N°2

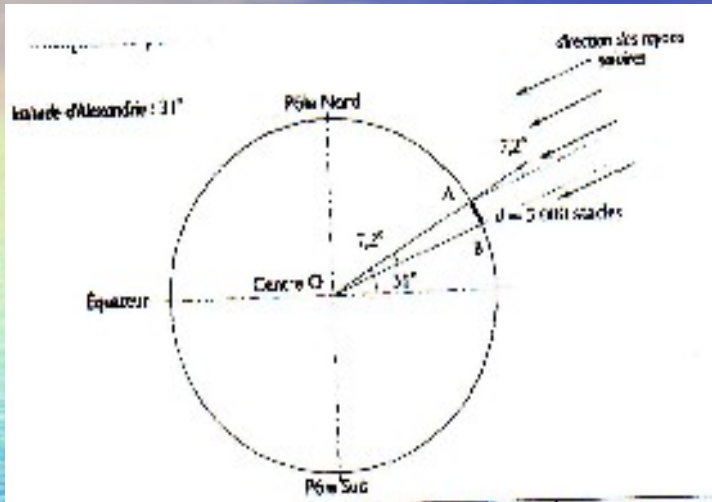
Terre sphérique

Soleil très loin (infini ?)

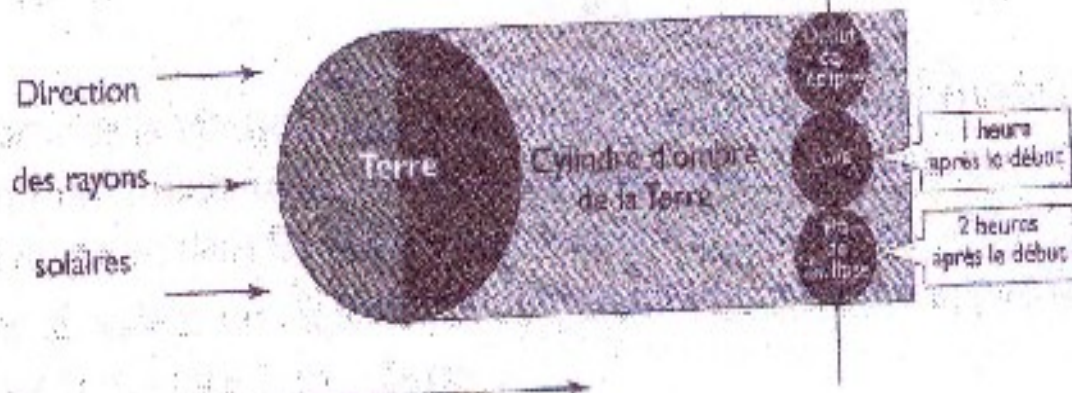


La géométrie permet de déduire
La circonférence de Terre
Et donc son diamètre = 12600km

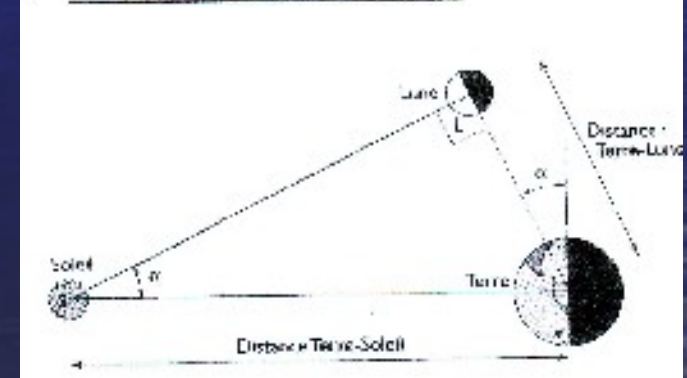
Où la géométrie euclidienne met en relation espace et temps considérés comme absolus, donnés à priori, indépendants du contenu.



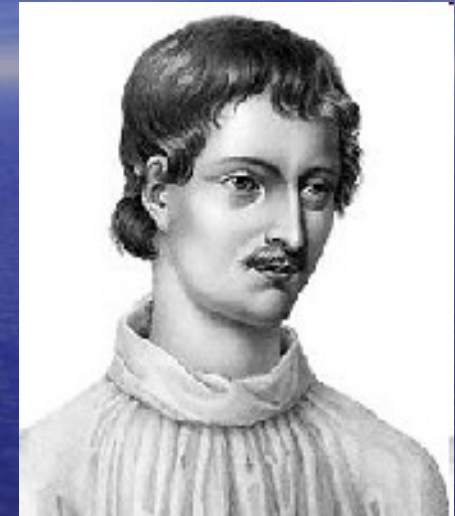
RAYON DE LA LUNE (ARISTARQUE)



DISTANCE SOLEIL/TERRE



LA NOUVELLE ALLIANCE: Copernic, Tycho Brahé, Kepler, Bruno.



- N.Copernic: (1473/1543): propose l'héliocentrisme
- Tycho: (1546/1601) : observateur de précision (Mars)
- J.Kepler: (1571/1630): propose 3 lois empiriques
- G.Bruno : (1548/1600): évoque la pluralités des mondes.

Galilée (1564/1642) - Newton (1643/1727)

Galilée:

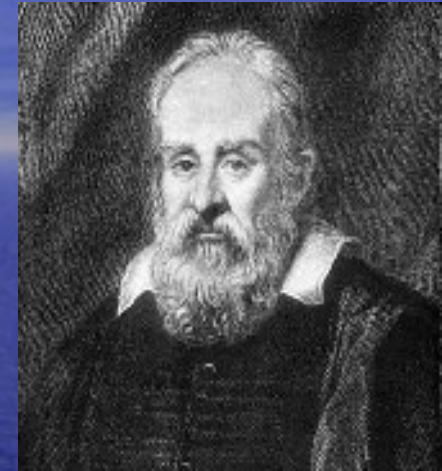
- mathématise le langage de la physique

- loi de chute libre.

- principe de l'inertie.

- principe de relativité.

- Observations à la lunette
Lune, Jupiter, Vénus, Soleil



Newton:

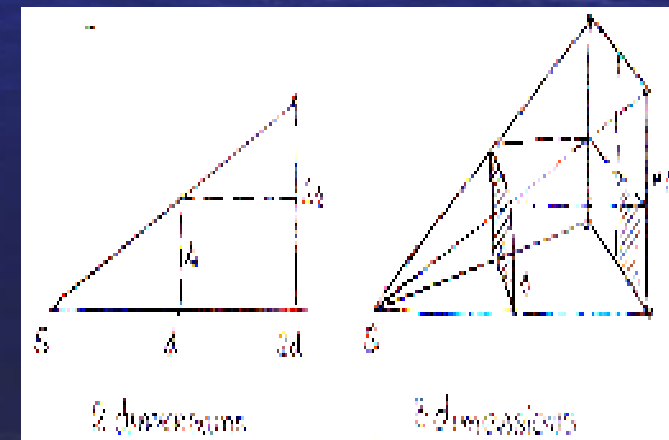
- 3 lois: fondements de la mécanique.

- Gravitation universelle.

- Dualité sur la lumière:

- Corpuscules (Newton)

- Onde (Huygens).



La science contemporaine



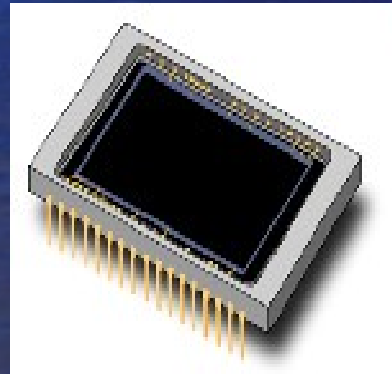
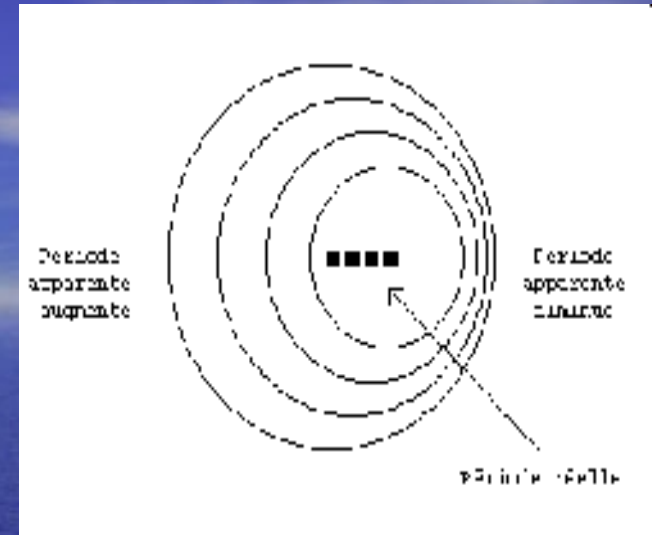
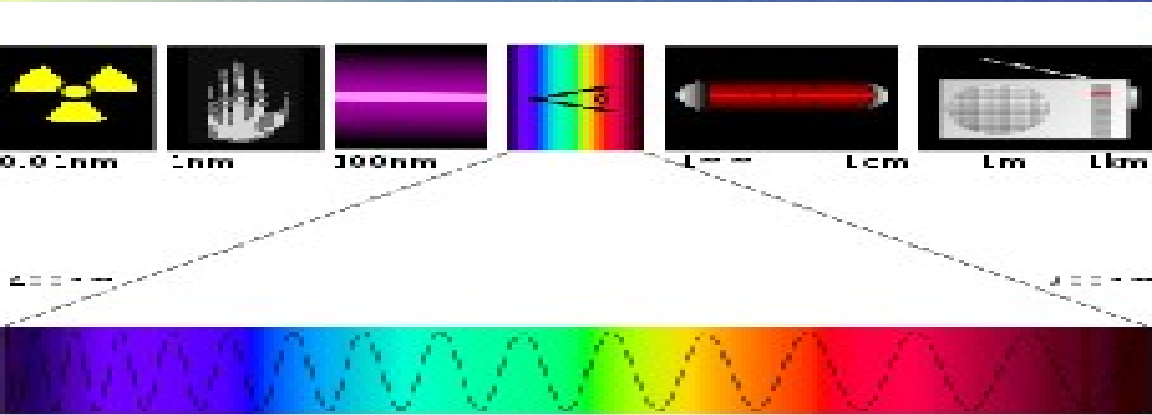
- **Darwin**: Évolution des espèces. Sélection naturelle.
- **Maxwell**: Unifie optique/électricité/magnétisme.
- **Einstein**: nouveaux horizons avec **l'espace-temps**.
Matière-énergie/Courbure/géodésiques/. (relativité générale)
- **Bohr** et d'autres: bases de la quantique (particules).
Modèle Standard des particules.
- **Lemaître et Hubble**: expansion de l'univers.
- L'univers a une histoire. (Big-Bang)

Science & technique

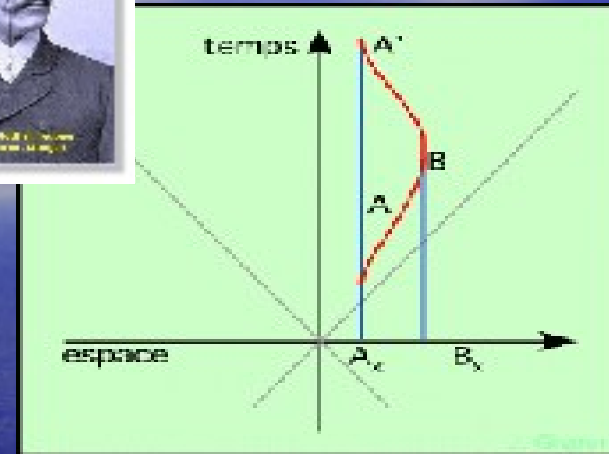
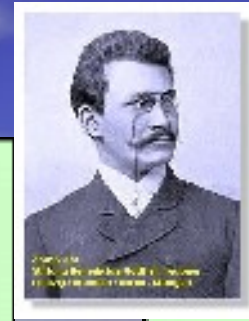
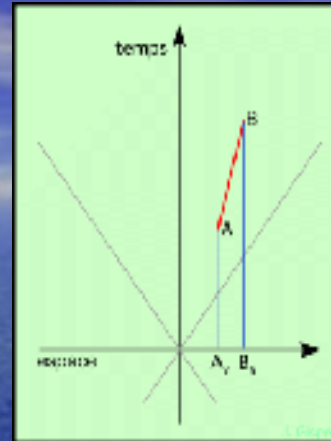
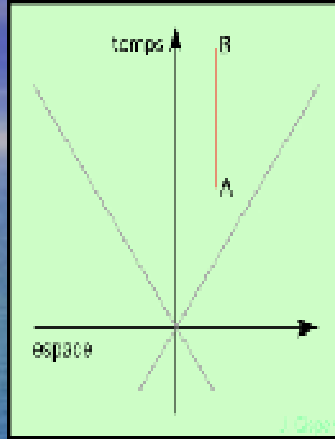
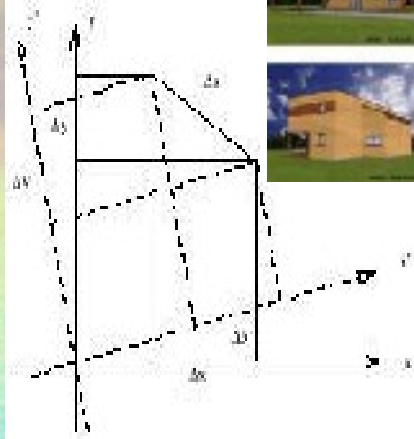
spectre des ondes électromagnétiques

Effet Doppler-Fizeau

télescopes/Radiotélescope/CCD



Espace- temps relativiste.



ESPACE EUCLIDIEN (plan)

Quelque soit le référentiel

la distance entre 2 points ds est
une grandeur invariante:

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 = \text{Constante} > 0$$

Tout changement de référentiel correspond à une transformation d'une grandeur spatiale dx en une autre grandeur spatiale dy

effet de perspective statique

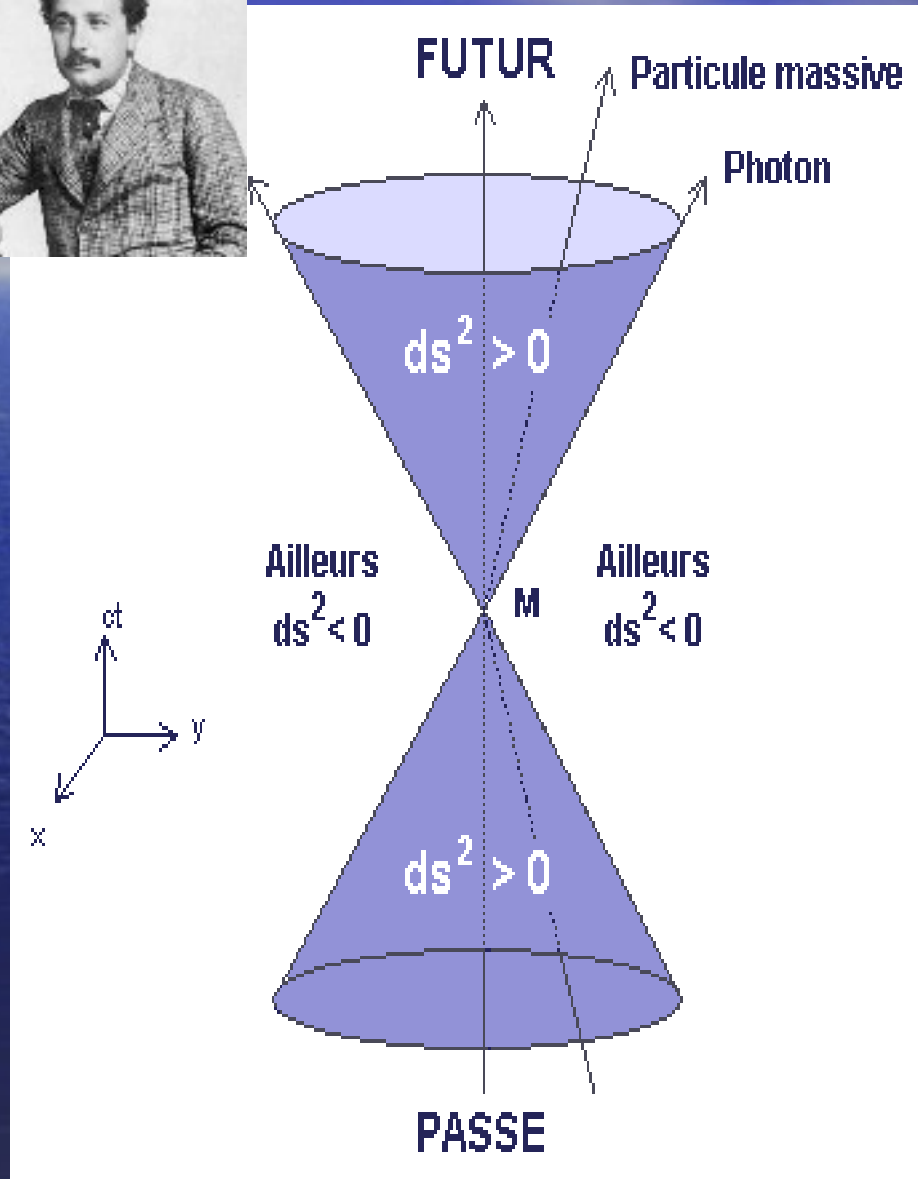
• ESPACE-TEMPS (Minkowski-1908)

- L'Invariant relativiste devient:
- $ds^2 = dx^2 - c^2 dt^2 = \text{Constante} > 0;$
 < 0 ou $= 0!!!$
- Y correspond une distance spatio-temporelle ou temps propre.
- $ds = 0 \rightarrow dx = c dt$ ou $c = dx/dt =$ pente limite
- Tout déplacement correspond à une conversion d'espace dx en temps dt
- **effet de perspective dynamique**

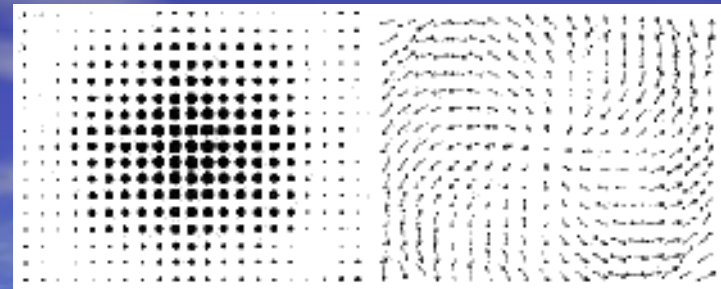
Cônes de lumière

Lignes d'univers

- À chaque événement E est associé un cône de lumière. Il définit son passé et futur accessibles de E .
- La ligne d'univers est la trace dans l'ET de l'évolution de E .
- La ligne d'univers d'un photon est confondue avec la génératrice du cône.
- La distance spatio-temporelle ou temps propre du photon est nulle
- $ds^2 = dx^2 - c^2 dt^2 = 0$ car $c = dx/dt$.
-
- $ds > 0$ $dx > cdt$ = pas de causalité
- $ds < 0$ $dx < cdt$ = causalité



Gravitation



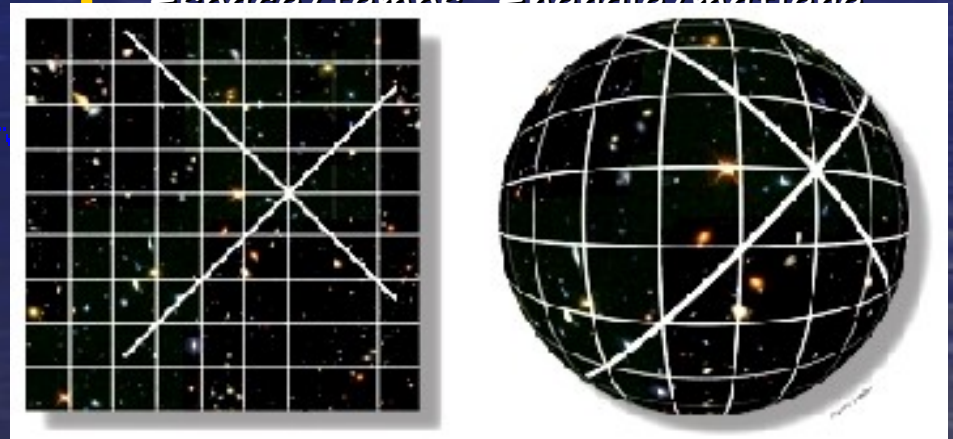
- MECANIQUE CLASSIQUE
- Concept de force.
- La force à distance entre 2 masses permet d'interpréter et de prédire de nombreux phénomènes. (déterminisme)



- MECANIQUE RELATIVISTE:
- Concept de champ.(scal/vect)
- La matière/énergie courbe l'espace-temps qui en retour lui dicte les trajectoire

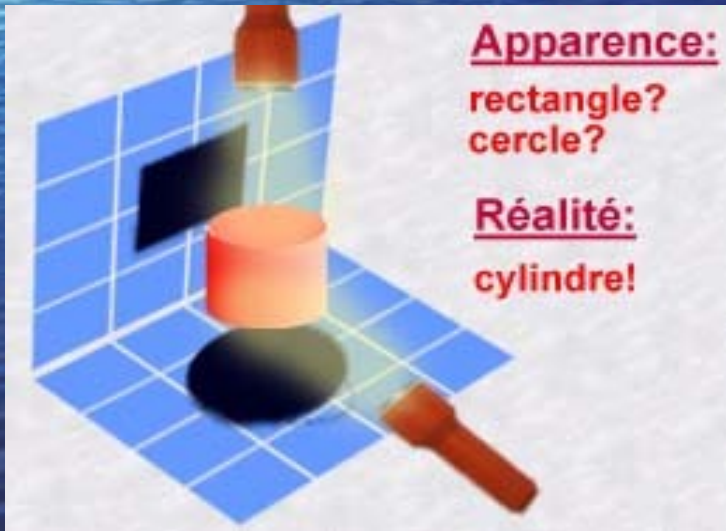
$$R_{ij} - \frac{1}{2}g_{ij} \cdot R = \chi T_{ij}$$

- Unification de 4 concepts
- Espace/temps Énergie/matière



Physique quantique: concerne l'infiniment petit.

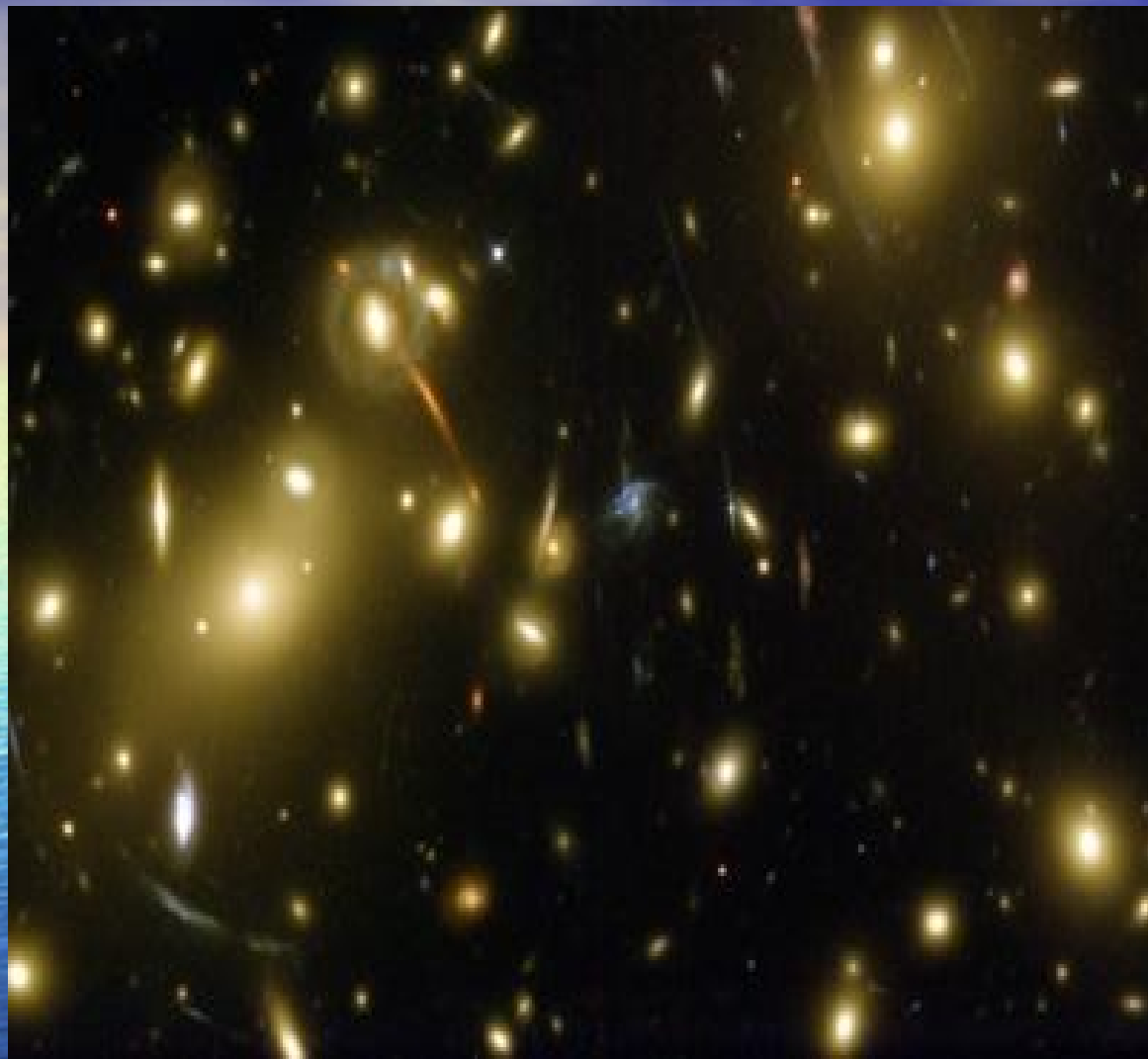
- Les particules y sont décrites comme des ondes ou (et) des corpuscules.
- Indéterminisme & probabilités font partie de la description des phénomènes.



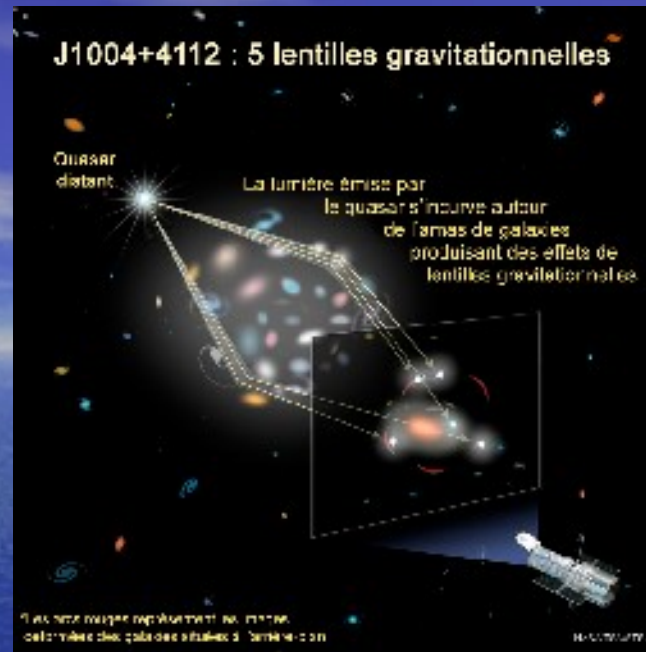
4 interactions sont décrites dans le **modèle standard**

- inter électromagnétique (photon)
- inter faible ($W^+/W^-/Z$)
- inter forte (gluons)

<u>TROIS FAMILLES DE MATIÈRE</u>			
QUARKS	u up	c charme	t top
	d down	s strange	b bottom
LEPTONS	ν_e neutrino	ν_μ neutrino	ν_τ neutrino
	e électron	μ muon	τ tau



L'univers : âge
13,7Ma



100 milliards de
galaxies
groupées dans des
amas de galaxies qui
sont les constituants
de l'univers

Exemple de simulation.

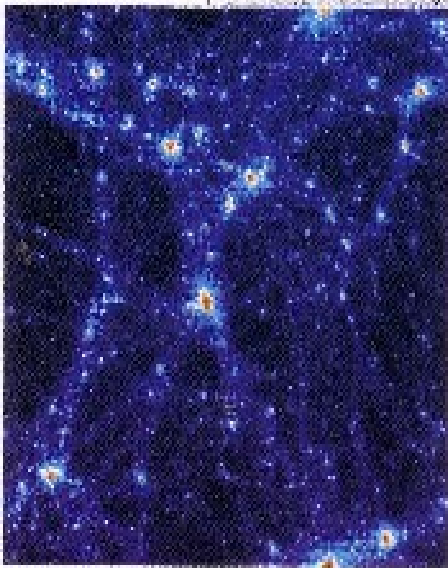
Dans une boîte de
150 Mpc de côté.

$$1 \text{UA} = 1,5 \times 10^{11} \text{m}$$

$$1 \text{pc} = 3 \times 10^{16} \text{m}$$

$$1 \text{Mpc} = 3 \times 10^{22} \text{m}$$

Mise en évidence d'une
structure filamenteuse
où le rôle de la matière
noire se manifeste aux
nœuds des réseaux.



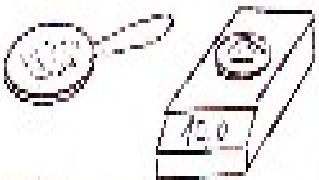

Dans chaque galaxie, 100 milliards d'étoiles, de soleils.
Autour, des systèmes planétaires très divers (exoplanètes)
Soit environ 10 puissance 22 étoiles dans l'univers
10.000 000 000 000 000 000 000 étoiles.....



Faire parler les nombres

- On estime à 100 milliards les nombres moyen d'étoiles par galaxies.
- On estime à 100 milliards le nombre de galaxies dans l'univers
- Il y a donc 100 milliards de milliards d'étoiles dans l'univers.
- Comment imaginer un tel nombre sinon en imaginant que chaque étoile soit représentée par un grain de sable et de calculer l'épaisseur de la couche de sable recouvrant la surface entière de la planète Terre!!!
- Avez-vous une idée du résultat?

HISTOIRE DE NOMBRES

CONSTRUCTION d'un MODELE	REALITE
<p>Contenu : Grains de sable Contenant : Petite cuillère</p>  <p>$N = 100$ grains $m = 10 \text{ g} = 0,01 \text{ kg} = 10^{-2} \text{ kg}$</p>	<p>contenu : Etoiles Contenant : Univers</p>  <p>$N = 10^2 \times 10^8 = 10^{10}$ $N = ?$</p>

RELATION ENTRE MODELE ET REALITE.

Dans l'hypothèse où 1 étoile est représentée par 1 grain de sable.

FACTEUR D'ECHELE

$$\frac{n}{N} = \frac{m}{M} = \frac{10^{-2}}{10^{24}} = 10^{-26}$$

Construire un modèle

RELATION ENTRE MODÈLE ET RÉALITÉ.

Dans l'hypothèse où 1 étoile est représentée par 1 grain de sable.

FACTEUR D'ECHELLE.

$$\frac{N}{n} = \frac{M}{m} = \frac{10^{22}}{10^{15}} = 10^7$$

Masse de l'équivalent grains de sable
Correspondant au nombre d'étoiles dans l'Univers :

$$M = 10^{22} m = 10^{22} \times 10^{-7} = 10^{15} \text{ kg}$$

On déduit l'épaisseur d'une couche de grains de sable
Recouvrant l'ensemble de la surface de Terre

(Surface d'une sphère $S = 4\pi R^2$ avec :

$$R = 6400 \text{ km} = 6,4 \cdot 10^3 \text{ km} = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$R^2 = 6,4^2 \times (10^6)^2 = 40 \cdot 10^{12} = 4 \cdot 10^{13} \text{ m}^2$$

$$M = \rho V = \rho S e \Rightarrow e = \frac{M}{\rho S} = \frac{10^{15}}{3 \cdot 10^{21} \times 4 \cdot 10^{13}} = \frac{10^{-7}}{12 \cdot 4 \pi} = 0,6 \text{ cm} = 60 \text{ cm}$$

- Le facteur d'échelle permet de passer du modèle (cuillère) au réel (Univers)
- La masse de grains correspondant à un nbre de grains égal au nbre d'étoiles est 10^{20} fois plus grande que celle du modèle.
- De la masse on déduit le volume.
- du volume l'épaisseur de la couche de grains de sable recouvrant l'ensemble de la surface de Terre.
- On interprète ensuite le résultat qui laisse quelques traces...
- Dans un verre d'eau il y a 100 fois plus de molécules d'eau que d'étoiles dans l'Univers.....

Ces galaxies sont des regroupement d'étoiles autour d'un trou noir central plus ou moins actif.
Leur interaction conditionne la morphologie et la taille.



Les nébuleuses



- Dans la Galaxie on trouve, outre les étoiles, des nuages de gaz
- et de matière interstellaire résultant de l'évolution des étoiles et de leur fin explosive (novae ou supernovae)

- Les nébuleuses diffuses

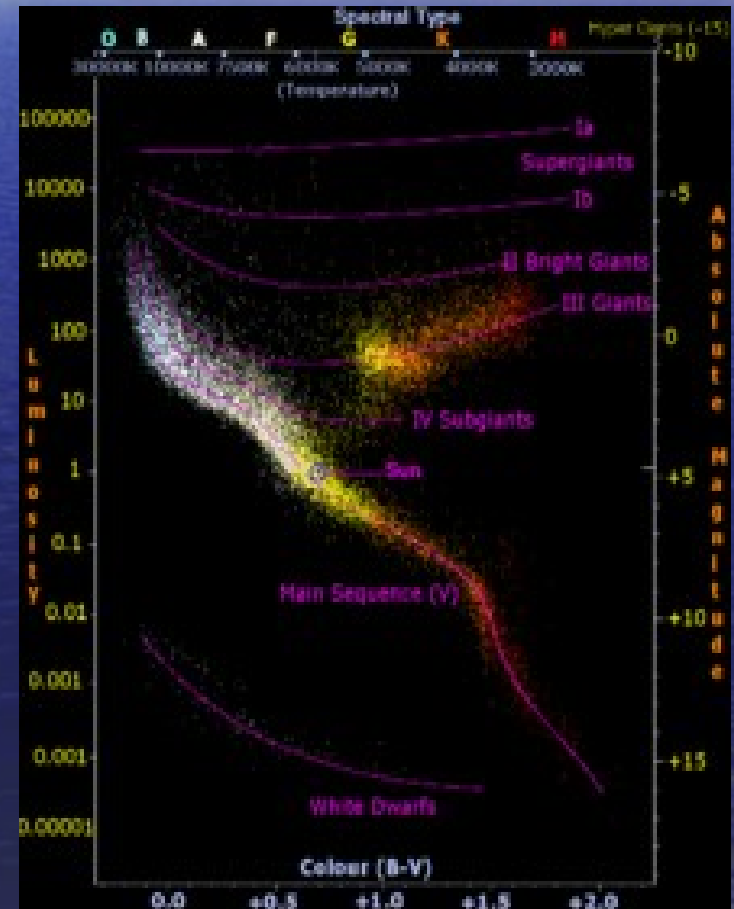
résultent de l'interaction entre le gaz ou la matière interstellaire, et le rayonnement des étoiles proches.

- Les nébuleuses obscures ne subissent pas cette ionisation.



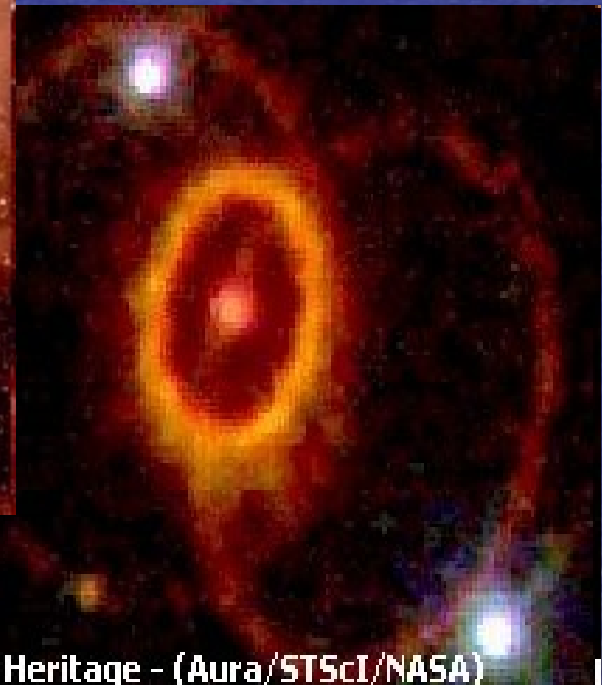
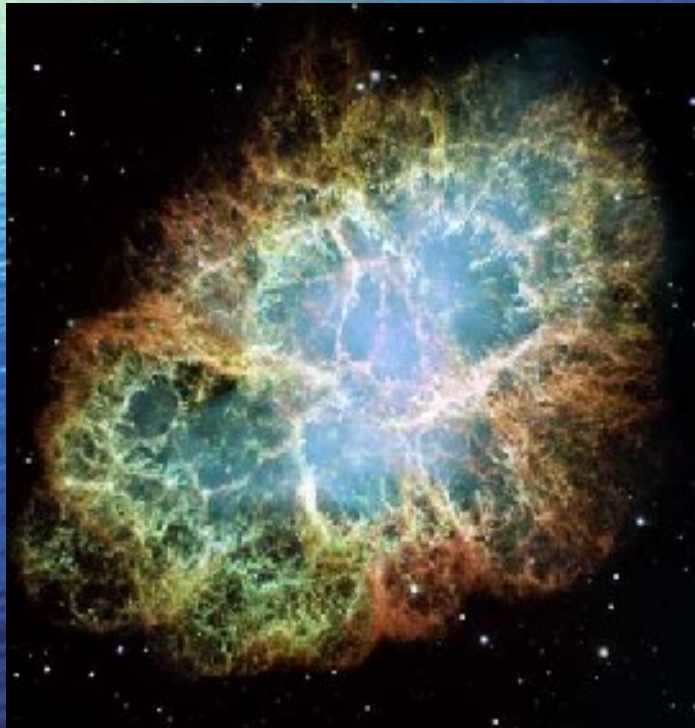
L'amas ouvert des Pleiades (M45) est un exemple d'étoiles jeunes.(250 étoiles). Elles sont encore entourées de leur nébuleuse primitive. Distance 520 années lumière.

Le diagramme de Hertzsprung-Russel permet de suivre leur évolution.



Au cœur de la nébuleuse du Crabe (M1) un pulsar ou étoile à neutrons .
L'environnement de l'étoile est enrichi en éléments chimiques plus lourds.

SN1987.A (Nuages de Magellan) à 170.000AL. Une supernovae explose
(23/02/87), fin de vie d'une étoile massive. L'onde de choc créée, est à l'origine
de la formation de nouvelles étoiles.



La technologie moderne permet de mieux comprendre les mécanismes en jeu dans ces nébuleuse et d'assister à la naissance d'étoiles. Le Télescope spatial Hubble (HST) détaille la **nébuleuse M16 (Aigle)**

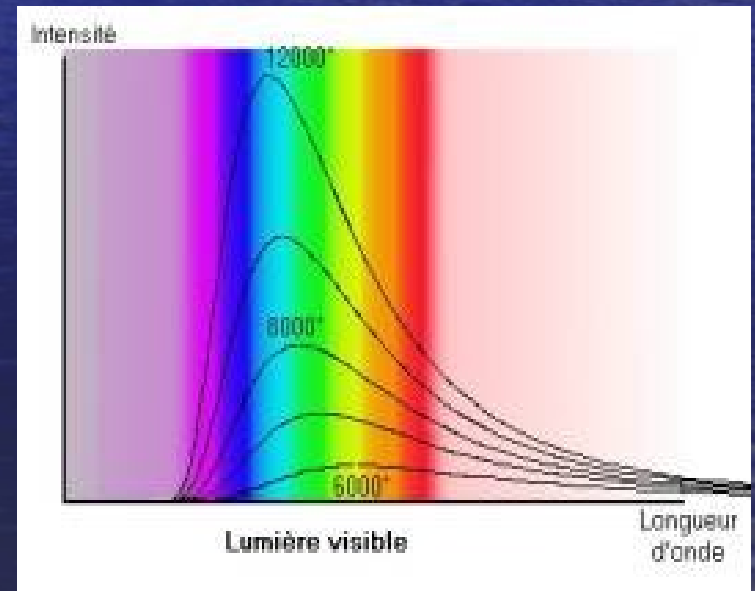
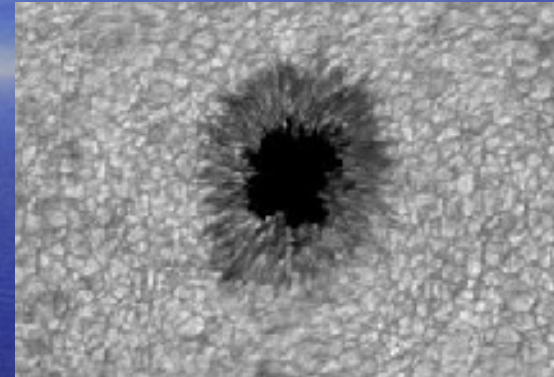
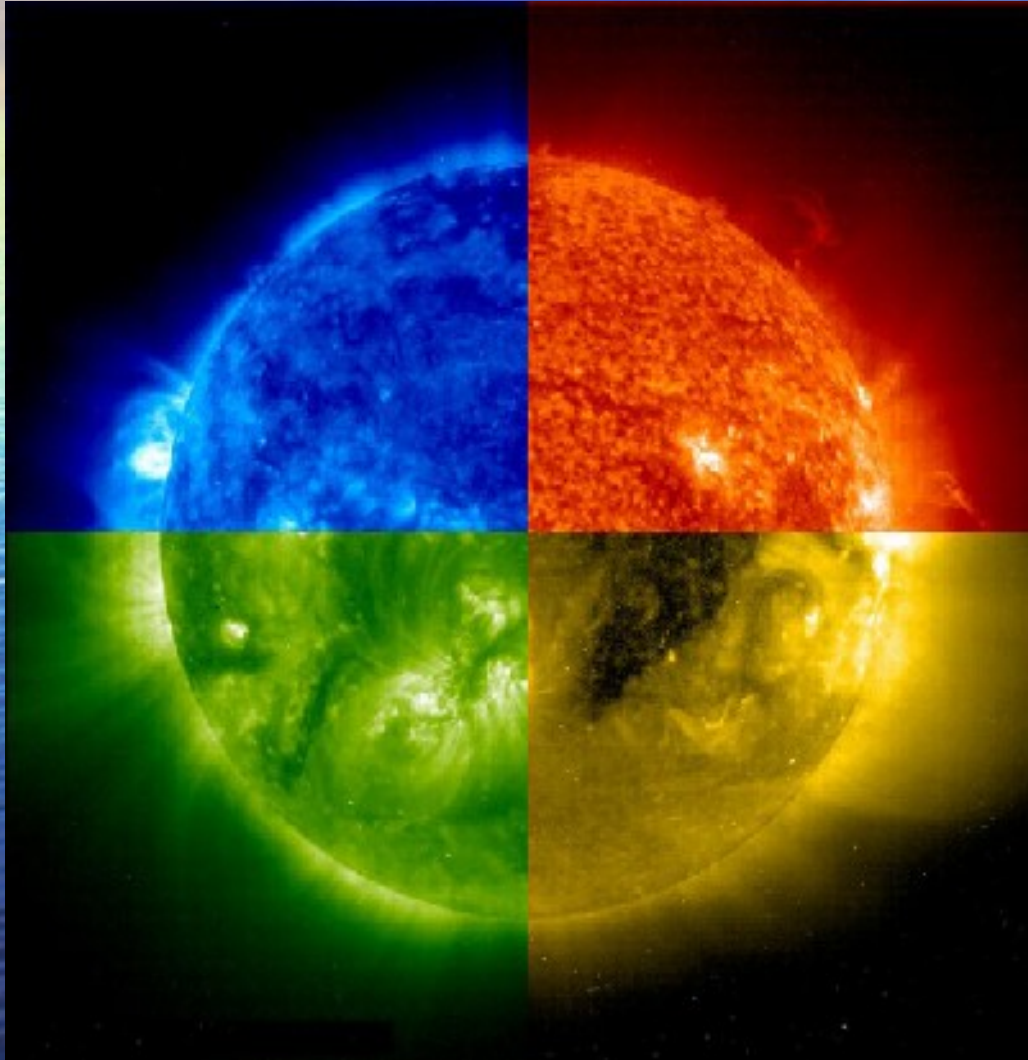


L'étoile Soleil dans 4 domaines de longueur d'onde-(SOHO-L1)

Diamètre: 1,5 millions km ($1,5 \cdot 10^6$ km) = 5s lumière.

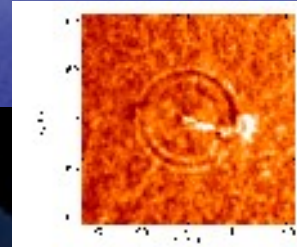
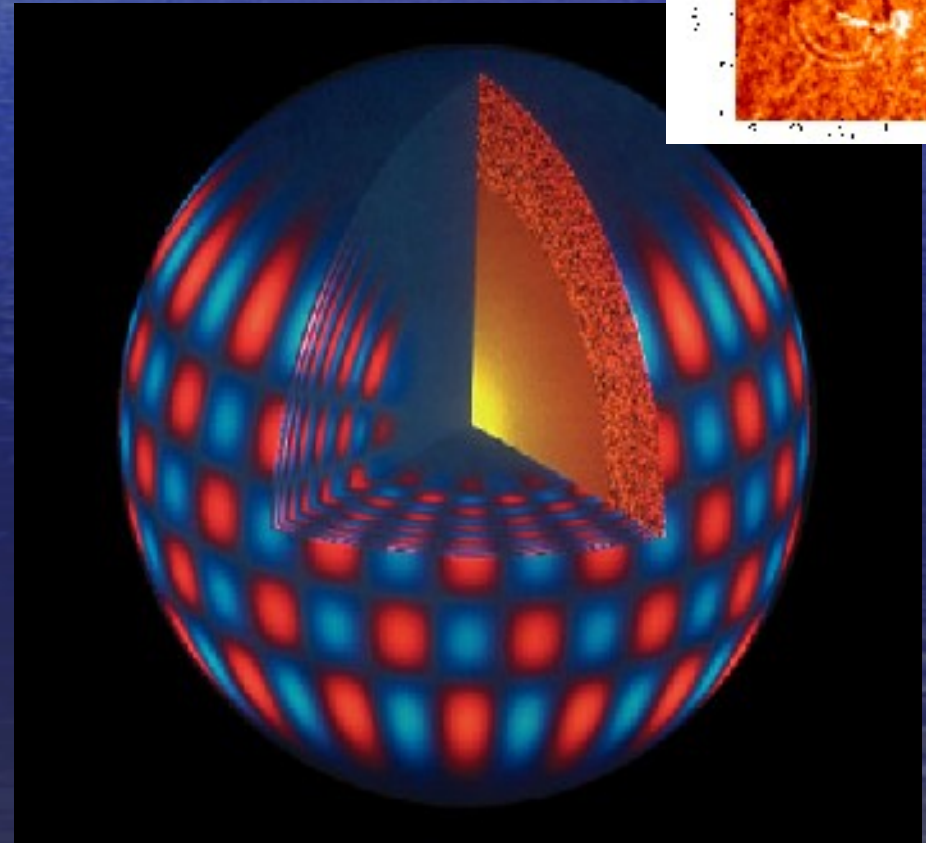
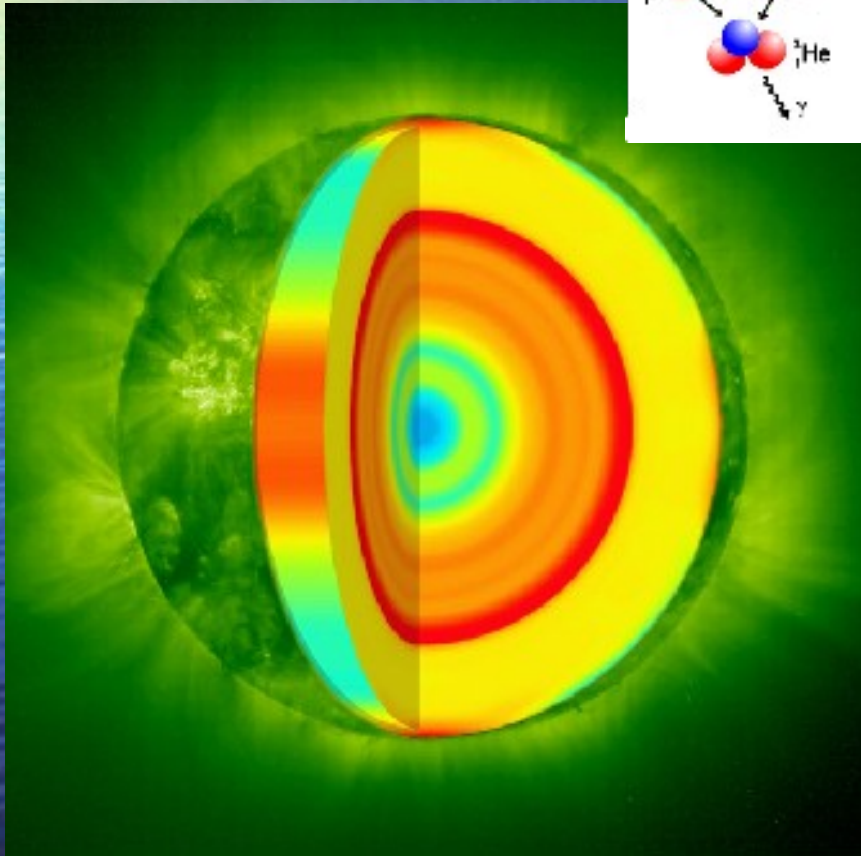
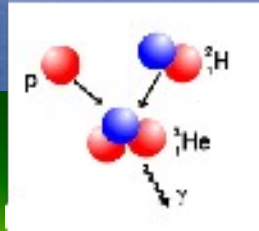
Distance à la Terre = 150 millions de km = 1UA = unité astronomie. 8min lumière

$1D(S) = 110 D(T)$ - $M(S) = 2 \cdot 10^30$ kg



Pression de radiation et gravitation conditionnent l'équilibre hydrostatique de l'étoile. L'énergie est évacuée jusqu'à la surface (photosphère) par rayonnement et convection. Un grain de lumière (photon) met plusieurs millions d'années pour atteindre cette surface.

L'Héliosismologie étudie les vibrations acoustiques du soleil.

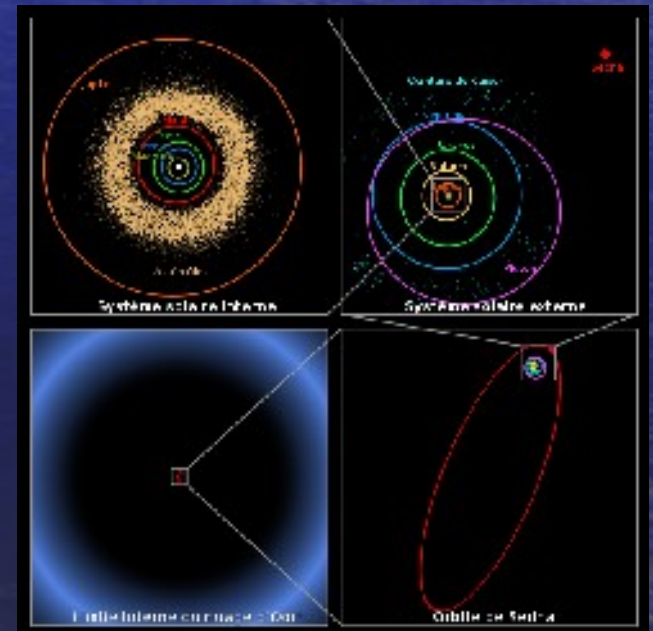
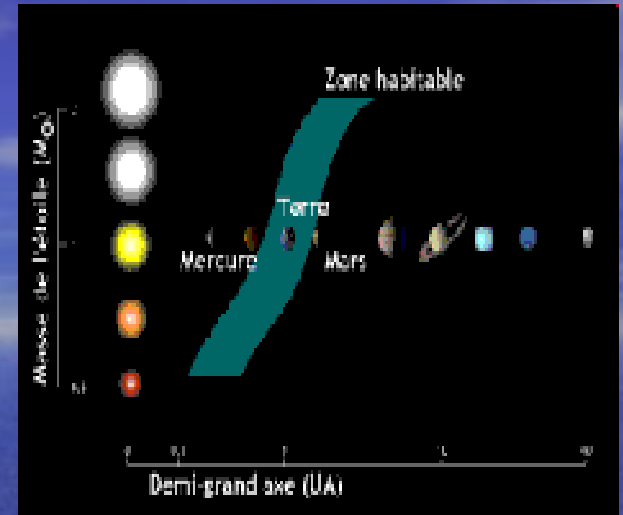


Les planètes

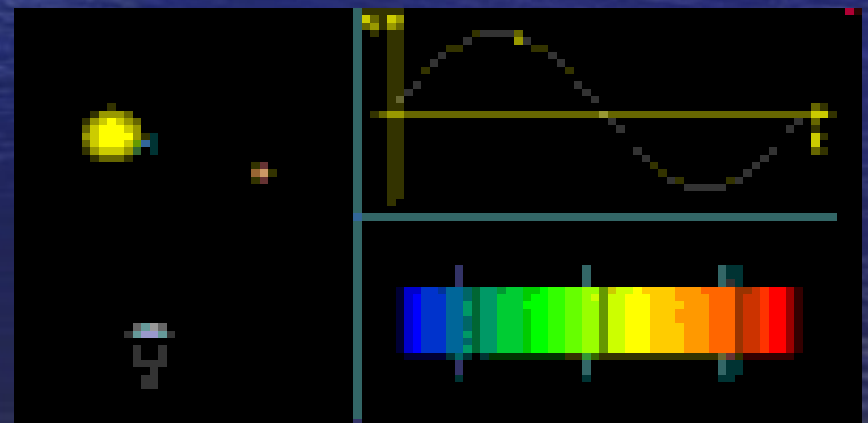
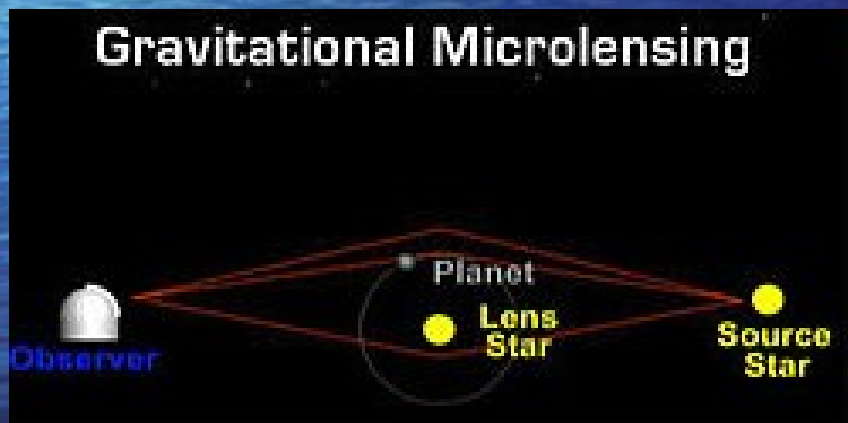
Les planètes telluriques



Les planètes gazeuses



Exoplanètes



Planète « habitable »



Une équipe franco-helvético-portugaise a découvert une quatrième planète autour de la Naine rouge Gliese 581, située à vingt années-lumière : sa masse de seulement deux fois celle de la Terre en fait l'exoplanète la moins massive connue à ce jour ! De plus, ces nouvelles mesures, réalisées grâce au spectrographe HARPS du télescope de l'ESO au Chili, ont précisé l'orbite des trois autres planètes. Ils placent ainsi désormais Gliese 581d, découverte en 2007 et de 7 masses terrestres, juste à l'intérieur de la zone dite habitable, c'est-à-dire où les conditions autorisent la présence d'eau liquide. Cette zone habitable apparaît en bleu sur cette figure, où les planètes du système solaire (en haut) et celle du système de Gliese 581 (en bas) sont représentées selon leur distance à leur étoile.

☉ M. Mayor et al., à paraître dans A&A.

A ce jour 700 exoplanètes sont observées.

Compte tenu des moyens d'observation seules les plus grosses planètes sont détectables.

Retenir c'est la très grande diversité des systèmes planétaires autour des étoiles.

La mise en évidence de la vie est conditionnée par l'atmosphère et la présence d'eau....

Problèmes actuels contenu de l'Univers

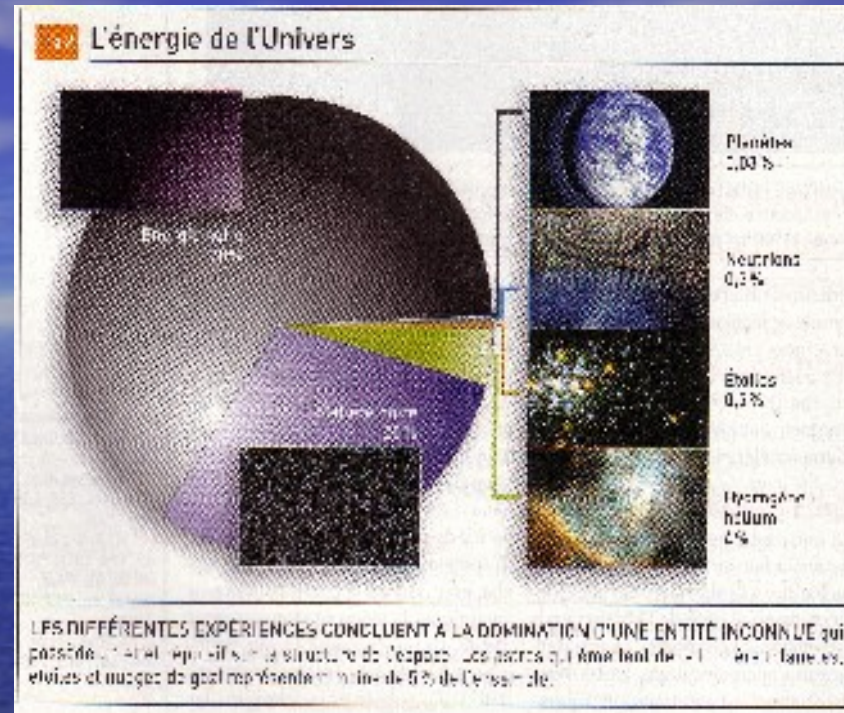
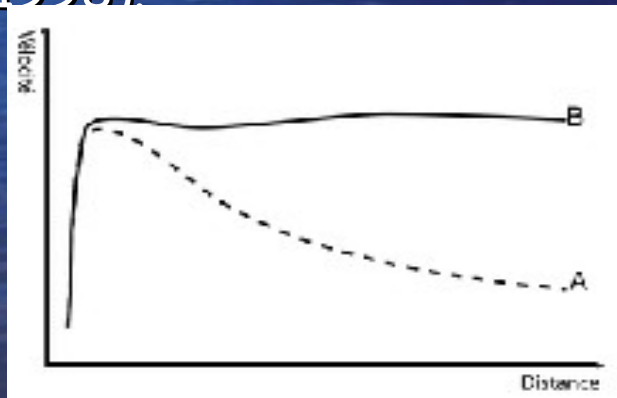
La MATIERE NOIRE

mesurable par ses effets
gravitationnels.

constituée de matière différente
et inconnue.

L'ENERGIE SOMBRE:

liée à l'expansion accélérée de
l'Univers (1998).



La science brise quelques miroirs et ouvre des fenêtres:

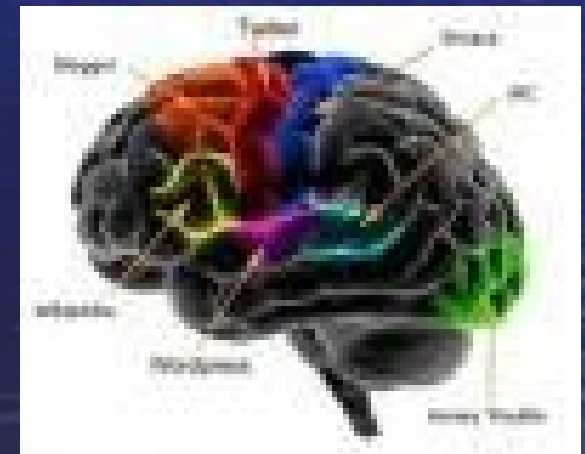
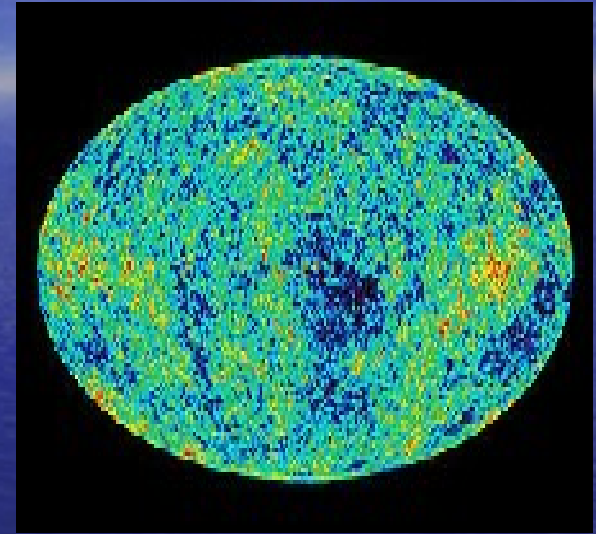
1- Nous ne sommes pas au centre de la création, seulement poussières d'étoile.

2- Même matière pour tous. Et cette matière ne représente 1 à 2% de l'ensemble du contenu matière/énergie de l'univers.

3- L'univers a une histoire, il est structuré à toutes les échelles et la démarche scientifique est la plus efficace pour l'interpréter .

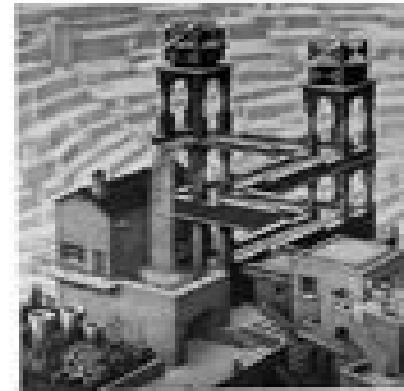
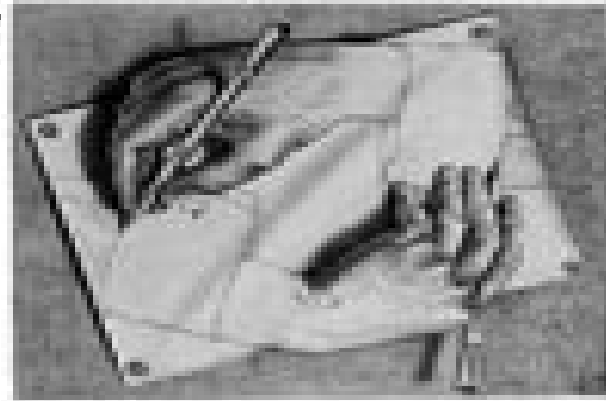
4- Nous sommes certainement là par hasard, de façon contingente, conséquence des propriétés de l'Univers, sans pour autant en constituer la finalité.

5- Neurosciences et sciences cognitives décrivent les mécanismes physico-chimiques du cerveau qui construisent les modèles de la réalité. (tep)



Il se peut aussi que l'univers soit construit sur un plan dont la symétrie profonde est, en quelque sorte, présente dans l'intime structure de notre esprit.
(Paul Valéry/Variétés/ Au sujet d'Euréka)

Regardez bien et je vous montrerai quelque chose que vous croyez impossible
Maurits Cornélis Escher.





Merci
pour votre attention.

Ces supernovae qui nous font poussière d'étoiles

