

IMAGINER ET COMPRENDRE NOTRE UNIVERS



Des mythes aux modèles ou la recherche d'une représentation du Monde

IMAGINER ET COMPRENDRE NOTRE UNIVERS

Des mythes aux modèles ou la recherche d'une représentation du Monde

1. Les représentations symboliques

1.1 Les mythes ou l'imaginaire de l'Homme

1.2 Les premières observations précises

2. Les représentations élaborées par la raison

2.1 La naissance d'une science

2.2 Une nouvelle vision de l'Univers



3. Les représentations actuelles par modélisation

3.1 Un Univers immense et en expansion

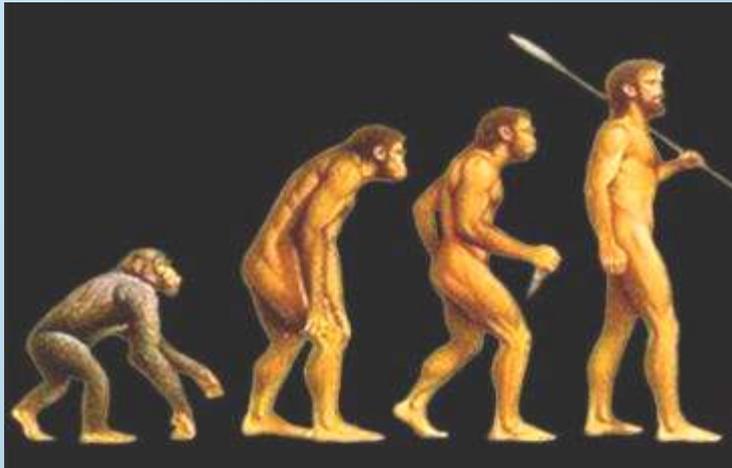
3.2 Un Univers mystérieux et de nouvelles questions

1. Les représentations symboliques du Monde

1.1 Les mythes ou l'imaginaire de l'Homme



Les premiers hommes



Il devait ressentir :
 La fascination, l'émerveillement
 La curiosité, la peur



Les récits cosmogoniques traditionnels décrivent les origines du Monde
 Ces mythes nous offrent une vision intuitive et symbolique de la création
 Des figures idéales et des modèles intemporels sont toujours présents...



L'Homme s'est tourné
 vers le ciel il y a
 6 millions d'années



Le chaos primordial

Une entité renfermant l'ensemble des éléments à venir, mais mélangés



Des luttes et sacrifices

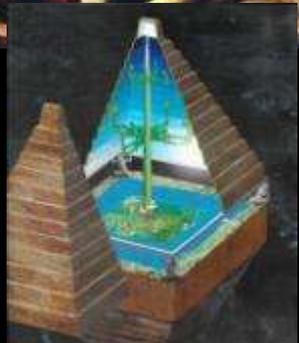
Des combats de dieux, de héros, de géants et autres êtres extraordinaires



L'arbre, l'arc en ciel

Une plante divine, sacrée joue un rôle central

L'arc en ciel est un passage, pont entre ciel et terre



L'œuf cosmique

Un germe contenant l'Univers en puissance

Symbolise la possibilité de renaissance du monde



L'eau

Symbole de vie et de pureté, intervient comme élément primordial ou rénovateur

La peur domine les idées sur l'Univers :

Peur des phénomènes spectaculaires (éclipses, comètes...)

Craintes des changements (aspects de la Lune, du Soleil)

L'Univers est créé, organisé, détruit par des puissances, des Dieux

La raison ne peut rien expliquer, ce sont les prêtres qui transmettent les explications divines à l'Homme.

La nécessité de repérer et prévoir la position des astres apparaît très tôt

Pour rechercher dans le ciel des signes (des ordres) envoyés par les Dieux

astrologie

Évènements terrestres
présents passés futurs



Configuration du ciel
Phénomènes célestes

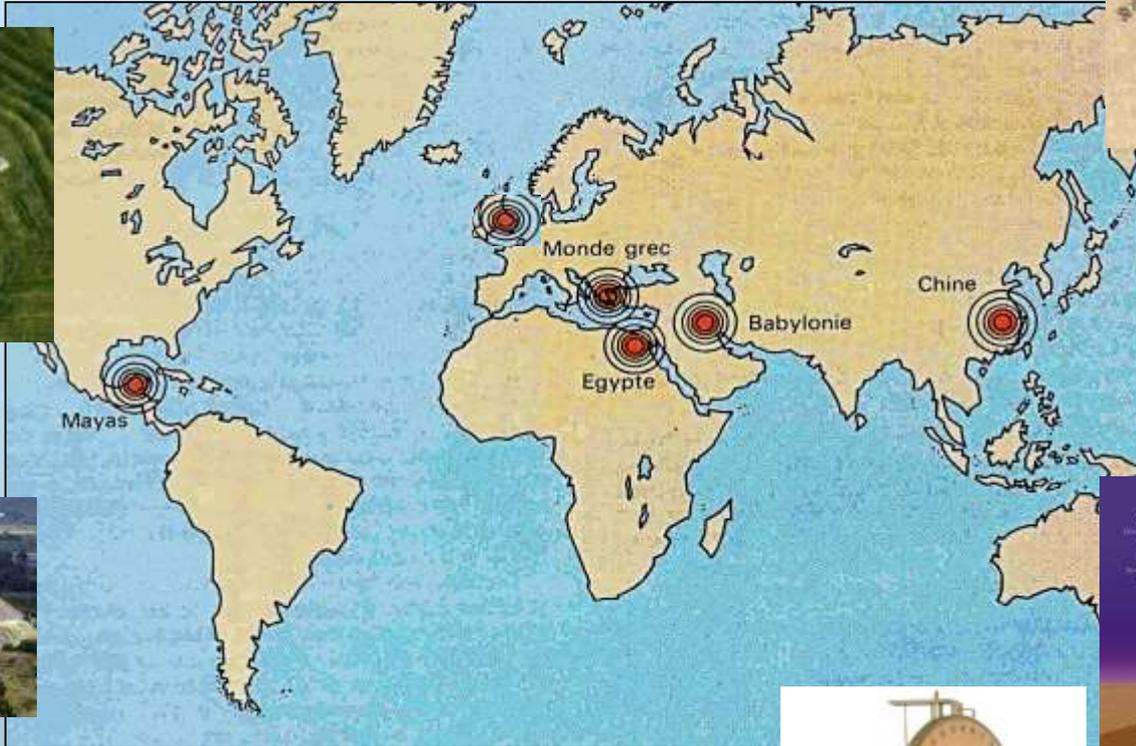
Son origine remonte à plus de 5000 ans
en Mésopotamie et en Chine



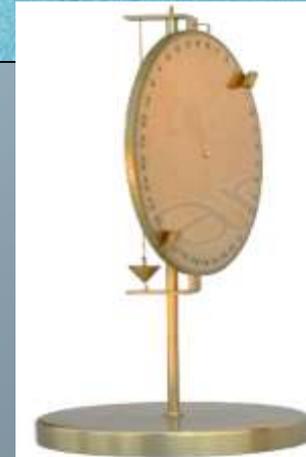
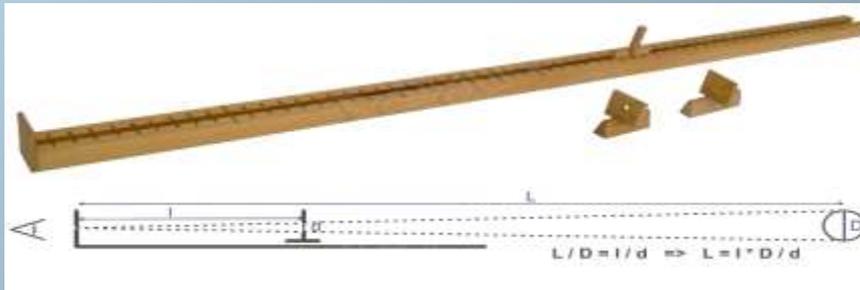
1.2 Les premières observations précises



Les premiers lieux :



Les premiers instruments :



- | | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Les représentations symboliques | 1.1 Les mythes | 1.2 Les premières observations |
| 2. Les représentations raisonnées | 2.1 La naissance d'une science | 2.2 Une nouvelle vision de l'Univers |
| 3. Les représentations actuelles | 3.1 Un Univers immense en expansion | 3.2 Un Univers mystérieux |



Les observations sur de longues périodes des Babyloniens

L'écriture

De la préhistoire  à l'histoire
vers 3400 ans avant JC



Repérage des constellations : 12 du zodiaque

Périodicité du Soleil, de la Lune : calendriers
Mouvements des 5 planètes

Les Babyloniens ont découvert des cycles précis :
Durée du mois lunaire (erreur de 1s)
Durée de l'année (erreur de 4 mn)
**Le cycle de Saros, la répétition des éclipses :
18 ans et 11,5 jours**

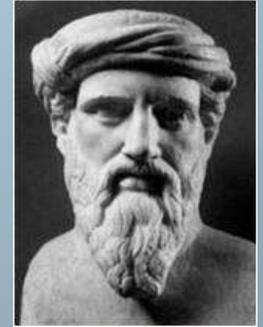
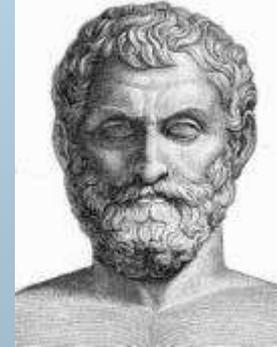
**Les mythes expliquent la création de l'Univers
Des observations précises sur de longues périodes
pour des calendriers ou des prévisions astrologiques
Mais aucune tentative d'explication de ces phénomènes
Le ciel, est le domaine des divinités**



2. Les représentations élaborées par la raison

2.1 La naissance d'une science

☀ Vers le 7^{ème} siècle av JC les philosophes grecs abandonnent les mythes et la poésie pour s'orienter vers une vision raisonnée du Monde, Avec les mathématiques comme outil



- 600 :

Thalès

Etablit une première carte du monde connu

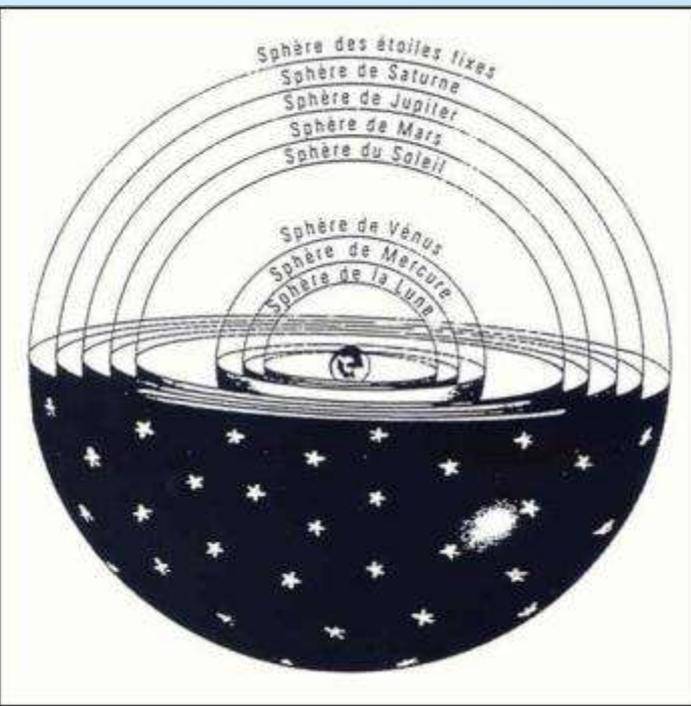
Voyage à Babylone et en Egypte

Reprend l'astronomie des Babyloniens

L'eau est le principe explicatif de tout

La Terre est un disque flottant sur l'eau

et le Ciel une voûte limitant l'Univers

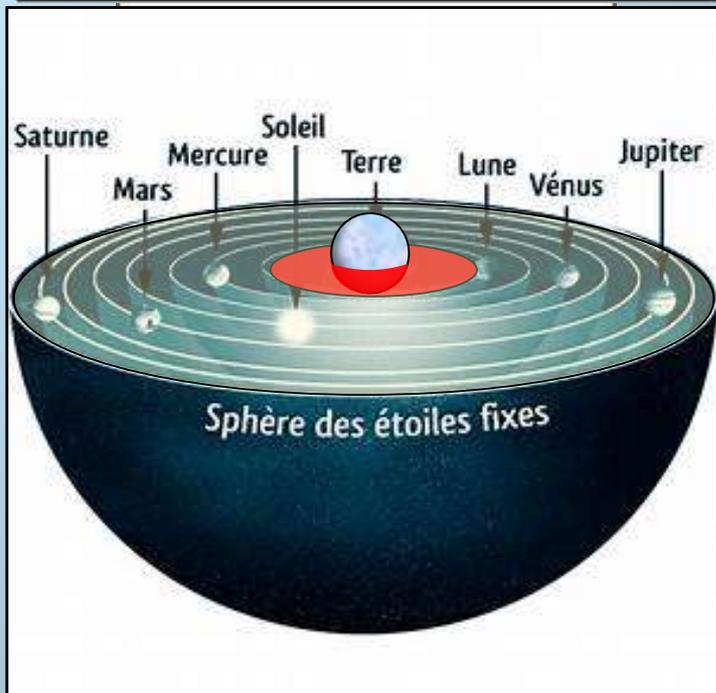


- 500 : Pythagore

**Les mathématiques expliquent tout
La Terre est sphérique au centre de l'Univers**

Autour d'elle tournent des sphères concentriques portant les 7 astres : Soleil, Lune, Mercure, Venus, Mars, Jupiter, Saturne et la sphère des étoiles fixes

L'harmonie du monde repose sur des rapports numériques fixes entre les sept notes de la gamme, et les sept astres connus : "l'harmonie des sphères"



- 400 : Platon Elève de Socrate

- 350 : Aristote Elève de Platon

Sépare le monde terrestre, sublunaire, changeant et le monde céleste, supra lunaire, parfait et éternel

- 200 : Aristarque de Samos

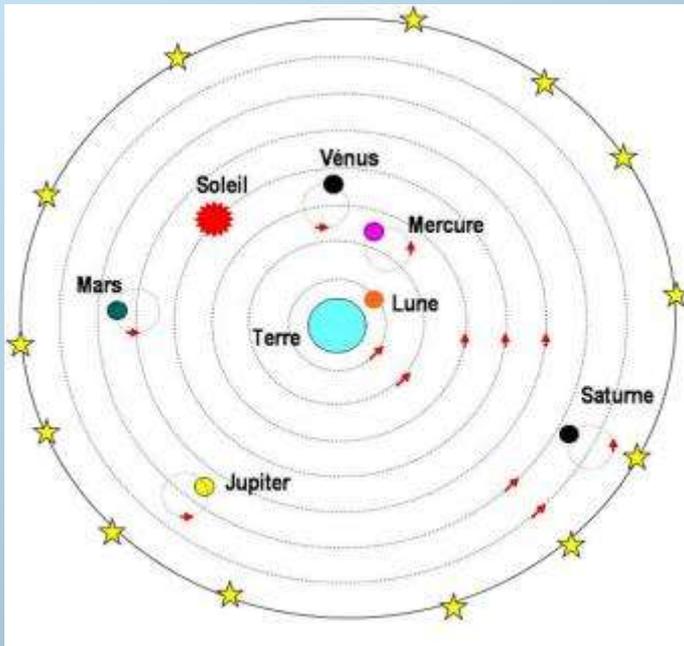
**Le premier à proposer un Univers héliocentrique :
Le Soleil plus gros et plus lourd est donc au centre**



+ 100 : Ptolémée

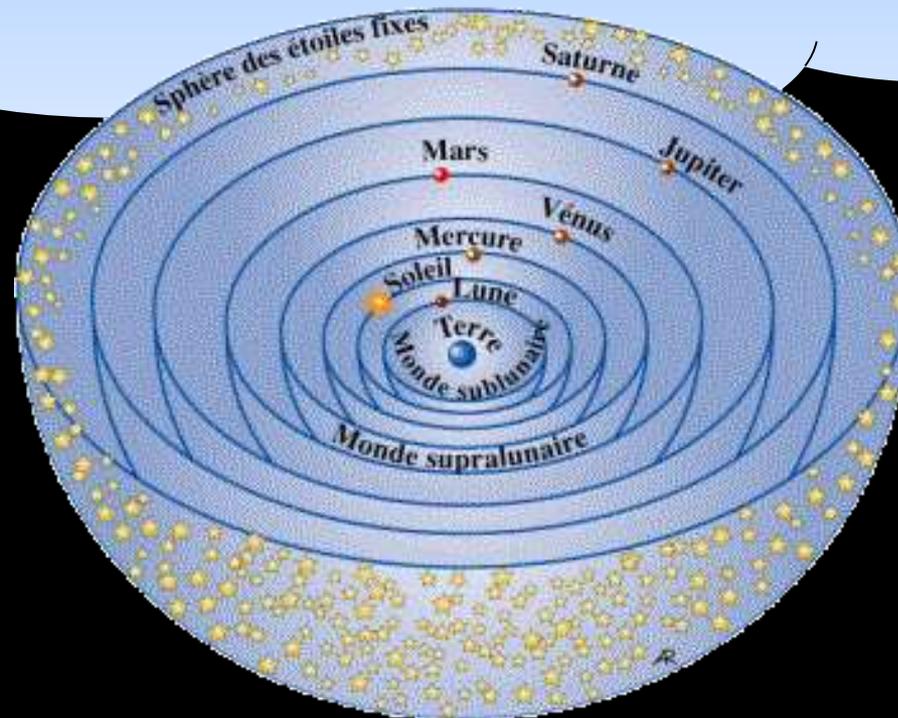
Il établit un catalogue de 1000 étoiles
Son traité d'astronomie : « L'almageste »
représente toute la connaissance dans ce
domaine au début de notre ère

Il adopte le système de représentation
d'Aristote et le complexifie pour être plus
proche des observations des mouvements,
pour faire des prédictions précises



Mais ce système est en désaccord avec la réalité
Il n'explique pas les variations de luminosité
Il n'explique pas le mouvement rétrograde
des astres errants (planètes)

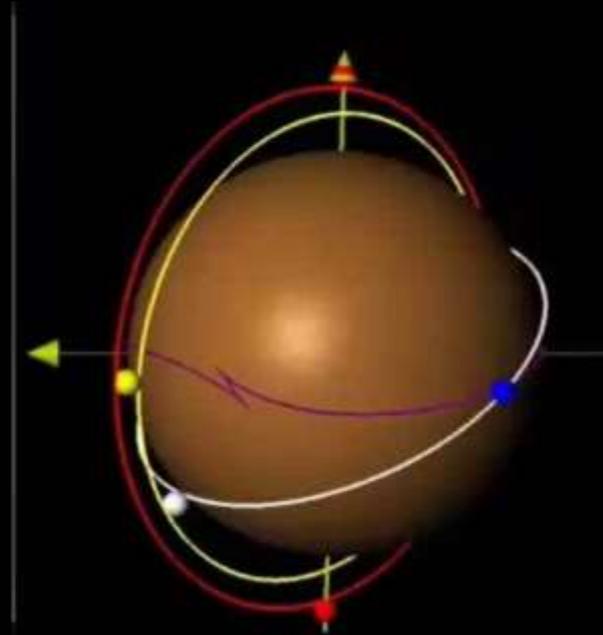
La Terre est au centre du Monde, immobile
Les sept astres sont portés par des sphères matérielles
Les mouvements sont circulaires uniformes entraînés par
80 sphères emboîtées, les étoiles sont toutes sur une sphère extérieure
L'Univers est divisé en deux parties : le supra lunaire et le sublunaire



Les systèmes imaginés pour sauver les apparences :

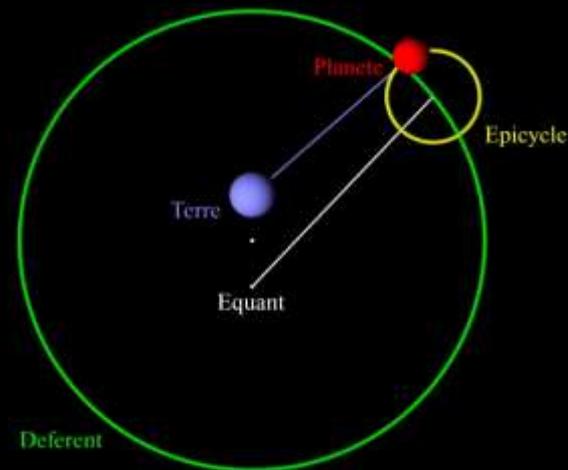
Des sphères homocentriques

27 pour Eudoxe
56 pour Aristote



Des cercles et épicycles

80 pour Ptolémée



0

500

1000

1500

2000

Pythagore

Platon

Aristote

Ptolémée



La période médiévale

Déclin de la culture grecque

Destruction de la bibliothèque d'Alexandrie

Toute puissance de l'église en Occident

L'apport de la Chine : cartographie, relevés d'éclipses, de comètes

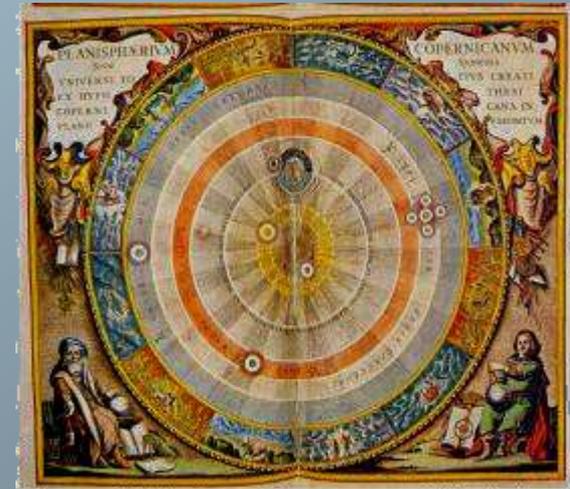
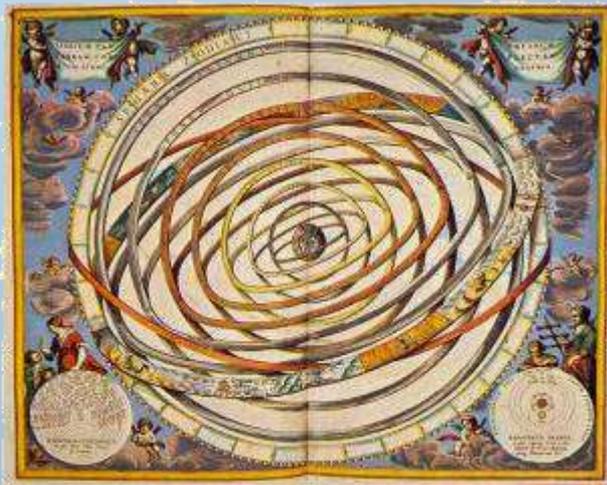
L'apport de l'Inde (Aryabhata) : système héliocentrique

L'apport de l'Islam (Al Farghani) : reprise critique et transmission de l'almageste, catalogue d'étoiles

C.Colomb

L.de Vincis

Copernic



2.2 Une nouvelle vision de l'Univers



La révolution de Copernic : + 1500

(1473 1543)



Attend 15 ans avant de publier son ouvrage avec beaucoup de précaution dans la préface

Présente ses idées comme une démarche mathématique plus simple que celle de ses prédécesseurs permettant de prédire les mouvements des astres avec plus de précision

Il place le Soleil au centre de l'Univers et la « sphère des fixes », les étoiles, très loin

Mais son modèle reste incapable de décrire la réalité avec précision et nécessite encore l'introduction des épicycles

0

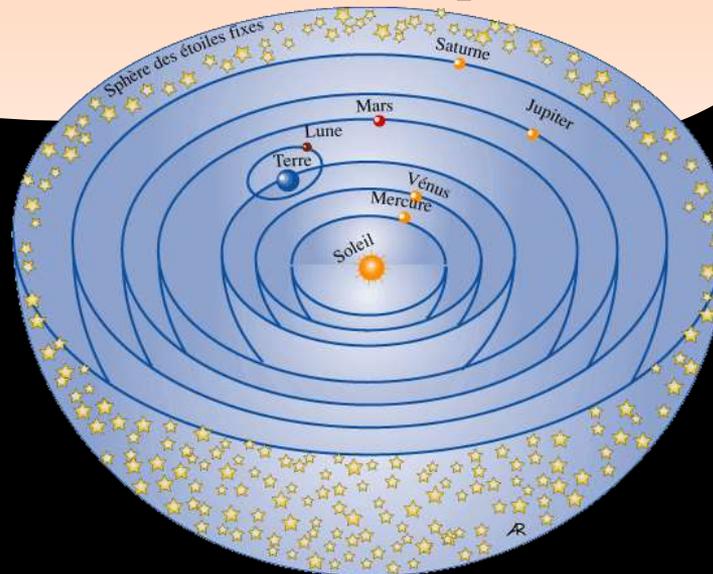
500

1000

1500

2000

Le Soleil est au centre du Monde, immobile
Les sept astres sont portés par des sphères centrées sur la Terre
L'Univers est limité par la « sphère des fixes », portant les étoiles
Les mouvements sont circulaires uniformes
L'Univers est divisé en deux parties : Terrestre et Céleste



Ce modèle est plus simple que celui de Ptolémée
Mais ce système ne cadre toujours pas exactement avec les observations



Les convictions de Galilée : + 1600

1564 1642



Perfectionne la lunette (x 30)

Et l'utilise pour observer le ciel :

➤ **Jupiter possède 4 satellites**

➤ **La Lune possède des montagnes et des cratères**

C'est la fin de la perfection du monde supra lunaire

Il soutient le système de Copernic

Mais ne communiquera jamais avec Kepler

Il pose les bases de la physique moderne :

Lois de la chute des corps, principe de relativité

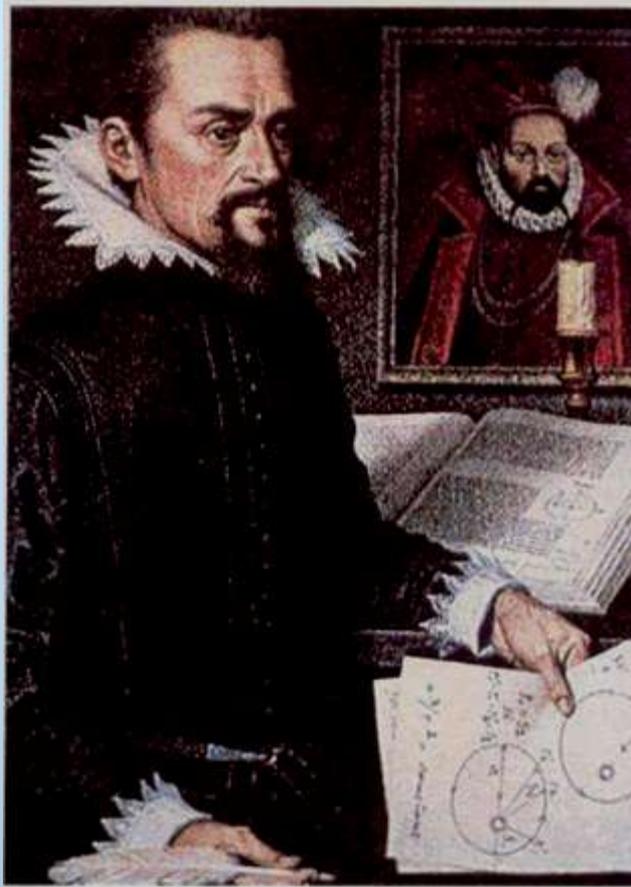
**Mais son ironie (arrogance) lui attirera l'opposition de L'église
Il sera jugé en 1633. En 1992, Jean Paul II réhabilitera Galilée**



Les lois expérimentales de Kepler : +1600

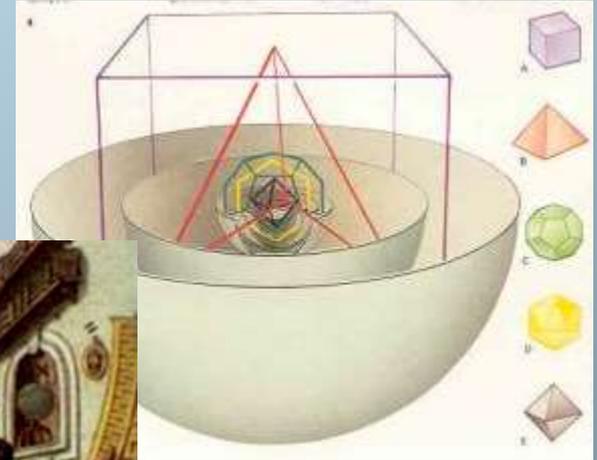
1571 1630

Mystique et grand mathématicien, admirateur de Pythagore
Cherche toute sa vie à résoudre le « Mystère cosmologique »



Tycho Brahé

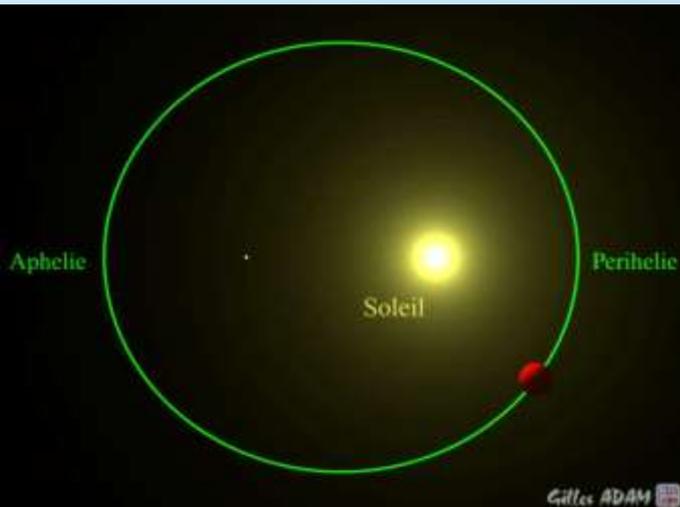
**L'Univers
selon Kepler**



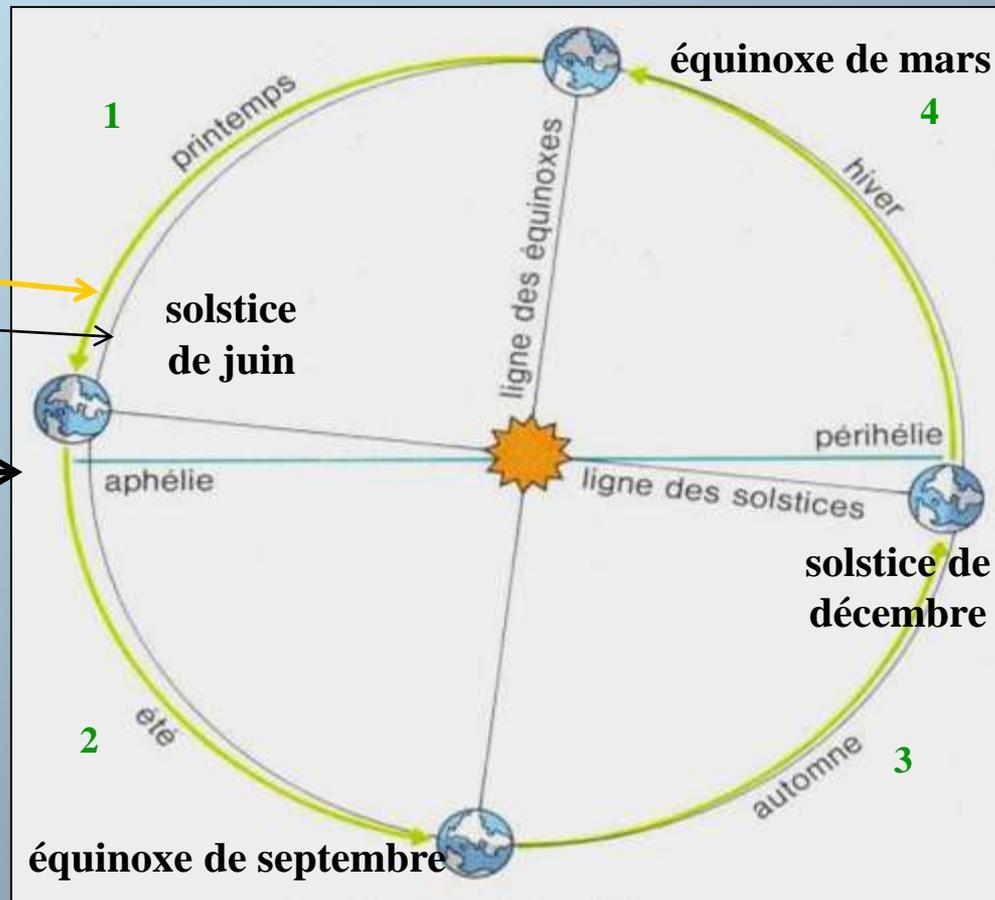
**Construit un « Observatoire », obtient des mesures précises
Observe des comètes, en déduit la fin des sphères célestes**

Képler utilise les mesures de Tycho Brahé et étudie la trajectoire de Mars

Il établit, par le calcul, les trois lois décrivant le mouvement des planètes



- 1 – Les planètes décrivent des ellipses
- 2 – Les vitesses de déplacement varient
- 3 -- La relation entre les astres : distance et période



Ellipse

Cercle

**Planète plus éloignée :
vitesse plus lente**

Dans l'hémisphère nord :

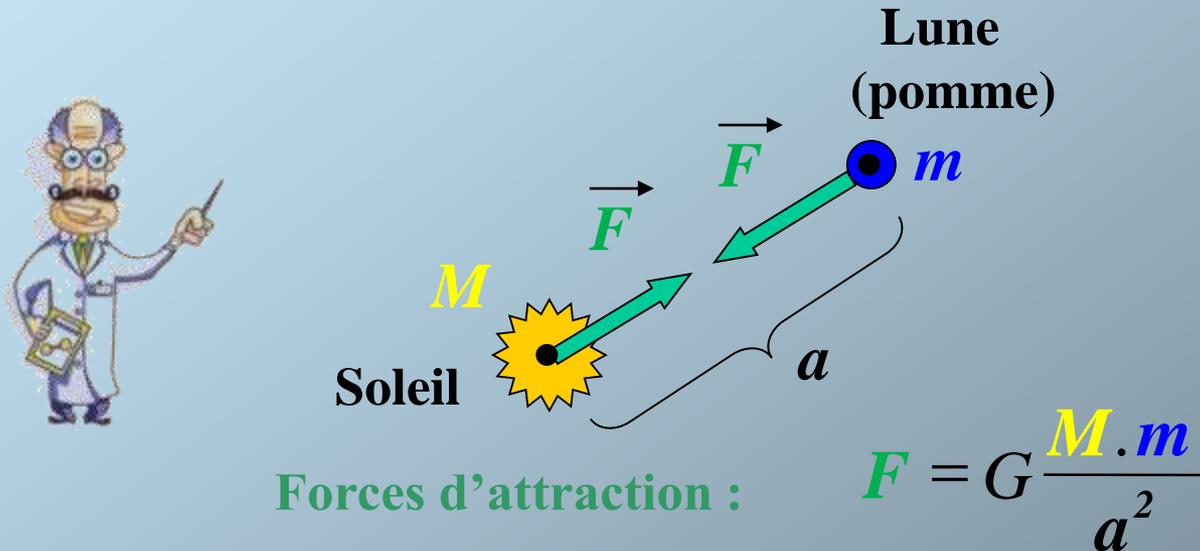
- 1 Printemps : 92,7 jours
- 2 Été : 93,7 jours
- 3 Automne : 90 jours
- 4 Hiver : 89 jours

☀ **La démonstration de Newton : 1700**

1642 1722

En s'appuyant sur les bases de Galilée, les résultats de Képler, il montre que les mouvements de la pomme et la Lune suivent la même loi

La gravitation universelle explique le mouvement des corps
Elle permet de démontrer les lois expérimentales de Képler



Newton invente le premier télescope en 1672
Newton imagine l'Univers rempli d'étoiles

0

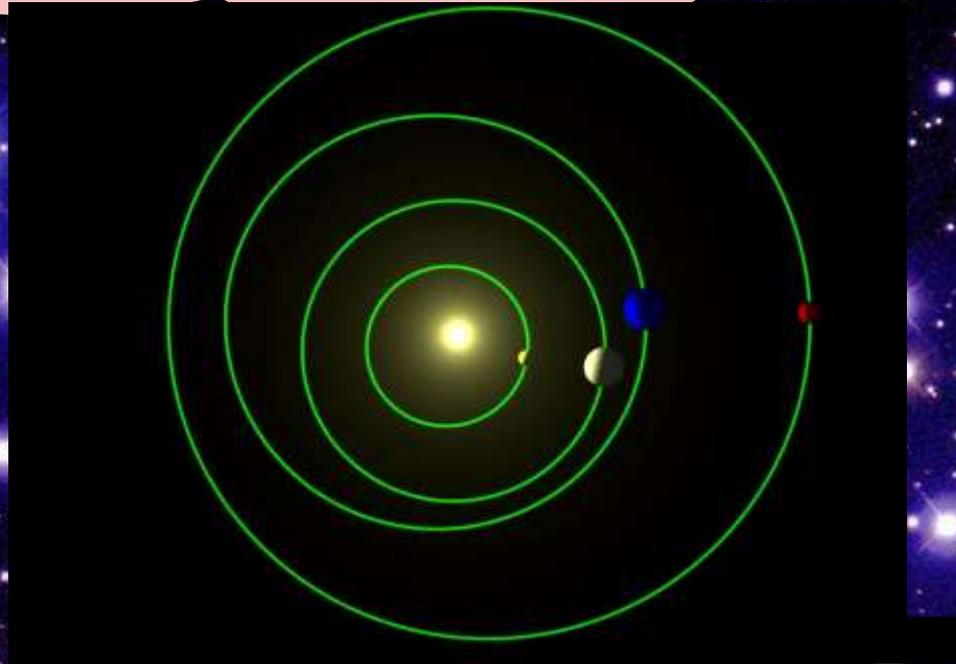
500

1000

1500

2000

**Le Soleil n'est pas au centre du Monde, les planètes sont sans support
Elles décrivent des ellipses dont le Soleil est un des centres (foyer)
La gravitation, à l'origine des mouvements, s'exerce par le biais de forces
L'Univers est rempli d'étoiles, il est statique, infini, éternel, homogène
Le temps est absolu, uniforme, le même pour tous**



☀ Les énigmes non résolues par Newton

La gravitation universelle permet d'expliquer le mouvement des astres
Newton tente d'appliquer sa théorie à l'ensemble de l'Univers (cosmologie)

L'Univers est-il fini ou infini ?

Le paradoxe d'Olbers : pourquoi la nuit est noire ?

Quelle est la nature de la force d'attraction **F** ?



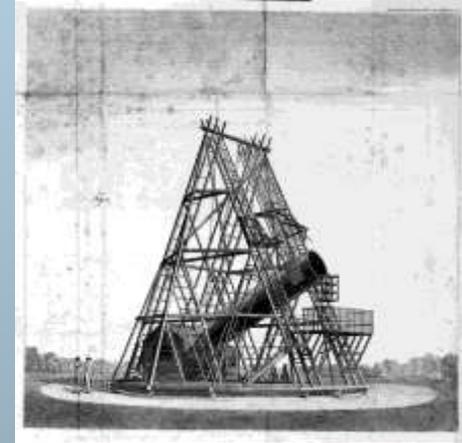
Newton s'en remet à Dieu pour la stabilité de l'Univers
Et il se tournera vers les recherches liées à l'alchimie

 **L'évolution technologique fait progresser les connaissances : 1800**

Le système solaire s'agrandit:

Découverte d'Uranus (Herchel en 1781)

Découverte de Neptune (Le Verrier et Adams en 1846)



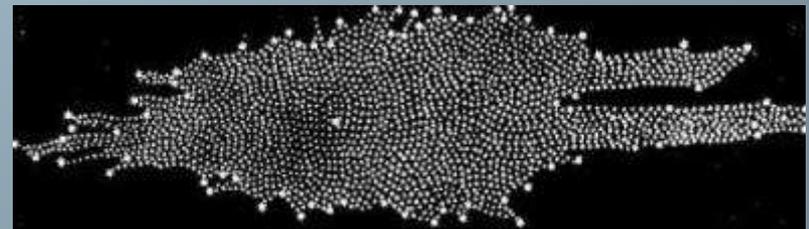
L'Univers au-delà du système solaire se précise :

Etude de la structure de notre Voie Lactée, avec le Soleil au centre (Shapley)

Etude des « nébuleuses », composées de milliers d'étoiles

Mesure des vitesses de déplacement des étoiles (Doppler Fizeau 1850)

Mesure des distances précises (Henrietta Leavitt 1900)



Le cosmos est un sujet de réflexion :

Kant et les « Univers îles », les nébuleuses sont des galaxies

Théorie sur la formation de l'Univers :

3. Les représentations actuelles par modélisation

3.1 Un Univers immense et en expansion



La véritable nature de l'Univers se dévoile

1915 --- Einstein

Théorie de la relativité restreinte et relativité générale :
La gravitation est une déformation de l'espace
Équations pour décrire un univers statique

1925 --- Hubble

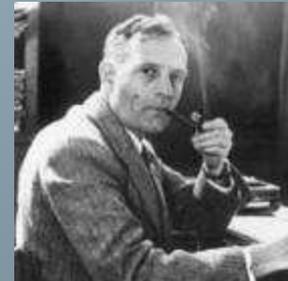
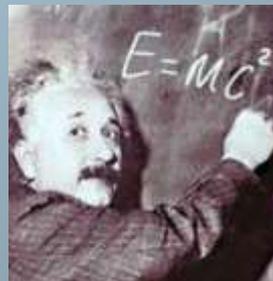
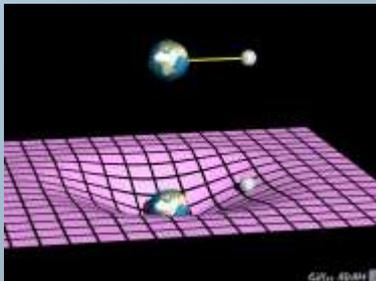
Découverte de la véritable structure de l'Univers :
Des milliards de galaxies, de toutes formes

1927 --- Lemaitre

Interprétation des équations d'Einstein :
L'Univers est en expansion à partir d'une singularité
d'un point, de densité infinie : théorie du Big-Bang

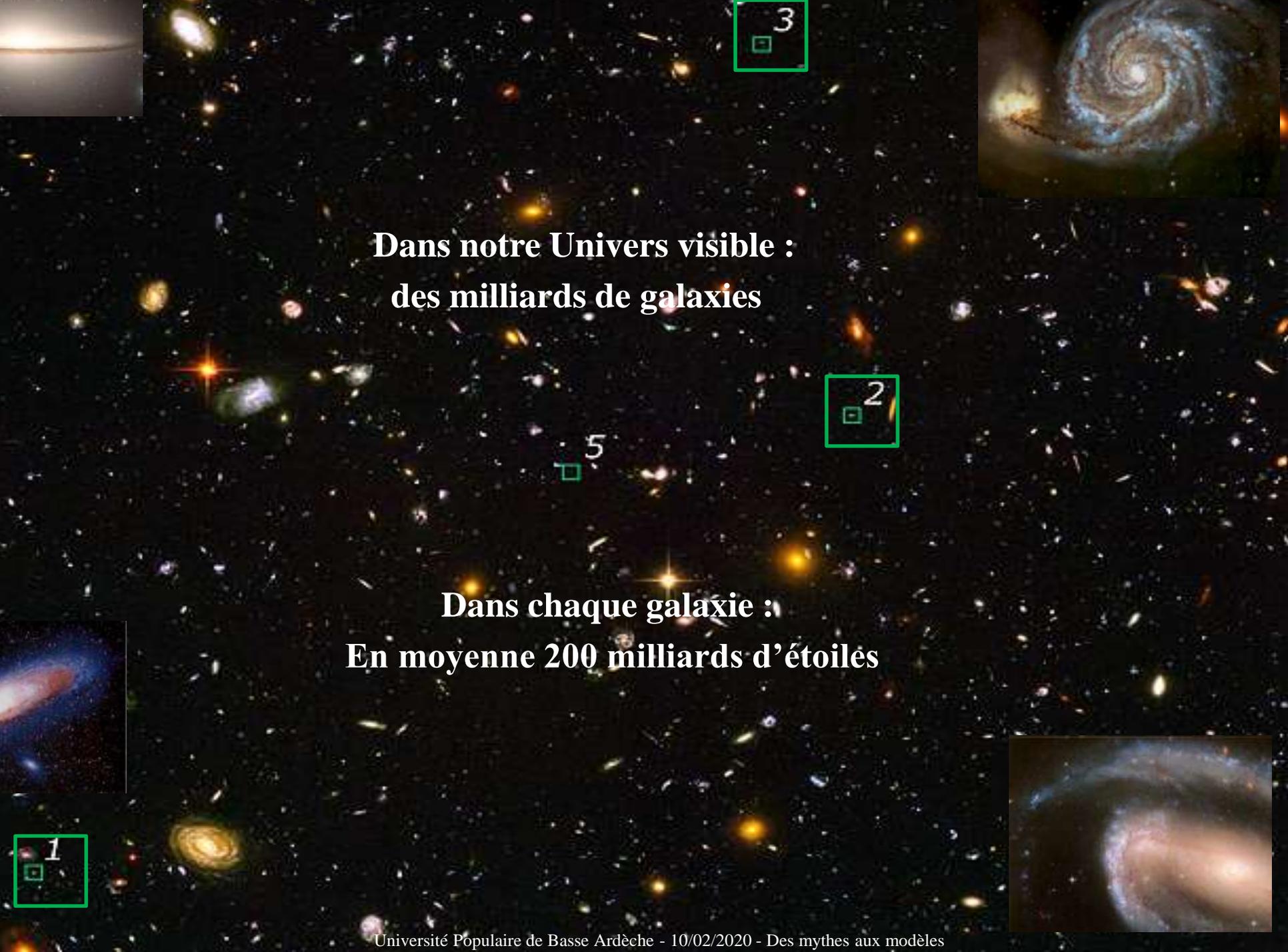
1929 --- Hubble

Vérification expérimentale : les galaxies s'éloignent
Plus elles sont loin, plus elles s'éloignent vite



Nous sommes ici





**Dans notre Univers visible :
des milliards de galaxies**

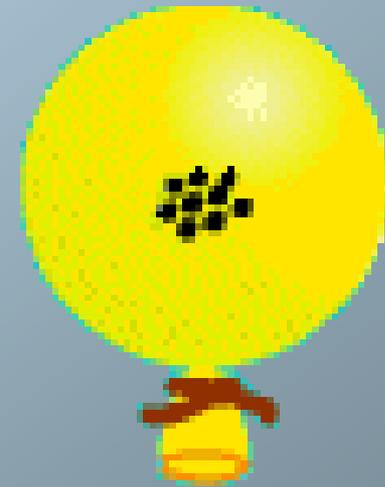
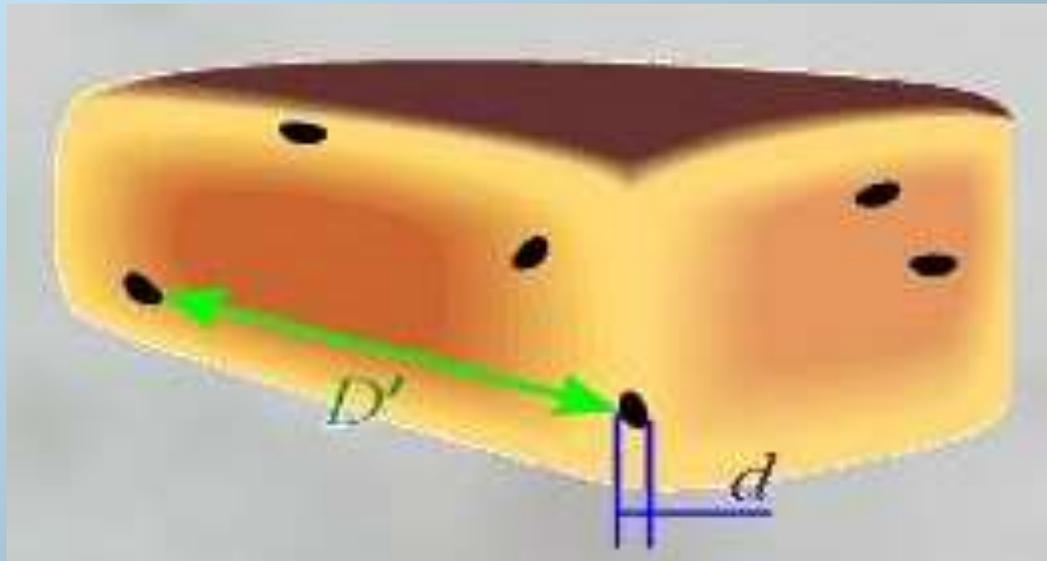
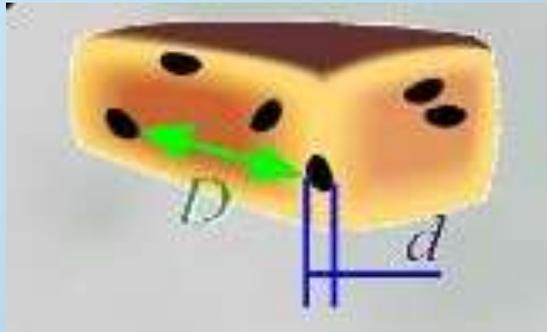
**Dans chaque galaxie :
En moyenne 200 milliards d'étoiles**



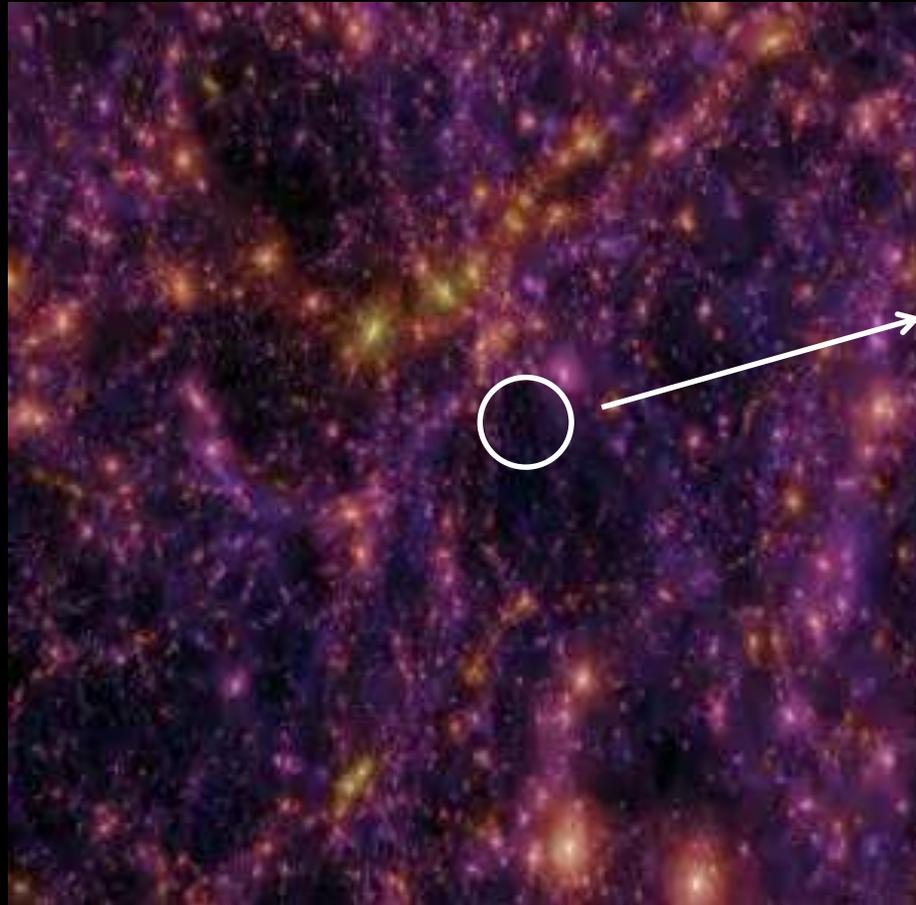
Globalement, l'Univers est en expansion



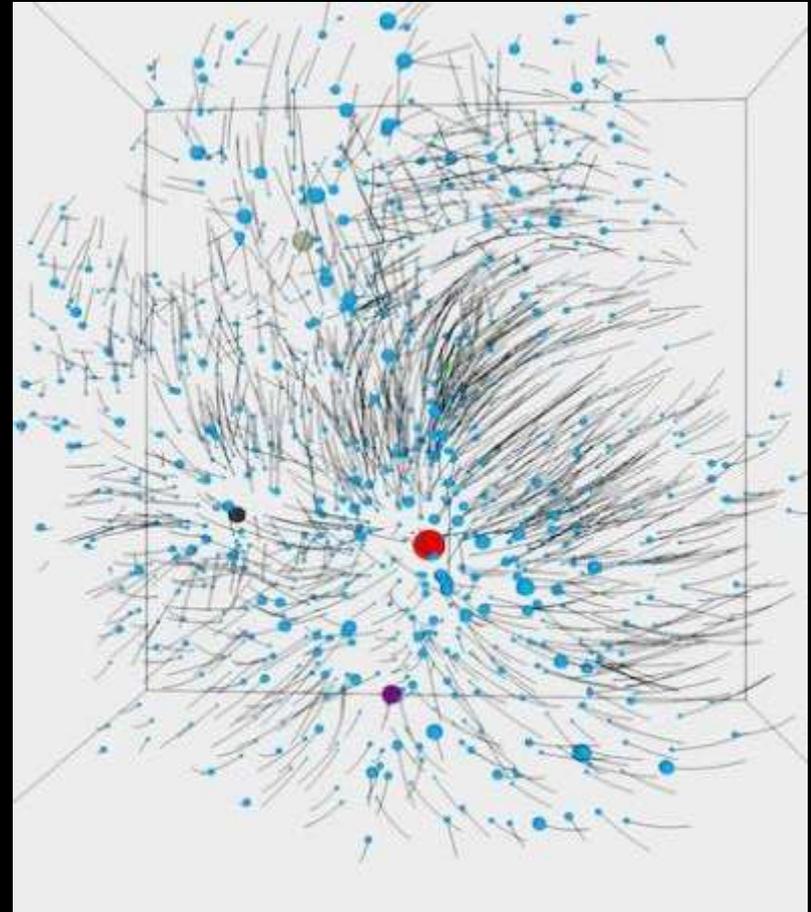
Hubble montre que le mouvement général des galaxies est l'éloignement
Les objets (galaxies) sont fixes dans un espace qui se dilate (pas de centre)
Vu depuis la Terre, plus les galaxies sont loin, plus elles s'éloignent vite



**Globalement,
l'Univers est en expansion**



**Localement
les galaxies suivent de grands courants,
entraînées par la gravitation**

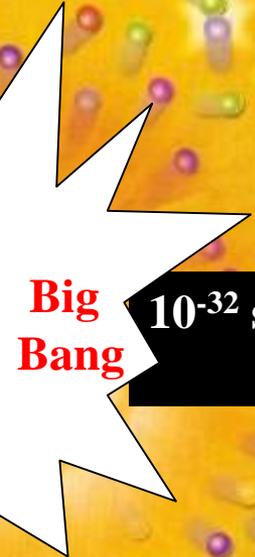


Laniakea (ciel immense) : 100 000 galaxies

La Voie lactée : 631 km/s



Un Univers qui a une histoire...



Big Bang

10⁻³² s

fin antimatière

1 s

nucléosynthèse

3 mn

découplage

380 000 ans

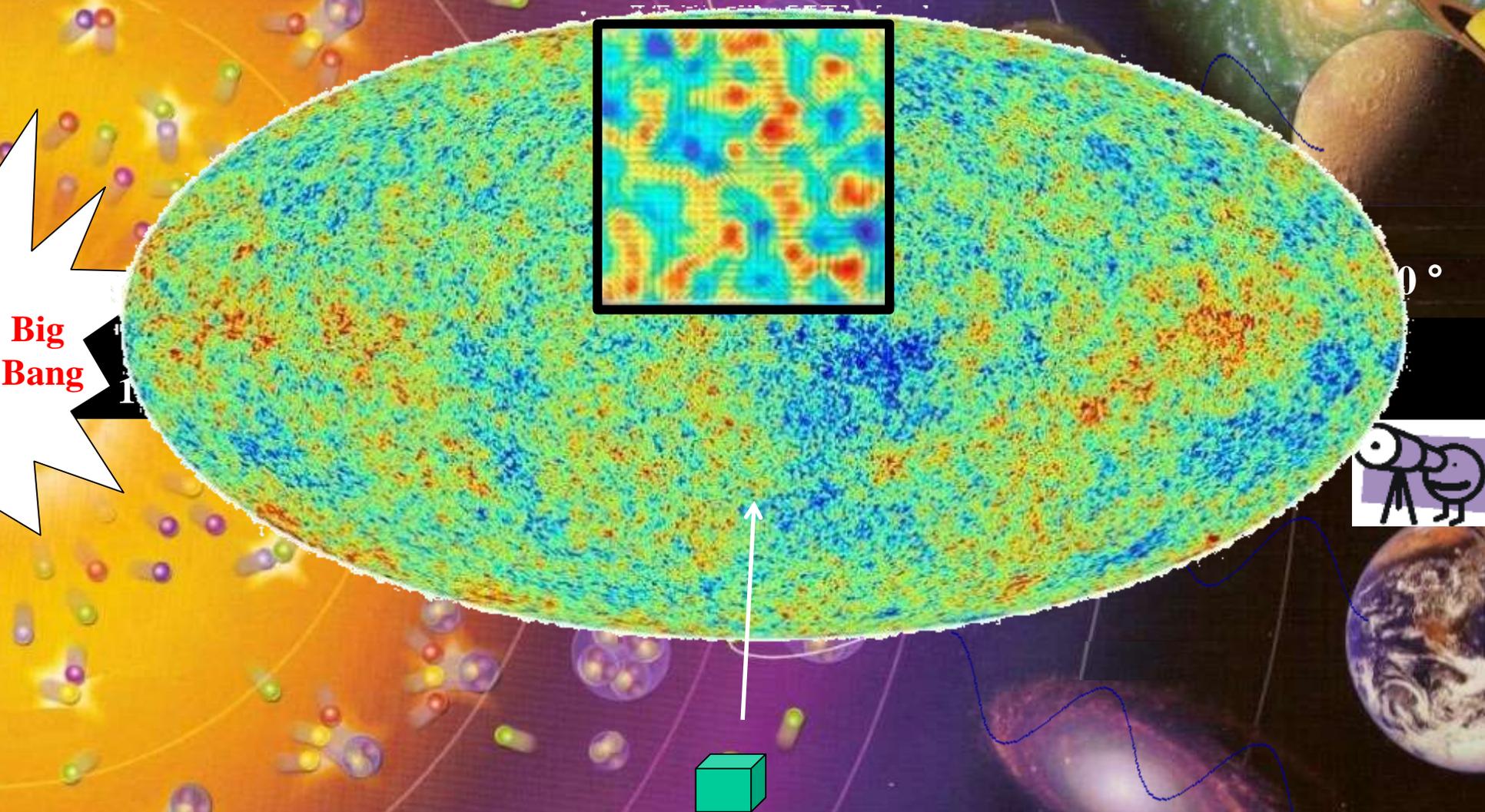
structuration

13 Milliards

- 270 °



Nous connaissons l'aspect de l'Univers peu de temps après sa naissance
Nous pouvons capter le fond diffus cosmologique, le rayonnement fossile



Nous observons des petits « grumeaux » qui donneront naissance aux galaxies

0

500

1000

1500

2000

Notre système solaire est situé sur le bord d'une galaxie
Univers = des milliards de galaxies ayant chacune des milliards d'étoiles
L'Univers = un espace en expansion depuis 13,7 milliards d'années
L'Univers = Une matière en évolution grâce aux étoiles
La relativité explique son fonctionnement à grande échelle

Mais de nouvelles questions restent encore sans réponses...

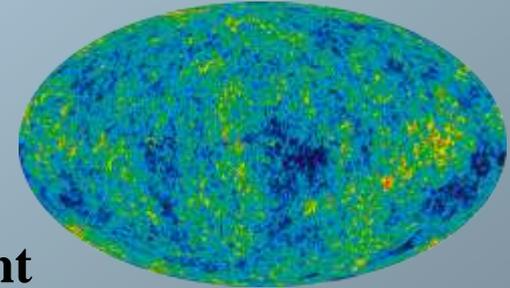
3.2 Un Univers mystérieux et de nouvelles questions



☀ **Quelle est la taille de l'Univers ? Est-il fini ou infini ?**

**Nous connaissons uniquement avec certitude
la taille de la partie de l'Univers que nous pouvons observer**

**La plus lointaine image de l'Univers est apportée
par les premiers photons libérés après le Big Bang**



**Mais ces premiers photons (images) nous parviennent
alors que l'Univers a continué son expansion**

**L'âge de l'Univers est de 13,7 Milliards d'années. On calcule que :
la taille de l'Univers observable est de 40 Milliards d'années lumière**

Réception à $t = 10 \text{ Ma}$

$D = 30 \text{ Mal}$

D



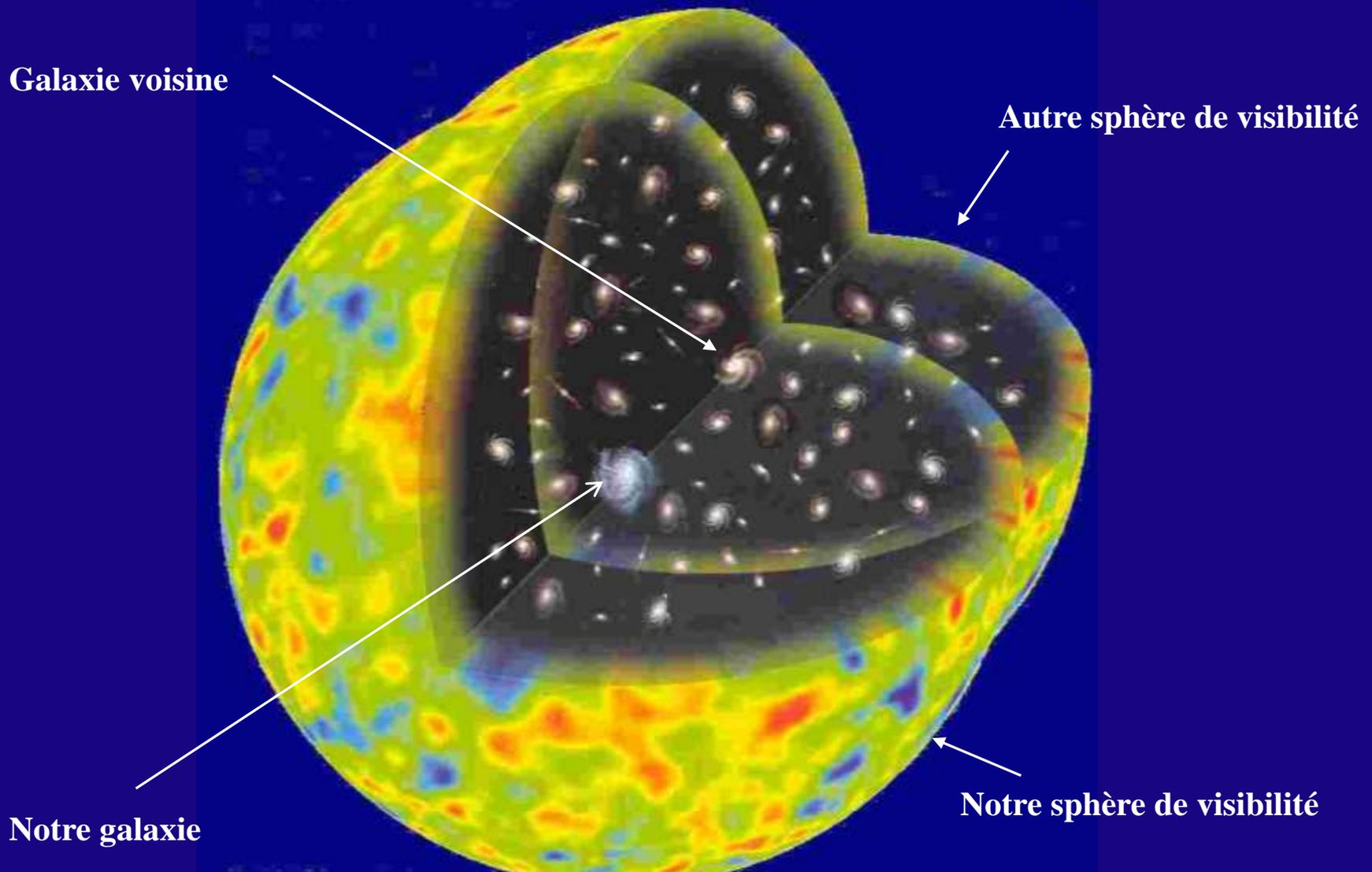
d

$d = 3 \text{ Mal}$



Émission à $t = 1 \text{ Ma}$

L'Univers est beaucoup plus vaste que notre « sphère de visibilité »





Comment est né l'Univers ? Qu'y avait-il avant le Big Bang?

La théorie est incapable d'expliquer : La singularité de l'instant zéro
Ce qu'il y avait avant le BB

Actuellement aucune continuité entre la description de l'Univers...

Au moment du Big Bang



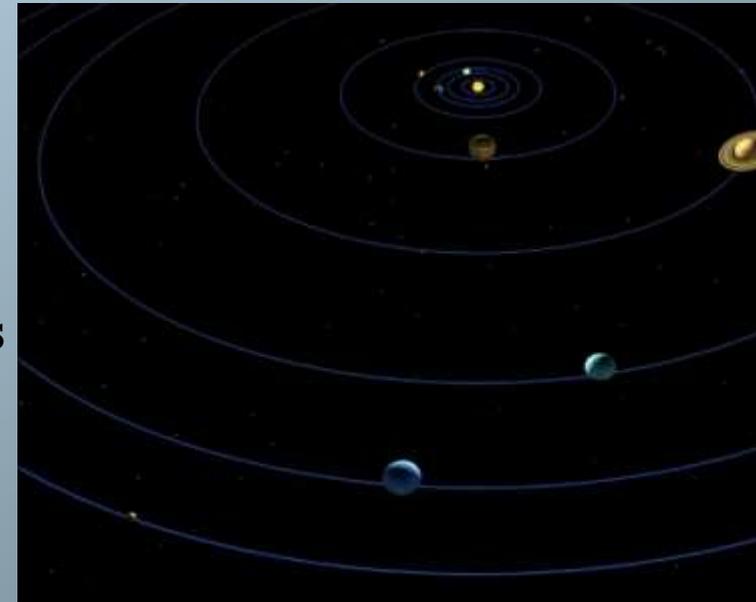
Au niveau atomique :
La mécanique quantique



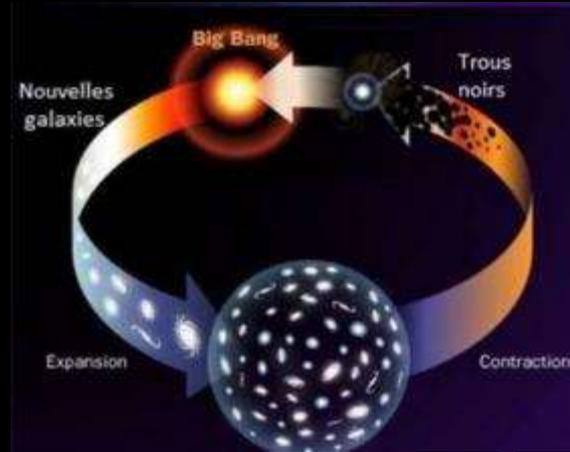
Théorie des cordes

Théorie de la
gravitation
quantique

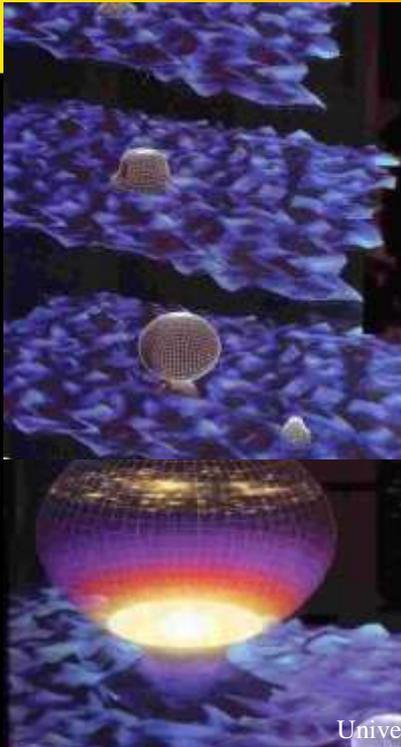
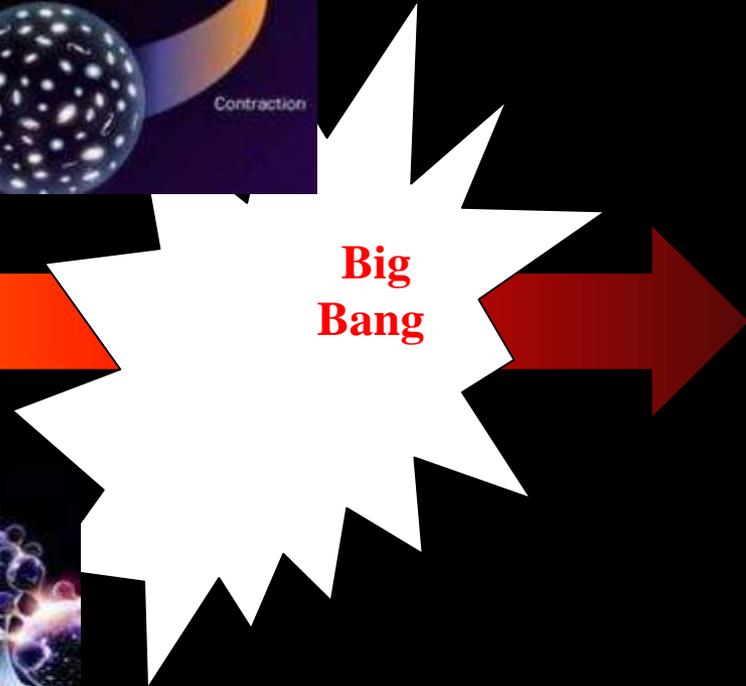
Après le Big Bang



Au niveau astronomique :
La théorie de la relativité



Temps





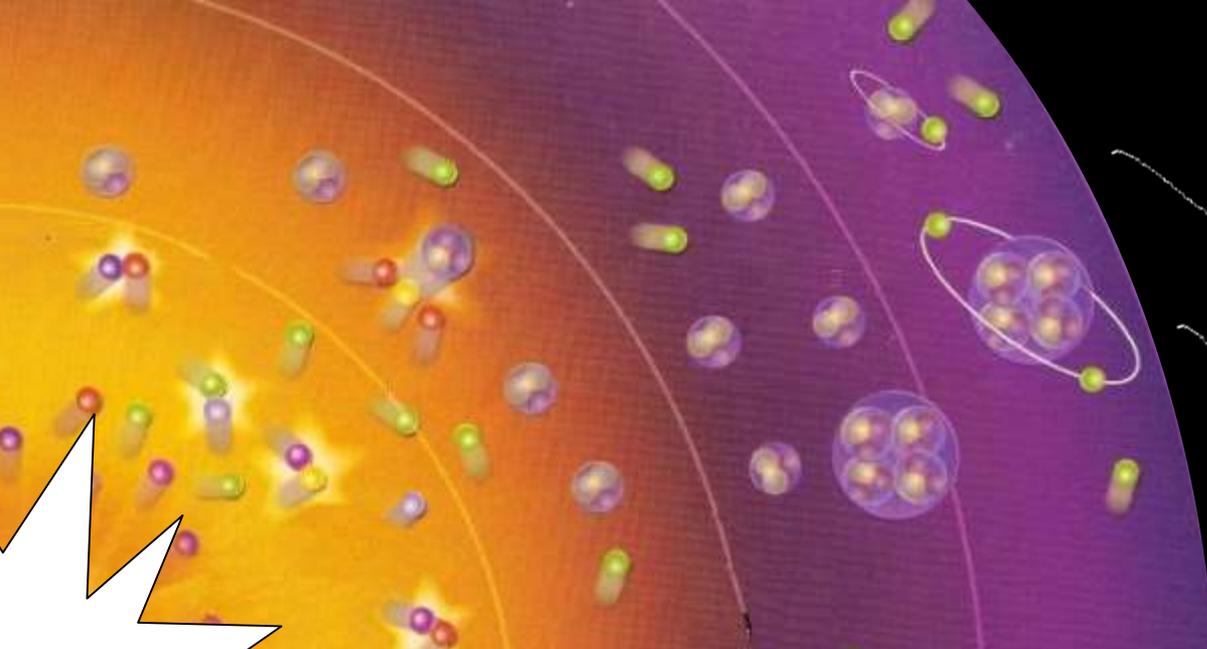
De quoi est fait l'Univers ? Pourquoi apparait-il ainsi ?

Réalité observée à très grande échelle :

**Les galaxies se répartissent dans l'ensemble de l'Univers
par « paquets », selon des « filaments », avec des zones « vides »**



Les modélisations par ordinateur décrivent la formation de ces structures

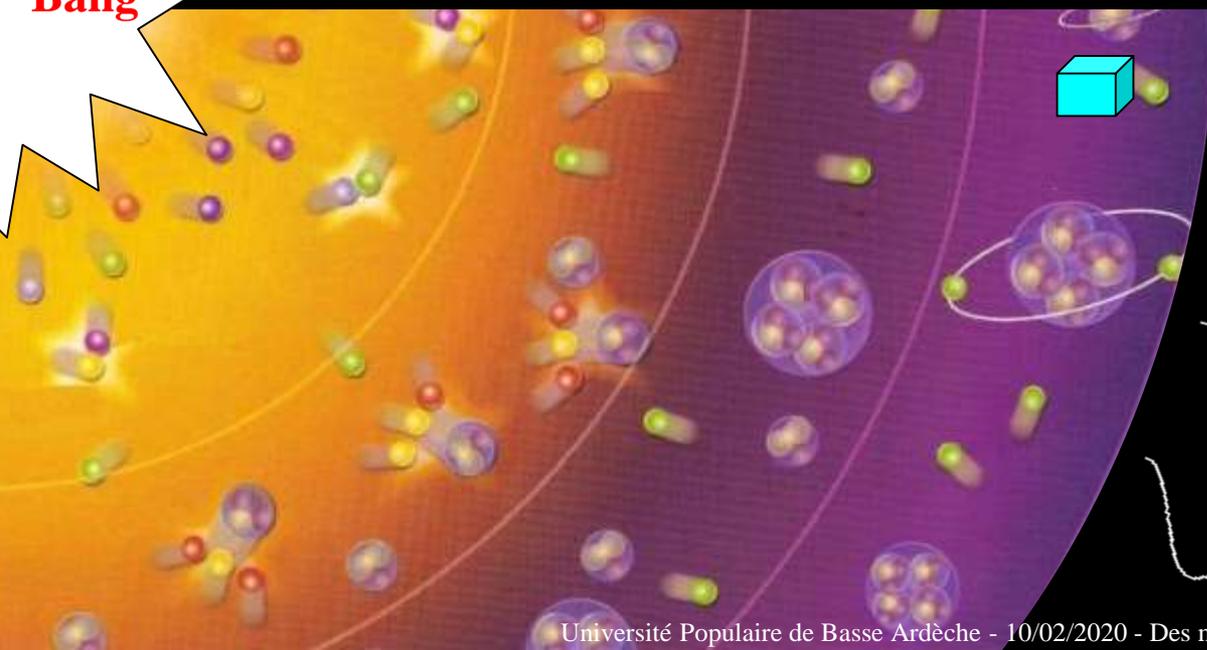


**Big
Bang**

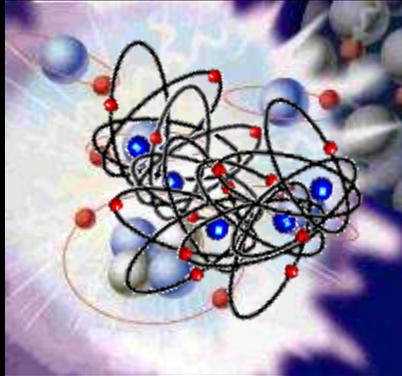
**découplage
380 000 ans**

3000 °

**atomes d'hydrogène 75 %
atomes d'hélium 25 %
photons neutrinos**

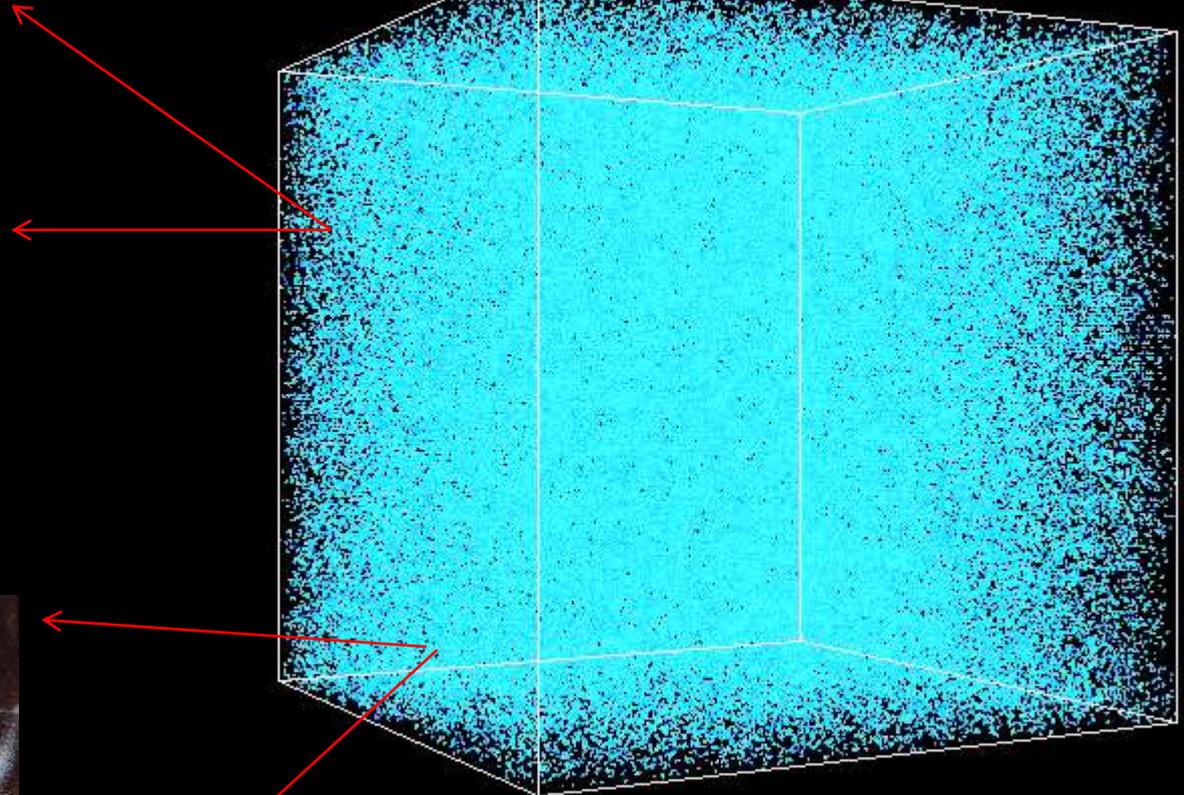


**L'Univers se structure par l'action de la gravitation, juste après le Big Bang
A partir de « grumeaux » de matière première (hydrogène hélium) déjà présents**



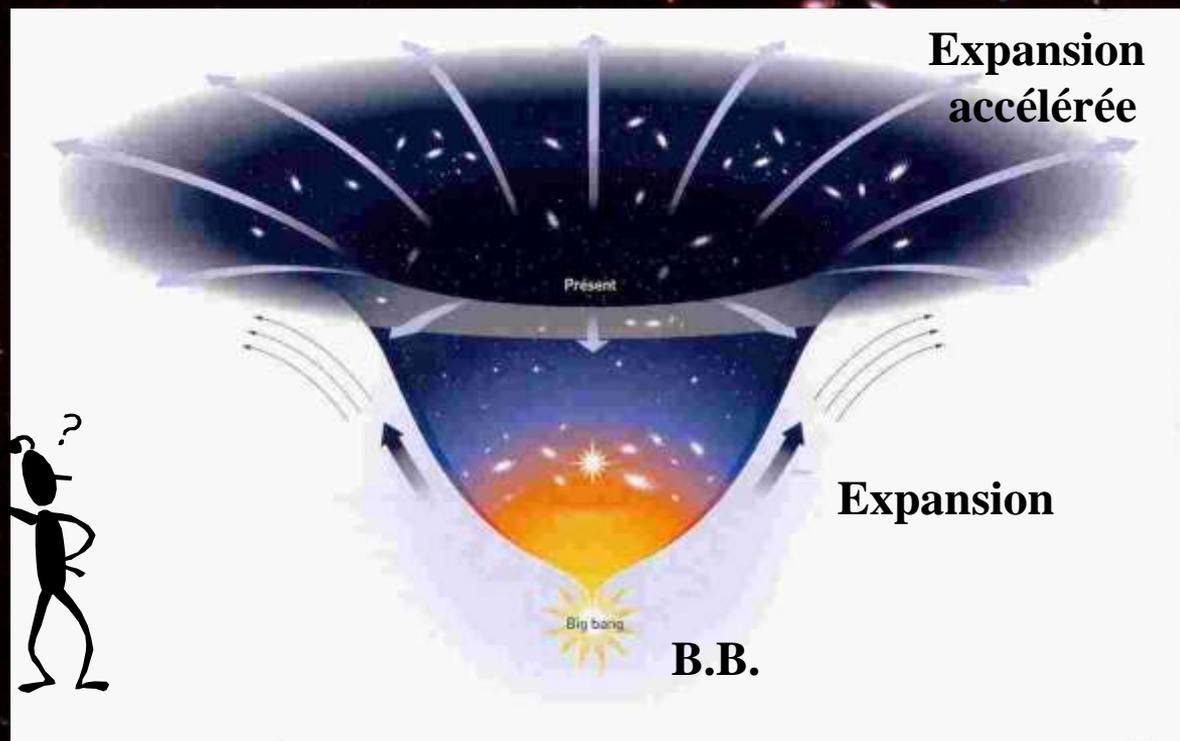
**Apparition des
galaxies et des étoiles**

$Z=28.62$



**Mais nécessité d'introduire dans la simulation
de la matière noire invisible gravitationnelle
pour obtenir un résultat conforme à l'observation**

**L'Univers nous réserve une autre surprise, une découverte récente (2011):
les observations montrent que l'espace est en expansion accélérée
Il y a donc nécessité d'introduire une « énergie noire » répulsive
pour obtenir un résultat conforme à l'observation**



Les scientifiques ignorent de quoi elle est constituée...

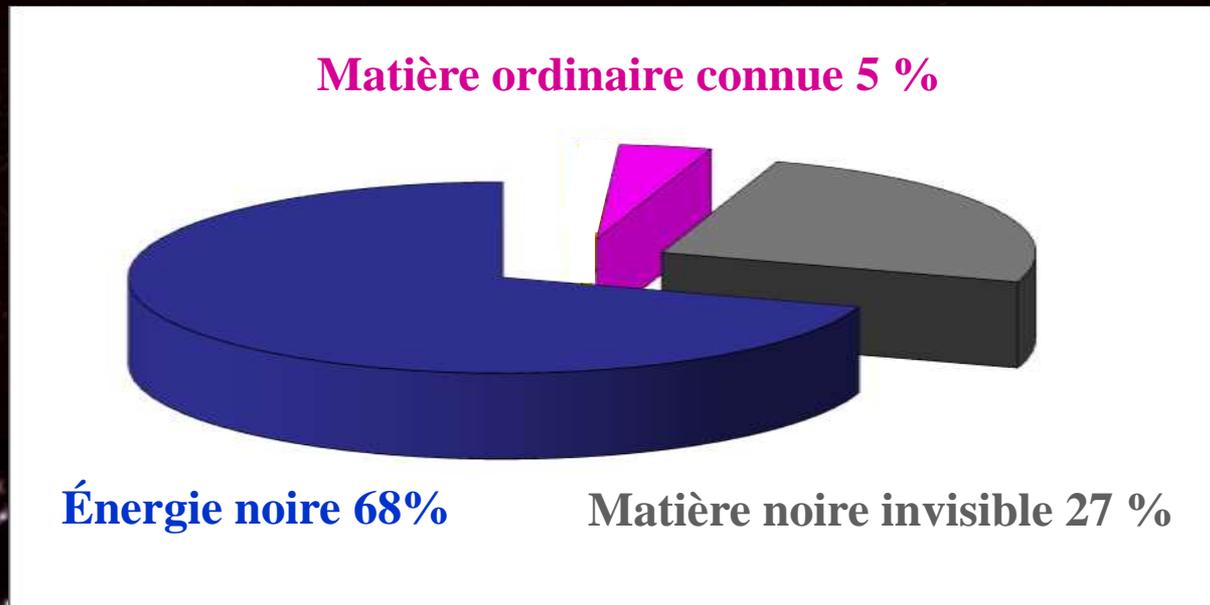


... Mais ils arrivent à quantifier les différents éléments de l'Univers

Conclusion

Pour expliquer la formation et l'évolution de l'Univers après le B B :
nécessité d'une présence de « matière noire » gravitationnelle

Pour expliquer l'expansion accélérée de l'Univers :
nécessité d'une présence « d'énergie noire » répulsive



Nous ne pouvons nous représenter que 5 % de l'Univers

Le chaos primordial

Des luttes et sacrifices

L'arbre, l'arc en ciel

L'œuf cosmique

L'eau



Nous sommes peut-être en train de construire un nouveau mythe ?

FIN

BIBLIOGRAPHIE

Des livres simples

LA POESIE DE L'UNIVERS MECONNU Anna Alter Hubert Reeves	LE POMMIER	2012
VOYAGE DANS LE SYSTEME SOLAIRE (avec un DVD) Anne Willemez et Laure Salès	FLEURUS	2000
LE LIVRE DU CIEL L'homme et les étoiles Jean-Louis Heudier	Z'EDITIONS	1995
UNE HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE Jean-Pierre Verdet	SEUIL	1990
L'UNIVERS EXPLIQUE A MES PETITS-ENFANTS (avec DVD) Hubert Reeves	SEUIL	2013
LA LUNE DANS TOUS SES ETATS Bernd Brunner	ARMAND COLLIN	2012

Quelques livres ... avec développements philosophiques (et théoriques !)

CHRONIQUE DES ATOMES ET DES GALAXIES

Hubert Reeves SEUIL 2007

LA PLUS BELLE HISTOIRE DU MONDE

**Hubert Reeves Joël De Rosnay
Yves Coppens Dominique Simonnet SEUIL 2001**

CONVERSATIONS SUR L'INVISIBLE

**Jean-Audouze Michel Cassé
Jean Claude carrière POCKET 2002**

ENFANTS DU SOLEIL Histoire de nos origines

André Brahic ODILE JACOB 1999

SI EINSTEIN M'ETAIT CONTE

Thibault Damour CHERCHE MIDI 2005

PLANETE MARS, UNE ATTRACTION IRRESISTIBLE

Richard Heidmann ALVIK 2005

L'INFINI A LA LOUPE

Trinh Xuan Than FAYARD 2013

Quelques livres ... avec développements théoriques simples

PETITE HISTOIRE DE LA MATIERE ET DE L'UNIVERS

Hubert Reeves et ses amis **LE POMMIER** **2008**

ASTRONOMIE ET ASTROPHYSIQUE

Marc Séguin Benoît Villeneuve **MASSON** **2002**

NOSTALGIE DE LA LUMIERE

Michel Cassé **BELFOND SCIENCES** **1987**

250 REPONSES A VOS QUESTIONS SUR L'ASTRONOMIE

Pierre-Yves Bely, Carol Christian, Jean-René Roy **GERFAUT** **2008**

L'UNIVERS ELEGANT

Brian Greene **ROBERT LAFONT** **2005**

DISCOUS SUR L'ORIGINE DE L'UNIVERS

Etienne Klein **FLAMMARION** **2010**

L'INVENTION DU BIG BANG

Jean-Pierre Luminet **POINT SCIENCES** **2004**

THEORIES DU CIEL ESPACE PERDU, TEMPS RETROUVE

Michel Cassé **RIVAGES POCHE** **2005**

Quelques livres ... avec développements théoriques

L'UNIVERS DANS UNE COQUILLE DE NOIX

Stephen Hawking

ODILE JACOB 2009

ASTRONOMIE ET ASTROPHYSIQUE

Marc Séguin Benoît Villeneuve

MASSON 2002

L'ASTRONOMIE EN QUESTION

Fabrice Drouin

VUIBERT 2001

LE THEOREME DU JARDIN

Christian Magnan

AMDS 2011

ORIGINES. LA NOSTALGIE DES COMMENCEMENTS

Trinh Xuan Thuan

GALLIMARD 2010

Quelques livres sur la biologie et la vie

LA FABULEUSE AVENTURE DE LA VIE Ses origines et son évolution

Robert Clarke

Selection du Reader's digest 1987

DE L'INERTE AU VIVANT Une enquête scientifique et philosophique

Patrick Forterre Louis d'Hendecourt Christophe Malaterre Marie-Christine Maurel

LA VILLE BRULE 2013

Quelques DVD CD Rom

REDSHIFT 6
COSMOS
E = M6

Planétarium et animations
Découverte interactive de l'Univers
Les mystères de l'Univers

ALSYD
LE SEUIL

Sites internet généraux :

www.esa.int

www.nasa.gov

www.cnes.fr

www.eso.org

www.hubblesite.org

www.afanet.fr

Sites intéressants :

www.cieletespace.fr

www.astrosurf.com/luxorion/

www.astronomes.com

www.planetastronomy.com

www-obs.univ-lyon1.fr

www.futura-science.com

Sites pour observer le ciel :

[Stellarium](#)

[Celestia](#)

[Planètes](#)

Quelques revues

CIEL ET ESPACE

SCIENCE ET VIE N° 221 HORS SERIE Les énigmes de l'Univers décembre 2002

POUR LA SCIENCE HORS SERIE Vie et moeurs des étoiles janvier 2001

QUESTIONS CLES SCIENCES La théorie du big bang juin 2013

LES ORIGINES DE LA VIE Les dossiers de la recherche février 2013