

# 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

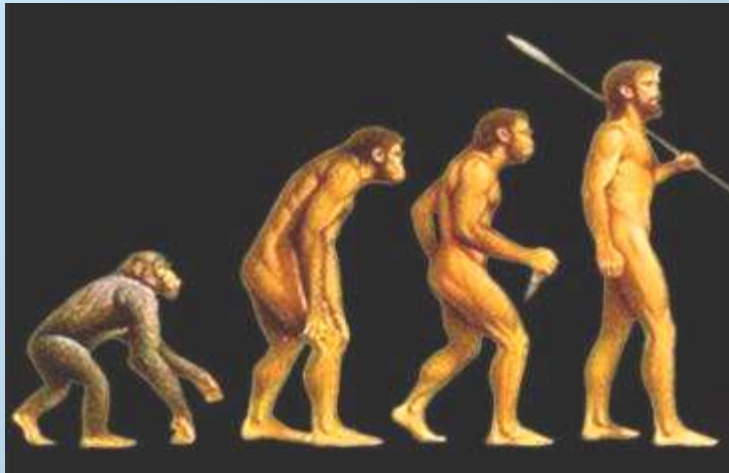
3.2 Un Univers mystérieux et de nouvelles questions

# 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

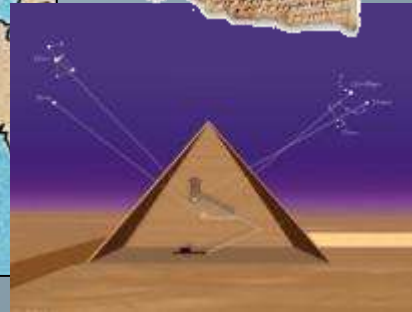
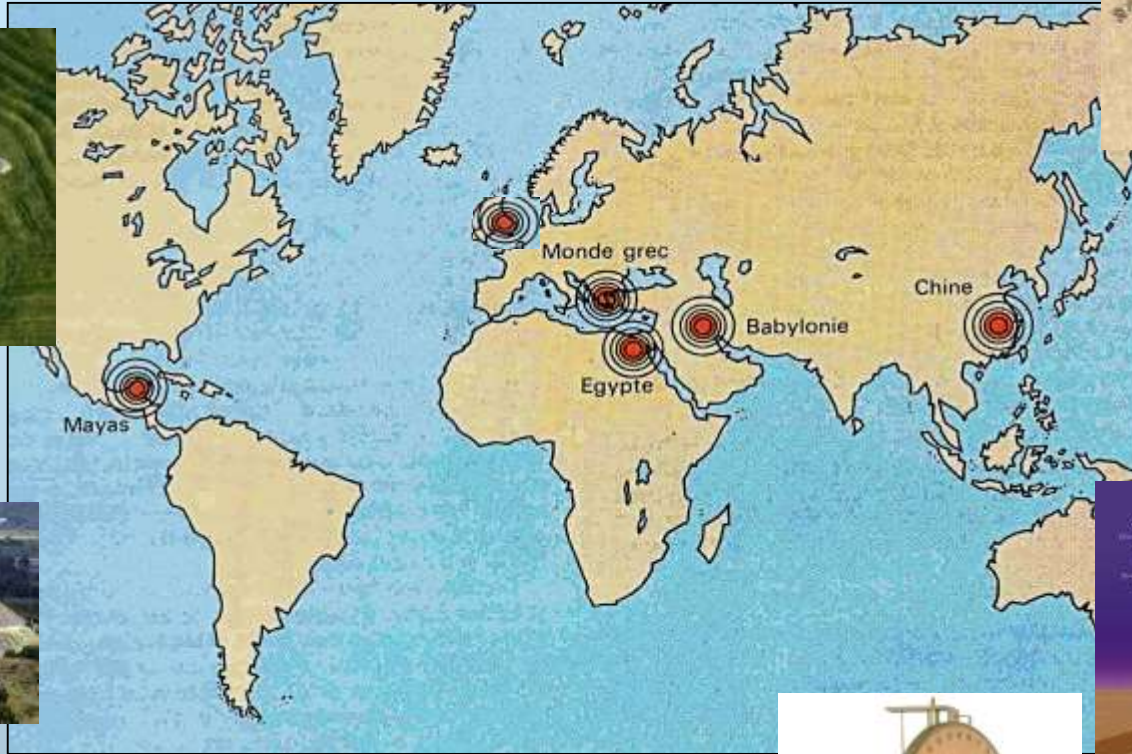
Son origine remonte à plus de 5000 ans  
en Mésopotamie et en Chine



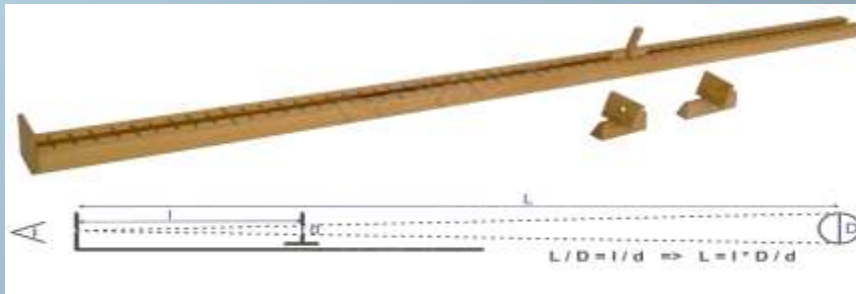
## 1.2 Les premières observations précises



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**

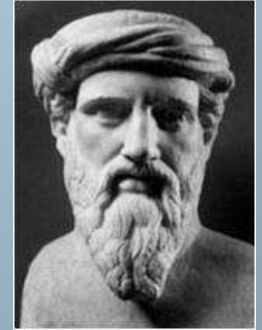
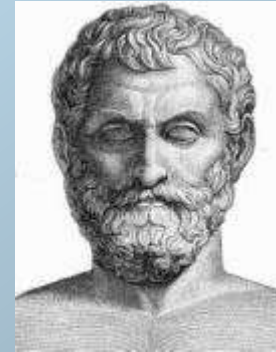




## 2. Les représentations élaborées par la raison

### 2.1 La naissance d'une science

☀ Vers le 7<sup>ème</sup> 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

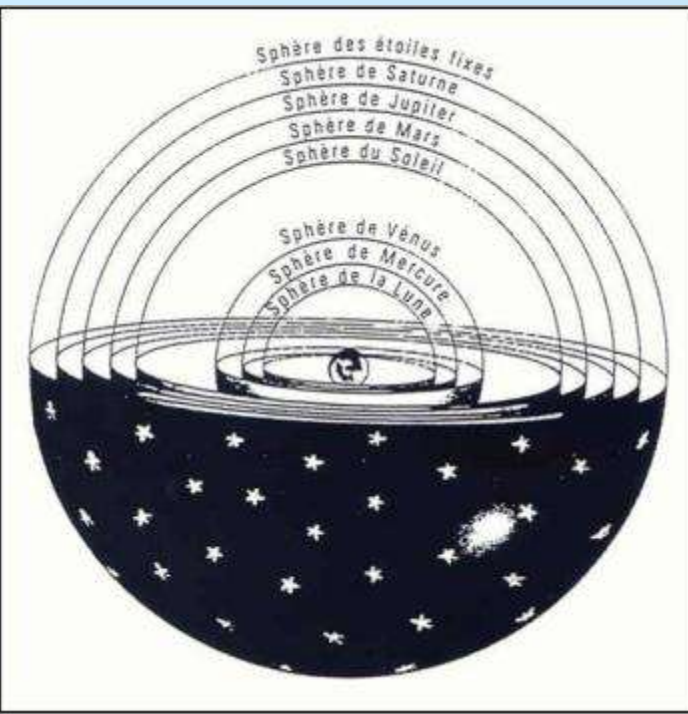
Voyage à Babylone et en Egypte

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

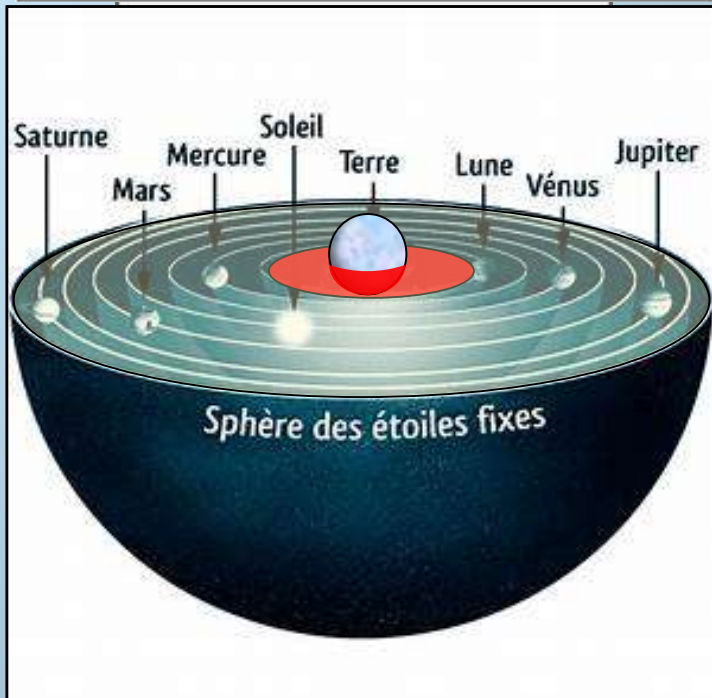


**- 500 :** Pythagore

**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

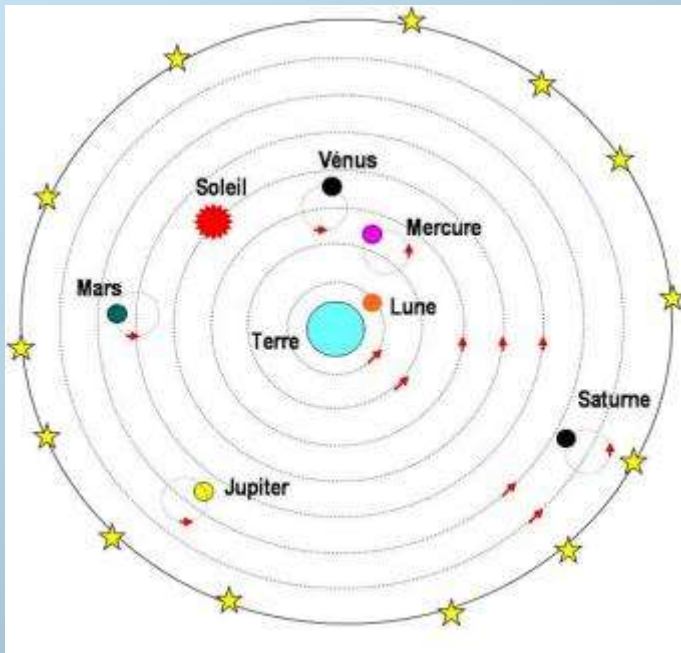
**Le premier à proposer un Univers héliocentrique :  
Le Soleil plus gros et plus lourd est donc au centre**



**+ 100 :** Ptolémée

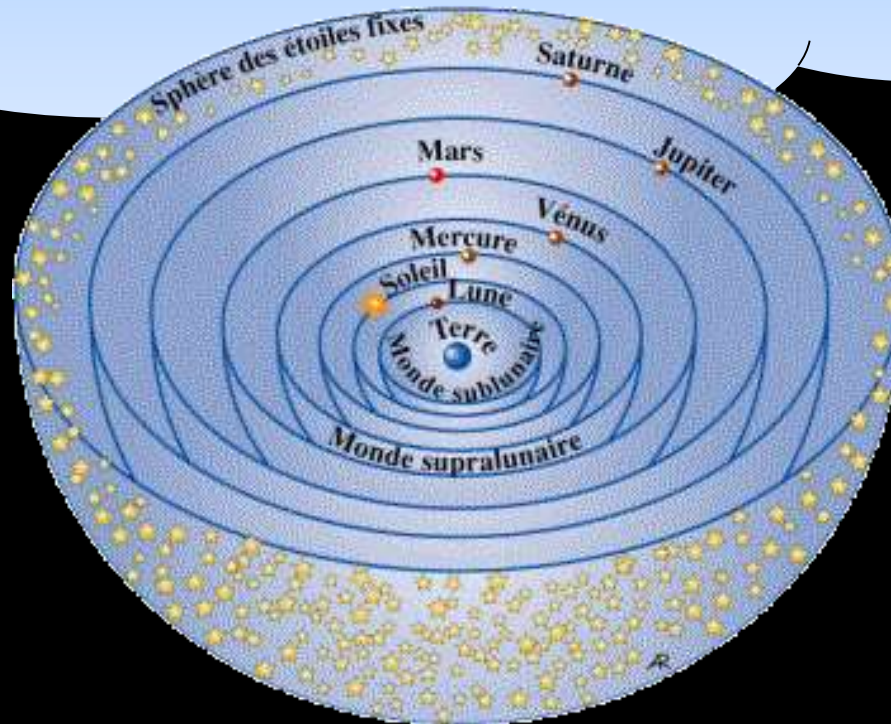
**Il établit un catalogue de 1000 étoiles**  
**Son traité d'astronomie : « L'almageste »**  
**représente toute la connaissance dans ce**  
**domaine au début de notre ère**

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



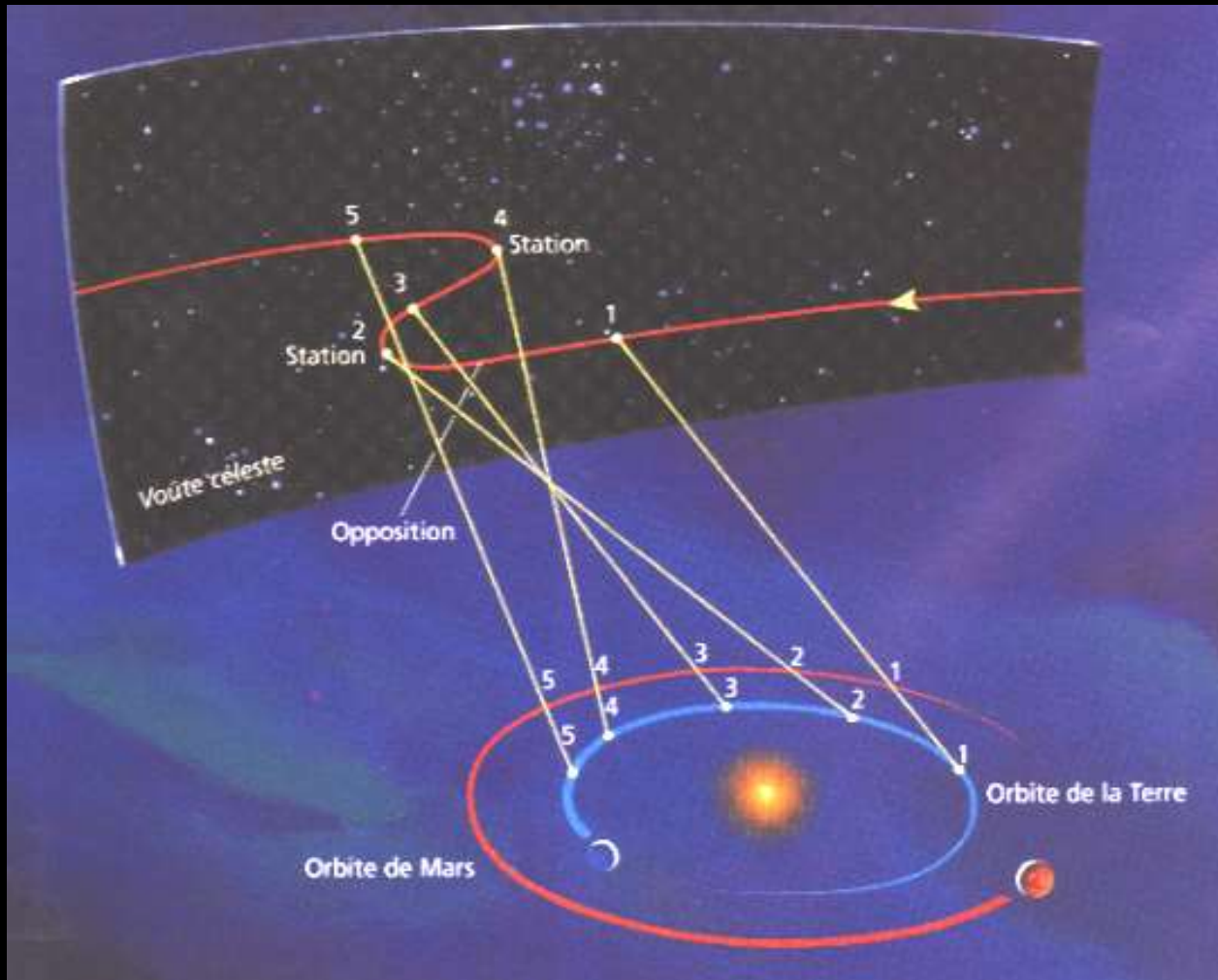
**Mais ce système est en désaccord avec la réalité**  
**Il n'explique pas les variations de luminosité**  
**Il n'explique pas le mouvement rétrograde**  
**des astres errants (planètes)**

**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**



# Le mouvement apparent d'une planète dans le ciel

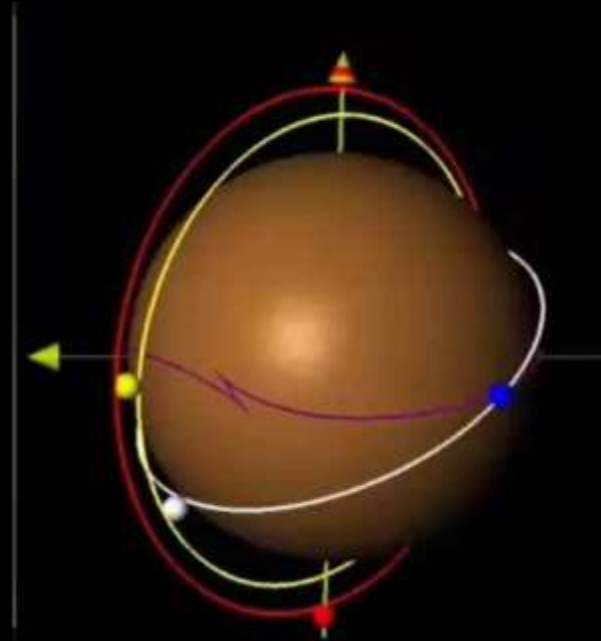
## La réalité observée : une rétrogradation



# Les systèmes imaginés pour sauver les apparences :

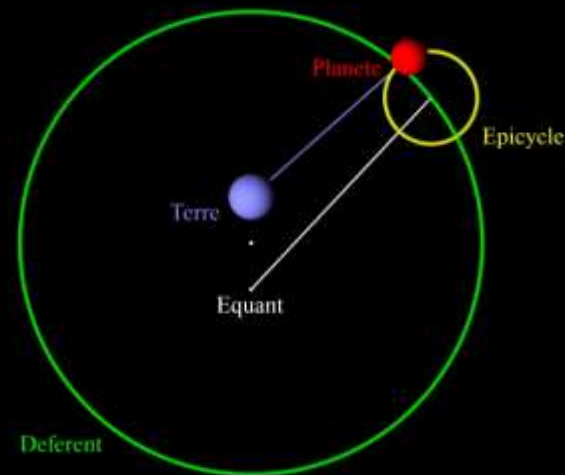
## Des sphères homocentriques

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

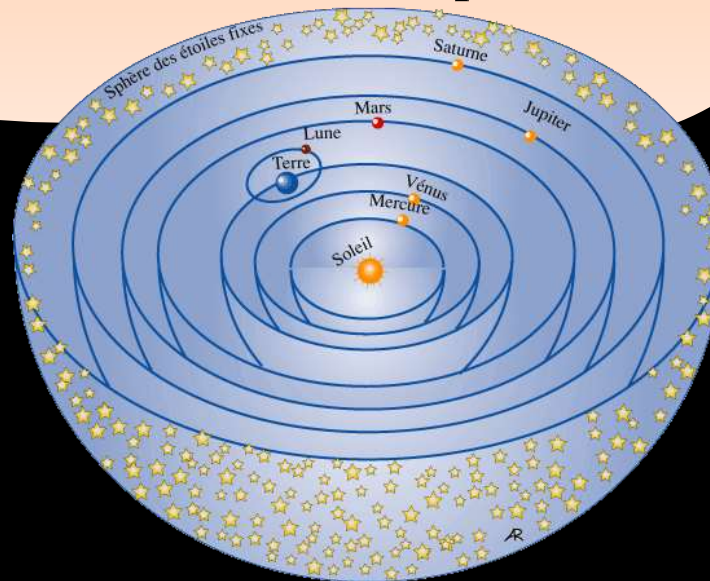
500

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

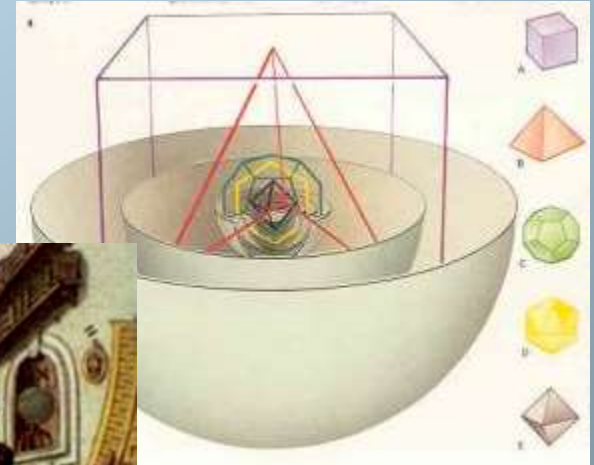
1571 1630

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



**Tycho Brahé**

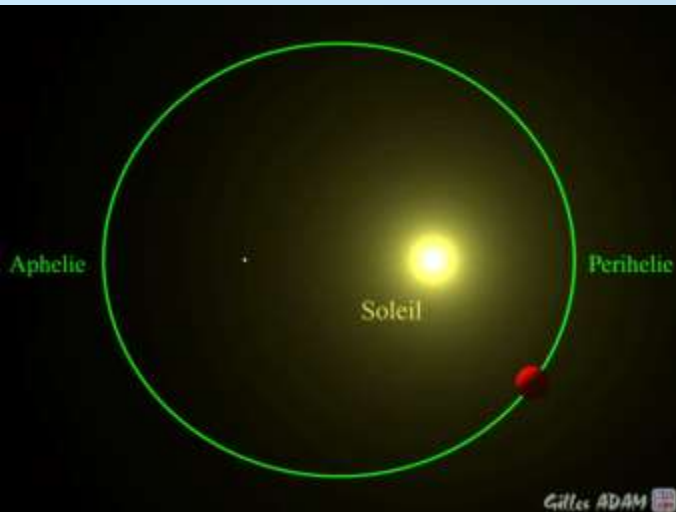
L'Univers  
selon Kepler



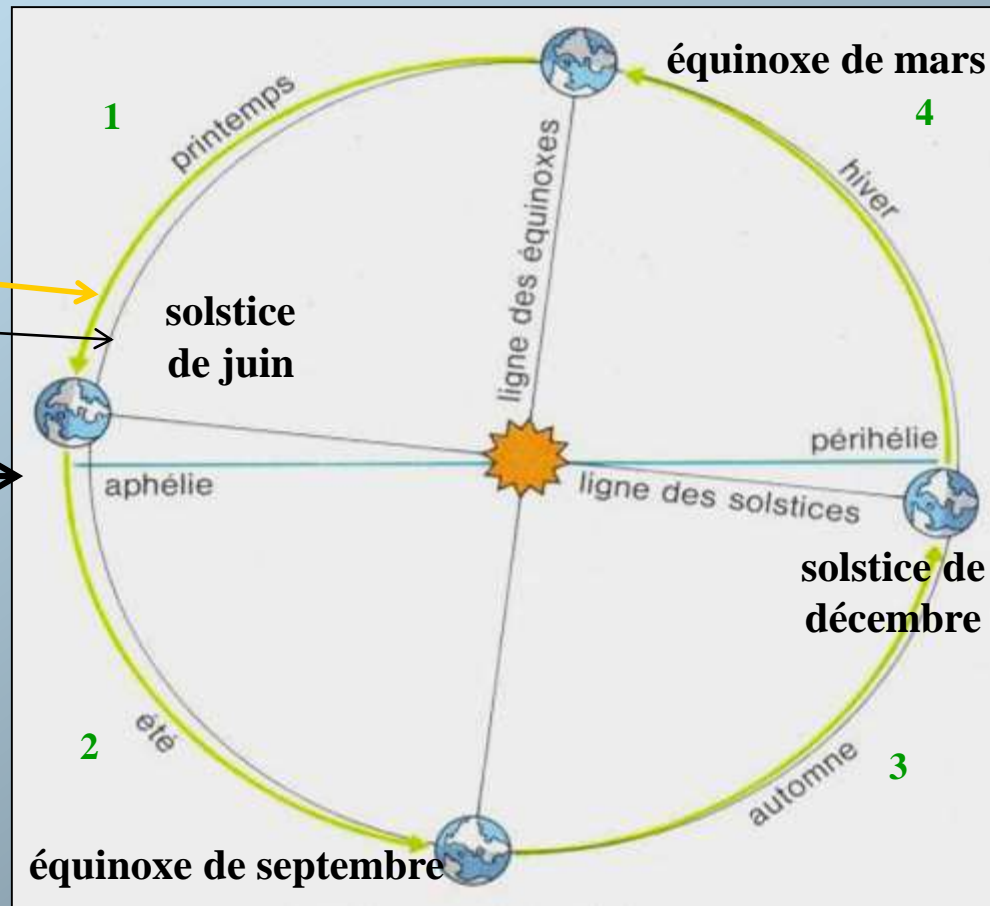
Construit un « Observatoire », obtient des mesures précises  
Observe des comètes, en déduit la fin des sphères célestes

# 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 :**

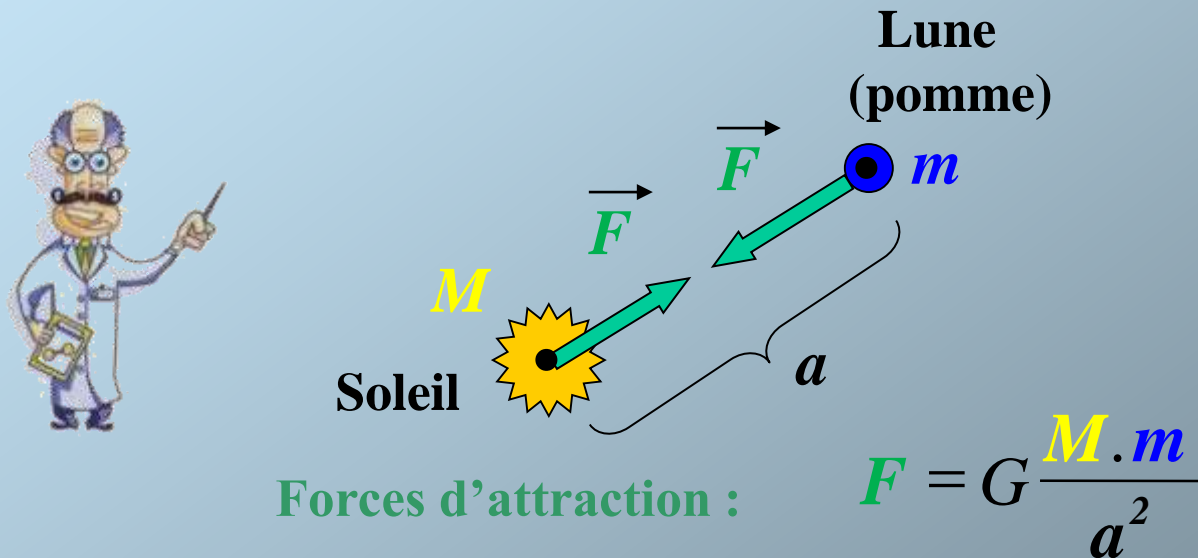
- 1 Printemps : 92,7 jours
- 2 Été : 93,7 jours
- 3 Automne : 90 jours
- 4 Hiver : 89 jours

☀ **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

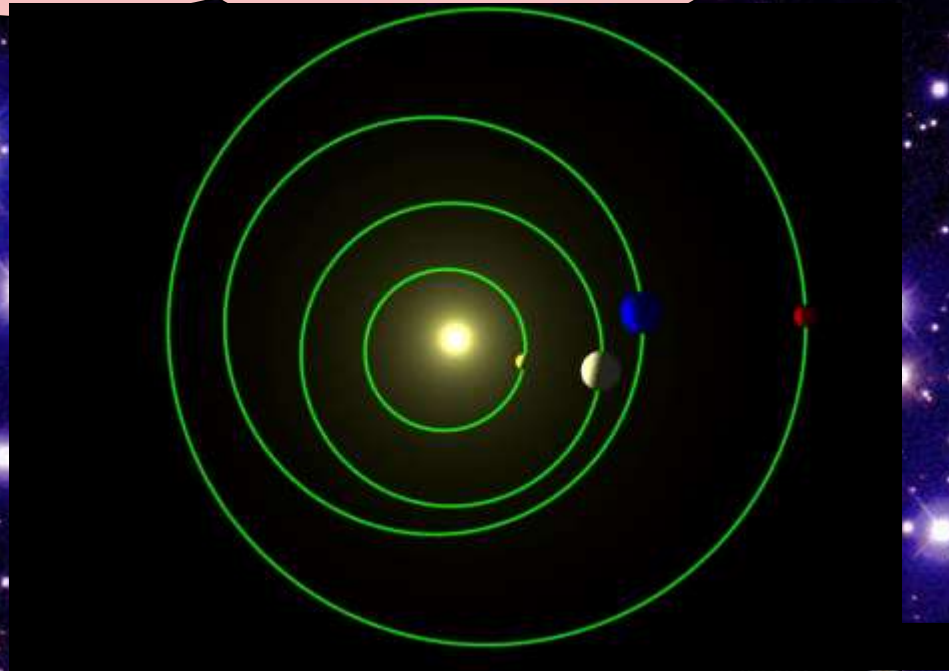
500

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** ?



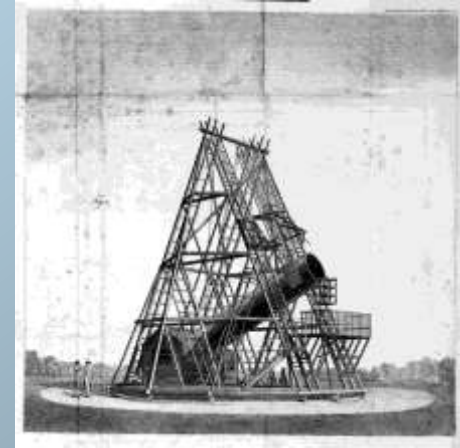
Newton s'en remet à Dieu pour la stabilité de l'Univers  
Et il se tournera vers les recherches liées à l'alchimie

 **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)**



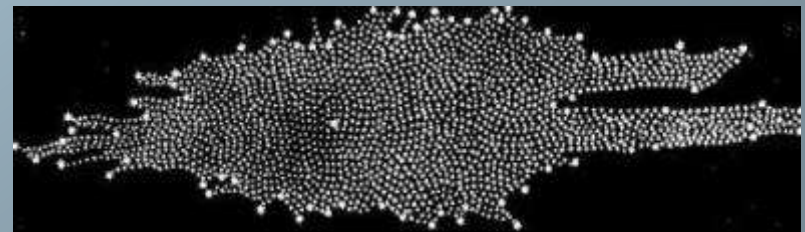
**L'Univers au-delà du système solaire se précise :**

**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

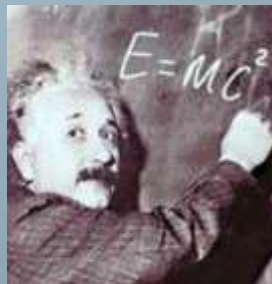
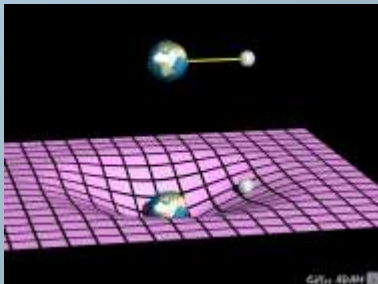
Découverte de la véritable structure de l'Univers :  
Des milliards de galaxies, de toutes formes

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**

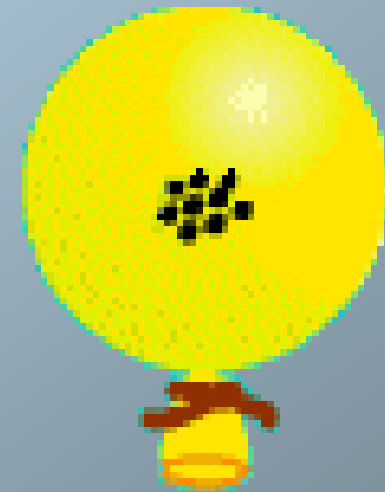
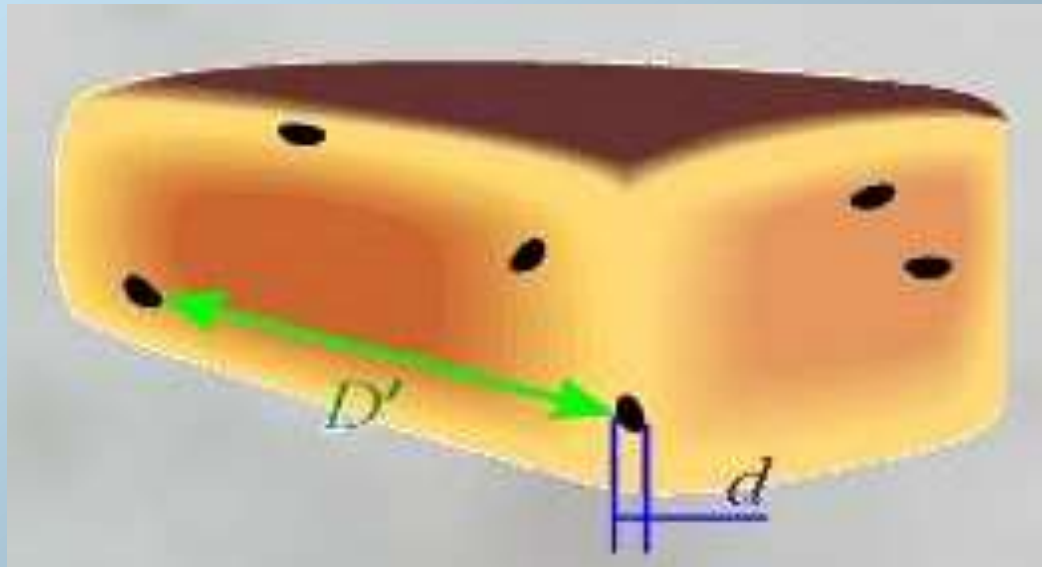
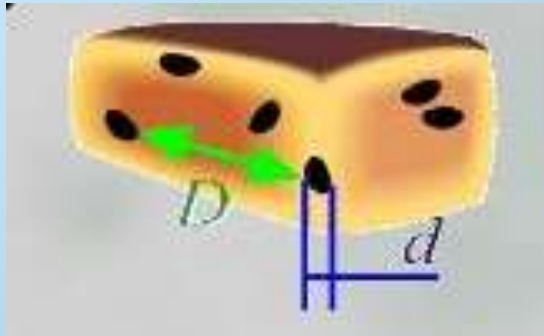
**Dans chaque galaxie :**  
**En moyenne 200 milliards d'étoiles**



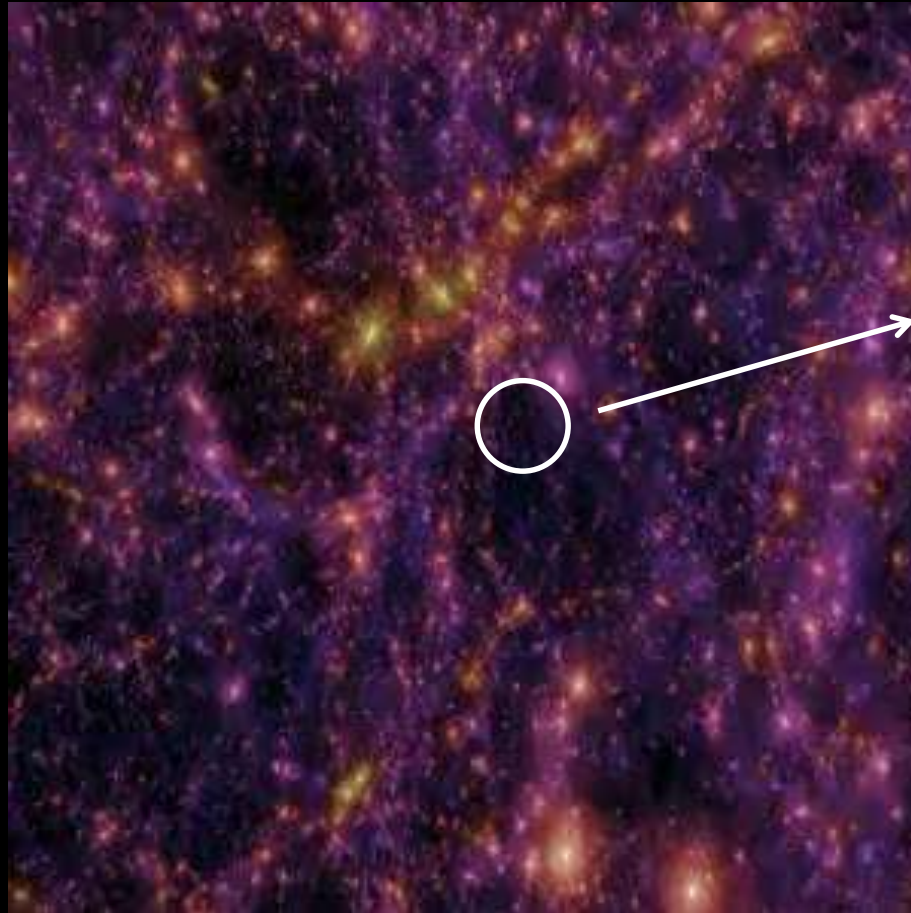
# Globalement, l'Univers est en expansion



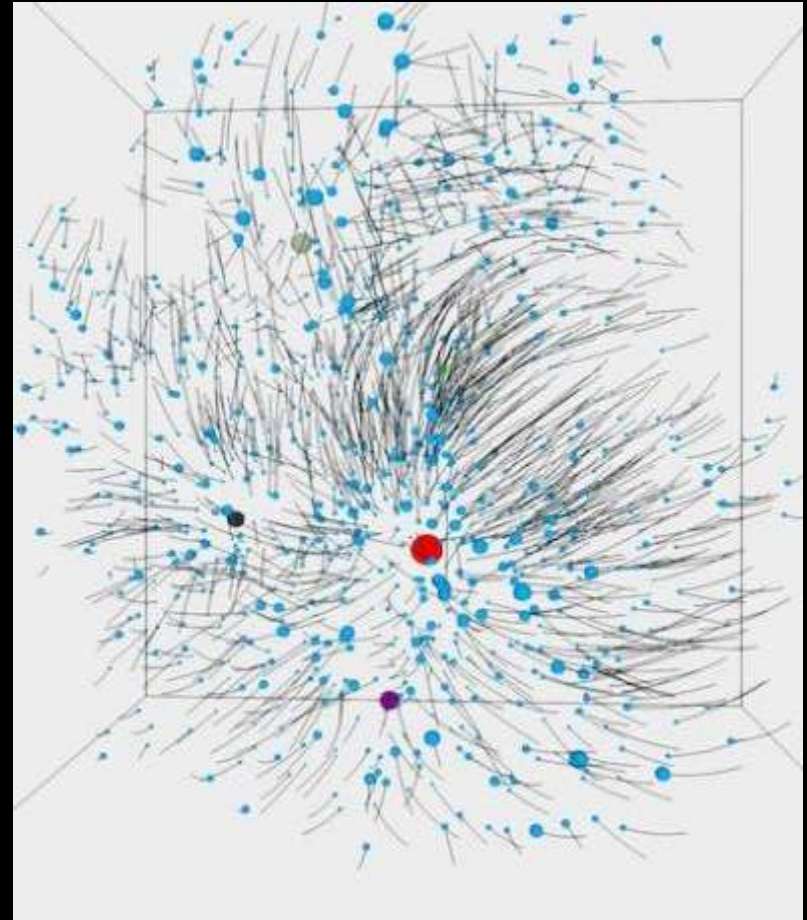
Hubble montre que le mouvement général des galaxies est l'éloignement  
Les objets (galaxies) sont fixes dans un espace qui se dilate (pas de centre)  
Vu depuis la Terre, plus les galaxies sont loin, plus elles s'éloignent vite



**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<sup>-32</sup> s**

**fin antimatière**

**1 s**

**nucléosynthèse**

**3 mn**

**découplage**

**380 000 ans**

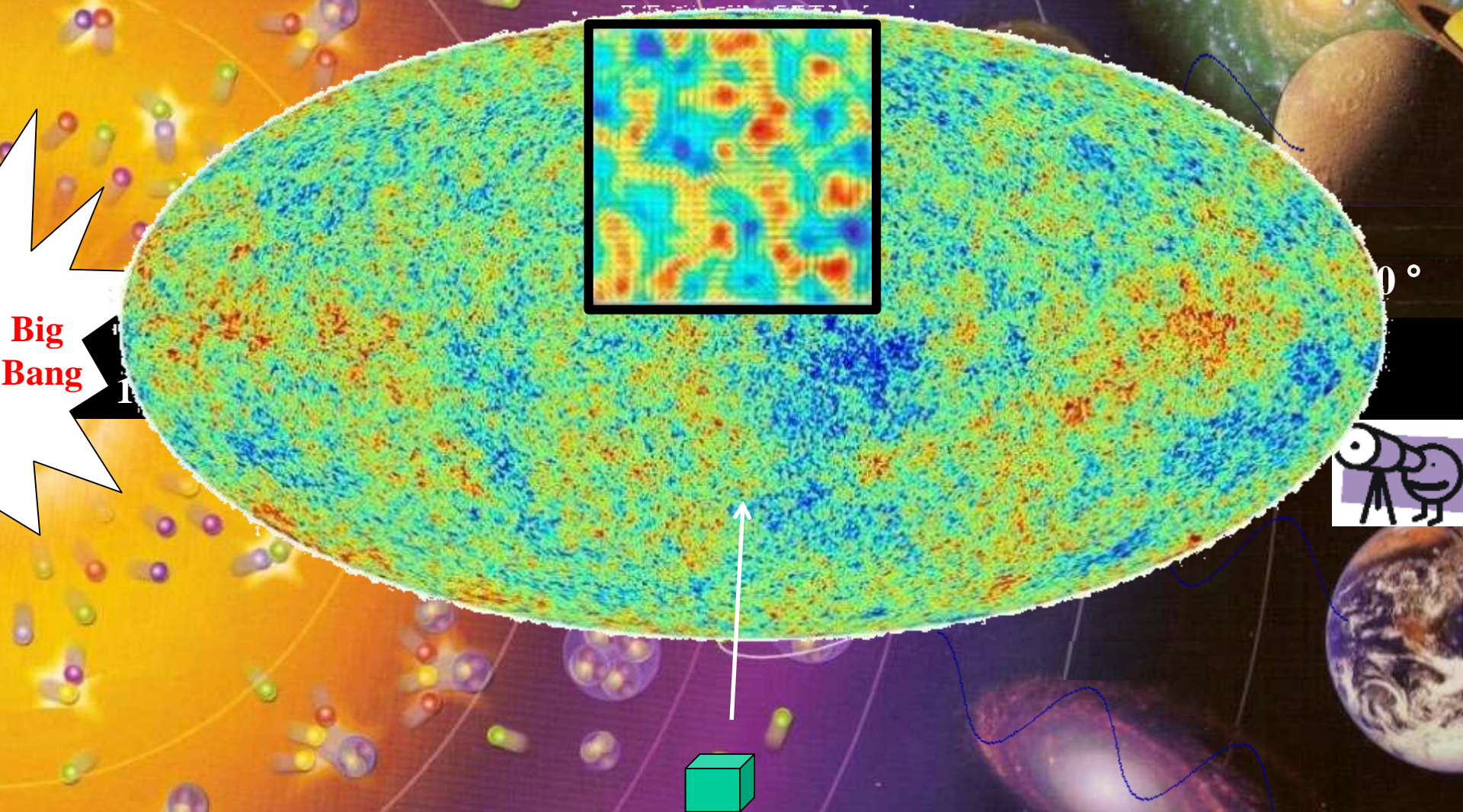
**structuration**

**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

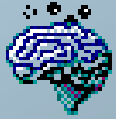
2000

**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...**



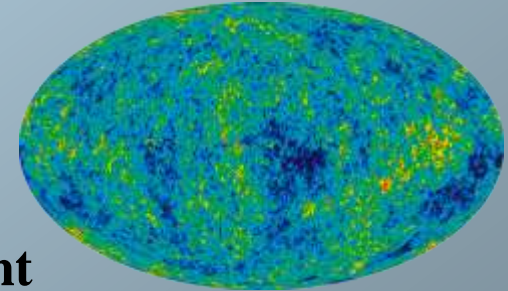
## 3.2 Un Univers mystérieux et de nouvelles questions



☀ **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  $t = 10 \text{ Ma}$

$D = 30 \text{ Mal}$

$D$



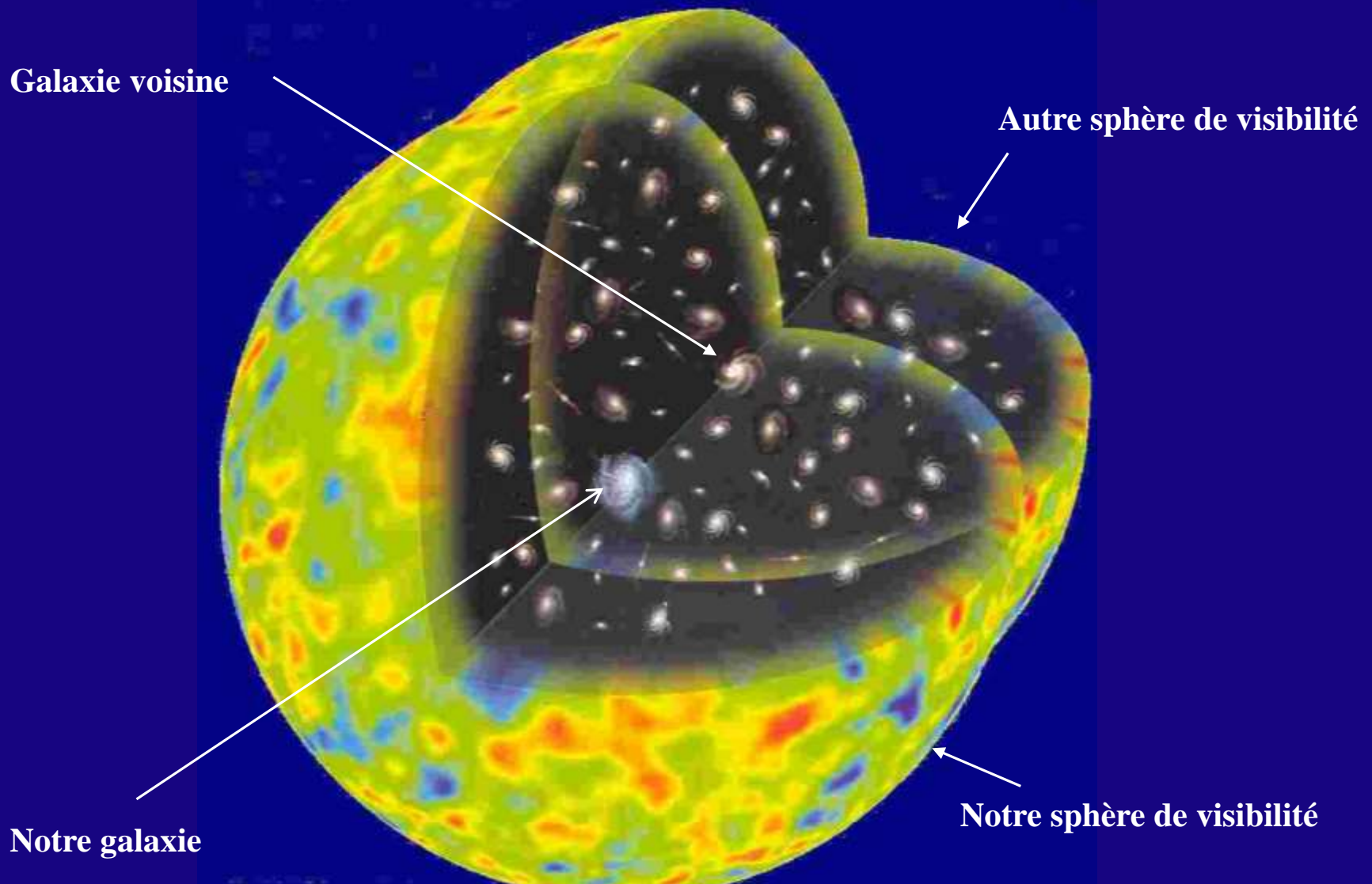
$d$

Émission à  $t = 1 \text{ Ma}$

$d = 3 \text{ Mal}$



# 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



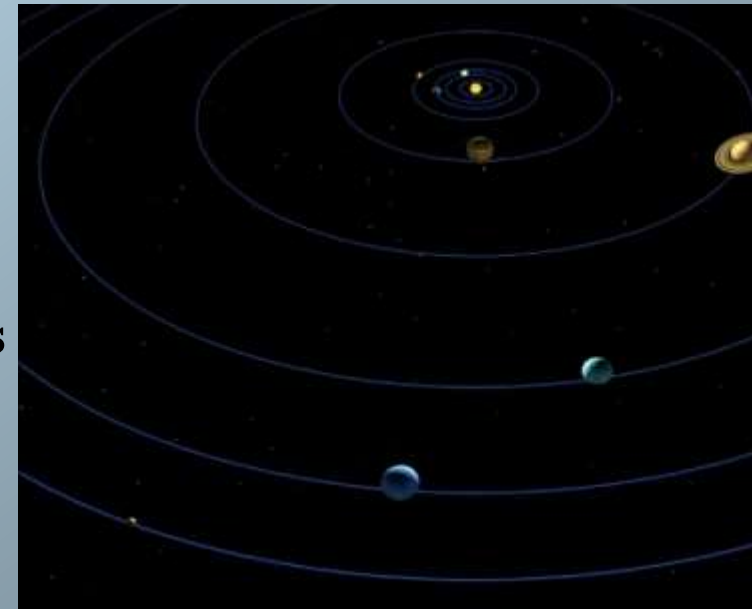
Au niveau atomique :  
La mécanique quantique



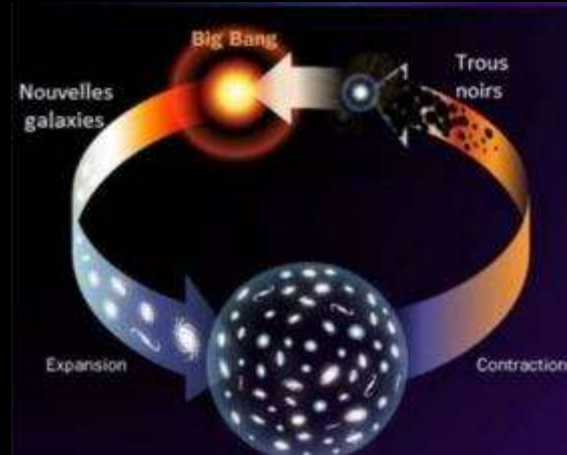
Théorie des cordes

Théorie de la  
gravitation  
quantique

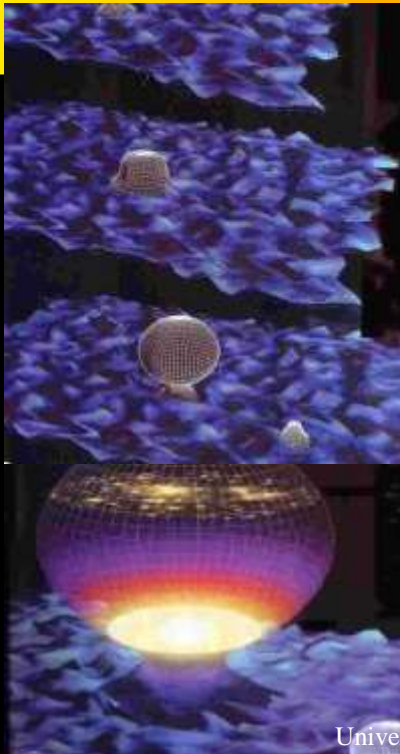
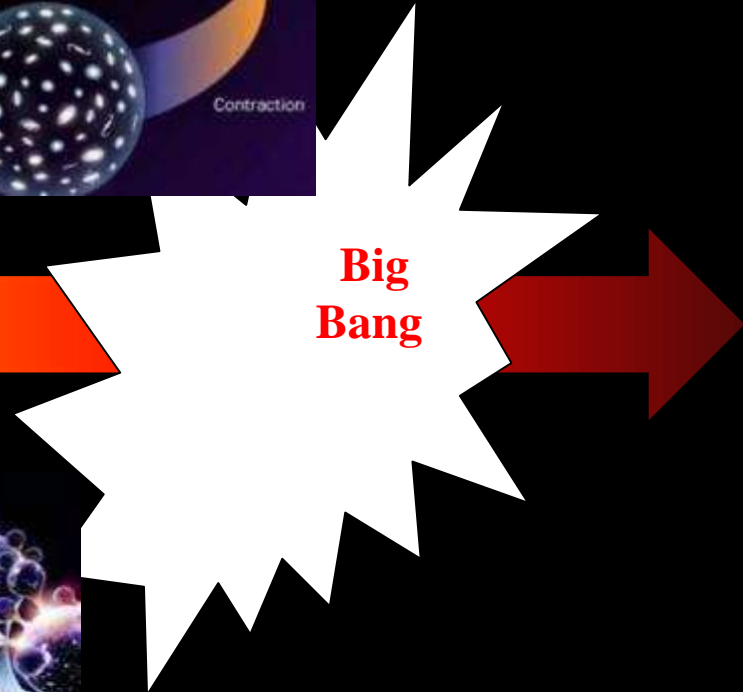
Après le Big Bang



Au niveau astronomique :  
La théorie de la relativité



Temps





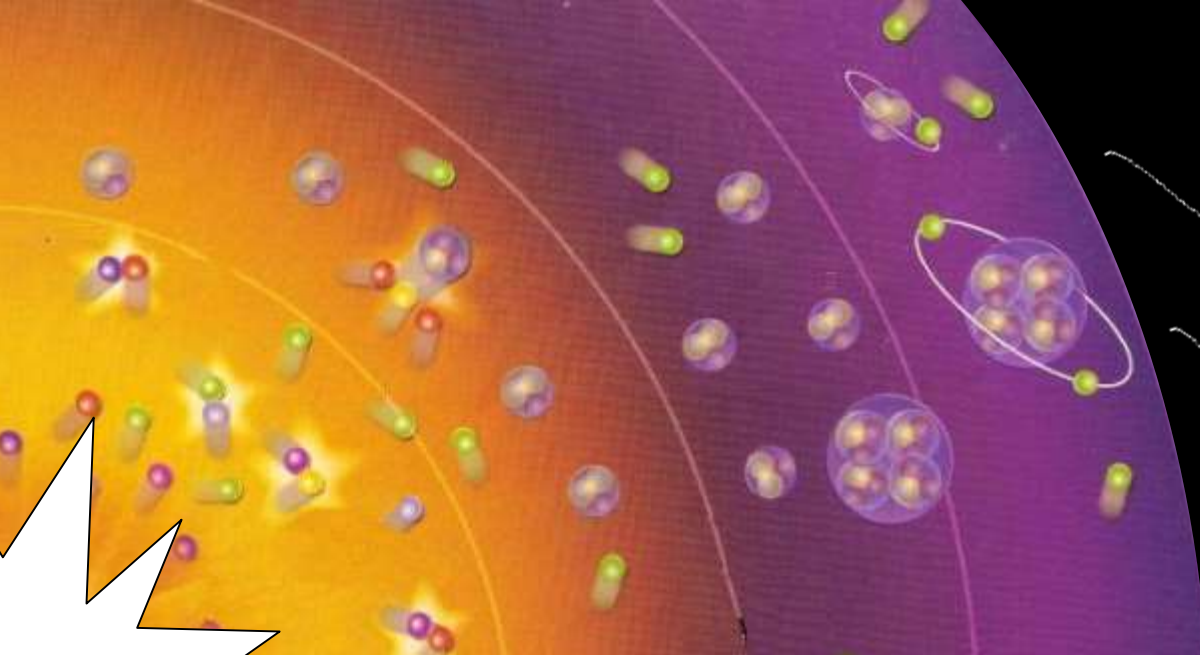
**De quoi est fait l'Univers ? Pourquoi apparait-il ainsi ?**

**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**

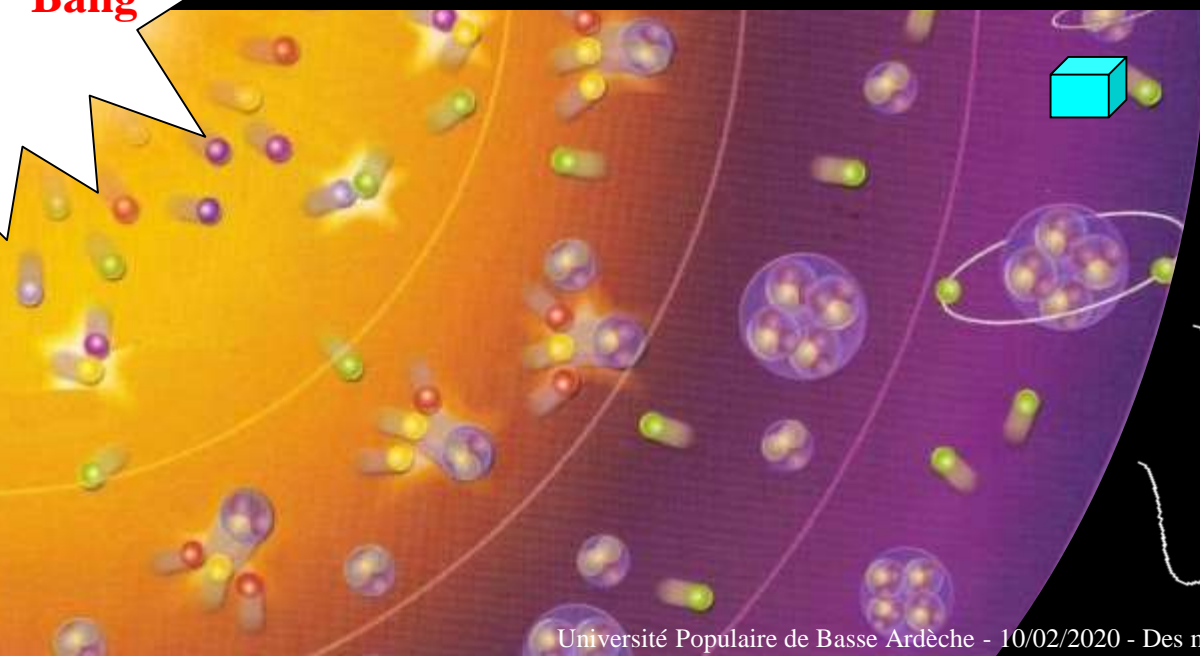


**Big Bang**

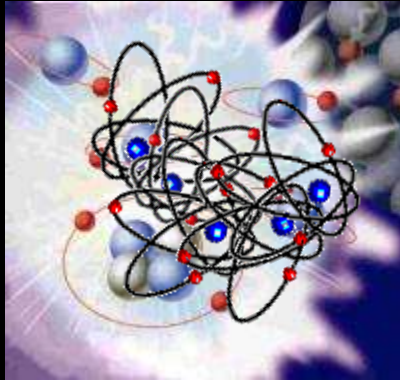
**découplage**  
**380 000 ans**

**3000 °**

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

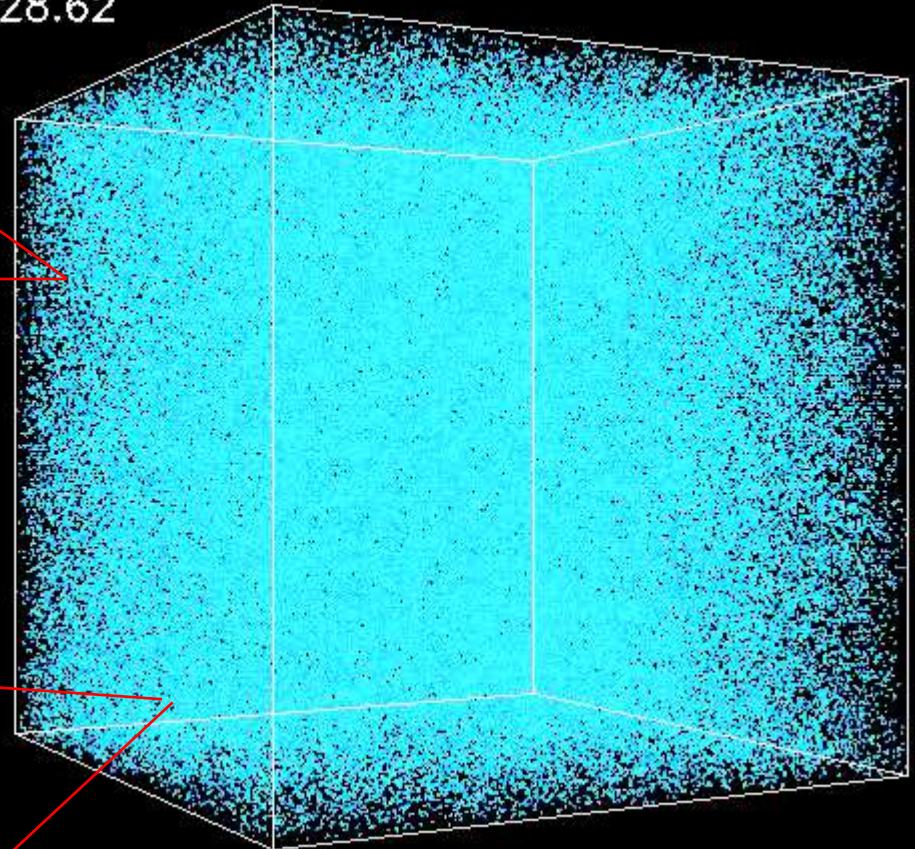


**L'Univers se structure par l'action de la gravitation, juste après le Big Bang  
A partir de « grumeaux » de matière première (hydrogène hélium) déjà présents**



**Apparition des  
galaxies et des étoiles**

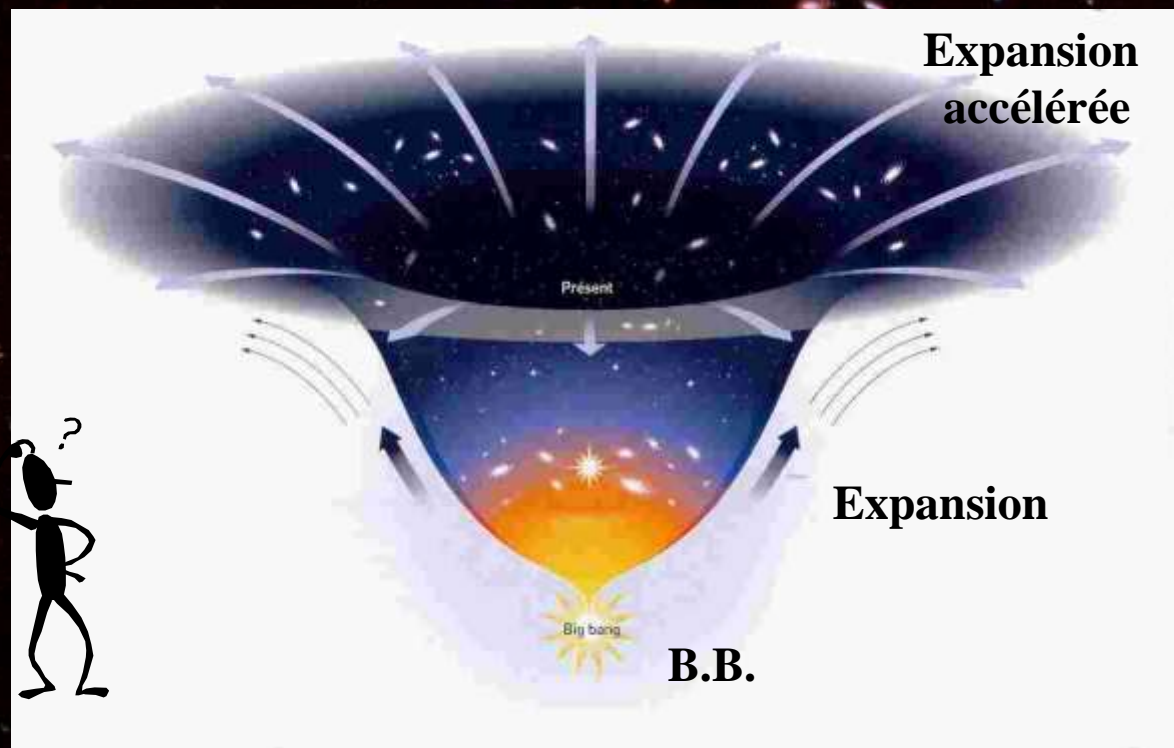
$Z=28.62$



**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**

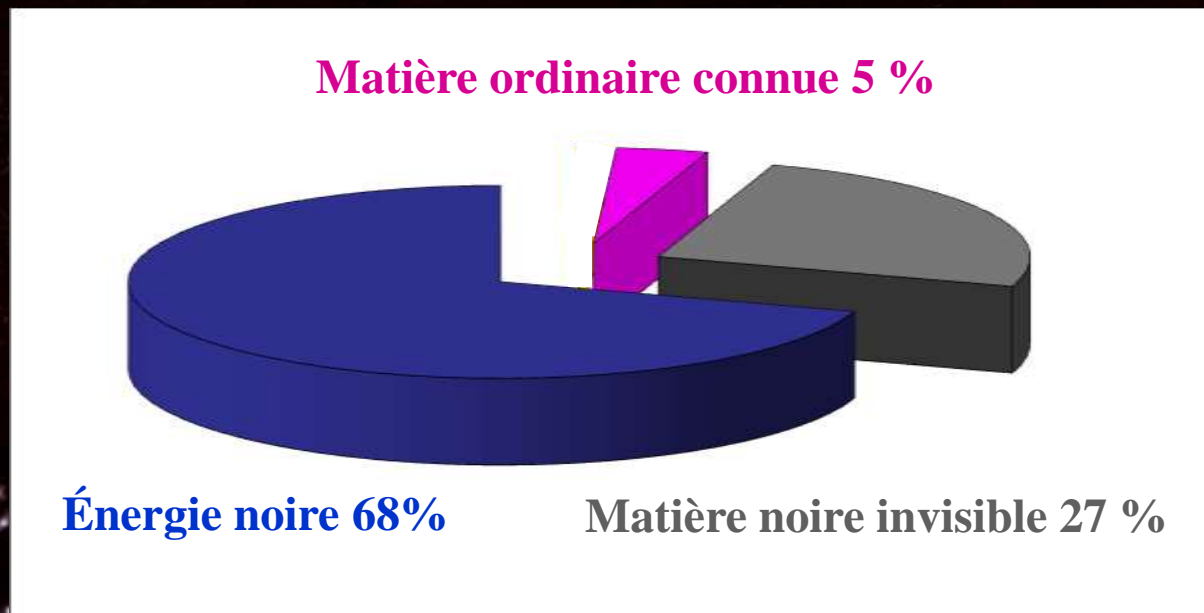


**Les scientifiques ignorent de quoi elle est constituée... ?  
... Mais ils arrivent à quantifier les différents éléments de l'Univers**

## 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

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

**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](http://www.esa.int)

[www.nasa.gov](http://www.nasa.gov)

[www.cnes.fr](http://www.cnes.fr)

[www.eso.org](http://www.eso.org)

[www.hubblesite.org](http://www.hubblesite.org)

[www.afanet.fr](http://www.afanet.fr)

### Sites intéressants :

[www.cieletespace.fr](http://www.cieletespace.fr)

[www.astrosurf.com/luxorion/](http://www.astrosurf.com/luxorion/)

[www.astronomes.com](http://www.astronomes.com)

[www.planetastronomy.com](http://www.planetastronomy.com)

[www-obs.univ-lyon1.fr](http://www-obs.univ-lyon1.fr)

[www.futura-science.com](http://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