

Introduction aux Sciences de la Terre et de l'Univers	
P. von Ballmoos, Centre d'Etude Spatiale des Rayonnements, 05 61 55 66 47, pvb@cesr.fr	
A. La Terre dans l'Univers	
B. La structure du globe et son exploration	
C. Tectonique des plaques	
D. Océan-Atmosphère	
La Terre dans l'Univers	1

La Terre dans l'Univers	
1. Introduction	
1.1. A quoi sert la géologie ?	
1.2. Evolution de la géologie comme discipline scientifique	
1.2.1. Les pères fondateurs	
1.2.2. La révolution de la tectonique des plaques	
1.2.3. La conquête de la Lune	
2. Naissance de l'univers	
2.1. Les dimensions	
2.2. L'expansion de l'univers	
2.3. Le modèle du big-bang	
3. L'évolution de l'univers, la nucléosynthèse	
3.1. Introduction	
3.2. La nucléosynthèse primordiale	
3.3. Les étoiles	
3.4. Les Super Novae	
3.5. La fin des étoiles	
La Terre dans l'Univers	2

La Terre dans l'Univers	
4. Le système solaire	
4.1. Constitution du système solaire	
4.1.1. Le Soleil	
4.1.2. Les planètes telluriques	
4.1.3. Les planètes géantes ou planètes gazeuses	
4.1.5. Les satellites	
4.1.6. Les comètes	
4.1.7. Les astéroïdes	
4.2. La Formation du système solaire	
4.2.1. La géométrie du système solaire	
4.2.2. Les météorites	
4.2.3. Le modèle de la nébuleuse froide	
4.2.4. La formation des proto-planètes	
La Terre dans l'Univers	3

La Terre dans l'Univers	
5. La formation de la Terre et la différenciation primitive	
5.1. Différenciation chimique de la Terre :	
- Gravité : éléments lourds – éléments légers	
- Volcanisme, érosion, bombardement météorique, tectonique	
- Croûte, manteau, noyau	
5.2. La chaleur terrestre	
- Chaleur d'accrétion, - radioactivité naturelle, - impacts de météorites	
- La chaleur de la Terre primitive	
5.3. La différenciation de la Lune	
- Structure et composition	
- Hypothèses de formation : fusion, capture, planètes jumelles	
5.4. Formation et évolution de l'atmosphère	
- Origine de l'atmosphère primitive	
- Structure et composition de l'atmosphère actuelle	
- Mécanismes d'évolution : dégazage, activité biologique	
La Terre dans l'Univers	4



A quoi sert la géologie ?	
Les ressources naturelles : exploration, exploitation, gestion	
Ressources minérales :	
- minerais	
- roches	
- minéraux	
Ressources énergétiques :	
- combustibles fossiles	
- uranium	
- eau, vent, soleil, marées	
Ressources vitales :	
- eau	
- sol	
La Terre dans l'Univers	5

A quoi sert la géologie ?	
Les risques naturels :	
prévision, prévention, protection	
Inondations, coulées de boues, glissements de terrains	
Tremblements de terre, éruptions volcaniques	
Le génie Civil :	
étude géologique, géotechnique et géochimique	
Routes, ponts, barrages, immeubles, maisons	
Décharges, systèmes d'épuration	
La gestion des déchets :	
aménagement, réhabilitation et suivi des sites pollués	
Déchets radioactifs, industriels, ménagers	
La Terre dans l'Univers	6

Evolution de la géologie comme discipline scientifique

Les pères fondateurs - Antiquité

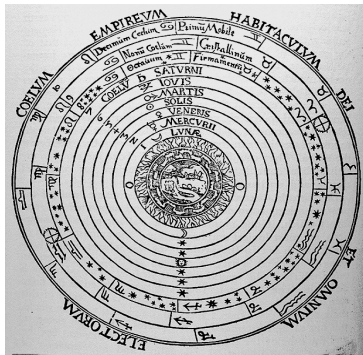
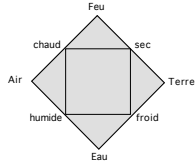
Platon (427-347 av. J.-C.)	Aristote (384-322 av. J.-C.)	Strabon (60 av. JC – 20 ap. JC)
-------------------------------	---------------------------------	------------------------------------


→ La terre est ronde !

La Terre dans l'Univers 7

Aristote : monde sublunaire et régions éthérées

La Terre dans l'Univers 8

Aristote : le mouvement naturel des éléments




monde sublunaire
(gravure sur bois, 1561)
régions éthérées

La Terre dans l'Univers 9

Evolution de la géologie comme discipline scientifique

Les pères fondateurs



XVII^e siècle : René Descartes (1596-1650)
→ proposition de structure interne de la terre.



XVII^e siècle : Georges-Louis Buffon (1707 – 1788)
→ estimation de l'âge de la terre.

La Terre dans l'Univers 10

Evolution de la géologie comme discipline scientifique


XIX^e siècle : → naissance de la géologie « moderne »

- René Just Haüy (1743 – 1822)
→ cristallographie et minéralogie
- Georges Cuvier (1769 – 1832)
→ paléontologie
- Alexandre Brongniart (1770 – 1847)
→ sédimentologie , chronologie stratigraphique
- Charles Lyell (1797 – 1875)
→ formation de la terre est un processus continu
- Edouard Suess (1831 – 1914)
→ première synthèse de géologie structurale
→ mise en évidence des analogies de faune et flore entre différents continents

La Terre dans l'Univers 11

Evolution de la géologie comme discipline scientifique

XX^e siècle : La révolution de la Tectonique des Plaques



Alfred WEGENER (1880 – 1930)
→ Théorie de la dérive des continents (1912)

Développement : - des datations radio chronologiques (1905),
- de la sismologie (1909),
- de la gravimétrie (1909),
- des mesures paléomagnétiques (1954)

Découverte : - des dorsales (1960),
- des zones de subduction (1967)

→ Théorie de la tectonique des plaques (1968)

La Terre dans l'Univers 12

les câbles transatlantiques et le fond des océans ...



Carte du câble télégraphique transatlantique de 1858



Evolution de la géologie comme discipline scientifique

La conquête de la Lune



Développement des techniques spatiales

→ Premier pas sur la Lune (21 juillet 1969)

La Terre dans l'Univers

1. Introduction

- 1.1. A quoi sert la géologie ?
- 1.2. Evolution de la géologie comme discipline scientifique
 - 1.2.1. Les pères fondateurs
 - 1.2.2. La révolution de la tectonique des plaques
 - 1.2.3. La conquête de la Lune

2. Naissance de l'univers

- 2.1. Les dimensions
- 2.2. L'expansion de l'univers
- 2.3. Le modèle du big-bang

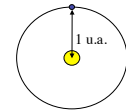
3. L'évolution de l'univers, la nucléosynthèse

- 3.1. Introduction
- 3.2. La nucléosynthèse primordiale
- 3.3. Les étoiles
- 3.4. Les Super Novae
- 3.5. La fin des étoiles

Mesure des distances

première grande étape :

unité astronomique (u.a.) - la distance moyenne de la Terre au Soleil



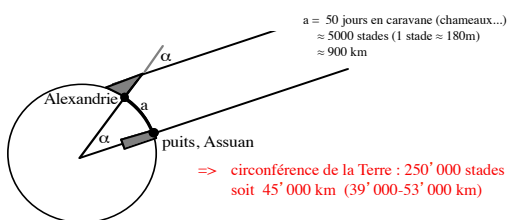
Ici, on cherche à estimer

- D_T : diamètre de la Terre
- D_L : diamètre de la Lune
- D_S : diamètre du Soleil
- d_{TL} : distance Terre-Lune
- d_{TS} : distance Terre-Soleil

par de simples observations, à la manière d'Aristarque et d'Eratosthène ...

La forme de la Terre : Eratosthène (250 avant J.C.)

le jour du solstice d'été, lorsque le Soleil éclaire le fond des puits à Syène (Assouan), Eratosthène mesure l'ombre d'un obélisque à Alexandrie. Il détermine que le Soleil se trouve à 1/50ème du cercle ($7^{\circ}12'$) au sud de la verticale du lieu. Il estime la distance entre Assouan et Alexandrie en sachant qu'une caravane à chameaux met 50 jours pour parcourir ce trajet.



La forme de la Terre

éclipse de la lune du 9 Novembre 2003



le mouvement de la lune a travers l'ombre de la terre

rapport des diamètres Terre / Lune

t : temps que la lune met pour entrer dans l'ombre de la Terre
 T : temps pendant lequel la lune reste dans l'ombre cylindrique de la Terre.

rapport des diamètres : $\frac{D_l}{D_t} = \frac{t}{T} = r$

$D_l = D_t \cdot r$ $r : 0.36$ (Aristarque) ; 0.26 (aujourd'hui)

La Terre dans l'Univers 19

Distance Terre-Lune

γ_l : angle de vision de la Lune
 γ_s : angle de vision du Soleil
 $D_l = \gamma_l \cdot d_{tl}$ diamètre de la Lune

$d_{tl} = \frac{D_t \cdot r}{\gamma_l}$ distance Terre-Lune, avec $r = D_l / D_t$

Mesure d'Aristarque : $\gamma_l = \gamma_s = 2^\circ$, aujourd'hui : $\gamma_l = \gamma_s = 0.5^\circ$

La Terre dans l'Univers 20

Distance Terre-Soleil

$\sigma = \arctan \frac{d_{tl}}{d_{ts}} \approx \arctan \frac{d_{tl}}{d_{ts}} \approx \frac{d_{tl}}{d_{ts}}$
 $= 180^\circ - \delta - \beta = 90^\circ - \beta$
 $d_{ts} = \frac{d_{tl}}{90^\circ - \beta}$
 $D_s = \gamma_s \cdot d_{ts}$

Mesure d'Aristarque : $\beta = 87^\circ \Rightarrow d_{ts} / D_t = 180$
 Valeur d'aujourd'hui : $\beta = 89^\circ 52' \Rightarrow d_{ts} / D_t = 11726$

La Terre dans l'Univers 21

Mesures antiques et modernes

	$\frac{D_l}{D_t}$	$\frac{D_s}{D_t}$	$\frac{d_{tl}}{D_t}$	$\frac{d_{ts}}{D_t}$	πD_t
Aristarque -270	0.36	6.75	9.5	180	
Eratostène -230					252'000 stad ~40'000 km
valeur d'aujourd'hui	0.26	108.9	30.2	11726	40'000 km

$d_{ts} = 1 \text{ UA} = 1.5 \cdot 10^{11} \text{ m} = 1.58 \cdot 10^5 \text{ a.l.}$

La Terre dans l'Univers 22

Parallaxes géométriques

Dans le cas des objets relativement proches de la Terre, on mesure leur distance géocentrique par la méthode des parallaxes géométriques, le rayon terrestre (connu grâce aux travaux géodésiens) étant choisi comme longueur de référence.

il faut d'abord connaître les bases ...

La Terre dans l'Univers 23

UA : périodes d'orbites planétaires

On peut alors accéder à la mesure de la distance Terre-Soleil en mesurant la distance géocentrique d' une planète intérieure au moment de l' opposition,

puis en appliquant la 3ème Loi de Képler :

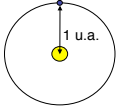
$$\frac{(a_t)^3}{(p_t)^2} = \frac{(a_p)^3}{(p_p)^2}$$

a : demi grand axe ; p : période de révolution

La Terre dans l'Univers 24

Les dimensions - unités de distance

unité astronomique (u.a.): distance moyenne de la Terre au Soleil: $150 \cdot 10^6$ km

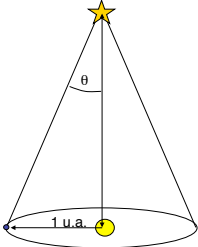


parsec (pc) : parallaxe seconde

θ = angle de parallaxe (")

distance objet/Terre [pc] = $1/\theta$

1 pc = $3.09 \cdot 10^{16}$ m
= 3.26 a.l.



La Terre dans l'Univers 25

Parallaxe annuelle

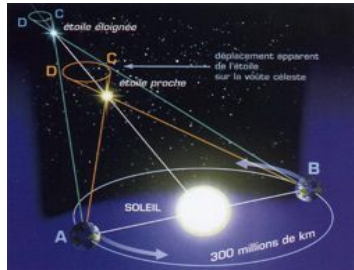
parallaxe d' une étoile par rapport à la base égale à l' unité astronomique (triangulation à partir des différents côtés de l' orbite de la terre).

parsec (pc) : parallaxe seconde

θ = angle de parallaxe (")

distance objet/Terre [pc] = $1/\theta$

1 pc = $3.09 \cdot 10^{16}$ m
= 3.26 a.l.



La Terre dans l'Univers 26

la parallaxe annuelle et le système géocentrique

Ni dans l'Antiquité, ni au Moyen Âge, ni au cours de la révolution scientifique, ni même aux heures glorieuses de l'astronomie post-newtonienne, on ne put détecter cette variation parallactique.

Hypothèse de Galilée : si les étoiles sont toutes de même luminosité, les variations d'éclat traduisent des éloignements différents. Galilée choisit des couples d'étoiles proches mais de luminosité différente; observation de la position relative devrait permettre de détecter une variation parallactique.

Bessel relève le défi au début du XIXe siècle :


- déterminer positions et mouvements propre de 50000 étoiles (monumental !)
- observation systématique (18 mois) de l'étoile double 61 Cygni (dotée d'un important mouvement propre / l'aberration stellaire)

=> variation angulaire résiduelle de 0.314" attribué à la parallaxe (1838)

1980 : parallaxes d'environ 8000 étoiles
1989 : Hipparcos - 100 000 étoiles avec des parallaxes > 0.001"

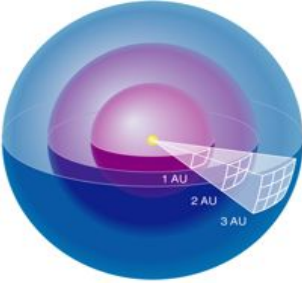
La Terre dans l'Univers 27

Chandelles standard - parallaxe spectroscopique



si on mesure l'éclat d'une chandelle dont on connaît la luminosité, on est capable d'estimer sa distance

Chandelles standard - parallaxe spectroscopique



Si on connaît la magnitude absolue d' une étoile (ou, en d'autres termes, sa luminosité absolue L en [W]), et en mesurant sa magnitude apparente (ou son flux lumineux f en $[W/m^2]$ observé sur terre) l'estimation de sa distance D peut se faire, sachant que le flux lumineux f diminue en $1/D^2$

$$f = \frac{L}{D^2} \quad D = \sqrt{\frac{L}{f}}$$

La Terre dans l'Univers 29

Les dimensions - unités de temps - unités de distance

Temps

- million d'années (10^6 a) : Ma
- milliard d'années (10^9 a): Ga

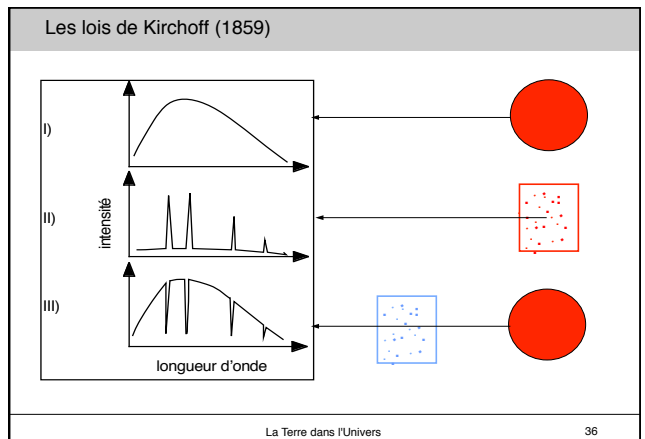
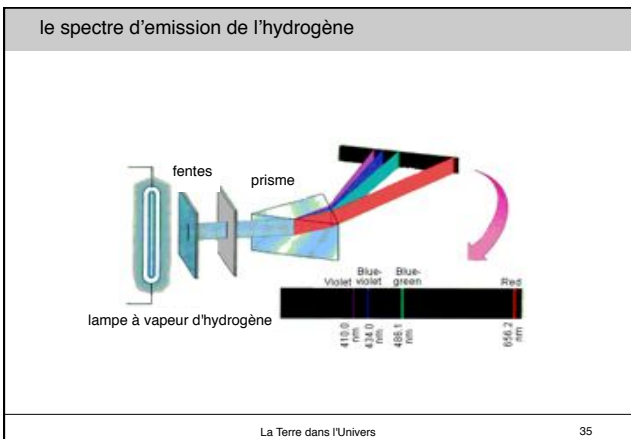
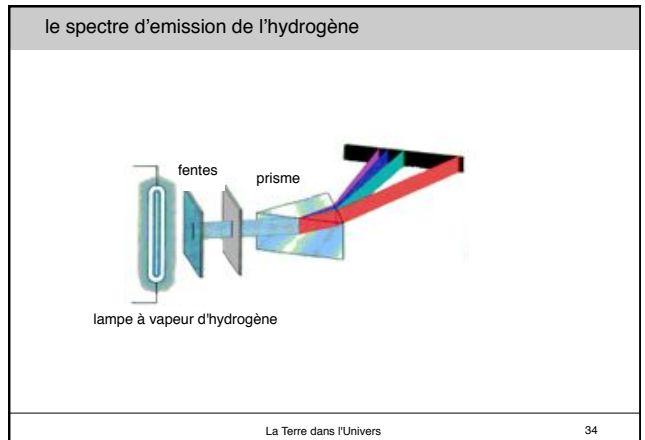
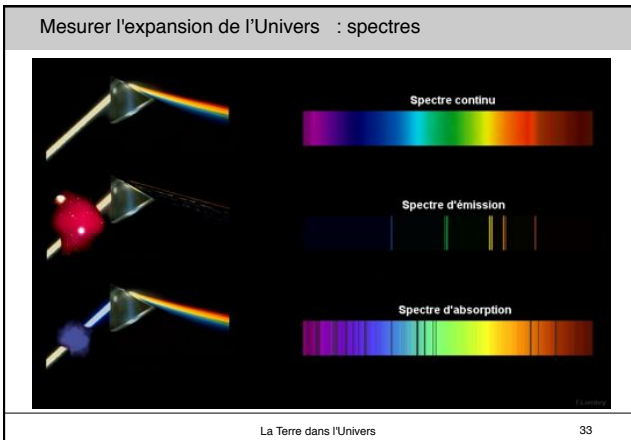
Distance (temps)

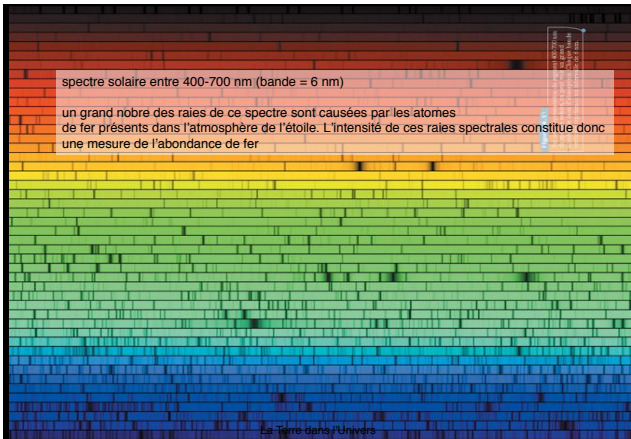
année-lumière (a.l.): distance parcourue par la lumière en 1 an: 10^{13} km (avec $c = 3 \cdot 10^8$ km s⁻¹)

pour tourner autour de la terre	1/7	seconde
pour arriver au soleil	8	minutes
pour arriver à limite du système solaire	5.5	heures (pluton)
pour arriver à α du Centaure	4.3	années lumière
pour arriver au Centre Galactique	30	mille années

La Terre dans l'Univers 30

La Terre dans l'Univers	
1. Introduction	
1.1. A quoi sert la géologie ?	
1.2. Evolution de la géologie comme discipline scientifique	
1.2.1. Les pères fondateurs	
1.2.2. La révolution de la tectonique des plaques	
1.2.3. La conquête de la Lune	
2. Naissance de l'univers	
2.1. Les dimensions	
2.2. L'expansion de l'univers	
2.3. Le modèle du big-bang	
3. L'évolution de l'univers, la nucléosynthèse	
3.1. Introduction	
3.2. La nucléosynthèse primordiale	
3.3. Les étoiles	
3.4. Les Super Novae	
3.5. La fin des étoiles	

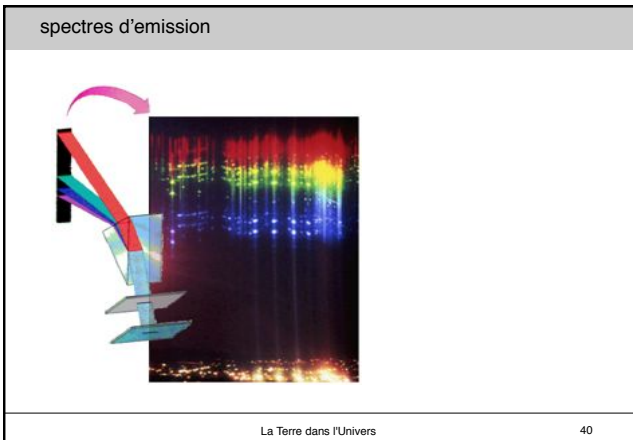
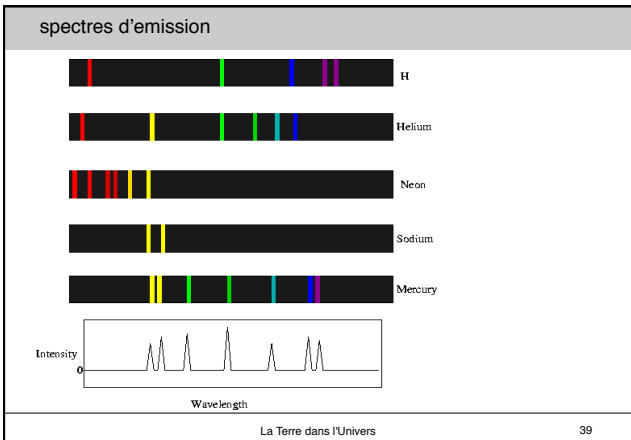




des raies atomique ou moléculaires

- λ (position de la raie) => identification d'un élément, d'une molécule
- intensité de la raie => abondance d'atomes dans un état énergétique->T
- décalage de la raie => vitesse relative du milieu (par rap. à l'observateur)
- élargissement de la raie => température T,P
- absorption / émission => grad T, (-> densité)

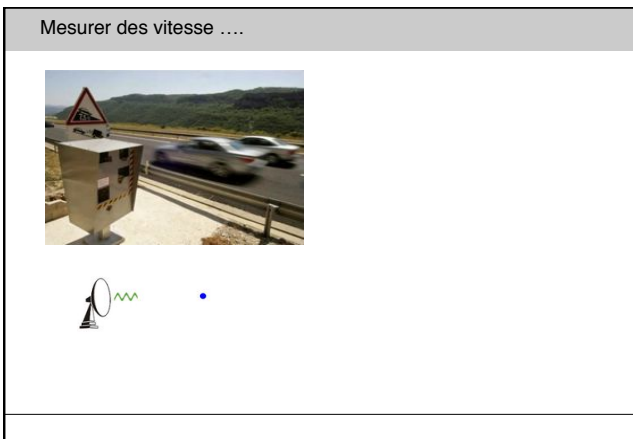
La Terre dans l'Univers 38



des raies atomique ou moléculaires

- λ (position de la raie) => identification d'un élément, d'une molécule
- intensité de la raie => abondance d'atomes dans un état énergétique->T
- décalage de la raie => vitesse relative du milieu (par rap. à l'observateur)
- élargissement de la raie => température T
- absorption / émission => grad T, (-> densité)

La Terre dans l'Univers 41



Mesurer des vitesse ... par effet Doppler

Mesurer les vitesses ... des galaxies

effet Doppler non-relativiste

$\lambda = cT$
 $\nu T = \Delta\lambda$
 $\lambda' = (c - v)T = (1 - v/c)\lambda$
 $\nu' = c/\lambda' = (1 / (1 - v/c))\nu$

Pendant la durée d'une oscillation T ($T = 1/\nu = \lambda/c$), la source avance de vT . Comme la vitesse du signal est limitée à c , dans le référentiel de l'observateur, la longueur d'onde est diminuée de $\Delta\lambda = vT = v\lambda/c \Rightarrow$

$\Delta\lambda/\lambda = v/c$ et $\Delta\nu/\nu = v/c$ (pour $v \ll c$)

Mesurer l'expansion de l'Univers : Spectres et Céphéides

Spectre d'émission de l'hydrogène

M31 (Andromède) Céphéides

L'expansion de l'Univers : La récession des Galaxies

A MEMBER OF A CLUSTER OF GALAXIES IN	DISTANCE IN MEGAPARSECS	REDSHIFTS
Virgo	24	1200 KM/S
URSA MAJOR	300	15,000 KM/S
BOOTES	780	39,000 KM/S
HYDRA	1220	61,000 KM/S

Les raies de l'hydrogène sont toutes décalées vers le rouge !

La récession des Galaxies : Le Diagramme de Hubble

Hubble & Humason (1931)

$H = v/D$ $H_0 = 71 \text{ km/s/Mpc}$
 $1 \text{ pc} = 3.09 \cdot 10^{16} \text{ m}$

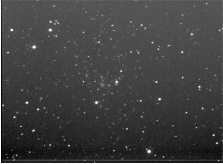
L'expansion de l'Univers : exemple

loi de Hubble - exemple

galaxie de l'amas de la couronne

(cas non relativiste - $v \ll c$)

La raie H- α de l' H atomique ($\lambda_0 = 656.5 \text{ nm}$) est observée à $\lambda = 704.4 \text{ nm}$ sa distance mesurée $\approx 300 \text{ Mpc}$



décalage vers le rouge (redshift) $z = \Delta\lambda/\lambda_0 = 48/656 = 0.073$

$z = v/c$

\Rightarrow constante de Hubble : $H = v/D = zc/D$ (avec $c \approx 300\,000 \text{ km/s}$)
 $= 73 \text{ km/s/Mpc}$

La Terre dans l'Univers 49

L'expansion de l'Univers : La loi de Hubble

- les Galaxies lointaines s'éloignent tous de nous
- les vitesses de récession v augmentent avec la distance d .

$v = H \cdot D$

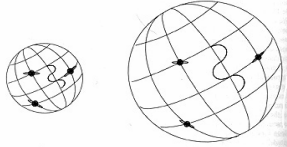
Constant de Hubble $H : 71 \text{ km/sec/Mpc}$

Pas de centre de l'expansion

- tout le monde verrait la même chose (principe cosmologique)

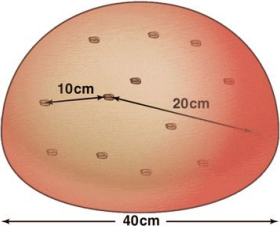
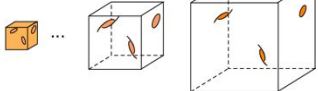
Si l'Univers grandit d'un facteur 2

- la distance entre de Galaxies grandit d'un facteur 2



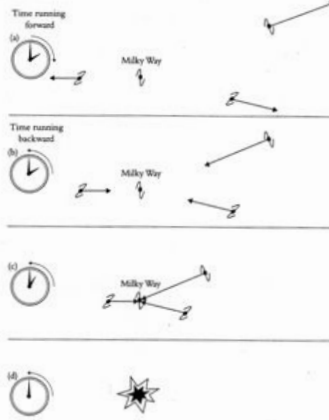
La Terre dans l'Univers 50

Expansion de l'Univers

La Terre dans l'Univers 51

l'age de l'Univers



1. pour $d \sim 1 \text{ Mpc} \rightarrow 72 \text{ km/sec}$, pour $d \sim 10 \text{ Mpc} \rightarrow 720 \text{ km/sec}$
2. Age de l'Univers
 Quelle est la durée du "voyage"
 temps du voyage = distance/vitesse
 $= 1 \text{ Mpc} / (72 \text{ km/sec}) = 3 \times 10^{19} \text{ km} / (72 \text{ km/sec}) = 4.2 \times 10^{17} \text{ secs} = 13 \times 10^9 \text{ ans}$

\Rightarrow BIG BANG

La Terre dans l'Univers 51

Le principe cosmologique

Univers géocentrique	Pythagore, Platon, Ptolémée
Univers héliocentrique	Aristarque, Copernic
Univers de Kapteyn	Wright, Kant, Kapteyn
Univers galactocentrique	Shapley
Univers « moderne »	Shapley
Big Bang	Slipher, Hubble, Shapley


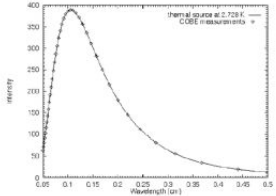
Nous n'observons pas d'un point privilégié dans l'Univers

Le Principe Cosmologique :

Les Lois de la Physique sont les mêmes, partout dans l'Univers.

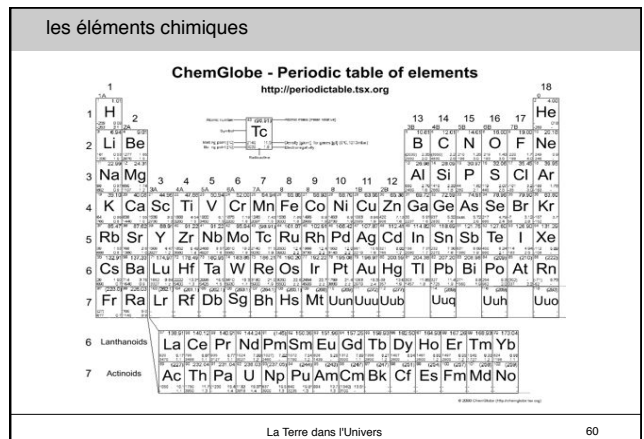
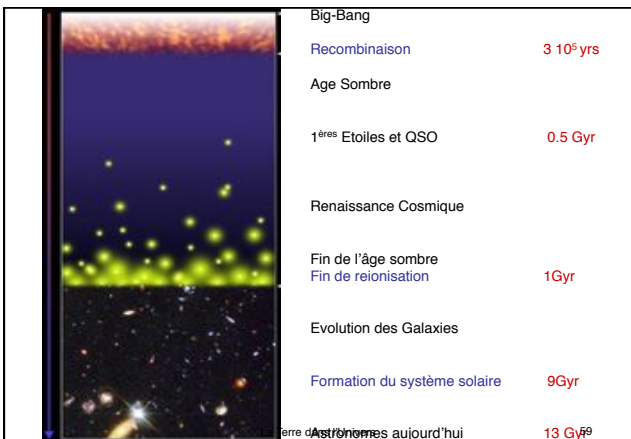
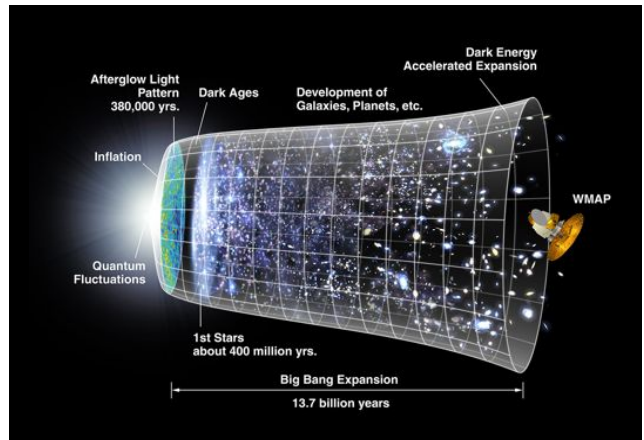
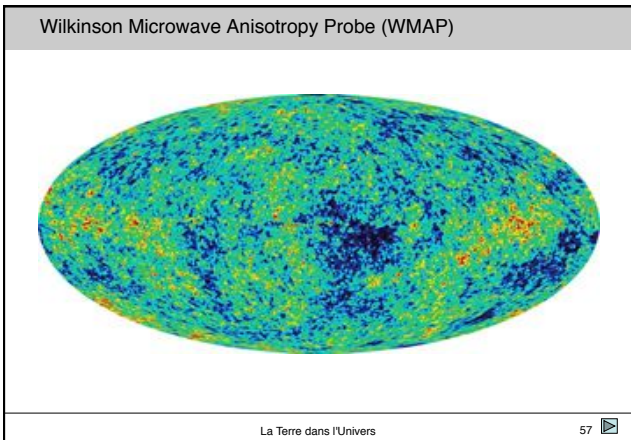
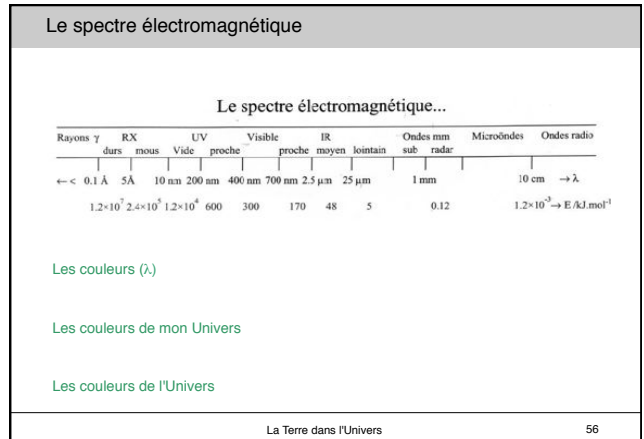
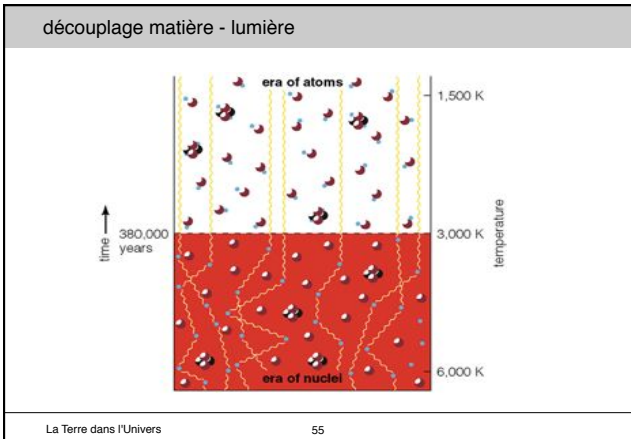
La Terre dans l'Univers 53

Le modèle du Big-Bang : Le Corps Noir Cosmique

- Un bruit de fond continu perturbe les communications quel que soit la direction de l'antenne,
- Ce bruit provient de l'espace profond,
- Sa longueur d'onde correspond à une température de 3K

La Terre dans l'Univers 54







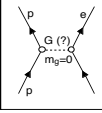

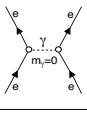
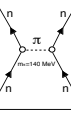
Le modèle du Big-Bang

A la naissance de l'Univers, il y a env. 13 milliards ans, toute la matière et l'énergie sont comprimés dans une région incroyablement petite d'une ρ et d'un T inimaginable.

Pendant les premières 10^{-43} secondes (temps de Planck), la physique de l'événement ne peut pas être décrite. Il est possible que les 4 forces (gravitation, électromagnétisme, force faible et force forte) étaient tous unis en une seule force.

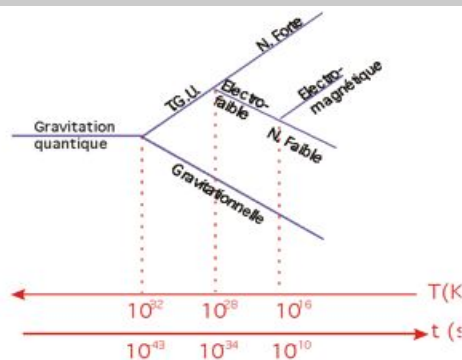
La Terre dans l'Univers 61

Nucléosynthèse primordiale : interactions fondamentales

	Gravitation	Interaction faible	Interaction électromagnétique	Interaction forte
description phénoménologique	$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$	$38\text{Sr}^{90} \rightarrow 38\text{Y}^{90} + e^-$	$C + O_2 \rightleftharpoons CO_2$	$2\text{H} + 2\text{H} \rightarrow 4\text{He} + 2\text{H} + 2n$
phénomènes macroscopiques dans transformations énergétiques				
processus physiques	attraction universelle forme des astres	désintégration des neutrons production des neutrinos	cohésion entre atomes chimie, phénomène lumineux	cohésion noyau atomique réactions nucléaires
portée	$1/r^2$ (∞)	$< 10^{-16}$ cm	$1/r^2$ ($< 10^{-7}$ cm)	$< 10^{-13}$ cm
intensité (constante de structure fine)	$\alpha_G = \frac{Gm_p^2}{\hbar c} \approx 6 \cdot 10^{-39}$	$\alpha_{fw} = \frac{g_w^2}{\hbar c} \approx 10^{-13}$	$\alpha = \frac{ke^2}{\hbar c} \approx 1/137$	$\alpha_s = \frac{g_s^2}{\hbar c} \approx 15$
échange de :	gravitons (?)	bosons	photons	gluons
phénomène fondamental				

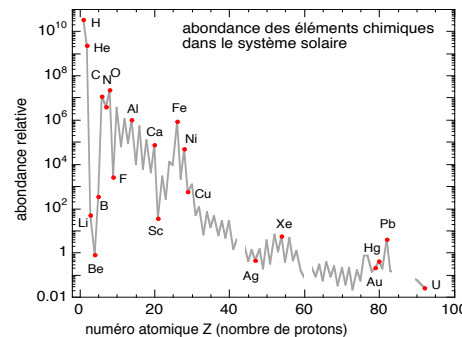
La Terre dans l'Univers 62

Nucléosynthèse primordiale : interactions fondamentales



La Terre dans l'Univers 63

l'abondance des éléments chimiques



La Terre dans l'Univers 64

l'abondance des éléments chimiques

Les principales caractéristiques de la courbe des "abondances standards" font apparaître :

- 1) l'hydrogène et l'hélium représentent 97 % de la masse
- 2) le Lithium, Béryllium et Bore sont extrêmement rares
- 3) entre Hydrogène et Cuivre, l'abondance chute de 10^8
- 4) il y a un maximum local autour de Z=26, le pic du Fer
- 5) surabondance des éléments "pairs" par rap. aux "impairs"
- 6) pour les éléments lourds au delà du pic du Fer, l'abondance décroît lentement

La Terre dans l'Univers 65


Vers le modèle du Big Bang

Ce qu'on sait de l'Univers après la découverte de Hubble :

- il est en expansion,
- il est froid et presque « vide » (densité très faible),
- il est composé de 92% d'hydrogène et 7% d'hélium (1% d'éléments lourds : C, O, Fe etc....)

hypothèses pour l'origine des éléments chimiques

- matière = protons + neutrons + électrons,
- à l'origine l'Univers était très chaud et très dense,
- à l'origine il y avait autant d'H et d'He qu'aujourd'hui,
- c'est à partir de l'H que l'on fabrique les éléments plus lourds.



George Gamow

La Terre dans l'Univers 66

Les proposition de George Gamov

3mn après l'explosion....
 Lorsque la température et la densité ont été adéquates des **réactions nucléaires** se sont déclenchées :

$p \rightarrow {}^1\text{H}$
 $p + n \rightarrow {}^2\text{D}$
 $D + p \rightarrow {}^3\text{He} + \text{énergie}$
 ${}^3\text{He} + {}^3\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + 2p$

} Nucléosynthèse primordiale

300 000 ans après l'explosion.....
 Capture des électrons par les noyaux

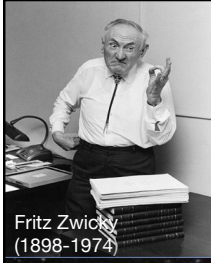
→ Formation des atomes

Libération des photons dans un grand flash à 3000K

→ L'Univers s'allumine

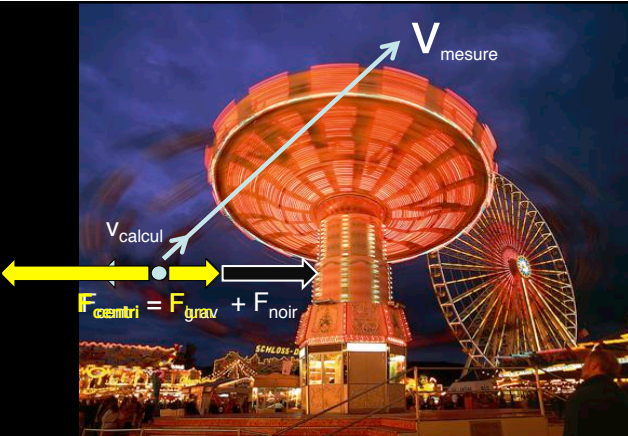
La Terre dans l'Univers ➡

la matière noire




Fritz Zwicky (1898-1974)

Zwicky étudie la distribution des vitesses des Galaxies
 sa conclusion : il faut $M_{\text{gravitation}} \gg M_{\text{visible}}$
 sinon les galaxies seraient éparpillées par leur vitesse.
 => les galaxies ne contribuent qu' à 1 % de la masse de l'amas



$F_{\text{centrifuge}} = F_{\text{grav}} + F_{\text{noir}}$


la matière noire



1%	étoiles	} matière baryonique
14 %	Gas	
85%	matière noire	} matière non-baryonique

La Terre dans l'Univers 70

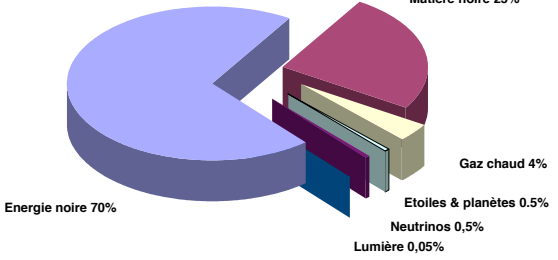
l'énergie noire



les Supernovae à très grand redshift (distance) indiquent Expansion accélérée -> nouvelle forme d'énergie :

l' énergie noire

Composition de l'Univers actuel



70%	Energie noire
25%	Matière noire
4%	Gaz chaud
0.5%	Etoiles & planètes
0,5%	Neutrinos
0,05%	Lumière