

Introduction aux Géosciences (Terre et Planètes)

Plan du cours : 1^{er} semestre (GL111)

I - Introduction

1°) La Terre dans l'Univers

2°) La Terre Active

3°) Pression et Température

II – Phénomènes physiques mis en jeu

4°) Convection Thermique

5°) Déformation

6°) Fusion - Cristallisation

7°) Erosion - Sédimentation

III – Phénomènes Géologiques (combinaison de phénomènes physico- chimiques)

Grande Echelle

- 4°) Expansion des Fonds Océaniques
(dérive des continents)
- 5°) Collision Continentale
- 6°) Subduction
- 7°) Extension
(Rifts et zones diffuses)

III – Phénomènes Géologiques

Méso Echelle

8°) Volcanisme

9°) Magmatisme

10°) Métamorphisme

Ouvrages conseillés

**Claude Allègre:
De la Pierre à l'étoile
(Fayard, 1992, 2001)**

**Ouvrage collectif (sous la direction de H.-C. Nataf et J. Sommeria)
La Physique et la Terre
(Belin, 2000)**

**Agnès Dewaele et Chrystèle Sanloup
L'intérieur de la Terre et des Planètes
Belin, 2005**

**Frank Press et Raymond Siever
Understanding Earth
(Freeman, 1997)**

**Jean Yves Daniel et co-auteurs
Sciences de la Terre et de l'Univers
(Vuibert, 1999)**

Organisation du cours

Cours le Jeudi:
8 séances

Présence aux TD
Colles (avis des moniteurs = 10% note)

Examen
Janvier 2006

- TD assurés par
Frédéric Fluteau et Anne Mangeney

- Colles par moniteurs

La Terre



Age \approx 4.55 milliards d'années

Rayon moyen = 6371 km

Masse = $5.975 \cdot 10^{24}$ kg

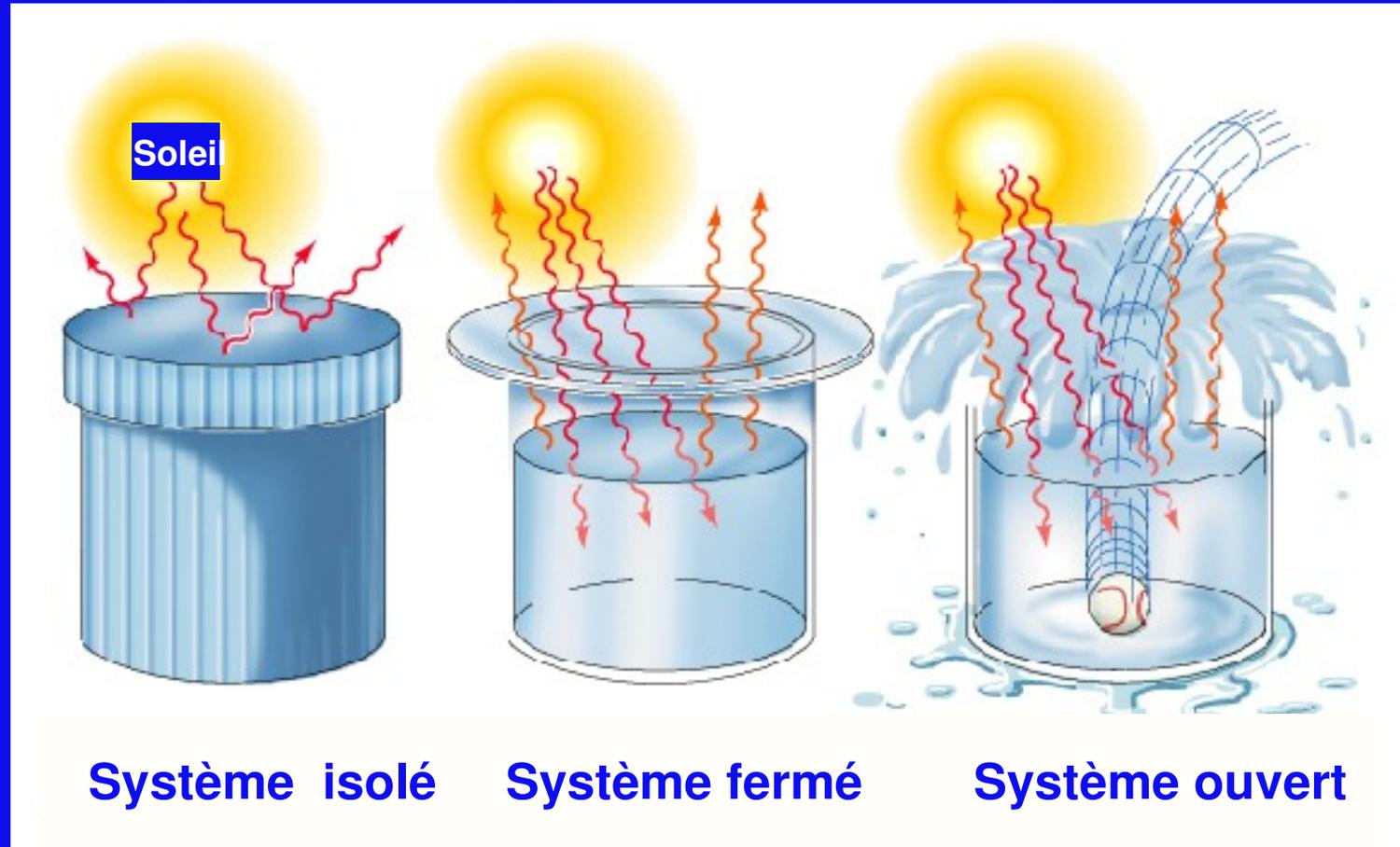
Densité moyenne = 5.515

Planète active
(interne et externe)

Seule planète connue qui
permet la vie

SYSTEME FERME

Le système fermé



Systeme fermé: échange de l'énergie,
mais n'échange pas de masse avec l'extérieur.

Le problème de
l'expérimentation
Les échelles sont très grandes
dans l'espace (10^5 m)
et dans le temps (10^{13} s):
on ne peut les reproduire
expérimentalement.

L'observation nous renseigne sur les
expériences déjà conduites par la
Nature.

L'

uniformitarisme
“Le présent est la clef du passé”
(Hutton)

La **nature** des lois ne change pas mais la **vitesse** et l'**intensité** des processus peuvent changer.

MAIS

Certains phénomènes sont limités à certaines périodes particulières.

Le temps



Certaines
structures
demandent des
millions
d'années (Ma)
pour se
former...



D'autres,
beaucoup
plus rares,
seulement
quelques
secondes!

Chapitre 1

La Terre dans l'Univers

1-1 Description du système solaire

- Le Soleil et les planètes
 - Les lois de Képler et de Titus-Bode

L'héritage Grec

- 600 Thalès prédit les éclipses de Lune; sait que la Lune est illuminée par le Soleil**
- 550 Pythagore réalise que Terre, Soleil, Lune sont des sphères**
- 350 Aristote comprend que les phases de la Lune sont dues à l'illumination du Soleil; que le Soleil est plus loin que Lune; que la Terre est sphérique (arguments)**

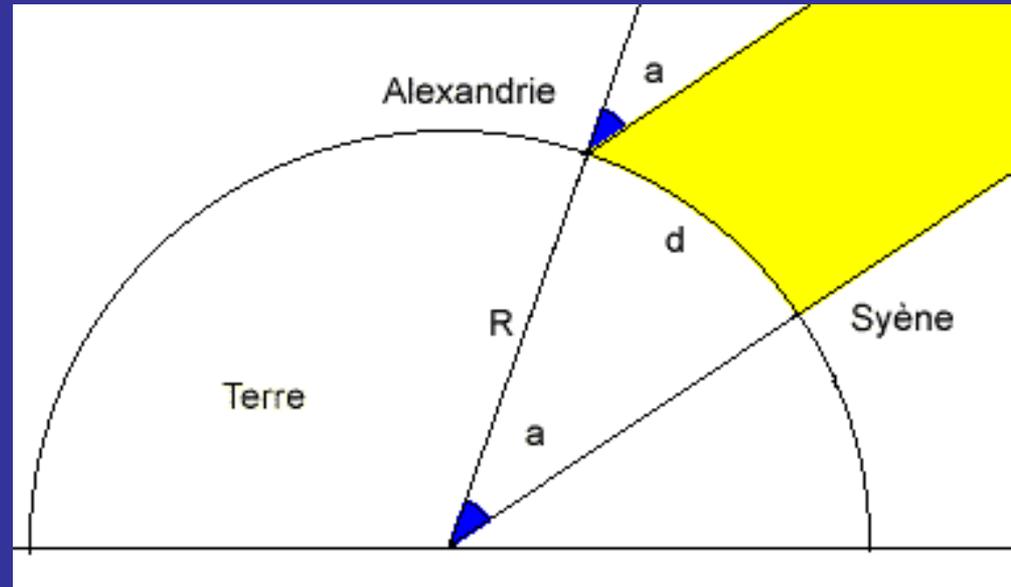
- 300** Aristarque pense que la Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil; détermine distance Terre-Soleil (à un facteur 20)
- 250** Eratosthène mesure le rayon de la Terre; mesures du diamètre et de la distance de la Lune
- 100** Hipparque découvre la précession des équinoxes, les lois du mouvement de la Terre et du Soleil; invente la trigonométrie (précision qq minutes d'arc)
- +150** Ptolémée propose les épicycles

Détermination du rayon de la Terre (Eratosthène, -250)

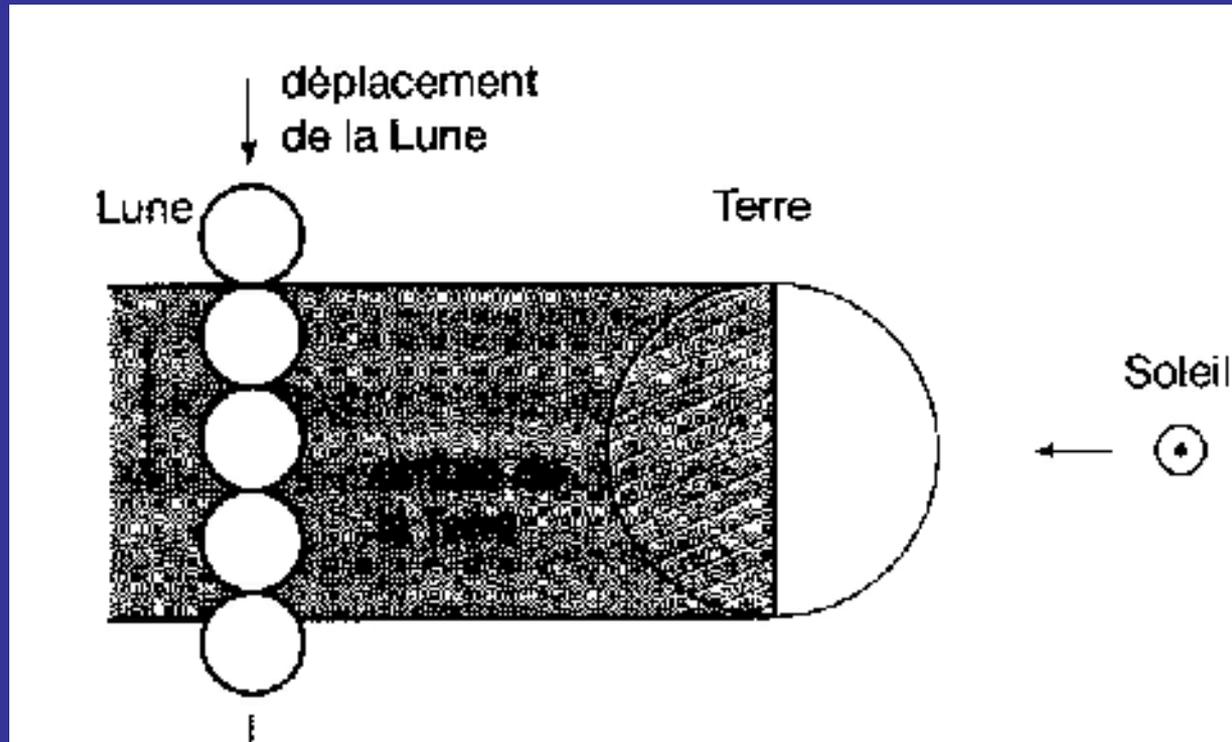
$$R = d / a \quad \text{avec } a = 7^\circ$$
$$= 7 * 3.14 / 180 \text{ radians}$$

Ici, $R = 800 / (7 * 3.14 / 180)$
 $= 6551 \text{ km}$

Ce résultat est très proche de la valeur connue actuellement (6378 km en moyenne)

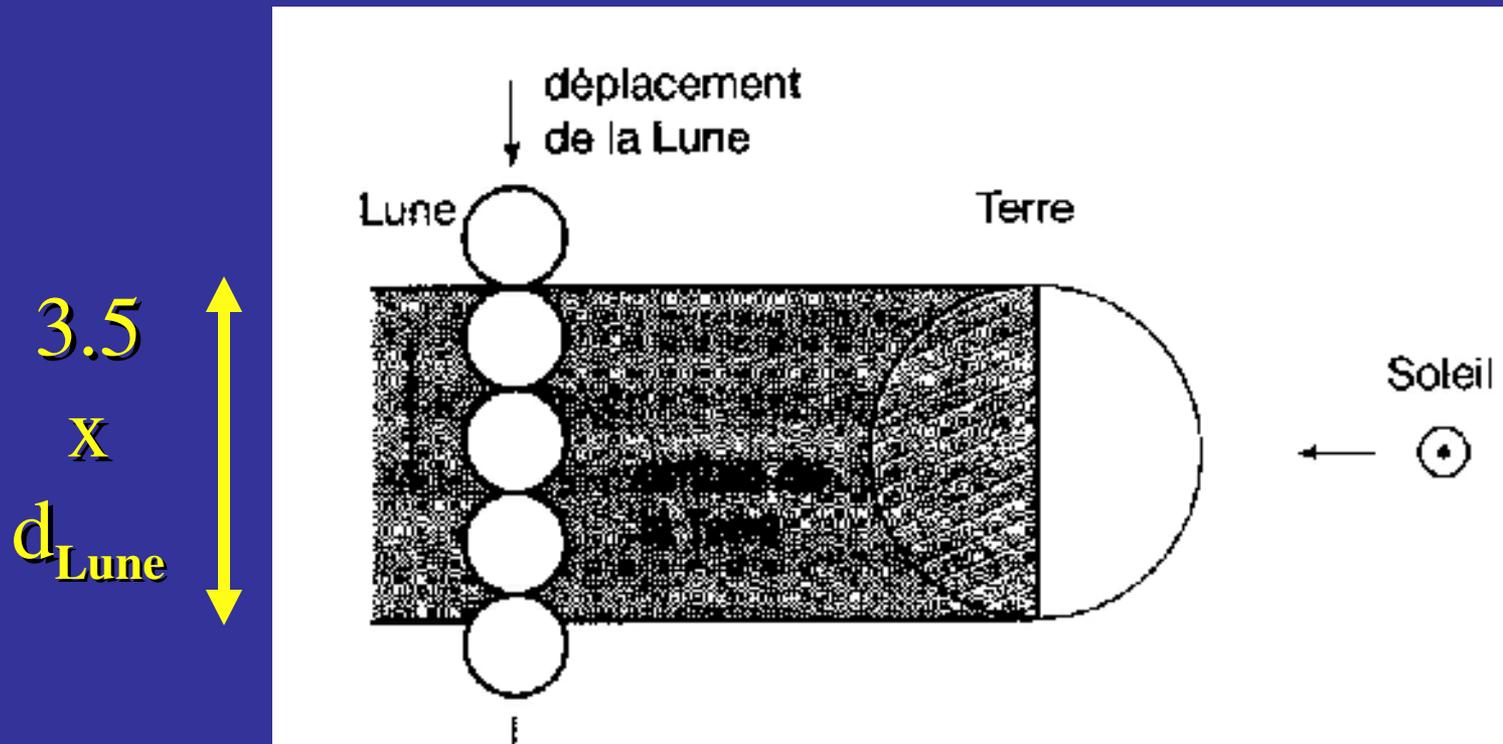


Les premières mesures de la taille et de la distance de la Lune



Zone d'ombre

Les premières mesures de la taille et de la distance de la Lune

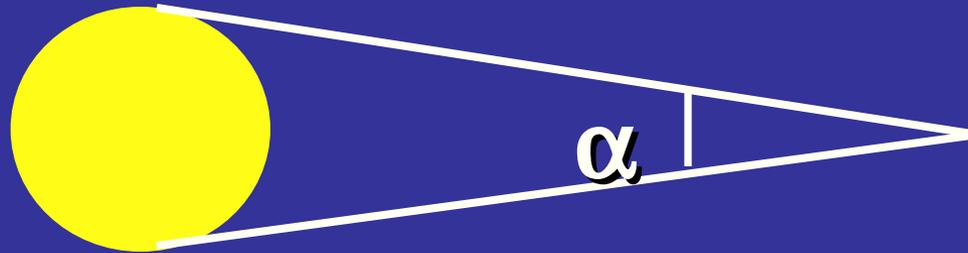


$$d_{\text{Lune}} = (1/3.5) d_{\text{Terre}}$$

Diamètre angulaire Lune (0.5°)

$$\rightarrow D = 60 R_T$$

Les premières mesures de la taille et de la distance de la Lune



Diamètre angulaire Lune

$$\alpha = d_{\text{Lune}} / D_{\text{Terre-Lune}}$$

$$\alpha = 0.5^\circ$$

$$\rightarrow D = 60 R_T$$

L'héritage de la Renaissance

- Copernic (1473-1543) propose système héliocentrique avec orbites circulaires
- Tycho Brahé (1546-1601) crée l'observatoire d'Uraniborg
- Képler (1571-1630) utilise ces mesures (Mars) et propose ses trois lois
- Galilée (1564-1643): chute des corps, mvt du pendule,... lunette: découvertes nombreuses
- Newton (1643-1727) fonde mécanique, optique, invente télescope, analyse spectrale,... théorie de la gravitation universelle

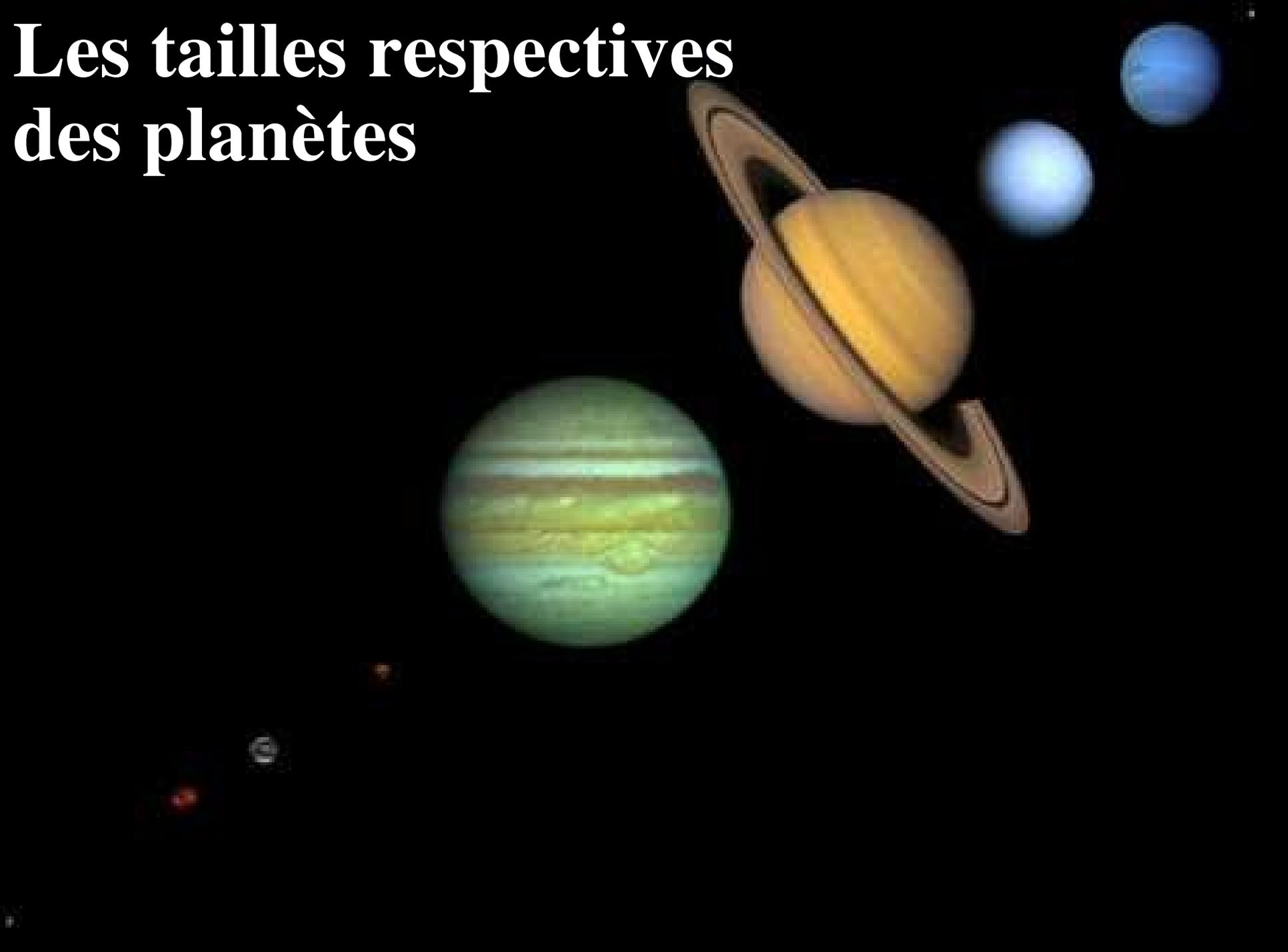
Le XIX^{ème} siècle

- Découvertes de la photographie, photométrie, spectrométrie en astronomie
- Age de la Terre discuté
- Découverte de la radioactivité naturelle
- Premières études du phénomène de convection naturelle

Le XX^{ème} siècle

- 1920 galaxies
- 1930 fuite des galaxies et expansion de l'univers (Hubble)
- 1950 physique (nucléaire) des étoiles
- 1950 exploration des océans
- 1960,... radioastronomie, satellites, grands observatoires « propres », planétologie:
 - > l'essor des géosciences

Les tailles respectives des planètes

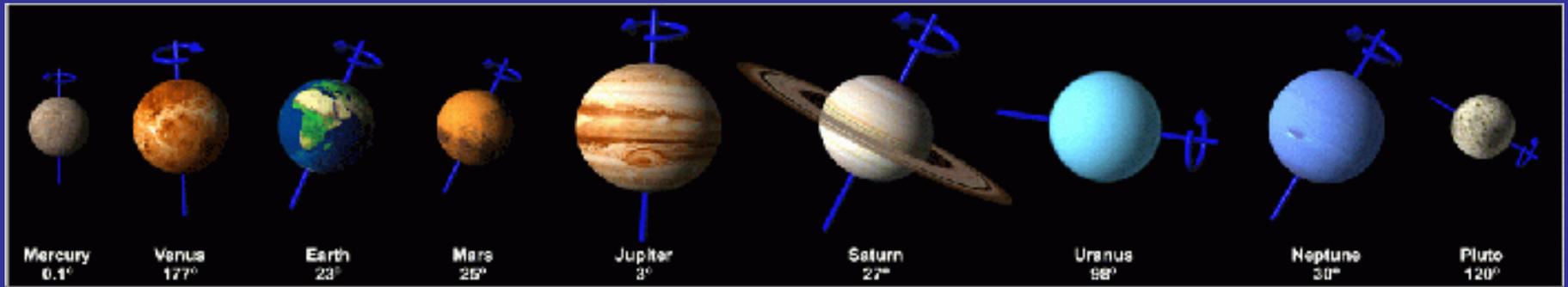


Caractéristiques du système solaire (1)

Toute théorie doit expliquer les observations suivantes:

- 1) Les planètes tournent toutes dans le même sens autour du Soleil avec des orbites quasi-circulaires.
- 2) L'angle entre l'axe de rotation et la perpendiculaire au plan de l'orbite est en général faible (sauf Uranus).
- 3) Toutes les planètes (sauf Vénus et Uranus) tournent sur elles mêmes dans le même sens que leur révolution; leurs lunes aussi.

Obliquité des axes de rotation des planètes

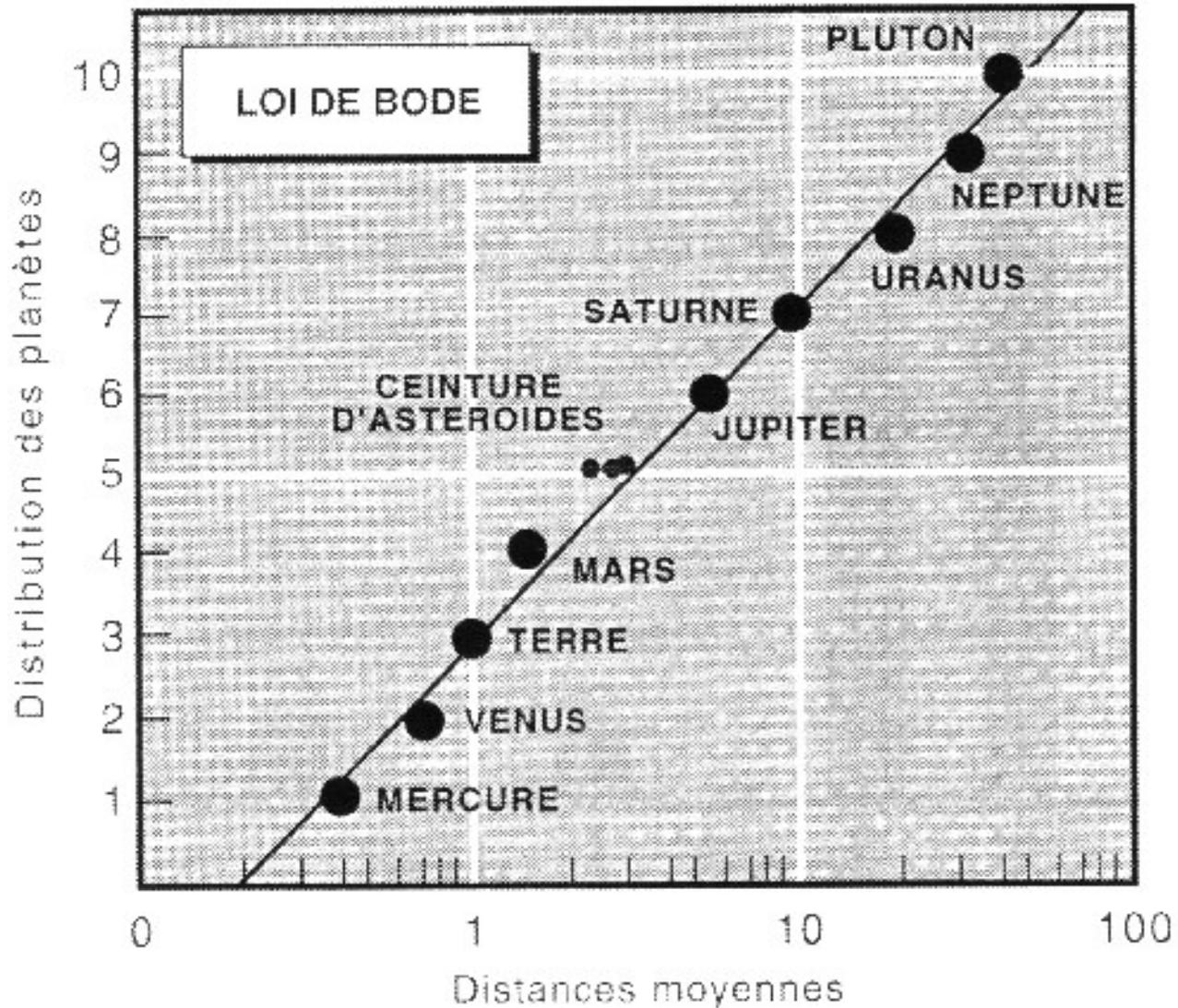


(n.b. les tailles relatives des planètes ne sont pas respectées)

Caractéristiques du système solaire (2)

- 4) Chaque planète est en gros deux fois plus loin du Soleil que la précédente (loi de Titus-Bode).
- 5) 99.9 % de la masse totale du système solaire est dans le Soleil; 99 % du moment cinétique est dans les planètes.

n

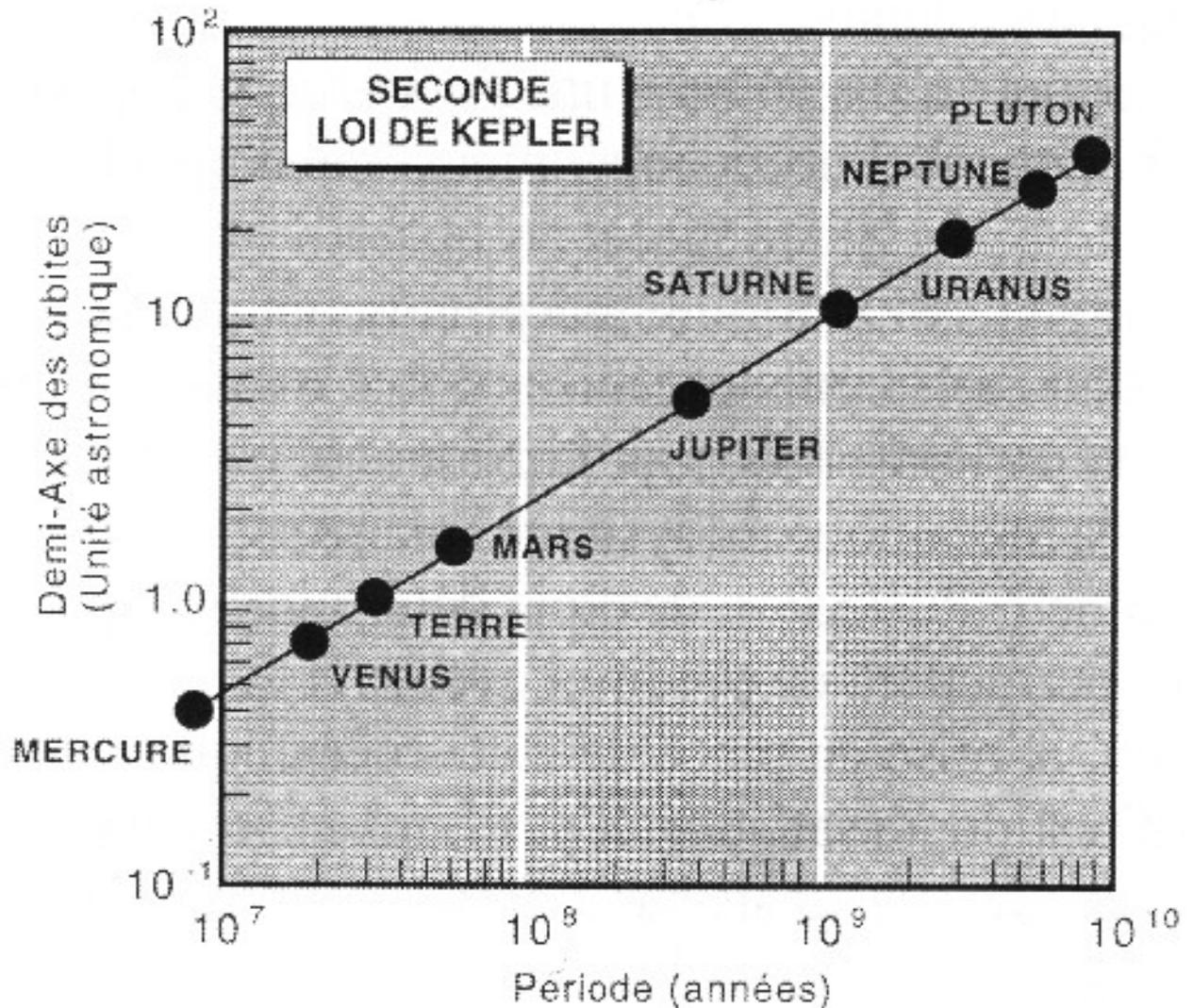


Loi
de Bode
 $D \sim 10^{n/4}$

Distance D

**Demi-axe
A**

**2ème loi
de Kepler
 $A^3 \sim T^2$**



Période de révolution T

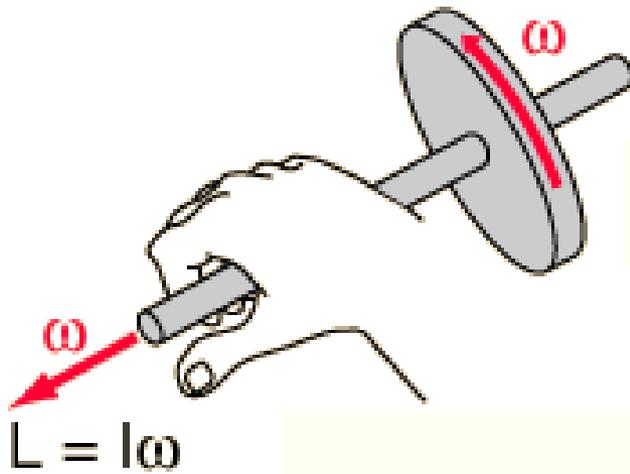
Moment cinétique L et Moment d'inertie I (TD)

Parallélisme entre force, vitesse, quantité de mouvement et couple, vitesse angulaire et moment cinétique:

$$F = (d/dt)(mv) = dp/dt \quad p = mv$$

$$C = r \times F = (d/dt)(I \omega) = dL/dt \quad L = I \omega$$

Règle de la main droite

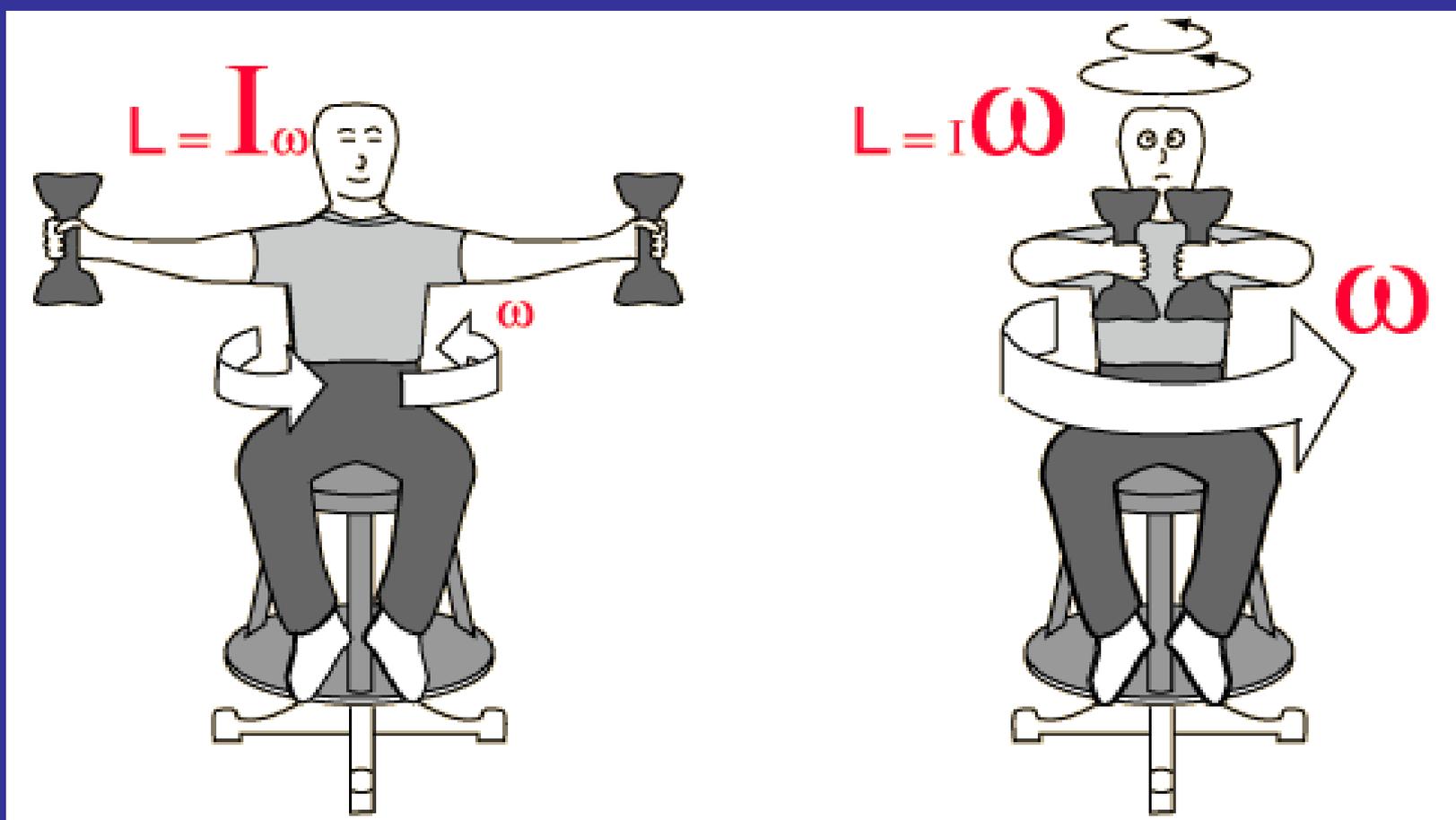


$$L = I \times \omega$$

Si le couple C appliqué est nul, L est constant:

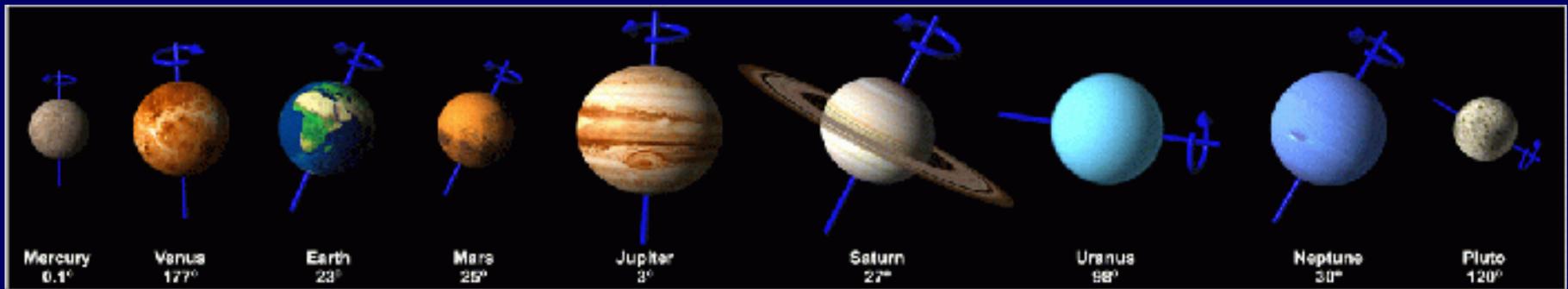
Loi de conservation du moment cinétique

La masse m ne change pas, mais $I = \sum (m_i \cdot r_i^2)$ peut changer si le corps est déformable, donc: $I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2$



Bombardement par des “objets”

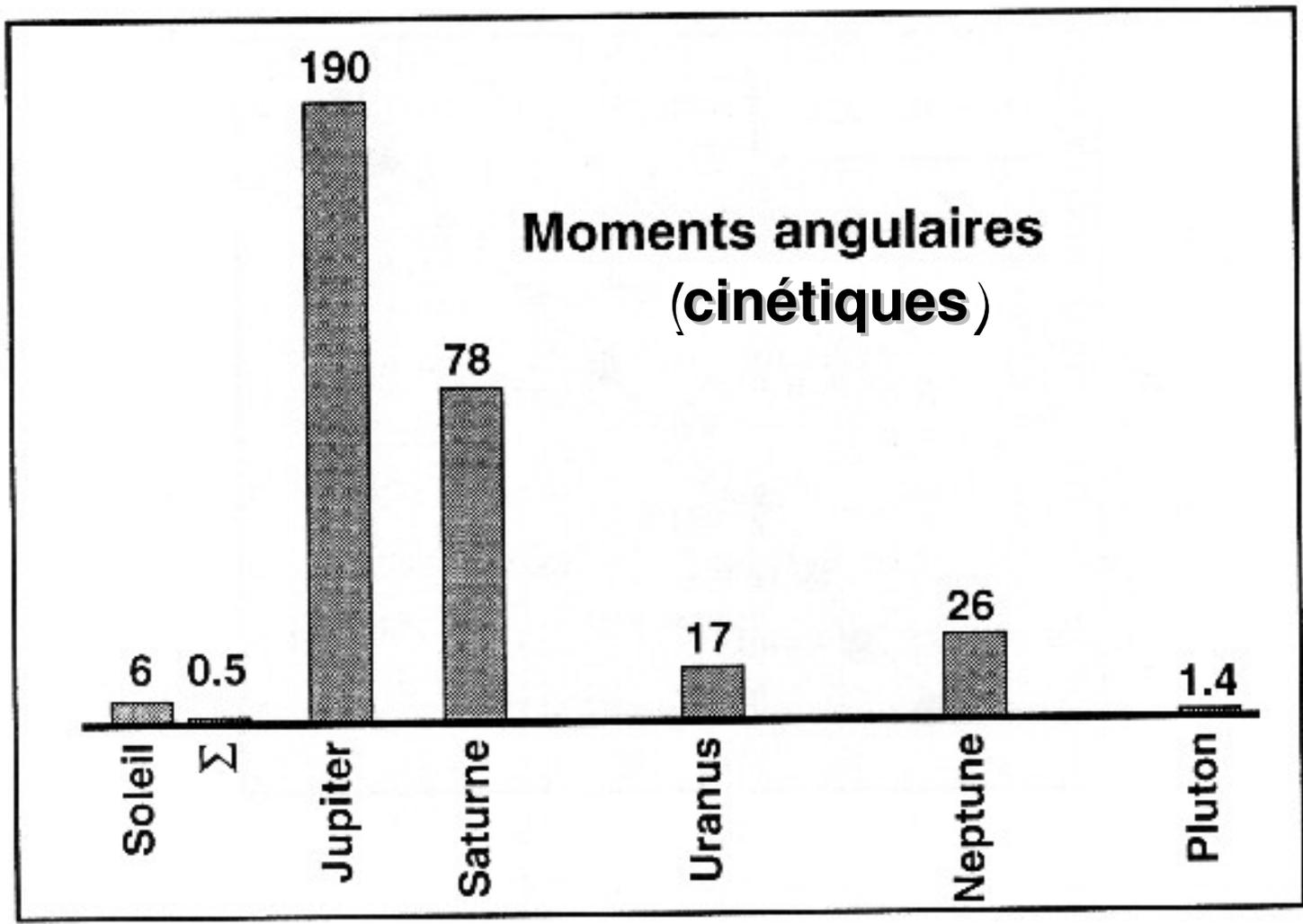
Obliquité de l'axe de rotation



Vénus “renversée”

Uranus “couché sur le côté”

← Toutes les planètes sont “inclinaées” →



Masse: 99.8 0.04 0.10 (%)

Moment: 1.9 0.15 59.9 24.9 5.9 8.0 (%)

Caractéristiques du système solaire (3)

6) Les planètes sont divisées en deux groupes:

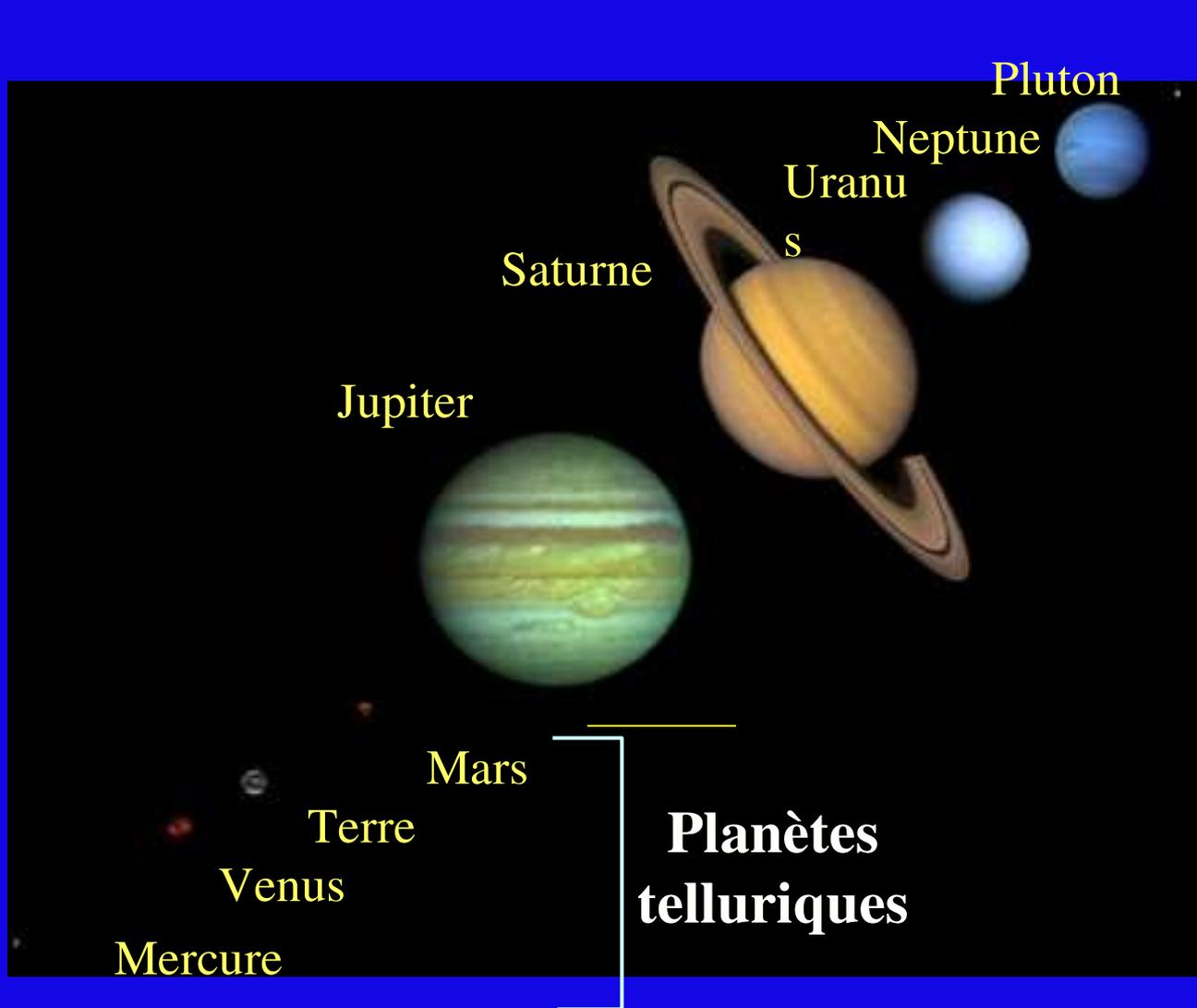
- *Telluriques (internes)*: Mercure, Vénus, Terre, Mars
- *Gazeuses ou géantes (externes)*: Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune.

La composition chimique (et isotopique) du système:

Les planètes terrestres contiennent surtout O, Si, Fe, Mg.

Le Soleil est presque entièrement fait de H et He

Les neuf Planètes



**Planètes
gazeuses**

**Planètes
telluriques**

Une éruption sur le Soleil

