

# Introduction aux Géosciences (Terre et Planètes)

## Plan du cours : 1<sup>er</sup> semestre

### 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 Marianne Greff

- Colles par moniteurs



**Il n'y aura pas cours  
le jeudi 12 octobre**



# La Terre



Age  $\approx$  4.55 milliards d'années

Rayon moyen = 6371 km

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

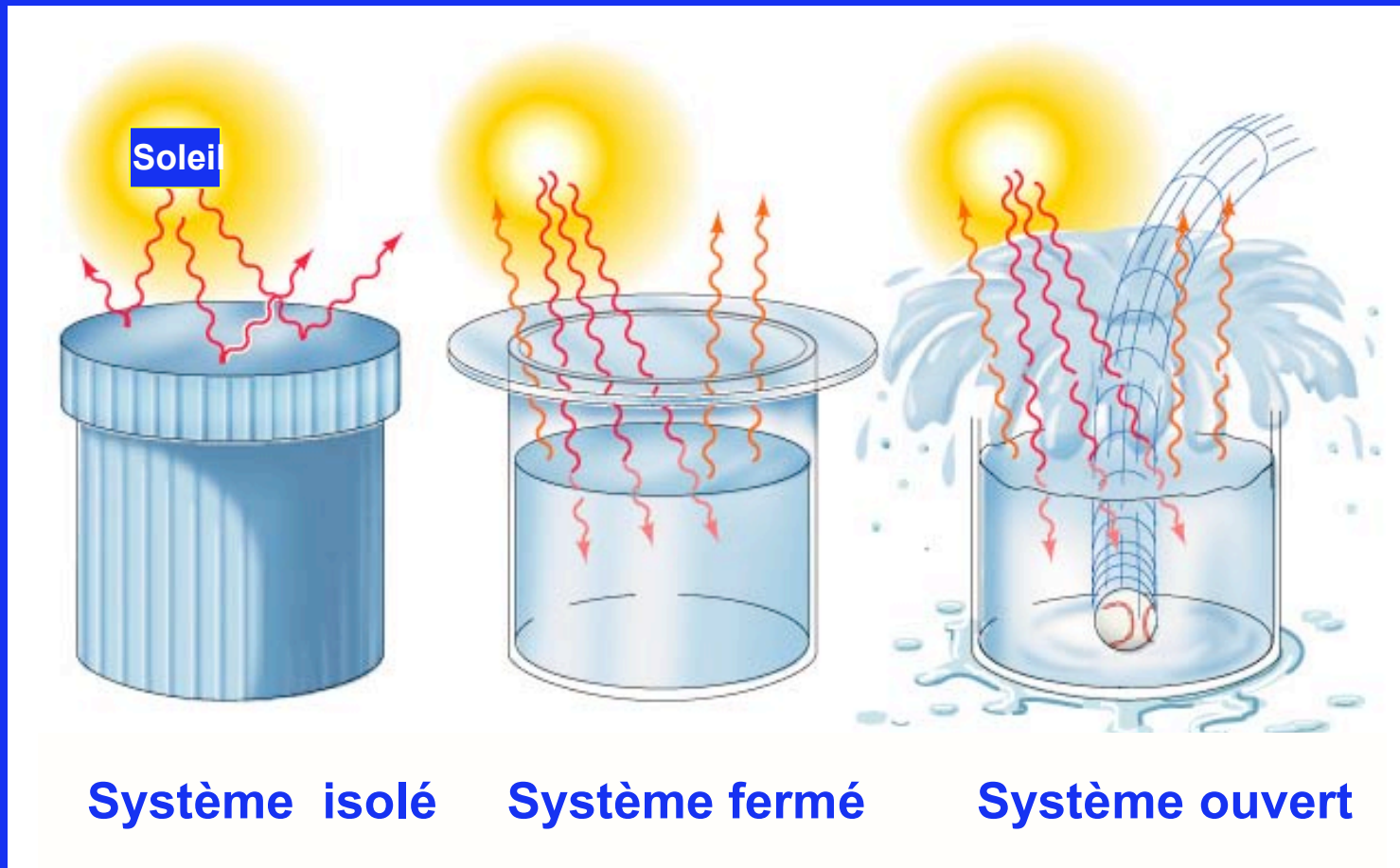
Densité moyenne = 5.515

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...





John Sanford/Photo Researchers

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

# Chapitre 1

## La Terre dans l'Univers

### 1-1 Description du système solaire

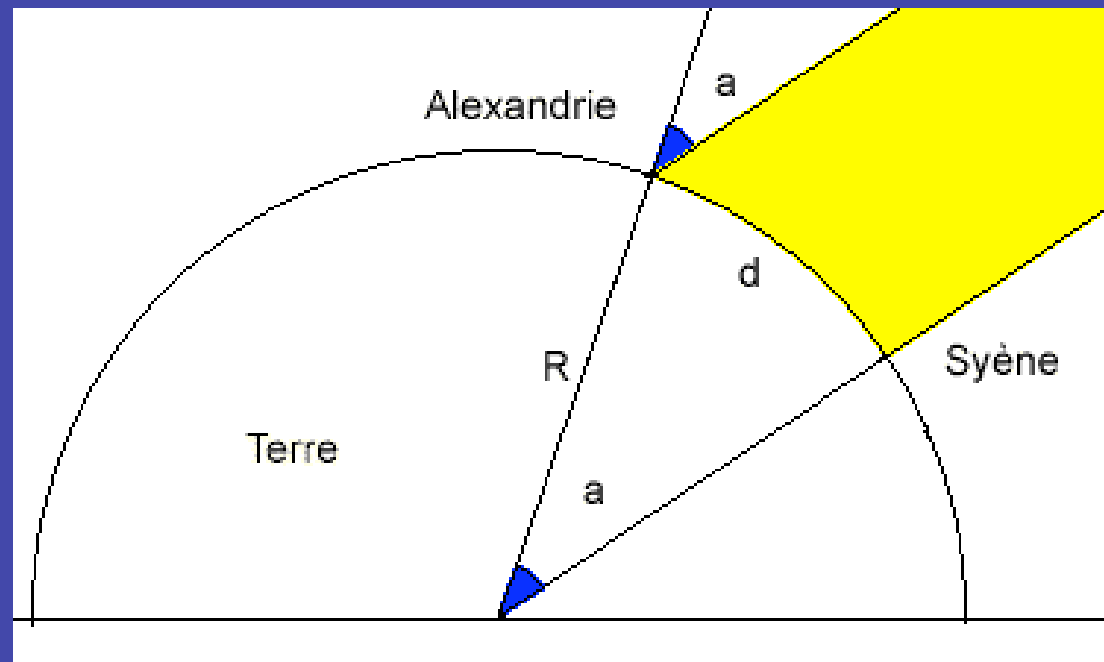
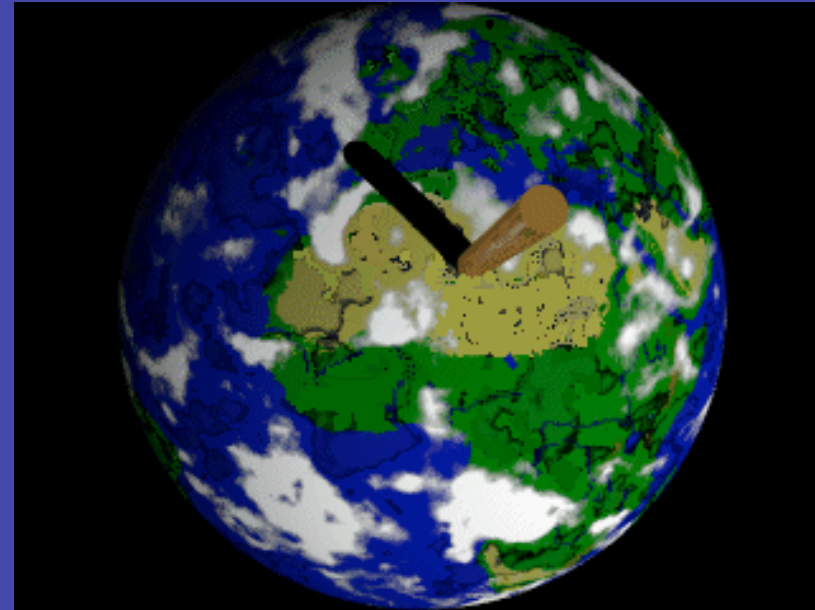
- Le Soleil et les planètes
  - Les lois de Képler et de Titus-Bode

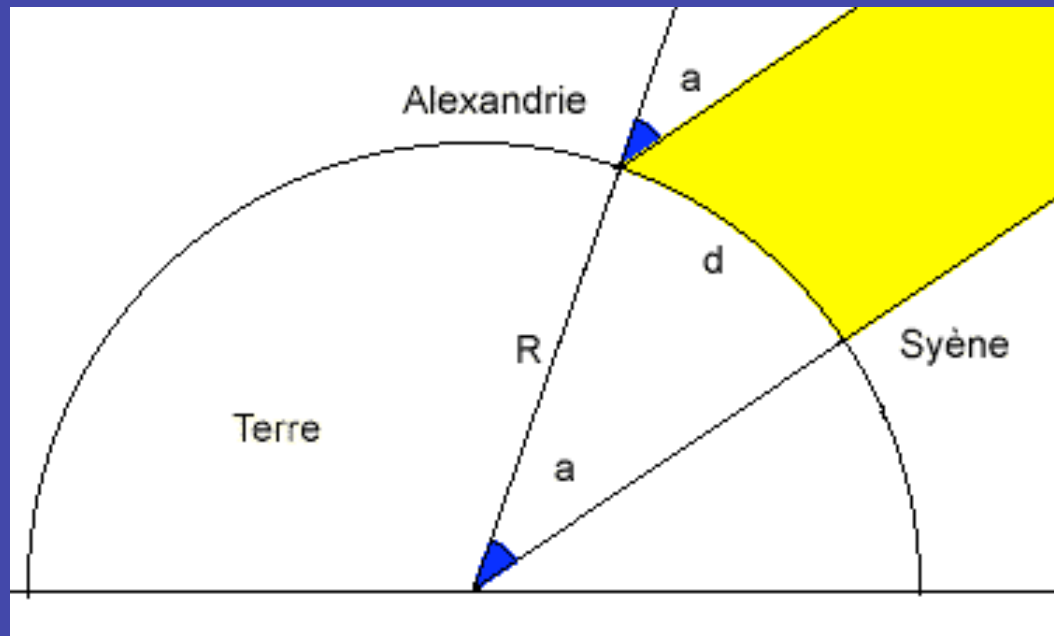
# La Grèce

- **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 la distance Terre-Soleil (à un facteur 20)
- 250** Eratosthène mesure le rayon de la Terre; mesure le diamètre et la distance de la Lune
- 100** Hipparque découvre la précession des équinoxes, les lois du mouvement de la Terre et du Soleil
- + 150** Ptolémée propose les épicycles

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





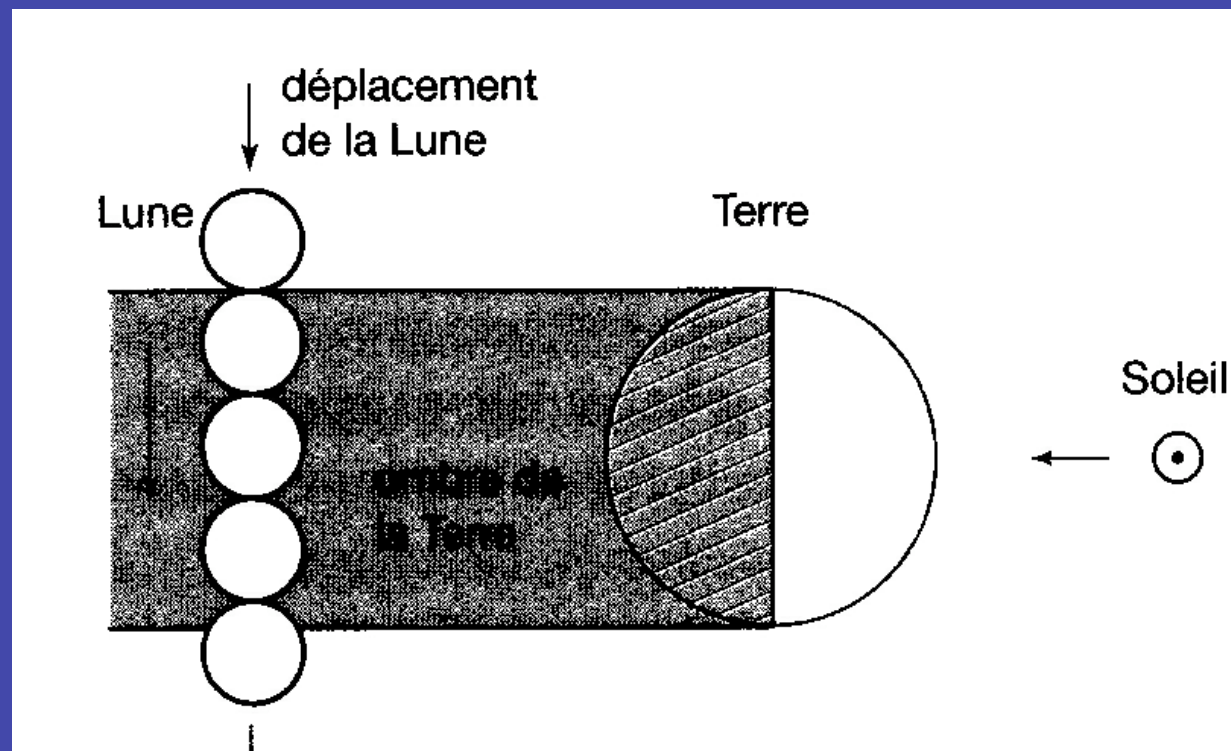
$$d = R a, \quad \text{donc } R = d / a$$

$$a = 7^\circ = 7 * 3.14 / 180 \text{ radians} ; d = 800 \text{ km}$$

$$R = 6551 \text{ km}$$

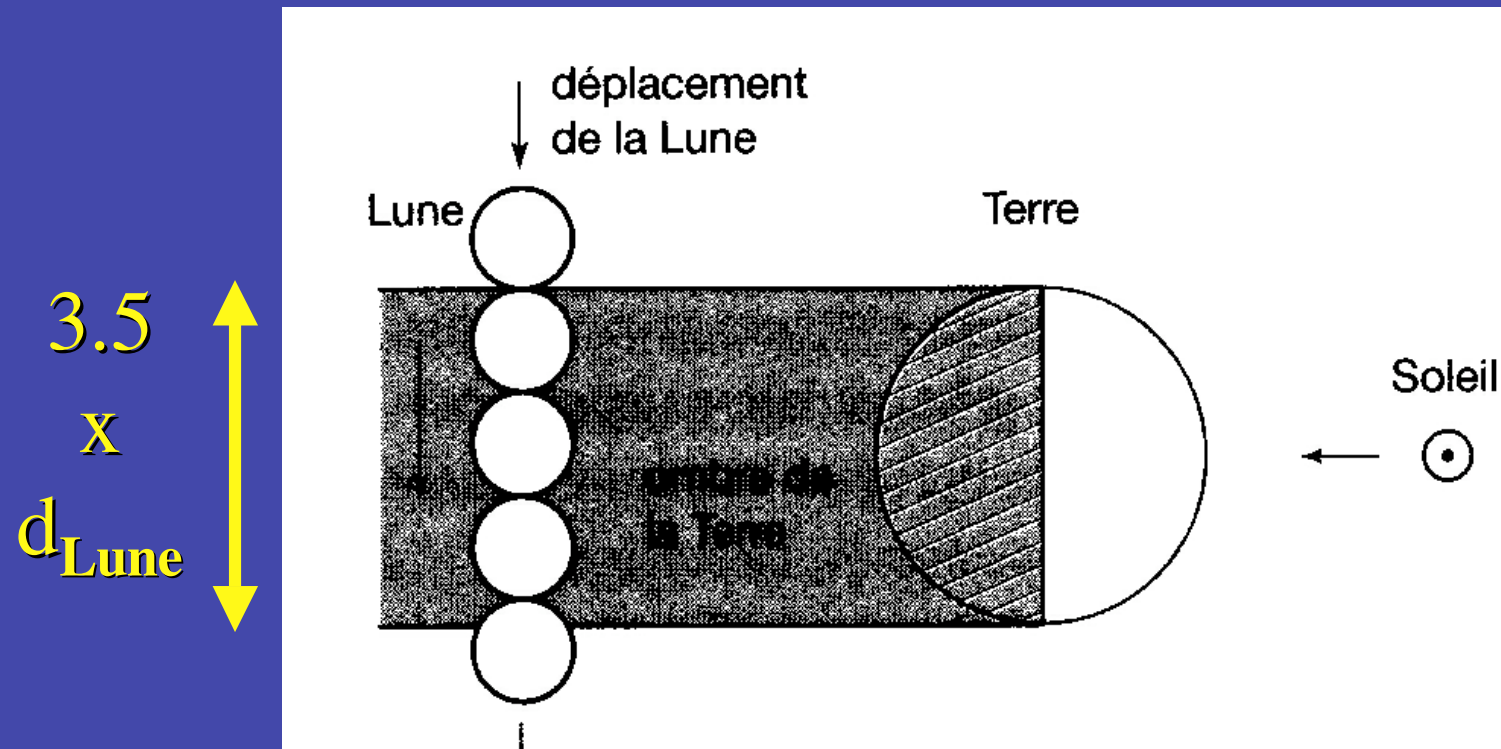
Ce résultat est très proche de la vraie valeur  
(6378 km en moyenne)

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



**Zone d'ombre**

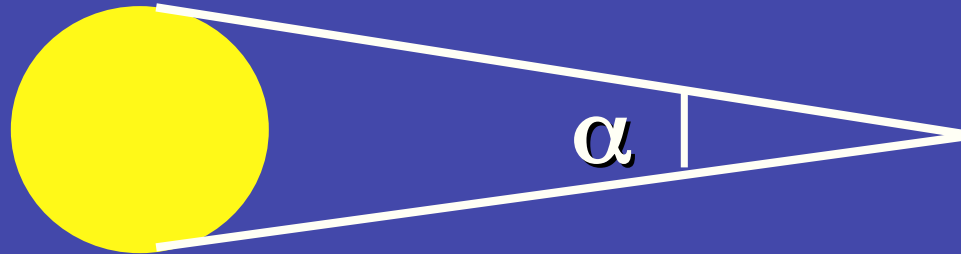
# Les premières mesures de la taille et de la distance de la Lune



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



# Distance Terre - Lune



## Diamètre angulaire Lune

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

$$\alpha = 0.5^\circ$$

$$\rightarrow D = 60 R_T$$

# La Renaissance

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

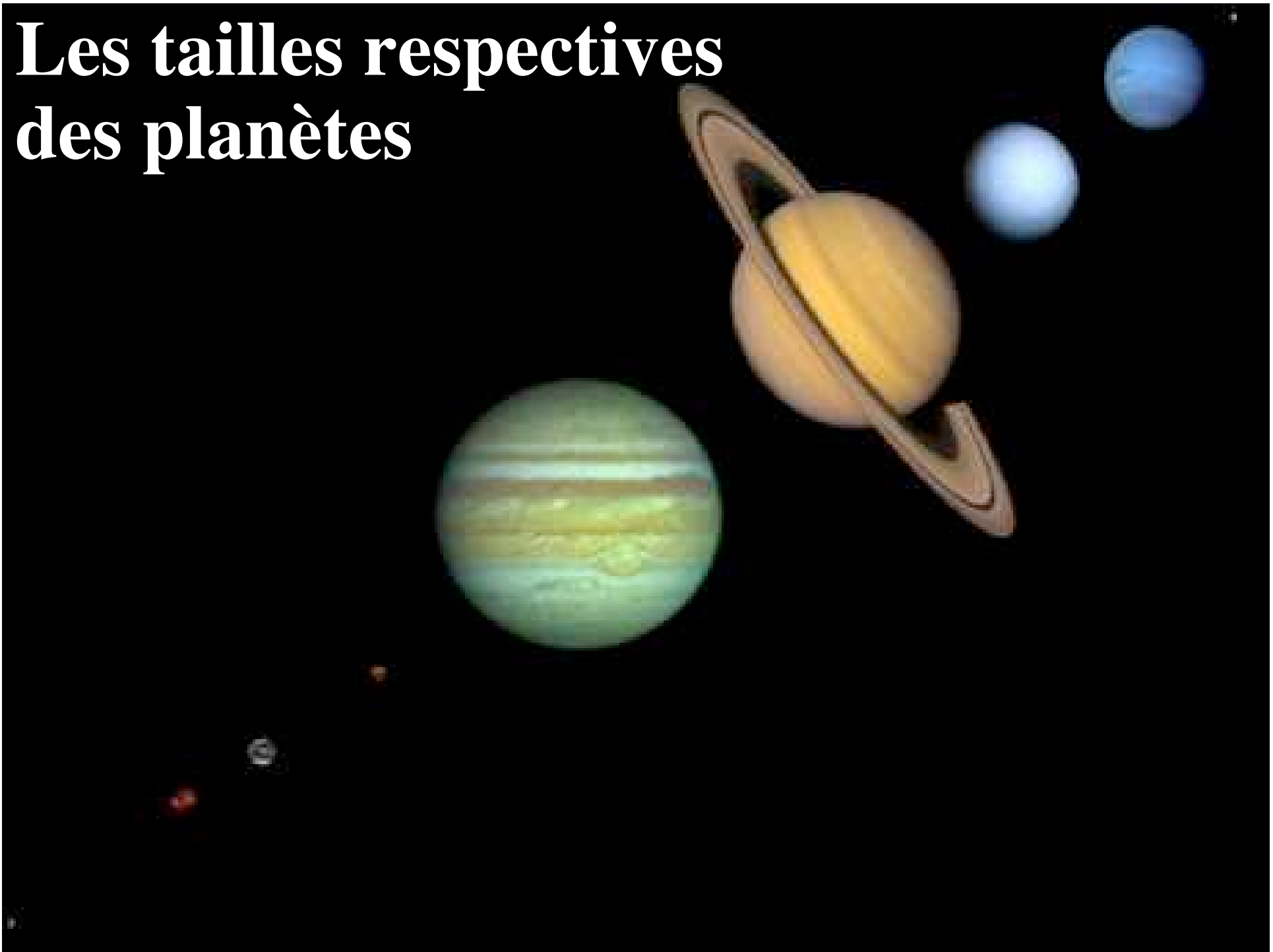
# Le XIX<sup>ème</sup> siècle

- 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<sup>ème</sup> 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

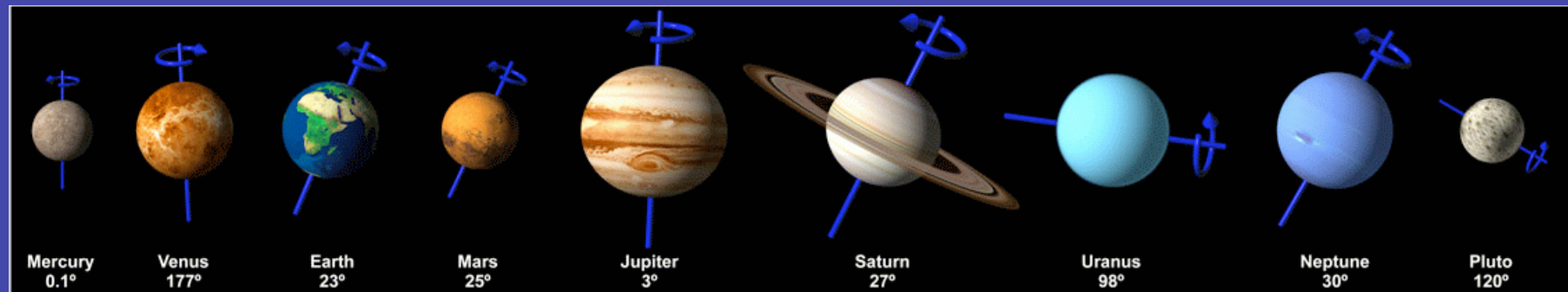
# Les tailles respectives des planètes



# Caractéristiques du système solaire (1)

- 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.

# Les axes de rotation des planètes



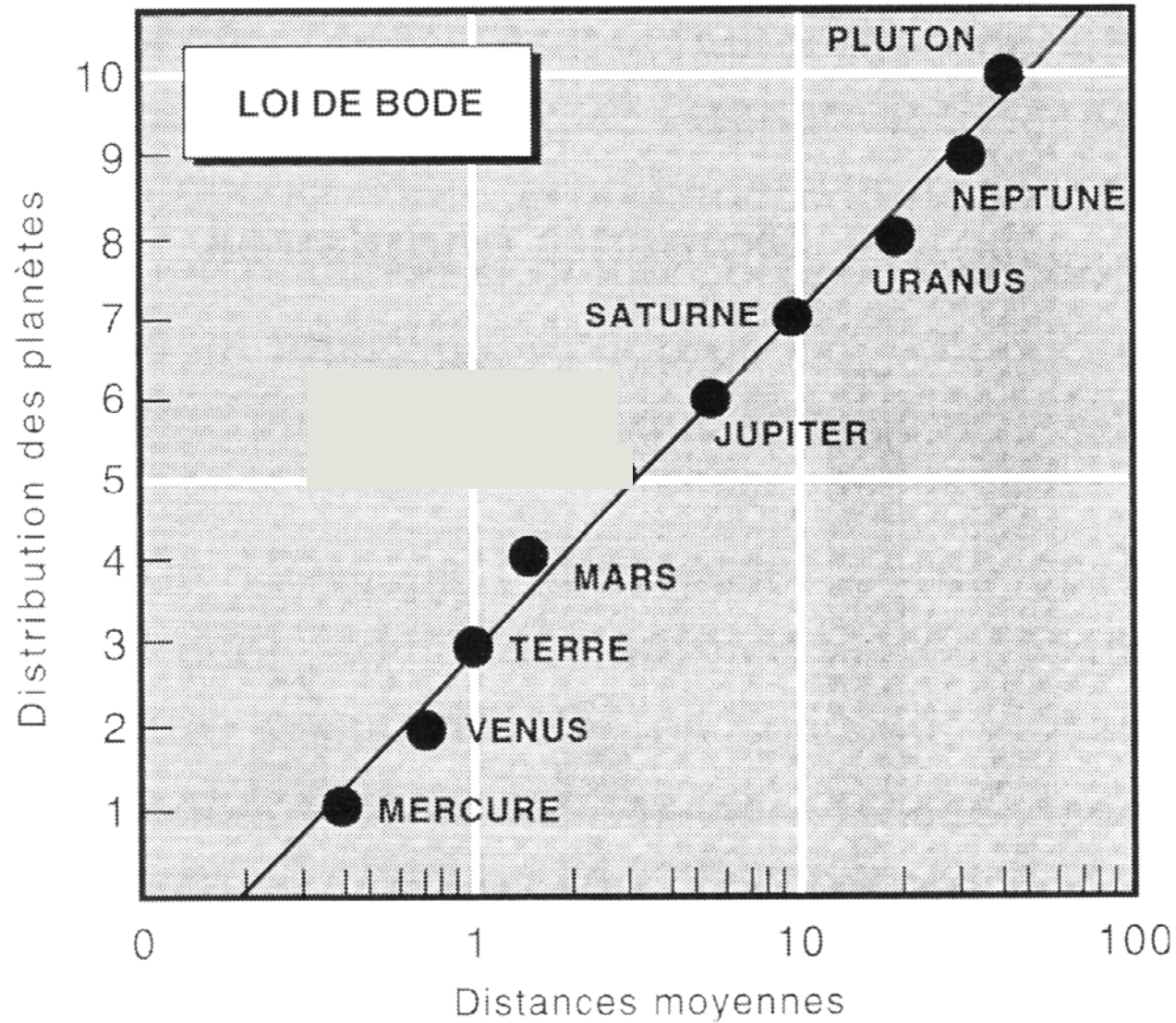
(n.b. les tailles relatives des planètes ne sont pas respectées)

## 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

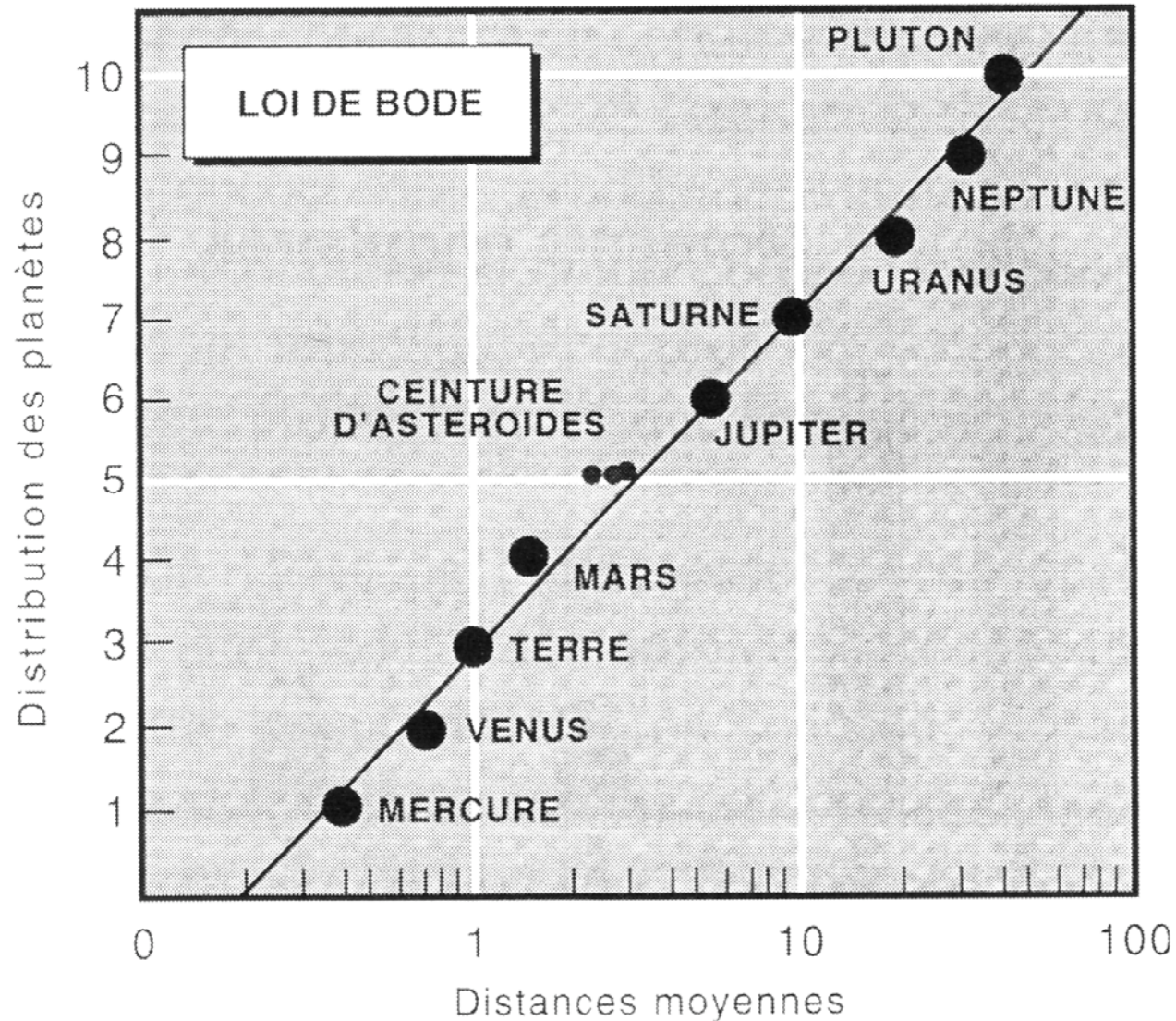


Distance D

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



**n**



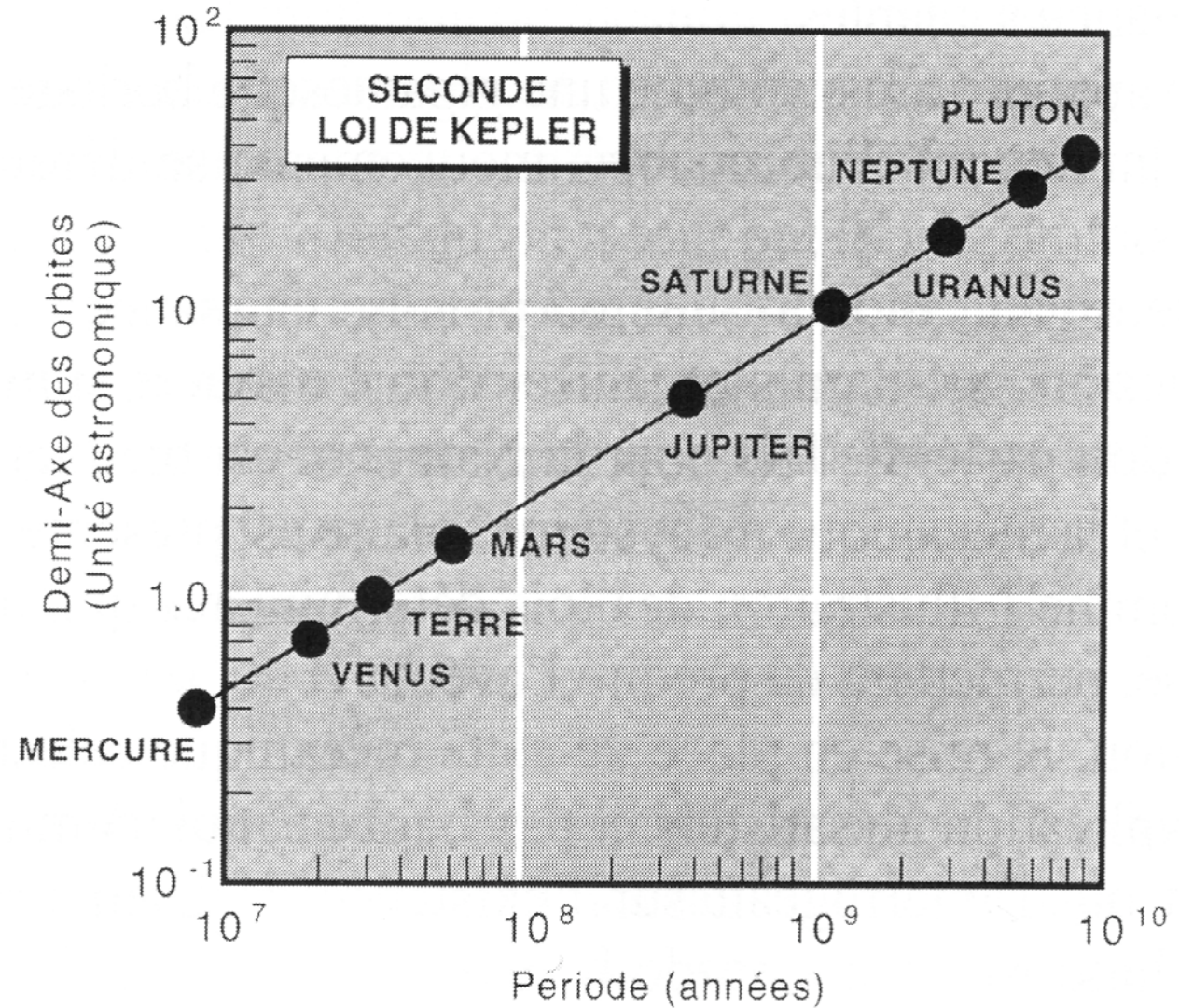
**Distance D**

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



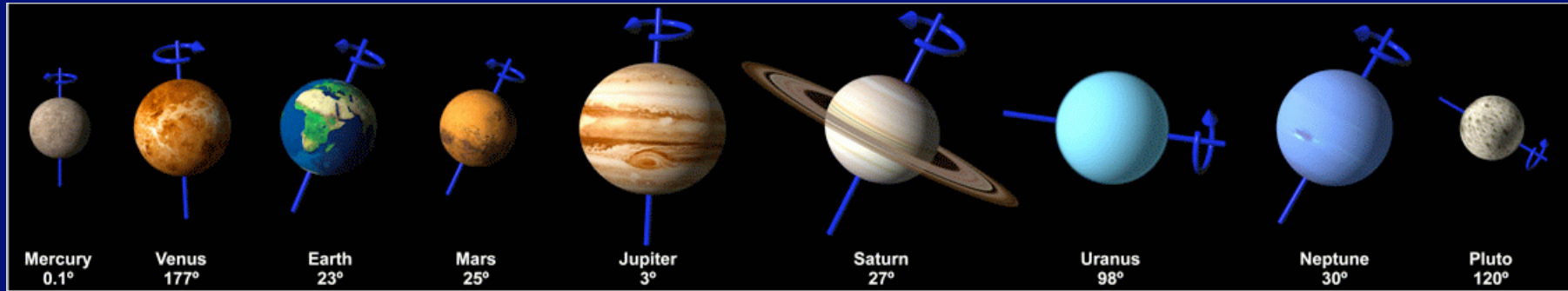
**Demi-axe  
A**

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



**Période de révolution T**

## *Obliquité de l'axe de rotation*

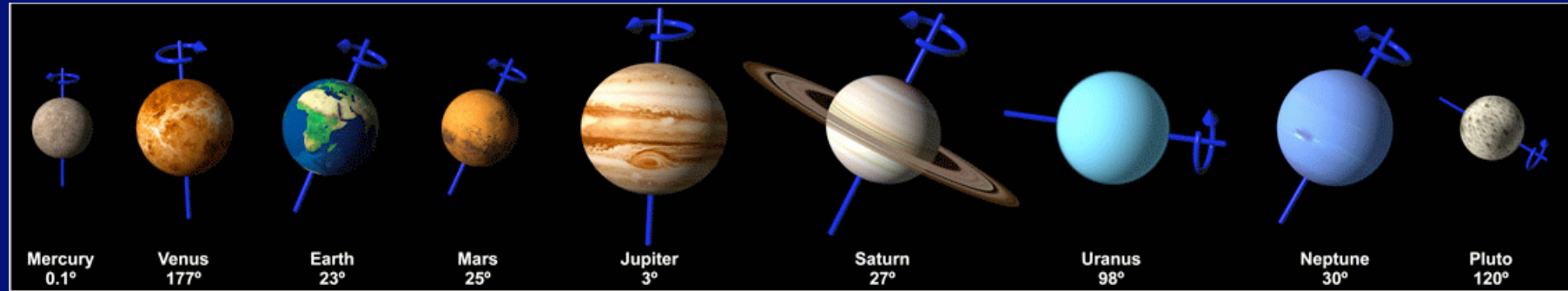


Vénus “renversée”

Uranus “couché sur le côté”

← Toutes les planètes sont “inclinaées” →

## *Obliquité de l'axe de rotation*



Vénus “renversée”

Uranus “couché sur le côté”

← Toutes les planètes sont “inclinaées” →

**Principe du gyroscope:  
bombardement par des “objets”**

# Caractéristiques du système solaire (3)

6) Les planètes sont divisées en deux groupes:

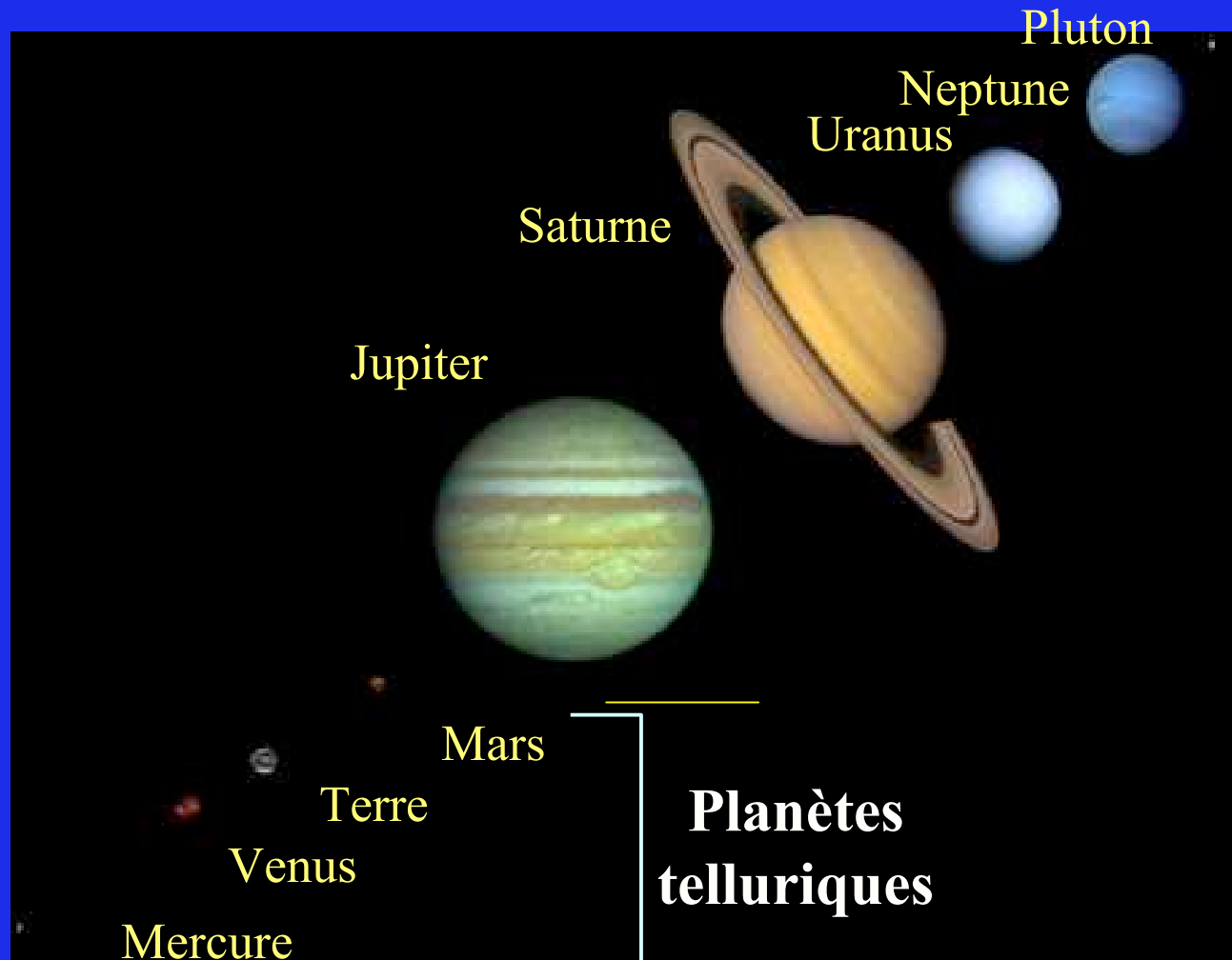
- *Telluriques (internes)*: Mercure, Vénus, Terre, Mars
- *Gazeuses ou géantes (externes)*: Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune.

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

