

LA DÉCOUVERTE DES LOIS  
DU  
MOUVEMENT PLANÉTAIRE  
REVUE  
HISTORIQUE & CULTURELLE



P. Horvathy (Université de Tours)

September 29, 2009

# ANTIQUITÉ

-3000 Mésopotamie



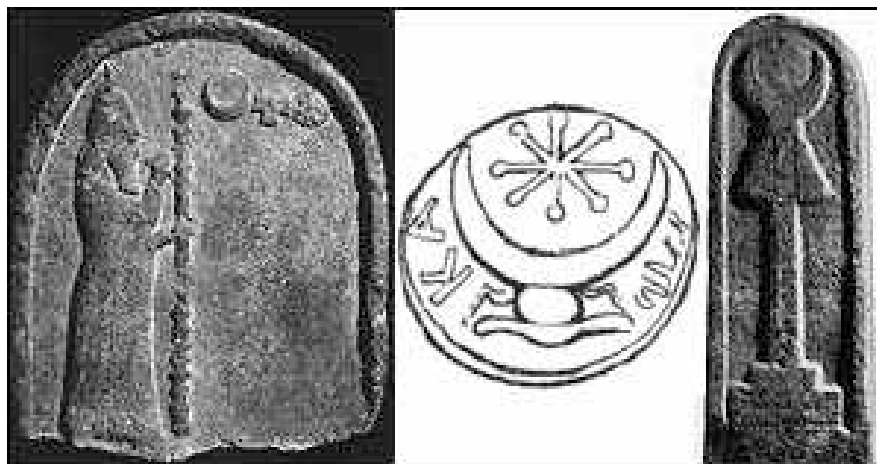
Ziggurath de Nammu, (-2112 à -2095 ; Ur)





Babylon

Chaldéens observent



Sin = Lune



Istar = Venus

Nebo = Mercure Mar-

duk = Jupiter Nergal = Mars.



## Grèce antique



Carte de la Grèce C Ptolemaios 2e ap J-C.  
(Vatican).



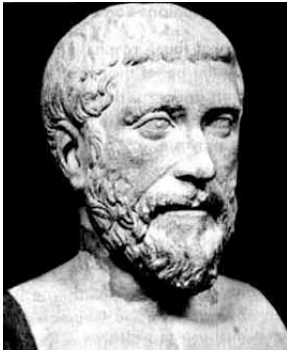
-600 Asie Mineur

## Thales de Miletos

Prédit des éclipses.

Introduit la géométrie en Grèce





PYTHAGORAS

'6e av.J-C:



Samos (Asie mineur) → Grecia Magna (Italie du Sud)



Mathématisation de l'expérience. Mystique des Nombres: sacrés, contiennent les secrets du monde.



- harmonie musicale  
longueur des cordes : (octave: 1:2, etc)

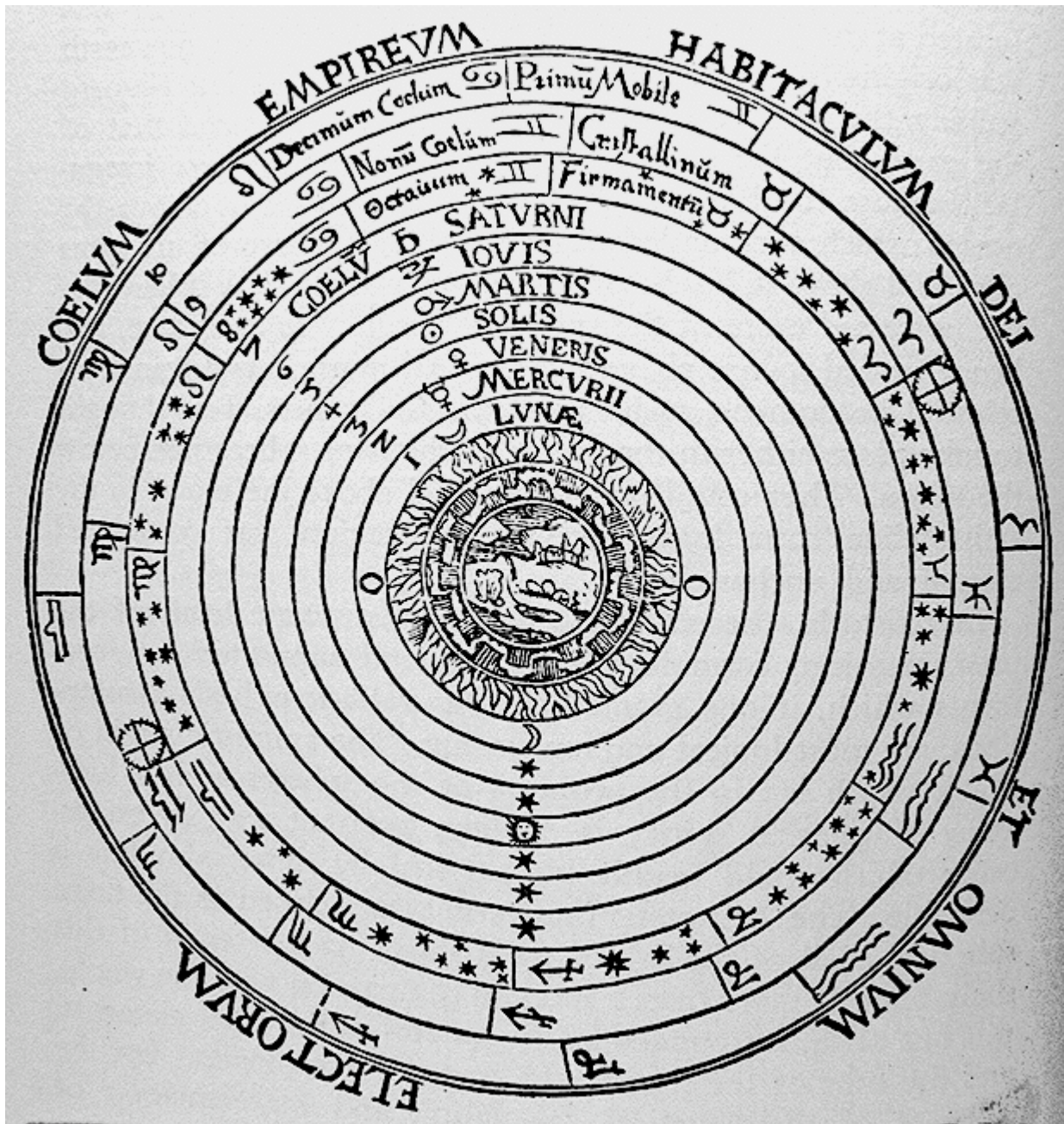
- Cosmos: "*harmonie du bel ordre*" Pythagoras



( Raffaello au Vatican)



# SYSTEME GEOCENTRIQUE



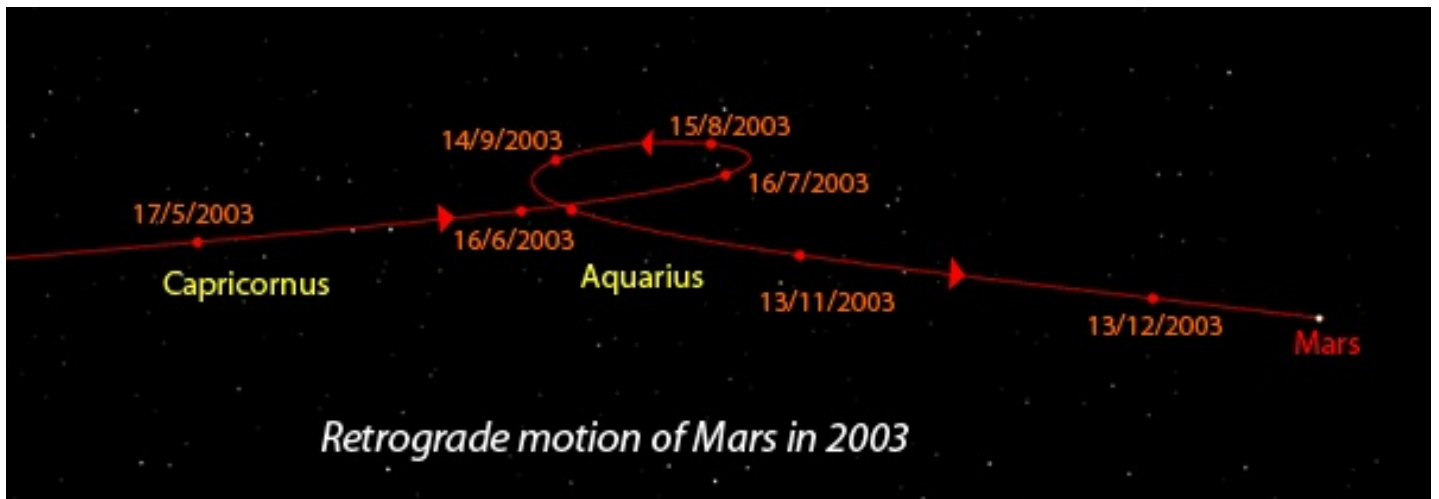
Terre : sphère. Lune, Soleil, planètes (“étoiles vagabondes”) tournent autour de la Terre en cercles concentriques.



HERAKLEIDES (élève de Platon & d'Aristoteles)

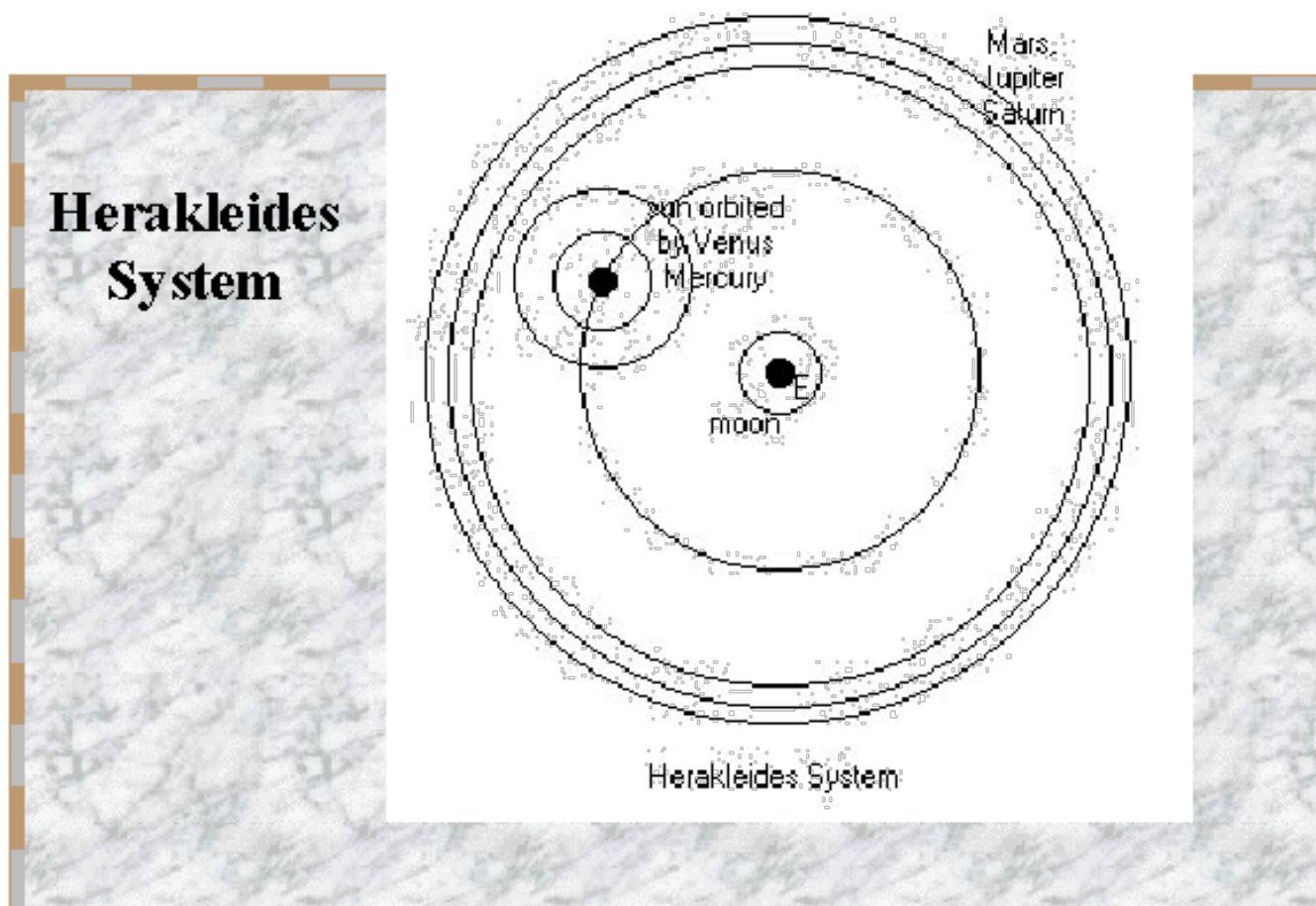
4e av. J-C. : système géocentrique en contradiction avec les observations :

Planètes: mouvements irréguliers (rétrogrades).



Mercure, Vénus: liés au Soleil.

# TERRE N'EST PLUS CENTRE DE L'UNIVERS







ARISTARCHOS

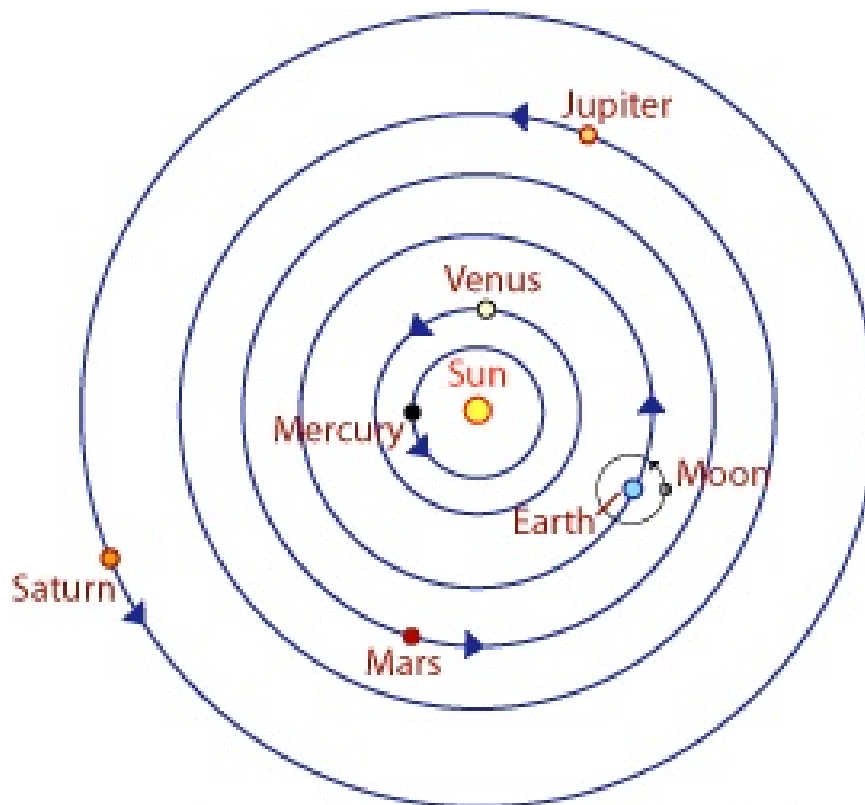
310 av. J.-C.

- Mesure la distance Terre-Soleil

SYSTEME **HELIOCENTRIQUE**

Soleil immobile au centre.

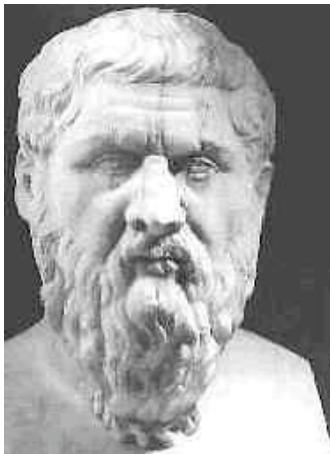
Terre tourne autour du Soleil et autour de son axe. (idem pour toutes les planètes)



*Aristarchus' Heliocentric Model*  
(Not to scale)

## SYSTEMES GEOCENTRIQUES

3e av. J.-C. : déclin des sciences.



PLATON

“phobie des mutations”.

“les Astres font partie du monde visible, qui n'est que l'ombre du monde REEL des idées. Concentrons-nous sur les problèmes abstraits et non pas sur les corps célestes !”

DOGME CIRCULAIRE: *le monde DOIT avoir la forme parfaite d'une sphère.*

Tâche du mathématicien: expliquer les mouvements irréguliers des planètes par des mouvements réguliers sur des cercles parfaits.

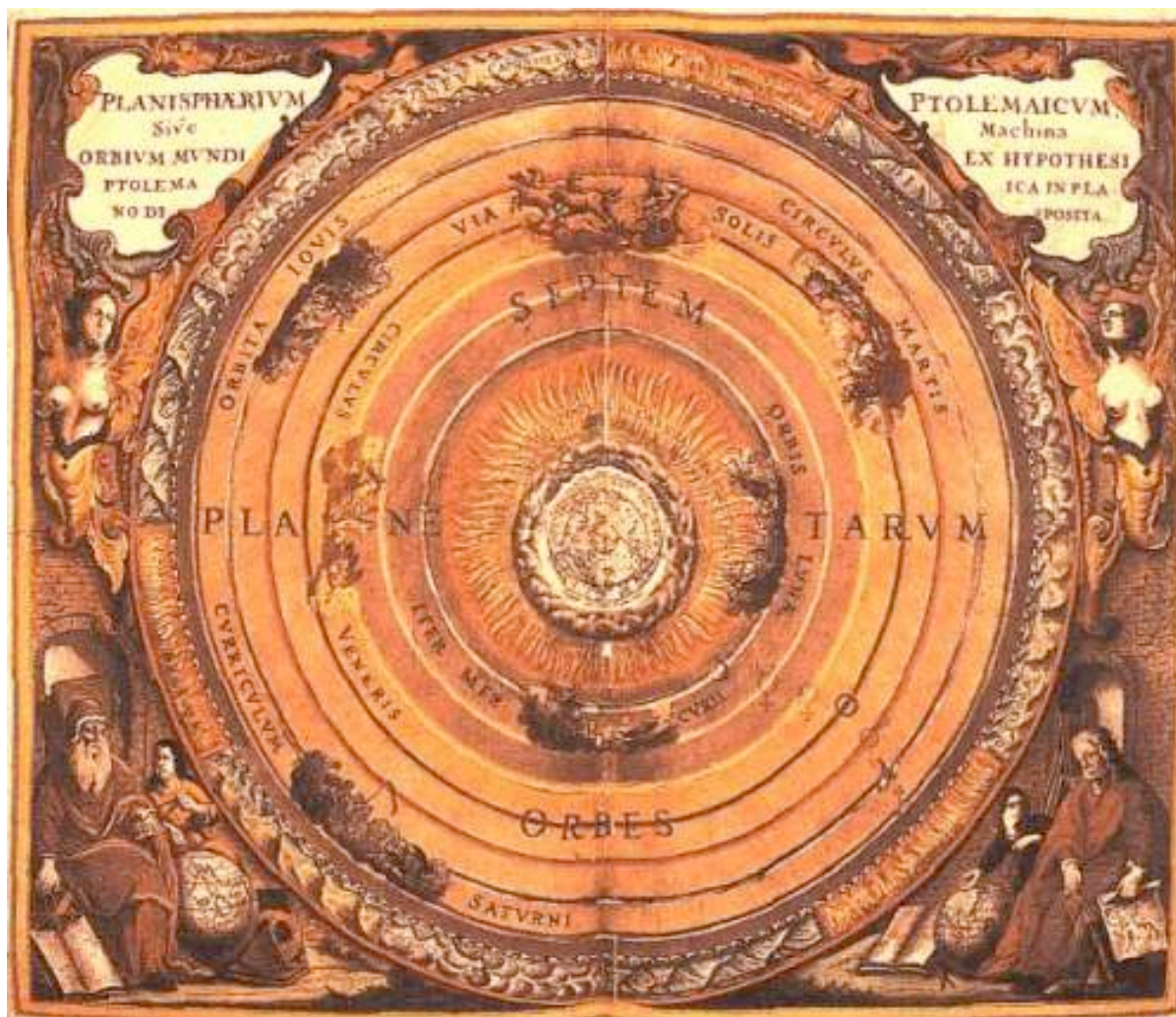




PTOLEMAIOS

Alexandrie, 2eme :

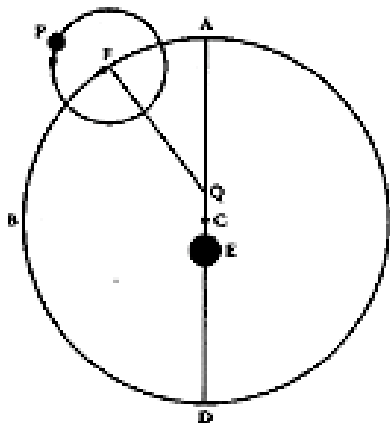
“Les corps célestes, par leur **nature divine**, obéissent à des **lois différentes** de celles valables sur Terre.”



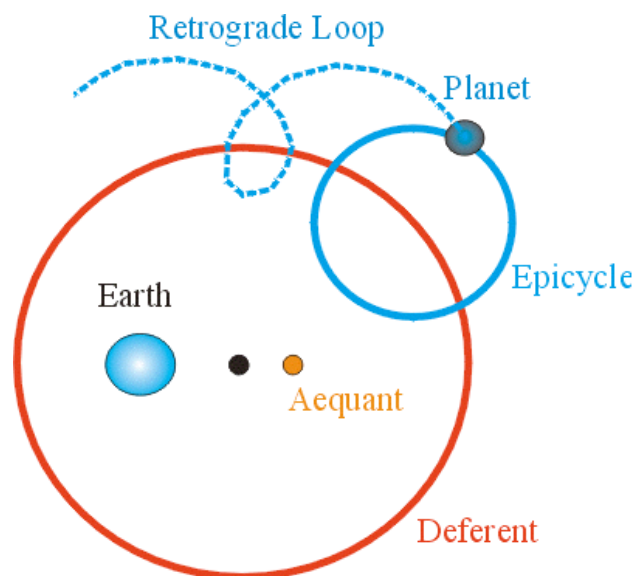
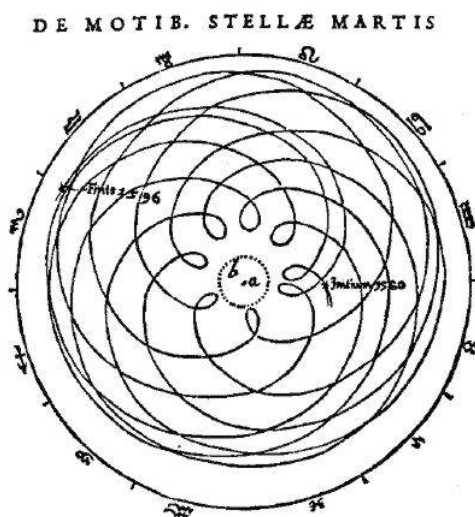
en **CONTRADICTION** avec les **OBSERVATIONS**

**“sauver les apparences”** : Pour expliquer le mouvement irrégulier des planètes: **épicycles**:

Almagest



“roue de foire” : mouvement uniforme sur cercle (“**épicycle**”) dont le centre se déplace sur un autre cercle (“**déférent**”)... + “**excentriques**” + “**équants**” )...





7 corps célestes (Soleil + Lune + 5 planètes)  
nécessitent 39 cercles !

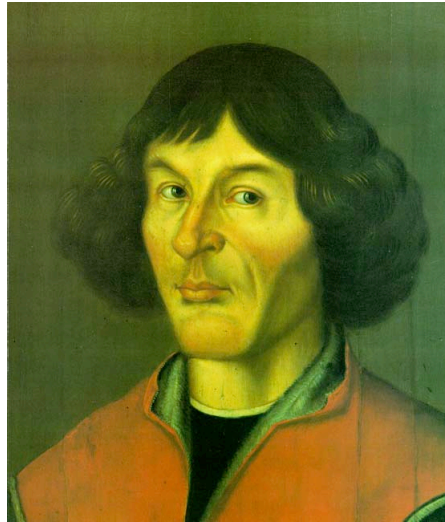
**PREDICTIONS SATISFAISANTES** – mais en  
**CONTRADICTION** avec les principes de Platon !

### 13e ALFONSO EL SABIO



*“Si le Seigneur  
m’avait consulté avant la Création, je lui aurais  
conseillé une chose plus simple. ”*

# RENAISSANCE



COPERNICUS

(1473-1543)

- Ptolémée “pas suffisamment platonicien” !

Commentariolus 1512 → Narratio Prima 1540 →  
DE REVOLUTIONIBUS 1543 (dédié au Pape)



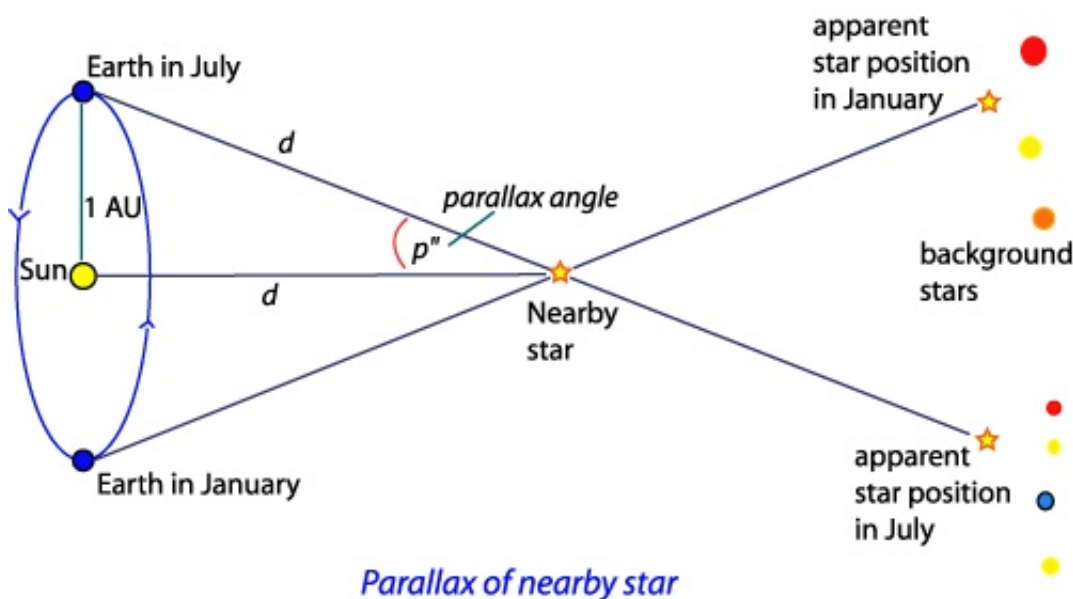
- ed. anglaise 1576 : *“auncienne doctrine of the Pythagoreans, lately revived by Copernicus”*

livre 1: modèle simple: *Tout l'Univers (Terre comprise) tourne uniformément autour du SOLEIL suivant des CERCLES.* (hypothèses mathématiques seulement !)

SYSTEME SIMPLIFIE de COPENIC EQUIVALENT

à PTOLEEMEE !!!  $\Rightarrow$  prédictions imprécises  $\Rightarrow$  “corrections”. Livres 2-6 : épicycles, déférents...  
Terre: 3 cercles: + autres planètes  $\Rightarrow$  total: 34 cercles !

- Le Soleil ne joue aucun rôle physique distingué
- critique: aucun PARALLAXE observé



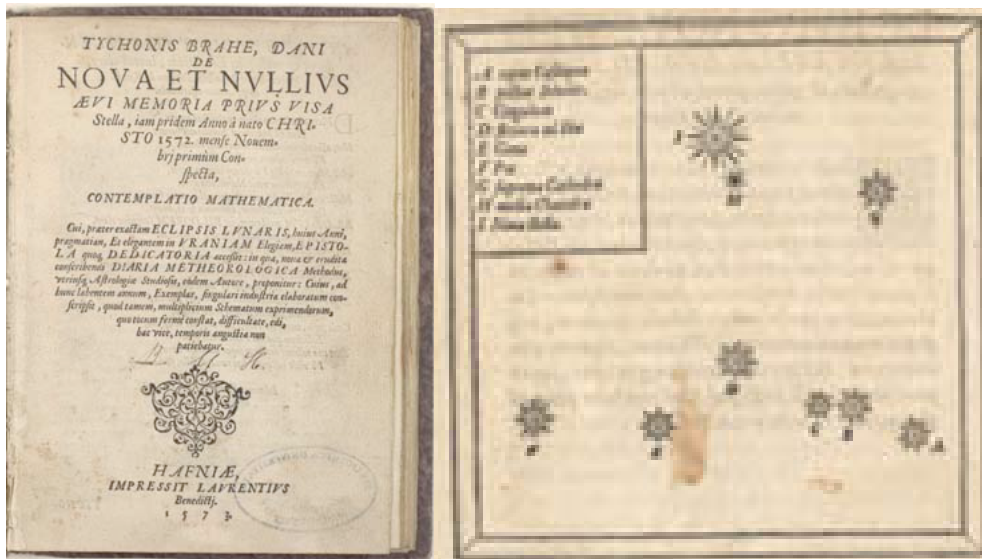


TYCHO BRAHE



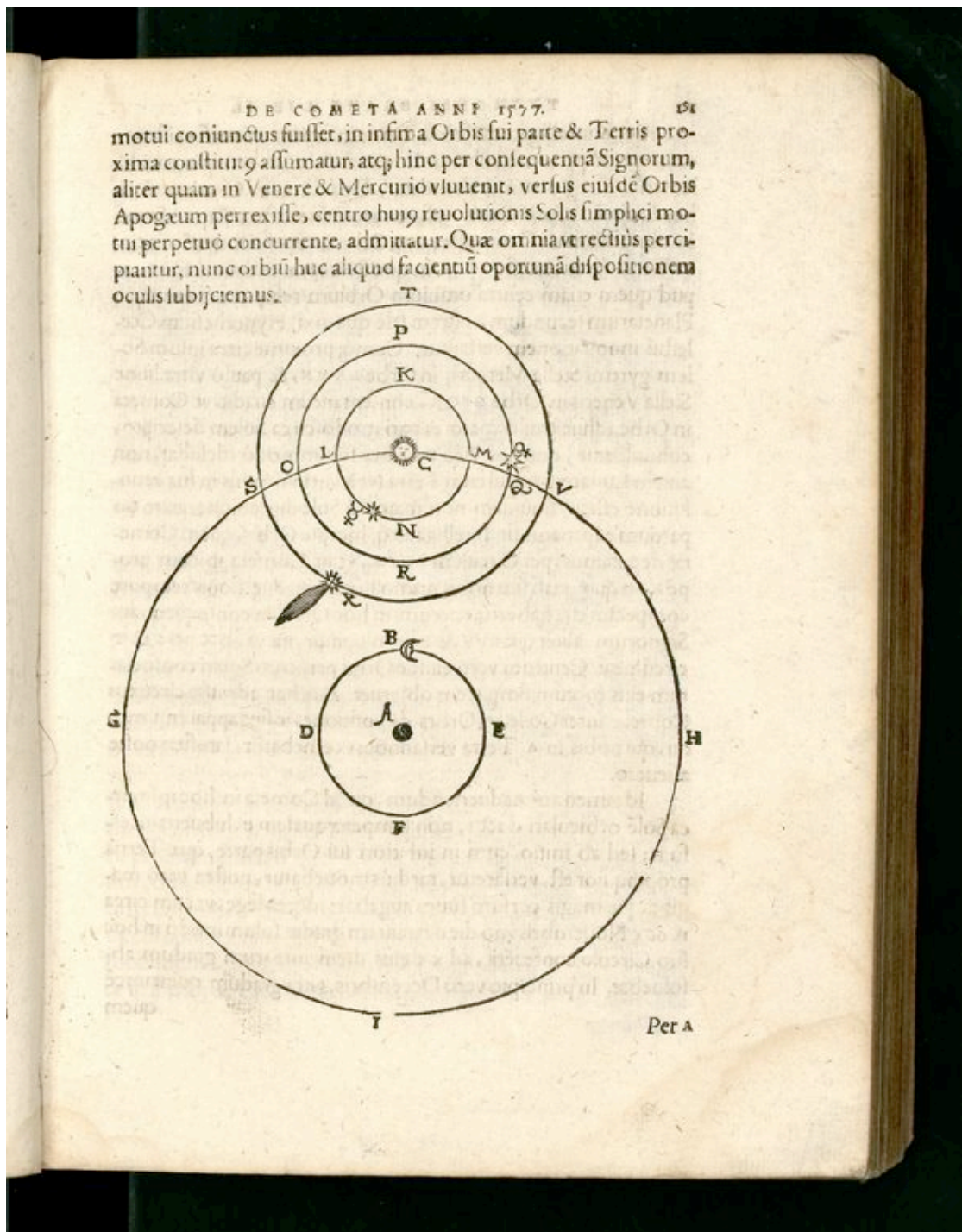
(1546-1601)

1572 : Stella Nova



Observe nouvelle étoile dans Cassiopeia

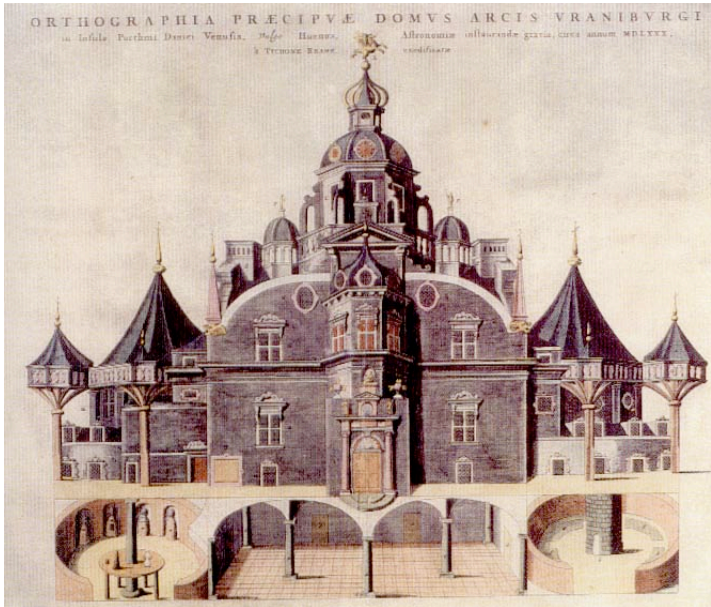
1577 : Comète pas un phénomène “sublunaire” .



Ses découvertes ébranlent la doctrine aristotélécienne sur l'immuabilité du ciel “superlunaire” .



Uraniborg (l'île de Hveen), puis Prague



précision sans télescope : 2'-5' (pouce: 30')

Projette et fait construire des instruments

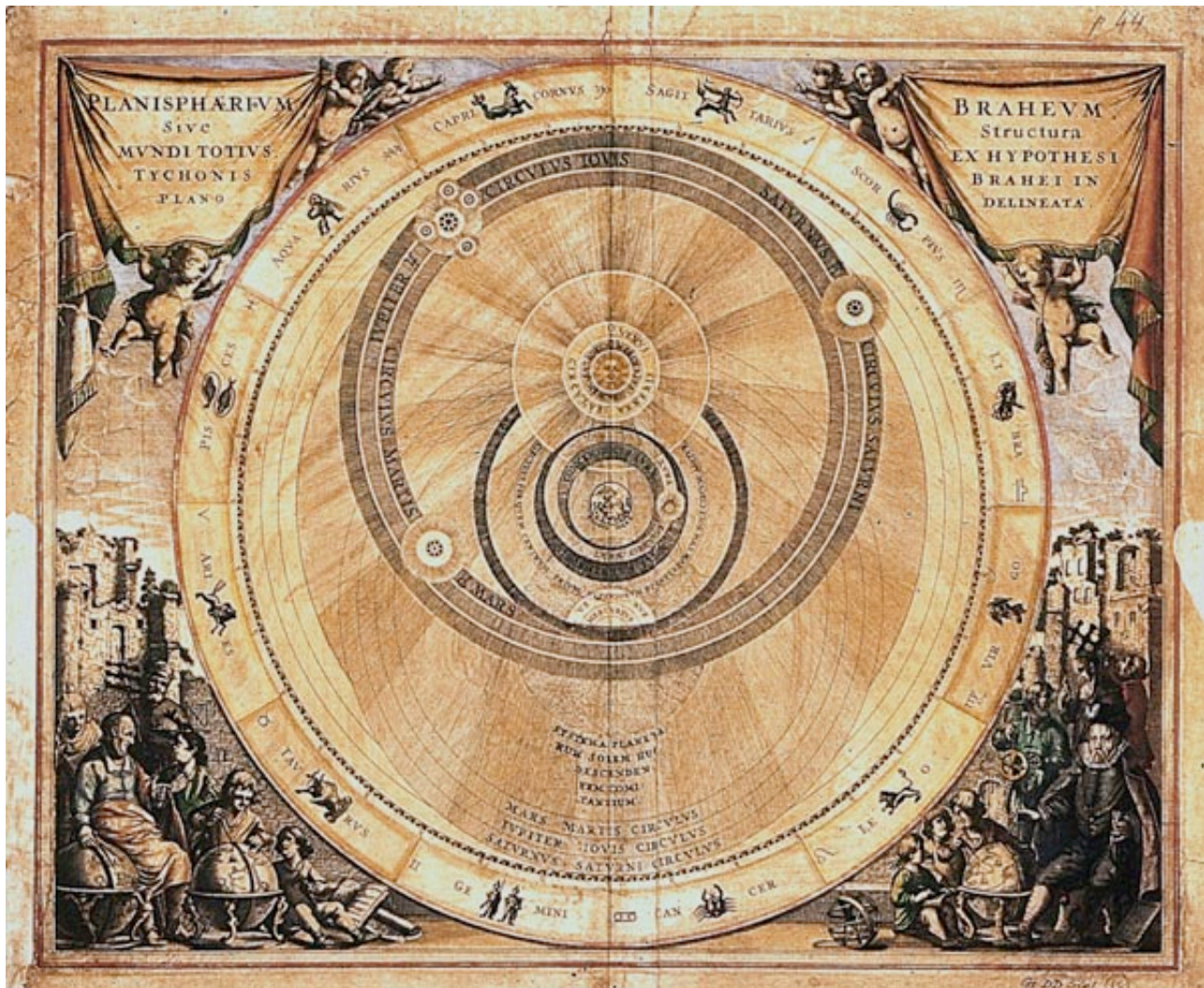


sophistiqués

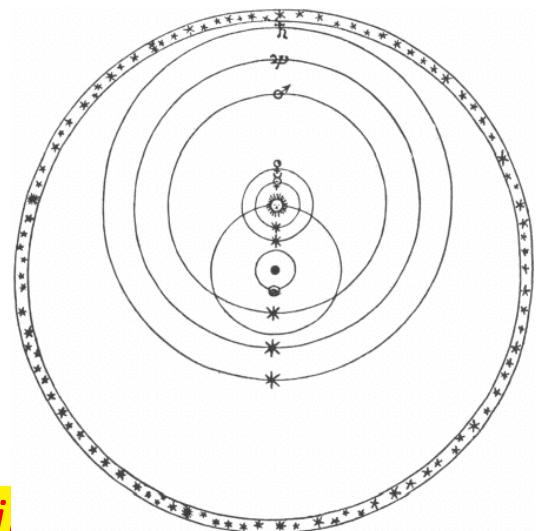


Accumule un grand nombre d'observations, en particulier sur MARS





Le centre de l'Univers est la Terre. La Lune et le Soleil tournent autour de la Terre. Les

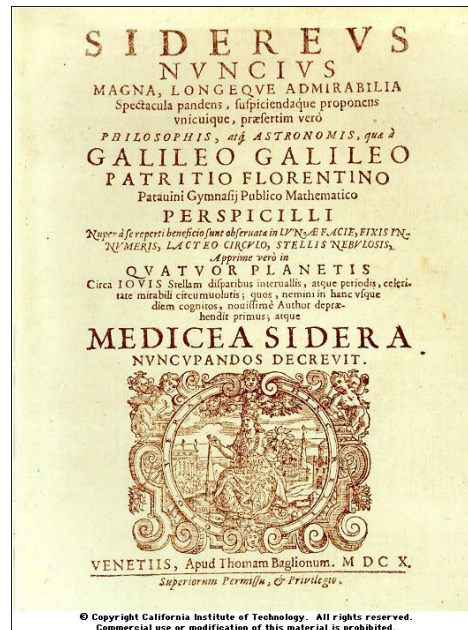


planètes tournent autour du Soleil.



GALILEI

(1564-1642)



- Sidereus nuncius

1610



Observe le ciel par TELESCOPE

- lunes de Jupiter, phases de Vénus: “preuves” du système de Copernicus . . . (simplifié).





Dialogo ...

1632

physique **céleste** = physique **terrestre** !

- **erreurs**: Mouvement **circulaire** et **uniforme** des planètes [**Copernic** simplifié], explication erronée de la marée, etc

**Discorsi ... 1638**: lois (**cinématique**) de la **mécanique** : chute libre, trajectoire parabolique d'un objet lancé, mouvement sur plan incliné, etc.

**VERIFICATION EXPERIMENTALE !!**



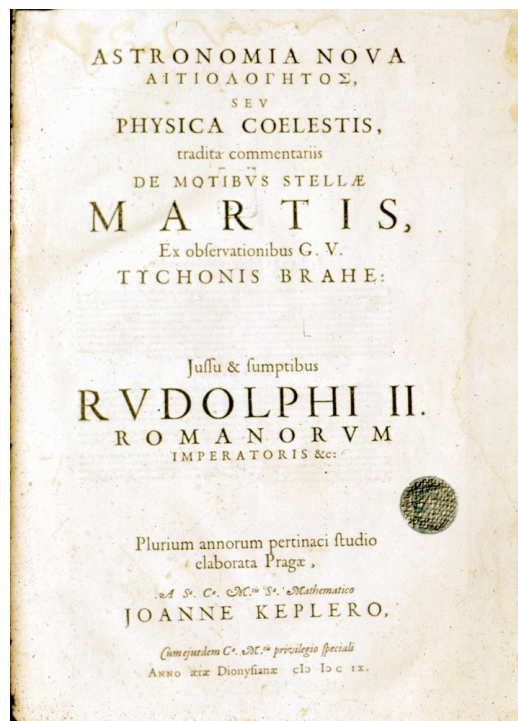


KEPLER

(1571 - 1630)

1600 assistant de Tycho. 1602 “Mathematicus impérial”.

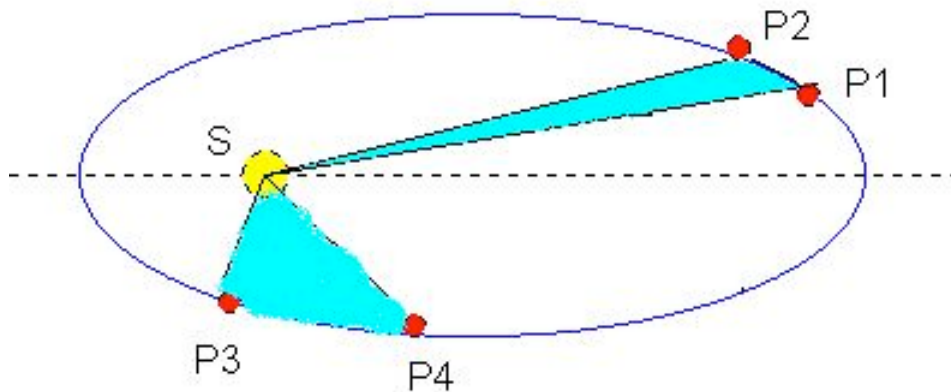
Difficultés avec MARS: mouvement irrégulier.  
Erreur dans les tables de Ptolémée: 8'



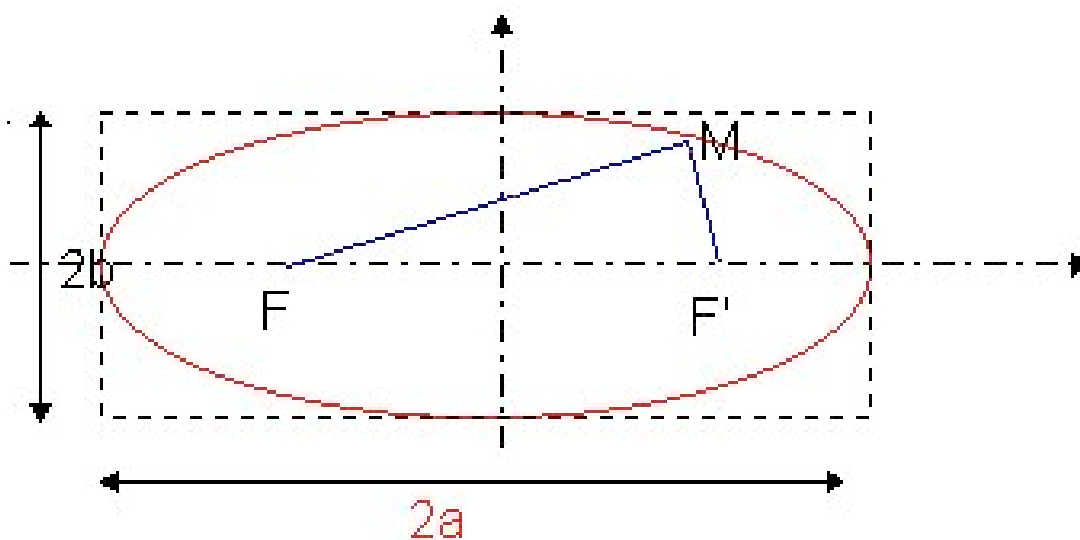
Astronomia Nova

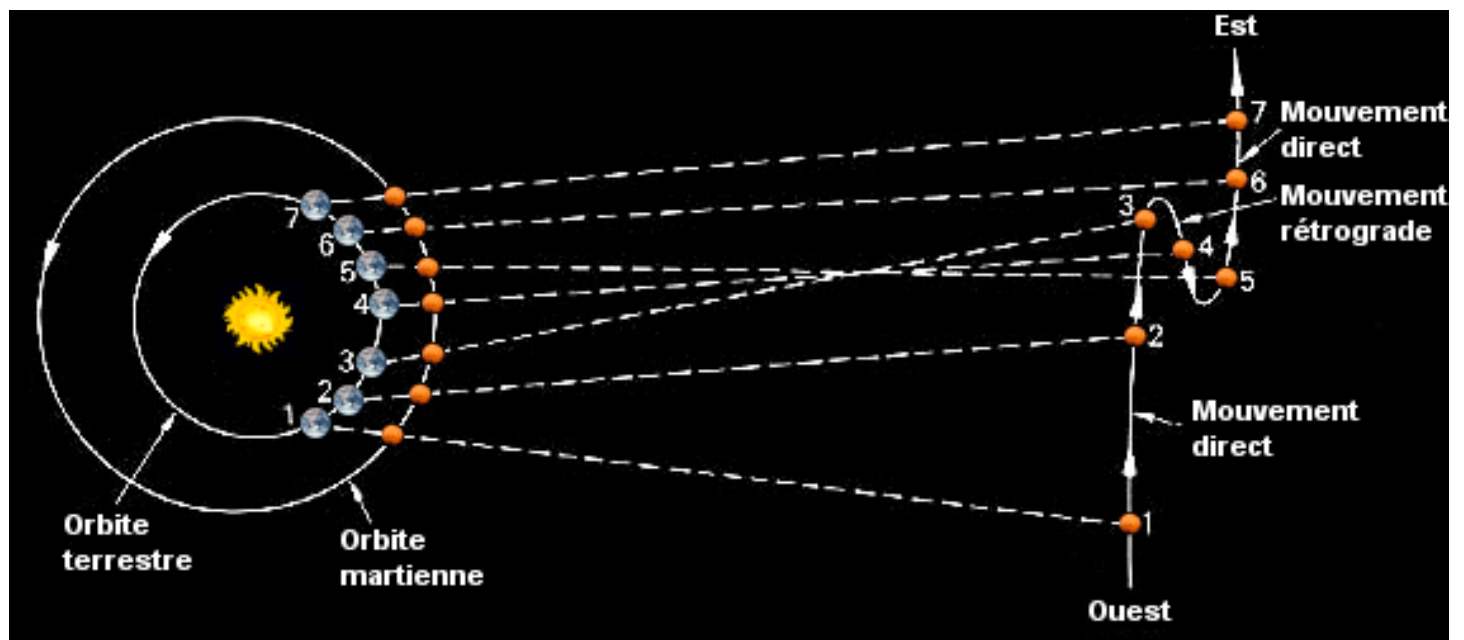
1609

**LOIS DES AIRES** : le segment de droite reliant le soleil et la planète balaie des aires égales pendant des durées égales.

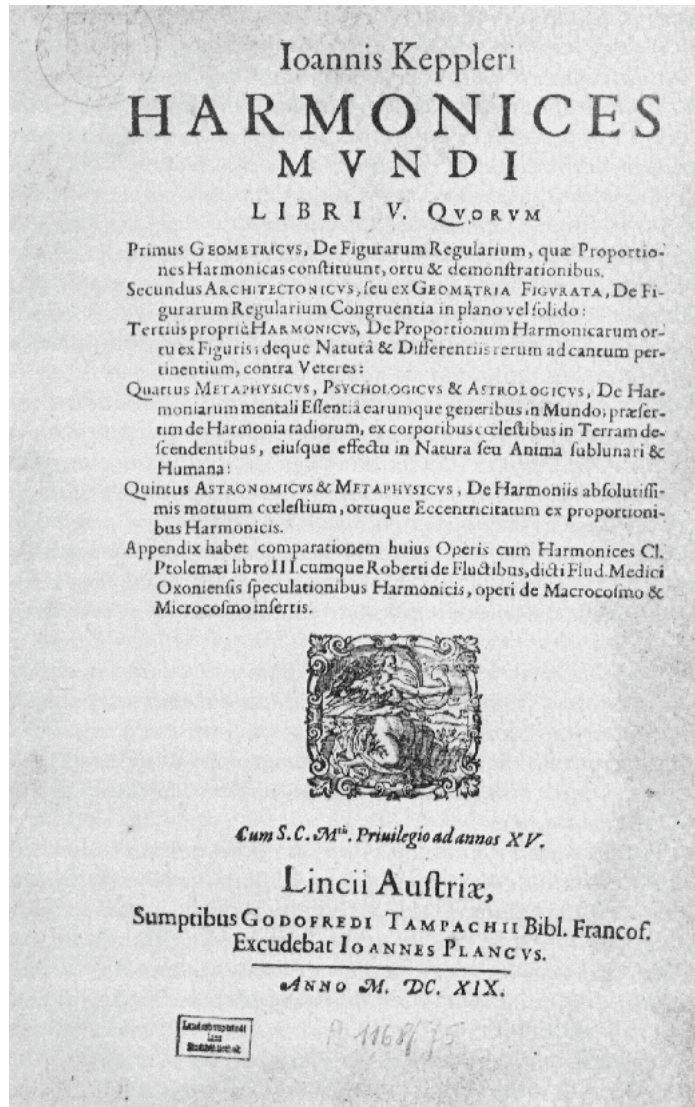


**LOIS DES ORBITES** : l'orbite est une ellipse dont l'un des foyers est occupé par le Soleil.









1618

Harmonices Mundi

**LOIS DES PERIODES** : le rapport entre le **CUBE** du demi-axe de la trajectoire et le **CARRE** de la période est le même pour toutes les planètes.

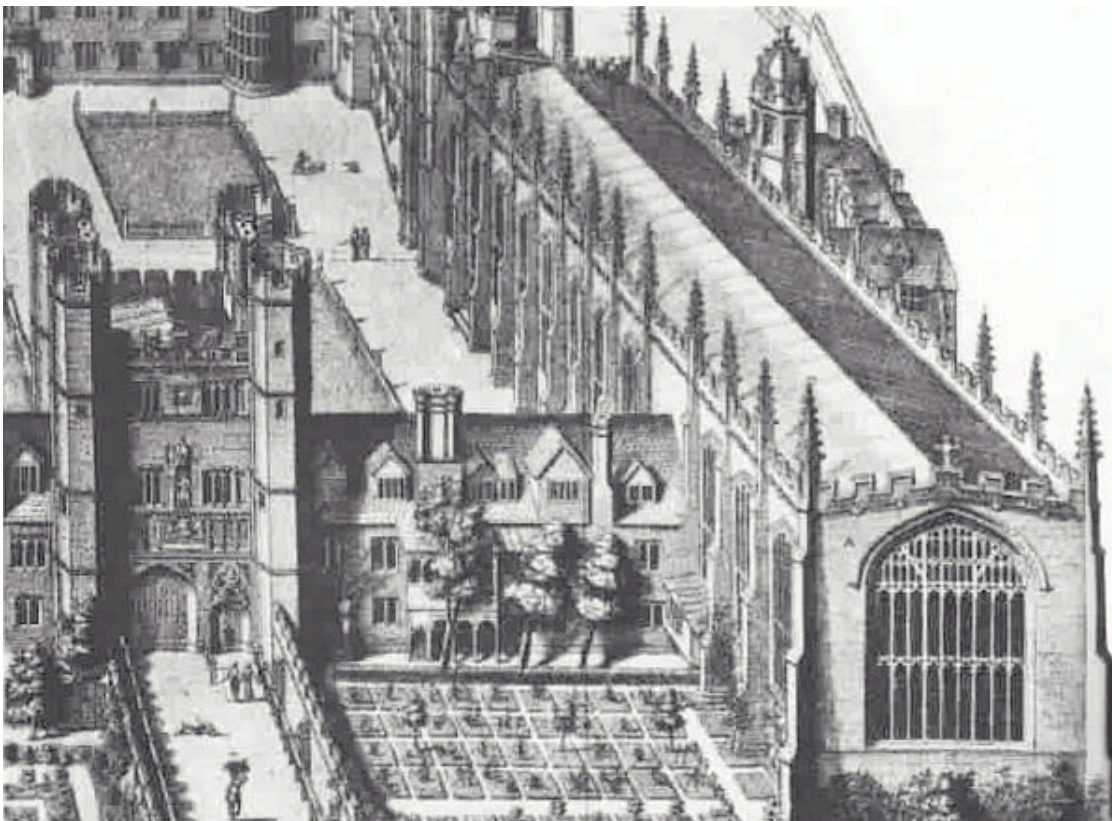
$$\frac{a^3}{T^2} = \text{Const.}$$

## DESCRIPTION DYNAMIQUE



ISAAC NEWTON

(1642 - 1727)



Trinity College Cambridge

Hooke 1666: forme des trajectoires liée à la loi de la gravitation. 1679 : demande à Newton

$$F \sim \frac{1}{r^2} ?$$

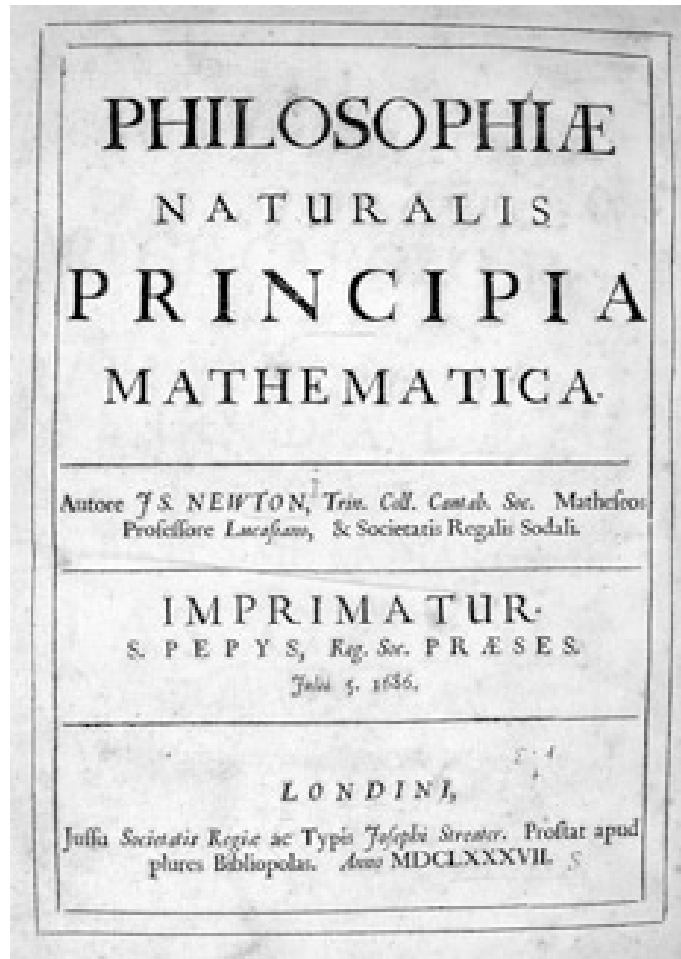


Halley



Wren





Principia

1687

Déduit la loi de la **GRAVITATION UNIVERSELLE**  
des lois empiriques de **Kepler** par des raisonnements  
géométriques

## References

- [1] Carl B. Boyer: *A History of mathematics*. Wiley (1968). (existe aussi en italien).
- [2] H. Gericke: *Mathematik in Antike und Orient*. Fourier Verlag, Wiesbaden (2003).
- [3] K. Simonyi: *Histoire Culturelle de la Physique*. (en allemand, disponible à la BU).
- [4] A. Koestler: *The Sleepwalkers*.
- [5] A. Pannekoek *A History of Astronomy*
- [6] J. L. E. Dreyer : *A History of Astronomy from Thales to Kepler*
- [7] M. J. Crowe : *The theories of the world from antiquity to the copernican revolution*
- [8] E. J. Dijksterhuis, *The mechanization of the world picture*. Pythagoras to Newton. Princeton Univ. Press, Princeton, N. J. (1986).
- [9] A. Koyré : *Révolution astronomique*. Hermann (1973).
- [10] D. L. Goodstein and J. R. Goodstein, *Feynman's lost lecture. The motion of the planets around the sun*. Vintage: (1997).
- [11] J. C. Maxwell, *Matter and Motion* (1877). Reprint : N. Y., Dover (1991).
- [12] F. Tisserand: *Mécanique Céleste*. Livre en 2 volumes.