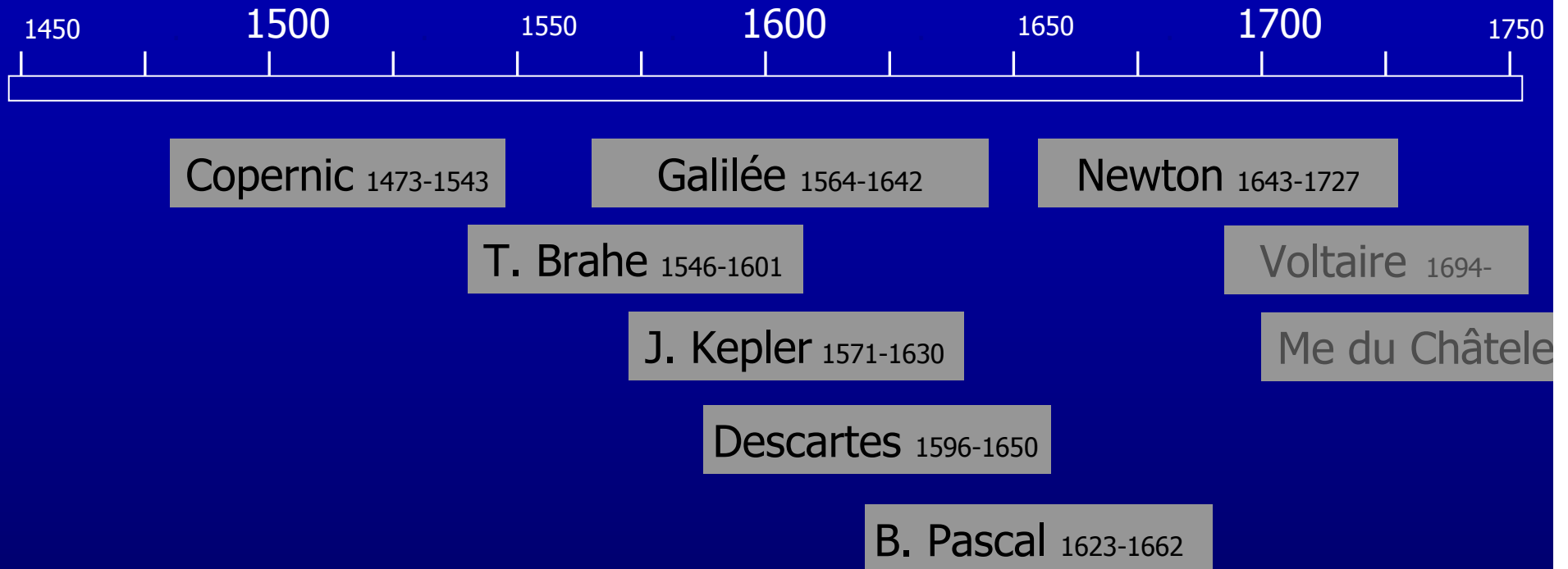
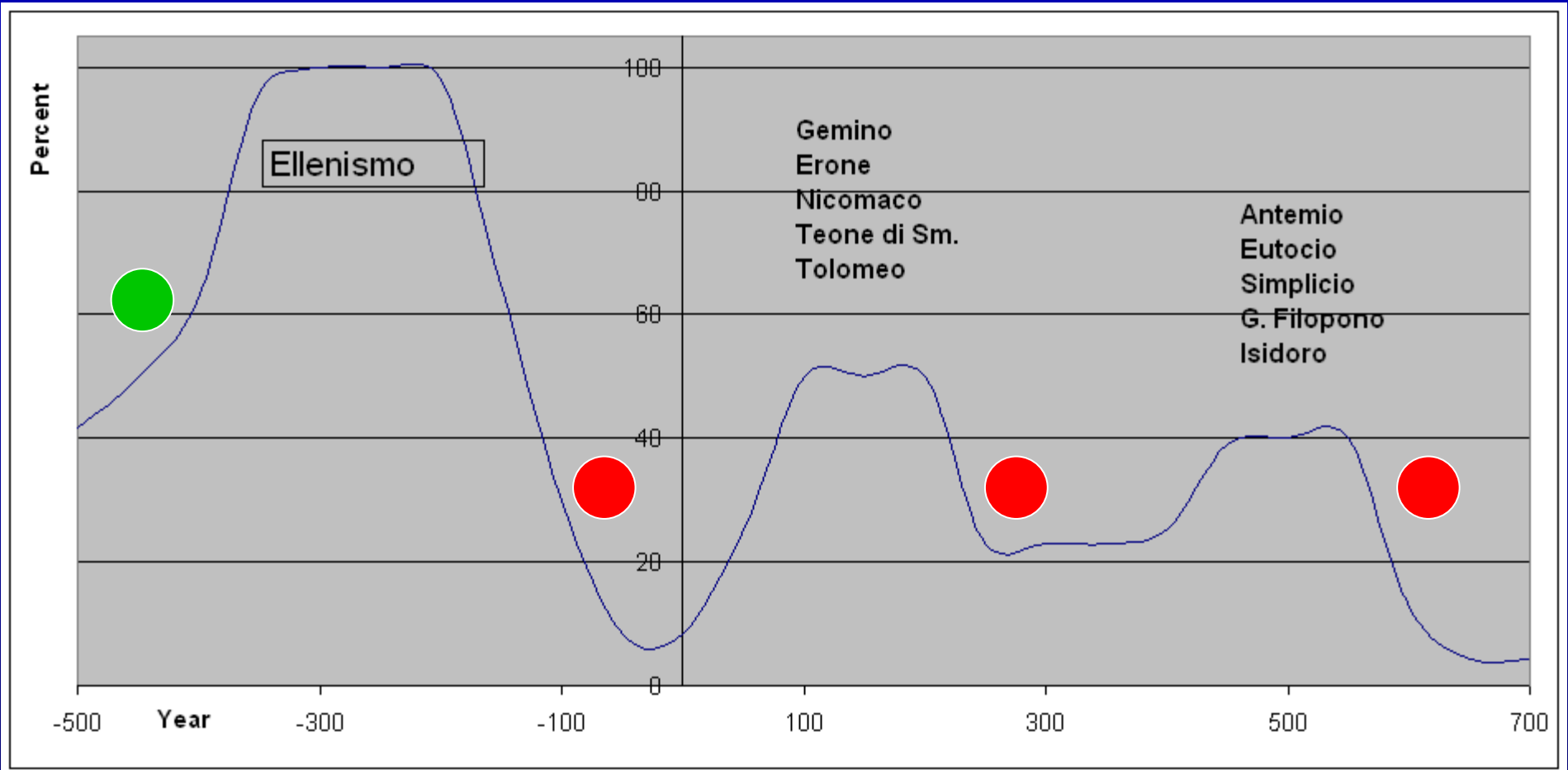


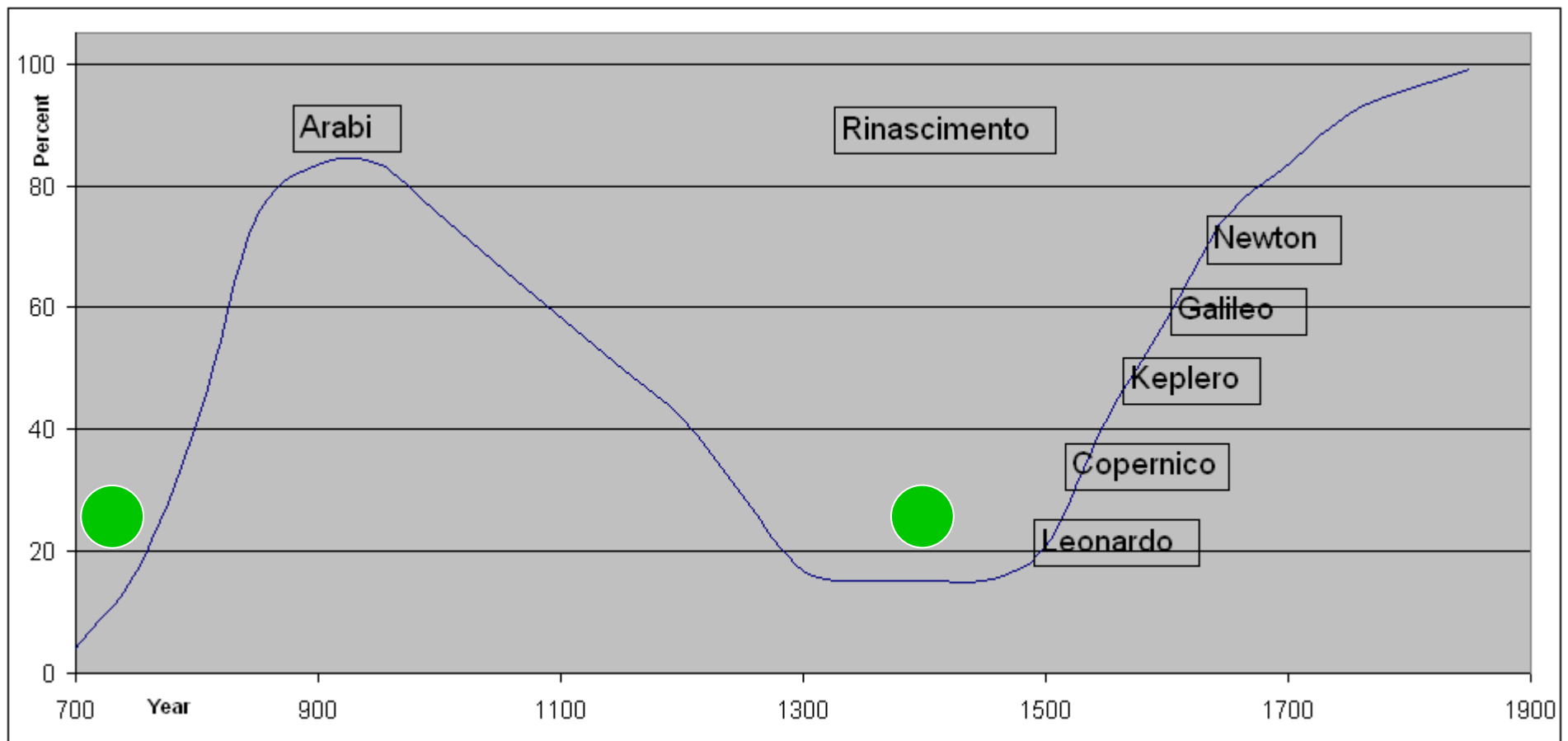
# Galilée scientifique

# Les pères de l'astronomie moderne





## L'Hellénisme et la science (échelle arbitraire de 0 a 100)



Les Arabes et la reprise en Europe  
(échelle arbitraire de 0 a 100)

# D'où viennent certaines idées novatrices...

**Galilée** sur le principe d'inertie :

"tout corps mouvant sur un plan équidistant de l'horizon, sera mu par une force minime, même par une force plus petite de n'importe quelle autre force".

**Héron d'Alexandrie** (Ier siècle apr. J.-C.), *Mécanique* :

"Nous démontrerons que des poids dans cette position [posés sur plan horizontal, sans friction/résistance? ] peuvent être mus par une force plus petite de toute autre force"

# L' héritage

L'héritage scientifique transmis **au Moyen Âge** consiste de :

1. La physique et la cosmologie d'Aristote
2. L'astronomie et la géographie de Ptolémée
3. Une idée curieuse: ce n'est pas aux astronomes de définir la structure du monde - la cosmologie revient aux philosophes.

# Le Cosmos d'Aristote



Entre la sphère de la Lune et celle des étoiles, un cinquième élément, l'éther, incorruptible, n'admet que des mouvements circulaires uniformes éternels.

Les orbes emboîtés ont une réalité physique concrète. Leur nombre passe à 55.

C'est un univers clos, petit, où rien ne peut changer; on ne remarquera plus les comètes, les nouvelles étoiles, ni même les taches solaires.

# La physique d'Aristote

Quelques propositions:

- Le vide n'existe pas
- Le seul mouvement 'naturel' sur Terre est rectiligne, vers le haut pour les corps légers, comme l'air et le feu, vers le bas pour les corps lourds, comme la terre et l'eau.
- Les corps plus lourds tombent plus vite que les corps légers.
- Tout autre mouvement implique une force appliquée - La vitesse est proportionnelle à la force (sans force, pas de vitesse).



# Premiers siècles de notre ère

... tout se perd

Avec la fin de l'hellénisme et des grands royaumes, bien de découvertes sont oubliées, les livres perdus.

Seul **Claude Ptolémée**, et Galien en médecine, au II siècle de notre ère, recueillent ce qui reste des anciennes théories.

**Aristote** revient à la mode, en fournissant aux théologiens, aussi bien chrétiens qu'islamiques, la cosmologie et la physique dont ils ont besoin pour leur doctrine.

# Claude Ptolémée (v. 100-v. 170)

Ptolémée d'Alexandrie, collecte une partie des connaissances hellénistiques dans des oeuvres encyclopédiques:

L'**Almageste** (astronomie)

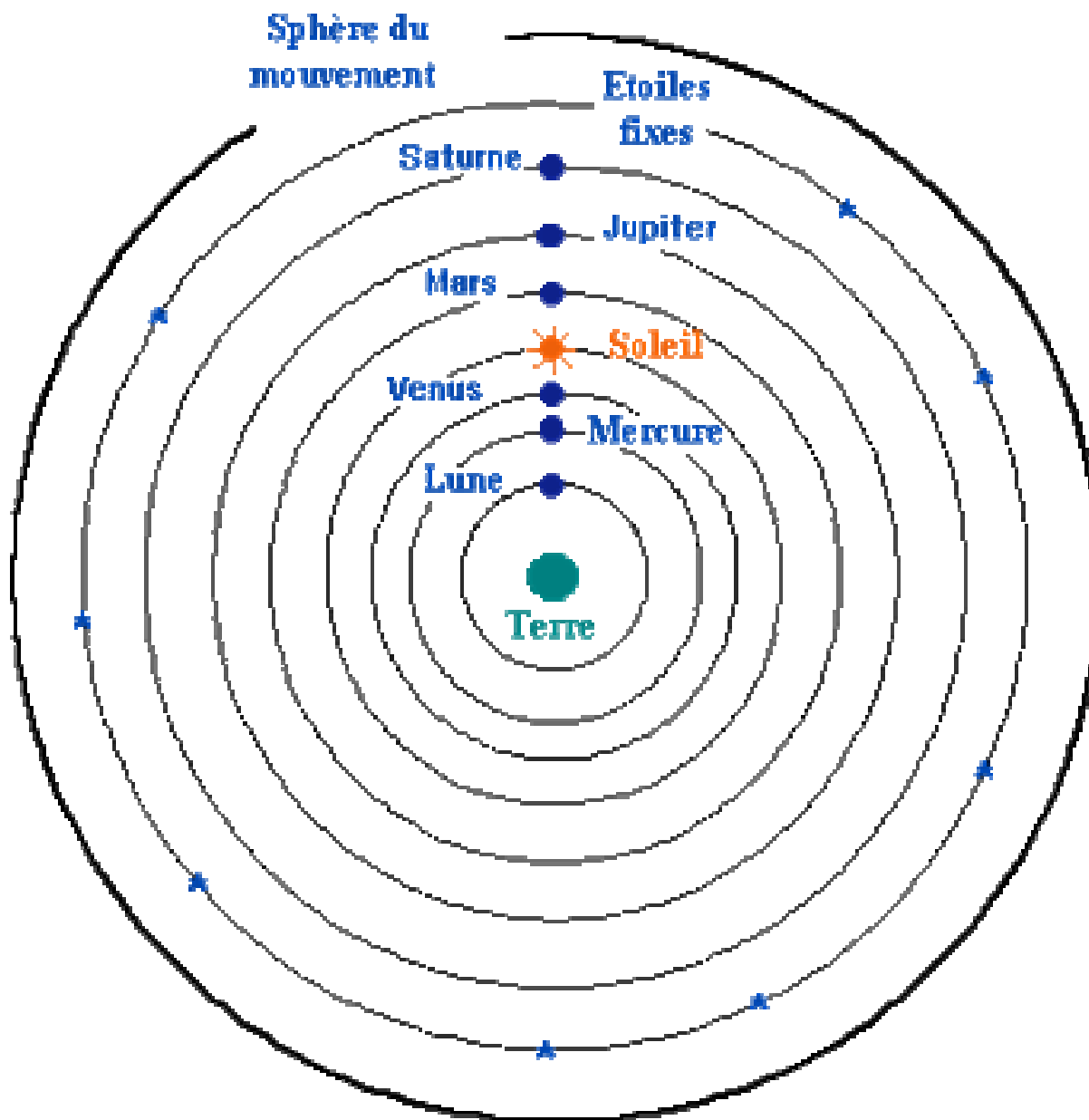
La **Géographie**

L'**Optique**



Dans l'**Almageste** on retrouve le système de sphères d'Eudoxe, remanié par Apollonios et Hipparque.

Pour la physique, Ptolémée ne perd pas de temps : il reprend telle quelle celle d'Aristote.



*le Système géocentrique*

La Terre est au centre, immobile.

Autour d'elle:

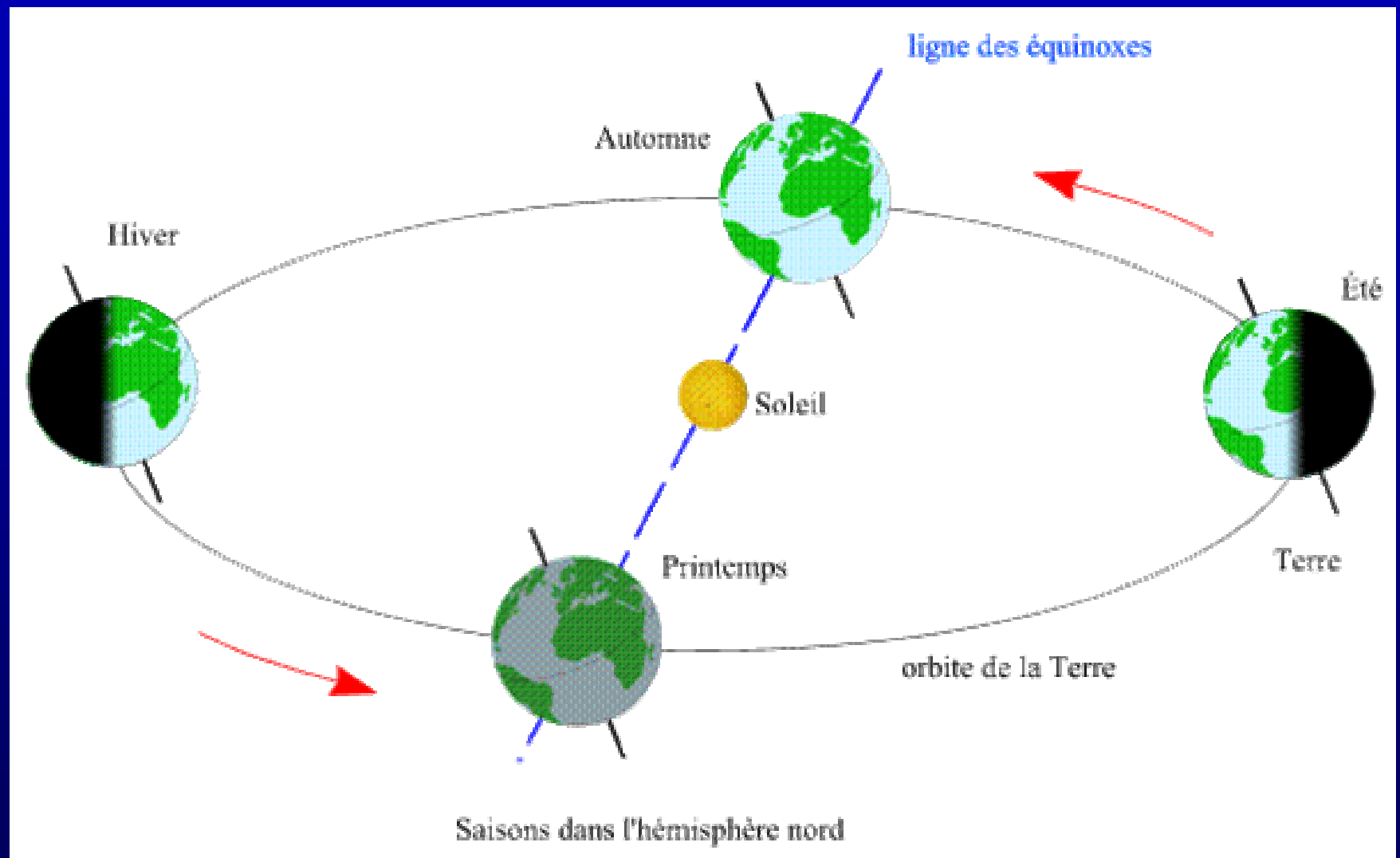
La Lune tourne en un mois;

Mercure, Vénus et le Soleil en un an;

Mars, en deux ans;  
Jupiter, en douze;  
Saturne, en trente;

les étoiles fixes font leur révolution en env. 24h

# Les quatre saisons



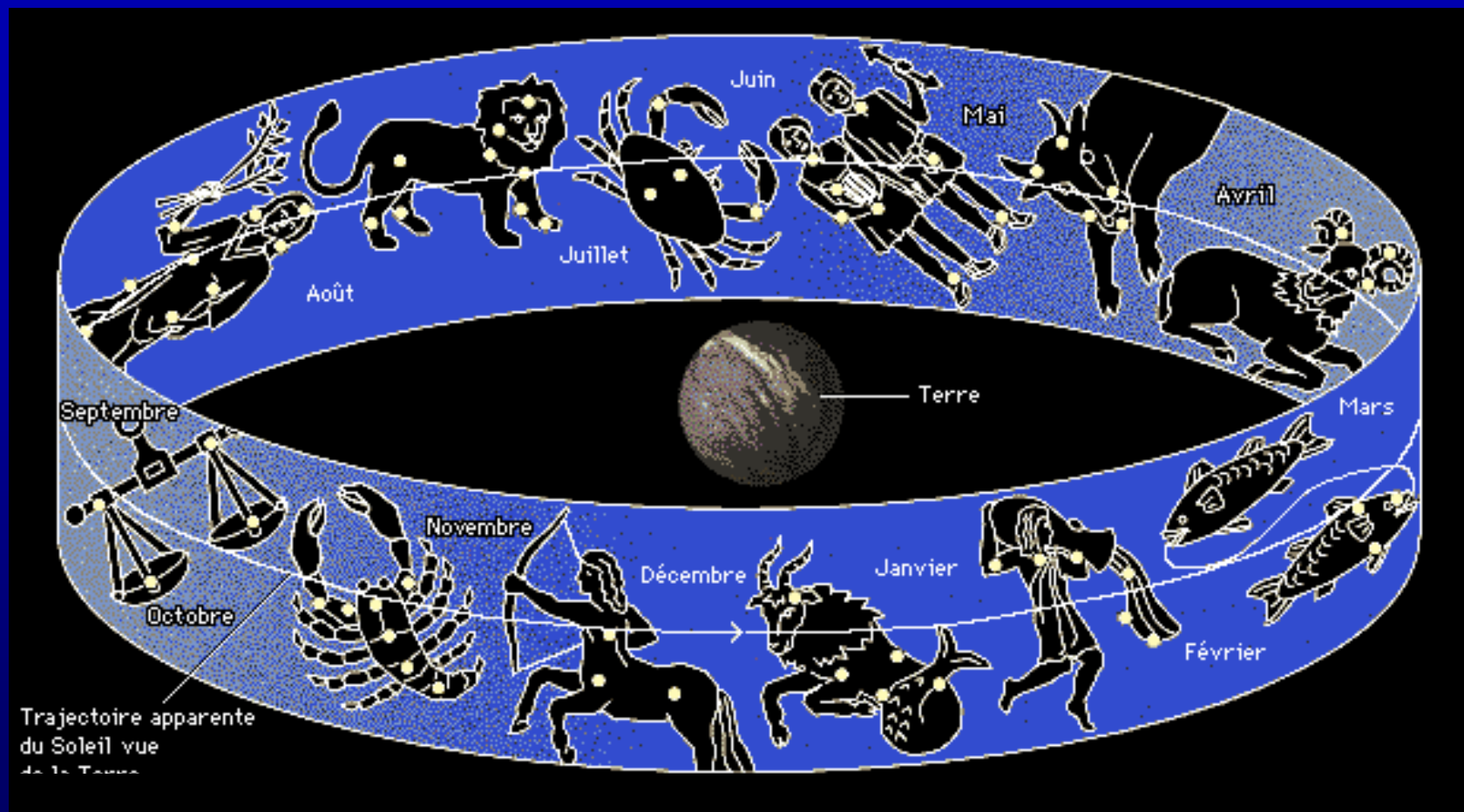
Claude Ptolémée (v. 100-v. 170), astronome, mathématicien et géographe d'Alexandrie, dont les théories en astronomie ont dominé la pensée scientifique jusqu'au XVIe siècle



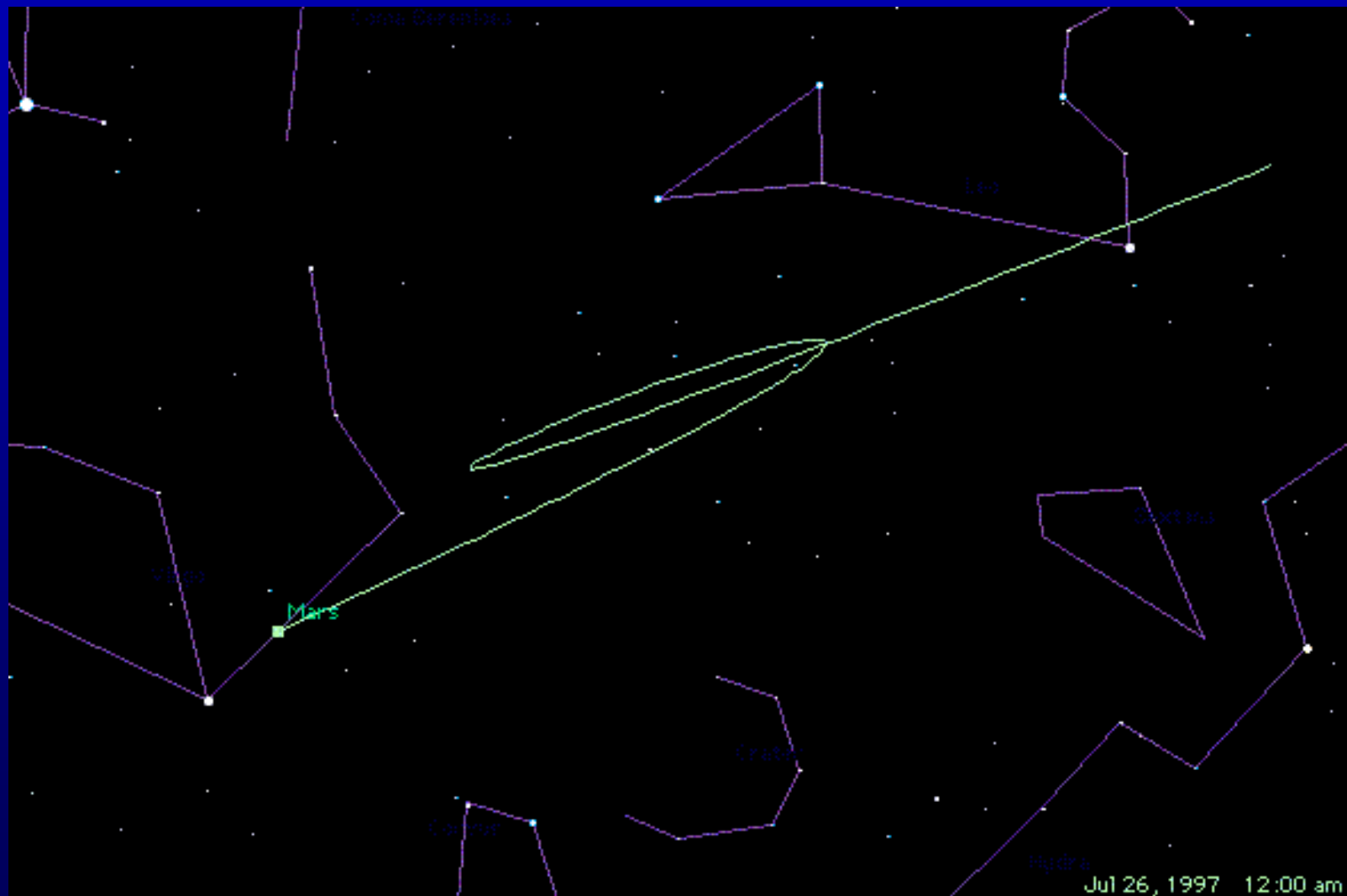
# Un ciel qui tourne



# Constellations du zodiaque



# La planète Mars par rapport aux « fixes »

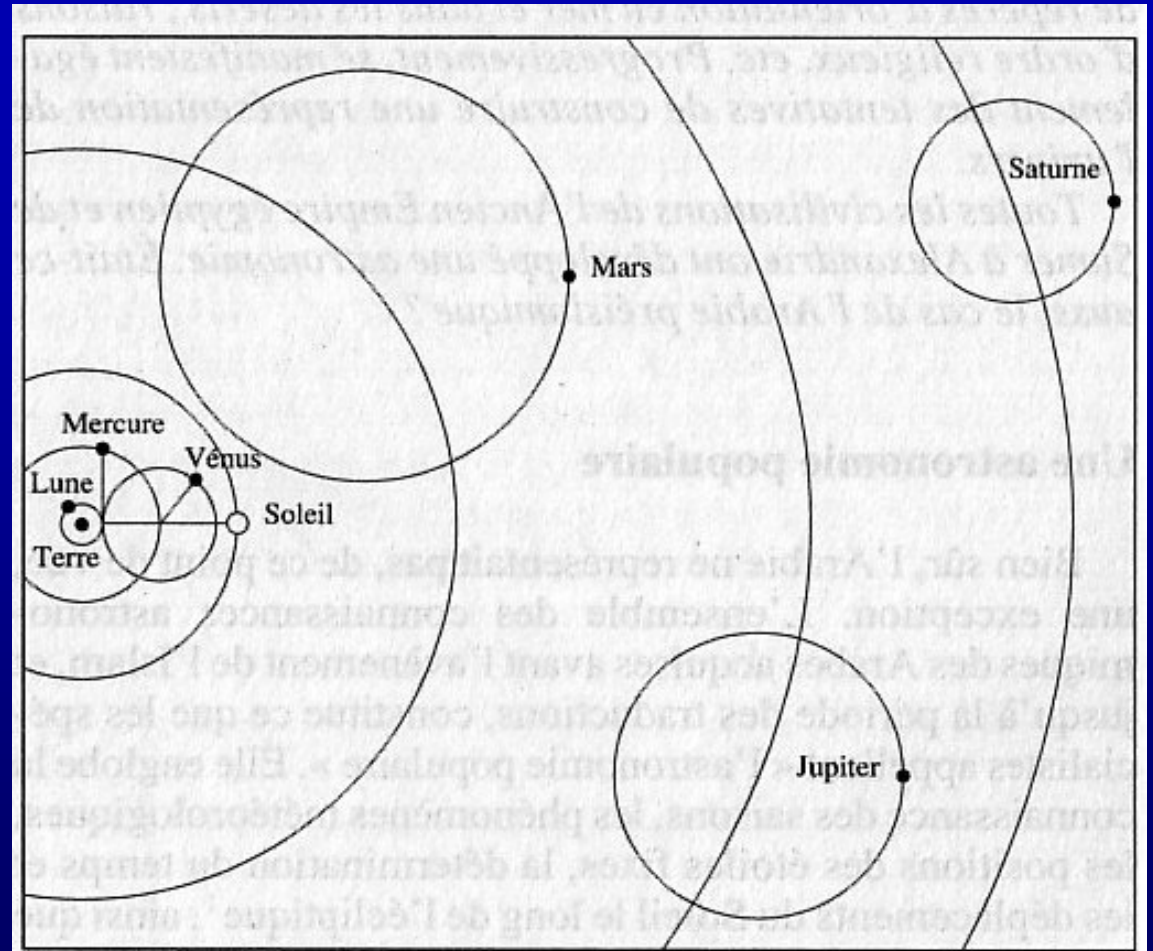




# Déférents et Epicycles

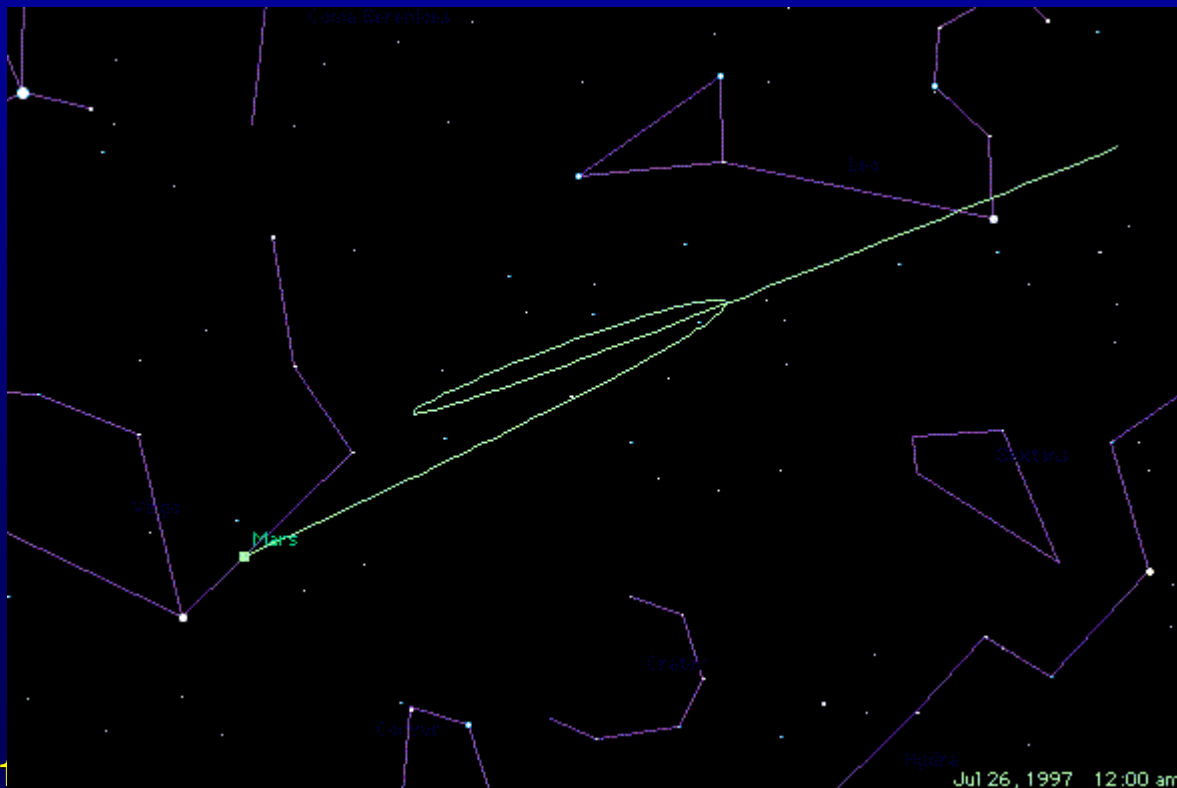
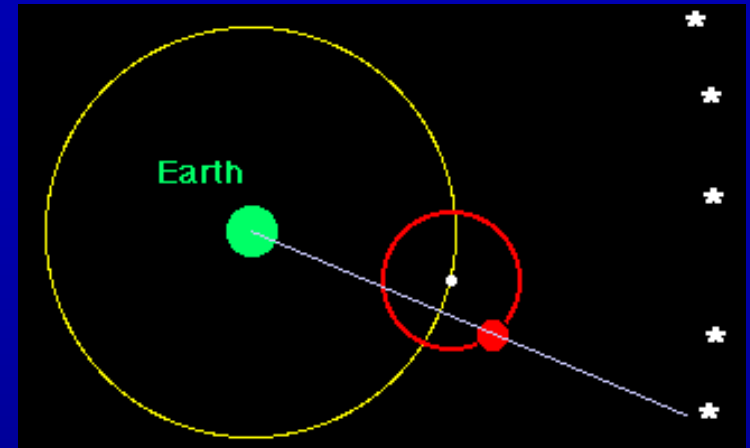
Ptolémée utilise pour chaque astre un petit cercle ("épicycle"), porté par un cercle principal, le "déférént".

Au besoin, on utilise des petites tricheries, en déplaçant un peu les centres ou en modulant les vitesses de rotation.



## 2 - Stations et rétro-gradations Selon Ptolémée

La planète Mars par rapport aux « fixes »



Plus  
d'animation

# Quatorze siècles de géocentrisme :

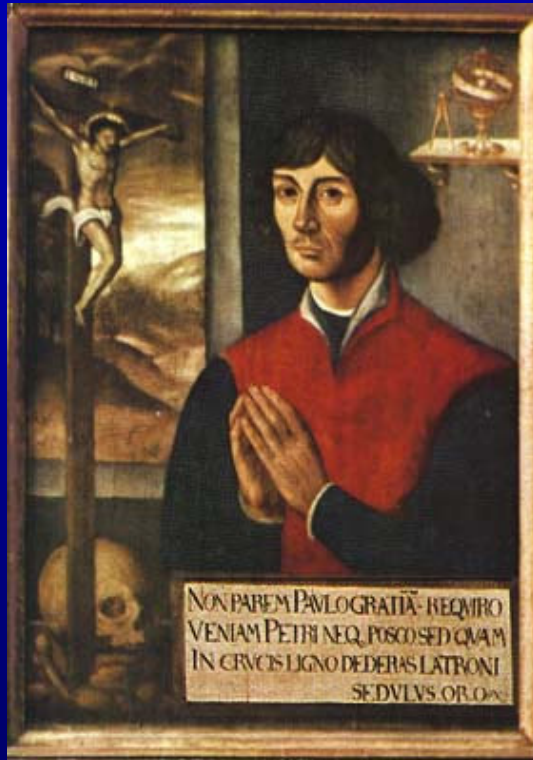
A partir de modèles et des paramètres de Ptolémée , au besoin légèrement modifiés, les astronomes ( d'abord arabes ) dressent les tables du mouvement des planètes, du Soleil et de la Lune, pendant 1400 ans.

Entre 1200 et 1500 beaucoup d'œuvres scientifiques arabes et hellénistiques parviennent en Occident.

A l'époque de Copernic il n'y avait plus une astronomie de Ptolémée: comme pour les recettes de cuisine, il y en avait autant qu'il y avait d'auteurs de tables astronomiques.

# Nicolas Copernic, 1473 – 1543

un jeune homme bien sage



Né à Torun (Pologne), il grandit chez son oncle Lucas.

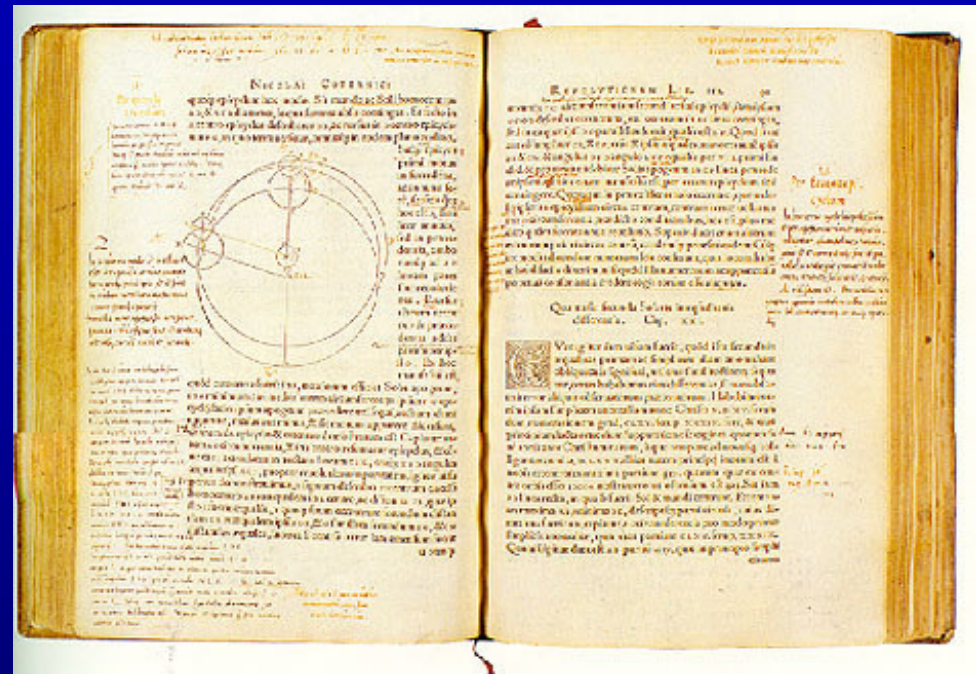
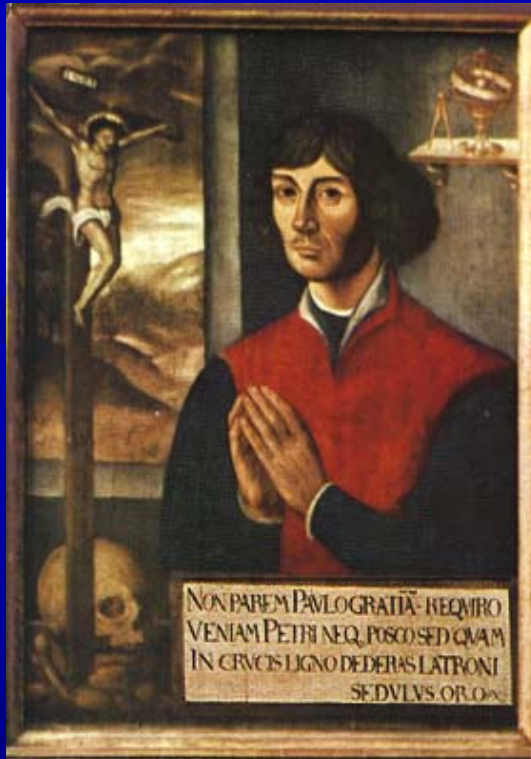
Quand l'oncle devient évêque, Nicolas obtient une charge de chanoine à Frombork.

Il fréquente les universités de Cracovie (4 ans), de Bologne (5 ans), de Padoue (2 ans), et il se diplôme à Ferrara.

De retour en Pologne, il se consacre à ses études. Son seul écrit est une lettre de six page à un ami qui explique les idées qu'il cultive.

# Nicolas Copernic, 1473 – 1543

un jeune homme bien sage



Copernic, pressé par ses amis, rédige

*De Revolutionibus Orbium Coelestium*

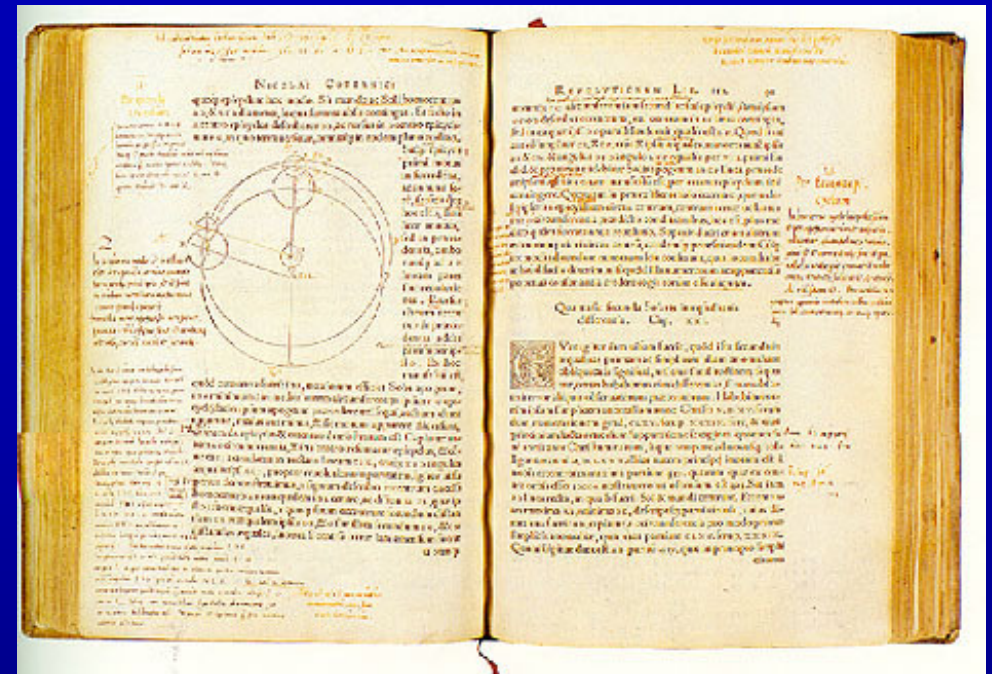
juste avant de mourir, en 1543.



# Copernic, 1543

En 1539 (il a 66 ans) il reçoit la visite de Georg J. Rethicus, un jeune mathématicien allemand,.

Après quelques mois, Rheticus publie *Narratio Prima*, un avant-goût de la théorie héliocentrique.



Copernic, pressé par ses amis, rédige enfin

## *De Revolutionibus Orbium Coelestium*

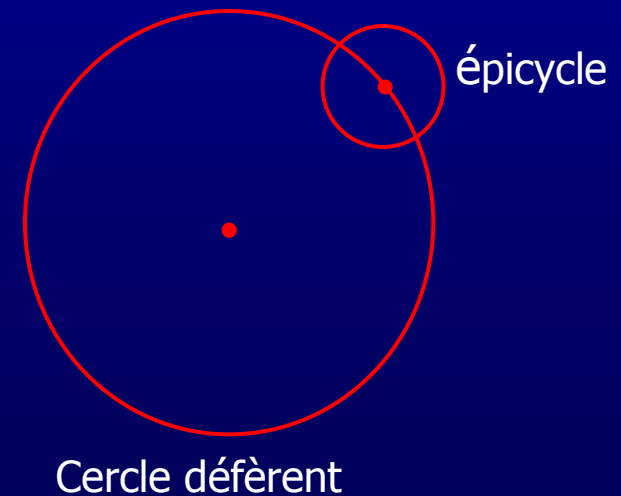
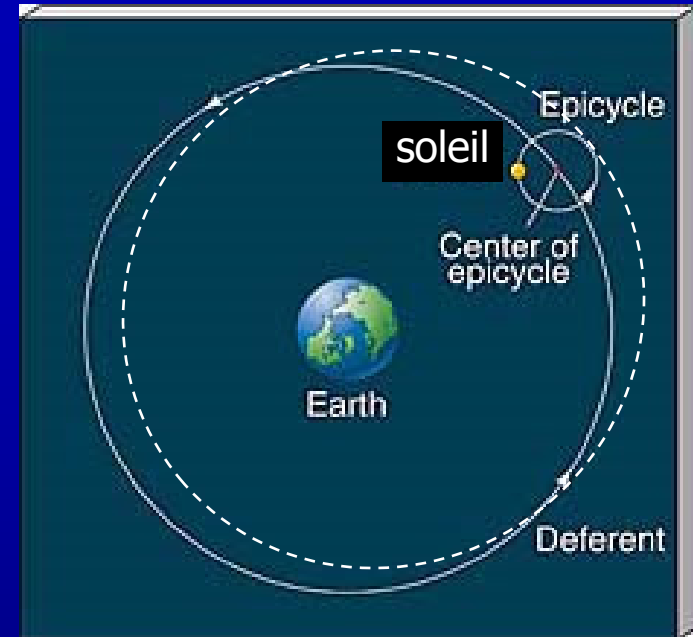
juste avant de mourir, en 1543.

# 1 - Orbites allongées

Les saisons (qui séparent les solstices et les équinoxes) n'ont pas la même durée:

|           |              |
|-----------|--------------|
| Printemps | 94 ½ jours   |
| Été       | 92 ½ jours   |
| Automne   | 88 1/8 jours |
| Hiver     | 90 1/8 jours |

Donc... l'orbite du Soleil autour de la Terre n'est pas parfaitement ronde.



# Tycho Brahe (1550-1601)

## ...un seigneur danois



Son père était gouverneur d'un château en face de celui d'Hamlet, Elsenour. Il est élevé par son oncle, amiral et ami du roi.

A 7 ans il connaît le latin; à 13 ans il rentre à l'université de Copenhague.

A 17 ans, il part à l'université de Leipzig avec un jeune précepteur chargé de l'éloigner de l'astronomie.

Il achète des petits instruments portatifs, et tous les textes d'astronomie qu'il peut trouver.



# Tycho Brahe (1550-1601)

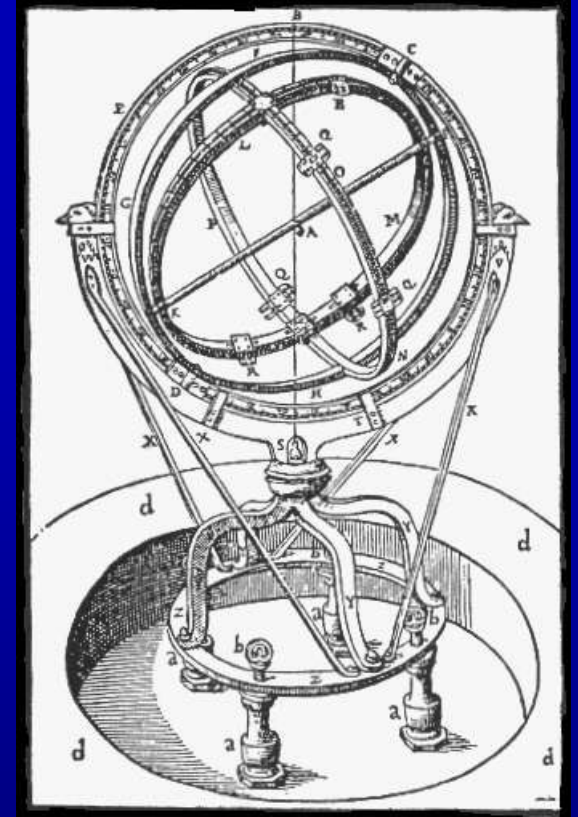
...un seigneur danois



# Tycho Brahe

Il parcourt l'Europe et rencontre les meilleurs astronomes de l'époque.

Il commence à construire ses propres instruments, impressionnants par leur taille et précision (il a 19 ans).



➡ Il publie *De stella nova* (la nouvelle étoile), pour décrire l'évolution de la supernova de 1572.

En 1576 le roi Frédérique II lui propose l'usufruit d'une île entière, Hveen, pour s'y installer et faire ses recherches.

# Uraniborg - le premier observatoire des temps modernes



Tycho fait construire un château - observatoire, avec imprimerie, papeterie, des ateliers pour les instruments, et même une prison souterraine pour les fermiers récalcitrants.

# Tycho et les comètes



Sketches made by Tycho Brahe in 1577 during the observation of the first comet he ever saw. Kept at the Royal Library in Copenhagen.

Entre 1577 et 1590 il vérifie que les orbites de quelques comètes les amènent très, très loin de la Terre.

Du coup, les sphères célestes corporelles n'existent pas, et l'univers acquiert des dimensions jusqu'alors insoupçonnées. Ses mesures sont incontestables.

C'est la première fois, depuis le II<sup>e</sup> siècle av. J.-C., qu'un astronome reprend le flambeau de la cosmologie aux philosophes.



# Vers Prague

En 1588 Tycho doit quitter son île, avec une caravane de 20 hommes, transportant tout son équipement.

Il se rend à Prague, où l'empereur Rodolphe II lui laisse choisir un château (Benatek).

En 1600 il reçoit Kepler; l'année suivante, il meurt en laissant le soin de terminer son travail au jeune Kepler.

Sur son lit de mort, il fait promettre à Nicolas d'essayer son modèle géo-héliocentrique pour l'interprétation des données.



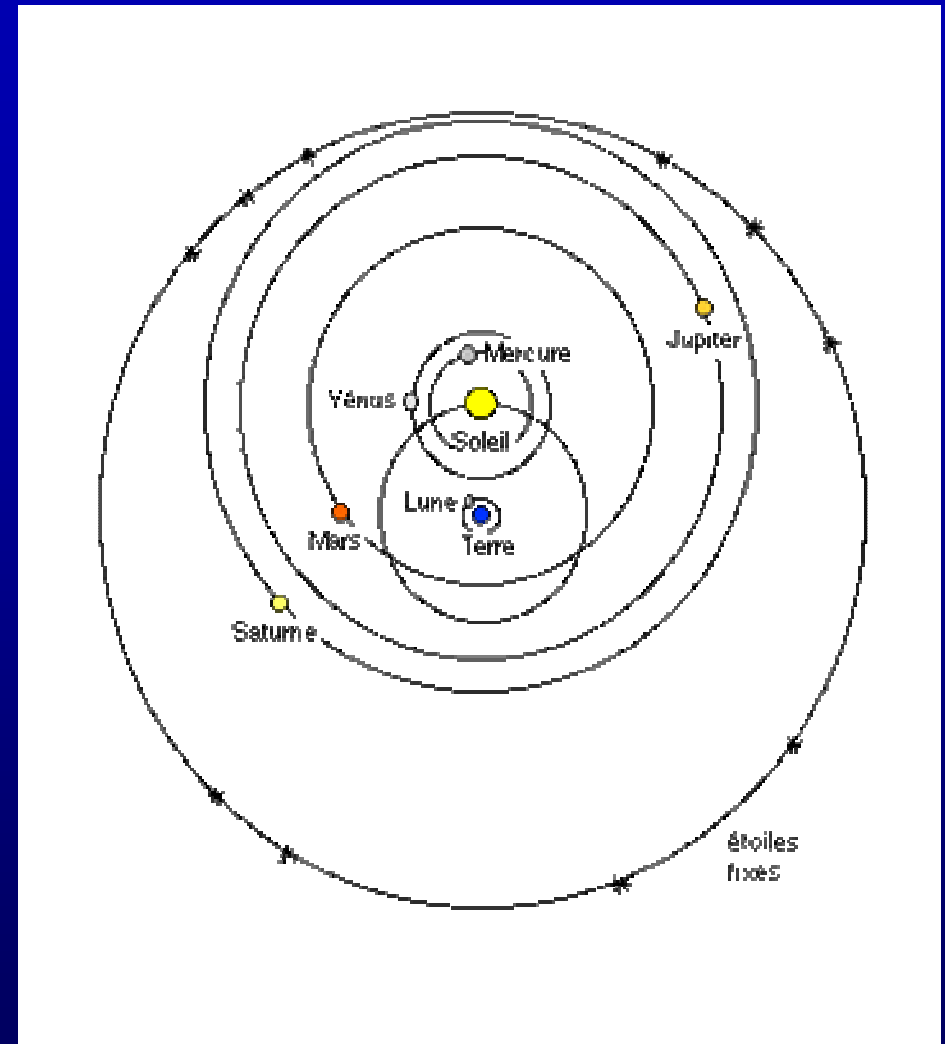
# Géo - quoi ?

## Géo-héliocentrique

Une Terre centrale,  
- la Lune et le Soleil tournant  
autour d'elle,  
- et les cinq planètes tournant  
autour du Soleil.

[compatible avec l'absence de  
parallaxe stellaire]

Modèle adopté par les  
Jésuites à l'époque de Galilée.



# L'homme au nez d'argent

Les mesures de Brahe ont une précision de  $2'$  - c'est le maximum atteignable sans instruments optiques.

La foi inébranlable de Kepler dans ces mesures le poussera à refaire ses calculs jusqu'à 70 fois, pour trouver un accord entre les orbites planétaires qu'il construit et les données consignées pendant 30 ans par son prédécesseur.



# Johannes Kepler (1571-1630)

- un calculateur fou

|                   |                  |                           |
|-------------------|------------------|---------------------------|
| Il naît le        | 27 décembre 1571 | à 2h 30m de l'après-midi. |
| Il a été conçu le | 16 mai 1571      | à 4h 37m du matin         |
| Gestation         | 224j 9h 53m      |                           |

Comment on le sait ? C'est lui même qui fait le calcul...  
Et il continuera comme ça toute sa vie.

Il grandit presque sans parents, maladif et complexé.



# Johannes Kepler (1571-1630)

- un calculateur fou

En 1600 il se rend à Prague chez Tycho Brahe, et il commence à travailler sur les relèvements de Mars.

En 1601 T. Brahe meurt, et Kepler hérite de ses données, et aussi de la charge de mathématicien impérial.

" nous, à qui la grâce divine a donné dans Tycho Brahe un observateur d'une valeur telle qu'il révèle les erreurs commise par Ptolémée [...] nous devons nous donner la peine de découvrir enfin la vraie structure des mouvement célestes "



# Les *Mystères du Cosmos*

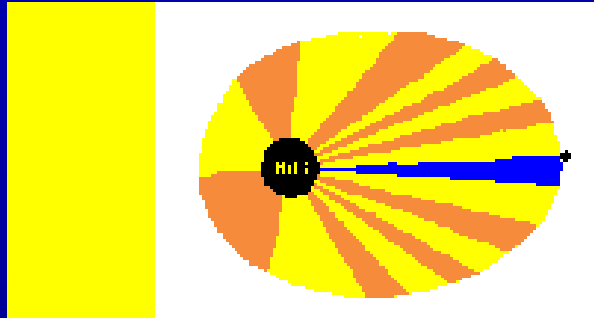
Il publie tout cela dans le *Misterium Cosmographicum* (le mystère du monde), qu'il envoie entre autres à Galilée.

En 1600 il se rend à Prague chez Tycho Brahe, et il commence à travailler sur les relèvements de Mars.

En 1601 T. Brahe meurt, et Kepler hérite de ses données, et aussi de la charge de mathématicien impérial.

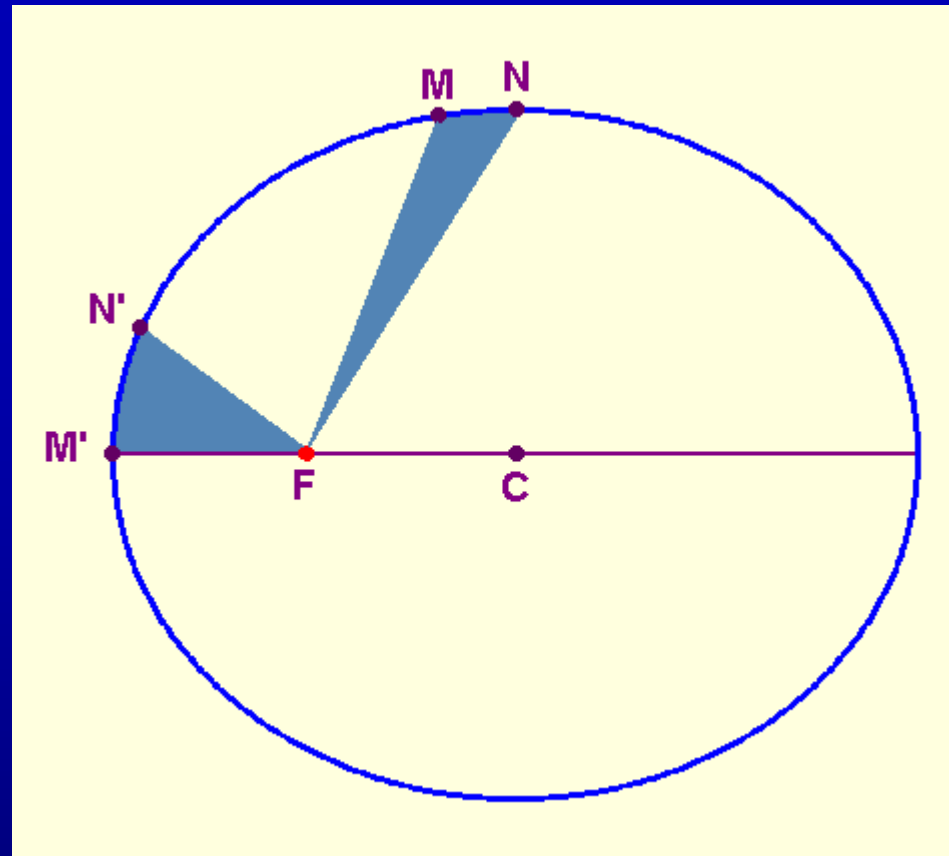
" nous, à qui la grâce divine a donné dans Tycho Brahe un observateur d'une valeur telle qu'il révèle les erreurs commises par Ptolémée [...] nous devons nous donner la peine de découvrir enfin la vraie structure des mouvements célestes "

# La Nouvelle Astronomie



En 1609 il publie  
**Astronomia Nova**;  
on y trouve les deux premières lois :

- ➡ 1 - les planètes suivent des trajectoires elliptiques dont le **Soleil** occupe l'un des foyers.
- 2 - la vitesse orbitale est inversement proportionnelle à la distance planète - Soleil.



# Les harmonies du monde

En 1619, dans l'oeuvre **Harmonices mundi**, il expose enfin la 3ème loi :

3- les carrés des périodes de révolution des planètes sont proportionnels au cubes de demi grand-axes des orbites (  $T^2 / a^3 = \text{constant}$  ).

Newton s'en inspirera, et comment !

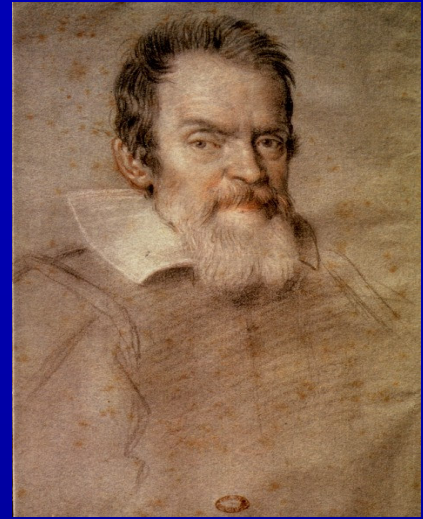
# Galilée : le mythe

En dépit des affirmations des manuels d'histoire de sciences...  
La gloire de cet homme de génie repose sur des découvertes qu'il n'a jamais fait et des faits qu'il n'a pas accompli.

- Il n'a pas inventé le télescope
- Ni le microscope.
- Ni le thermomètre
- Ni l'horloge à pendule.
- Il n'a découvert ni la loi de l'inertie, ni le parallélogramme des forces ou des mouvements ; ni les taches du Soleil.

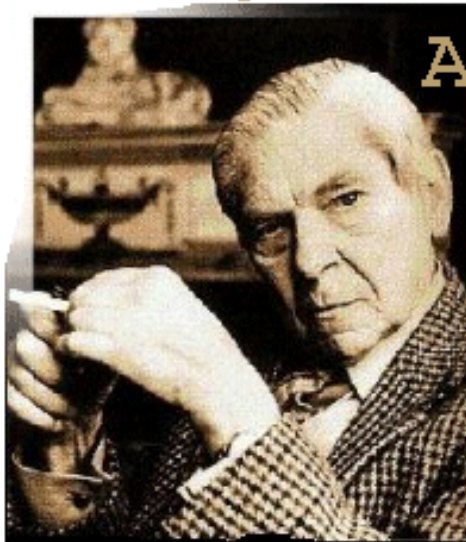
# Galilée

( Galileo Galilei, 1564-1642)



- Il n'a apporté aucune contribution à l'astronomie théorique
- Il n'a pas laissé tomber des poids de la Tour de Pise
- Il n'a pas démontré la justesse du système copernicien.
- Il n'a pas été torturé ou emprisonné par l'Inquisition.
- Il n'a pas dit « pourtant elle bouge »
- Après une première découverte à 46 ans, il ne produit plus rien pendant 22 ans.

# Sur Copernic, Kepler, Galilée : Les somnambules, de A. Koestler



Arthur Koestler

1905-1983

*un croisé sans croix*

Présentation  
Chronologie  
Bibliographie  
Quelques livres  
Documents  
Liens