

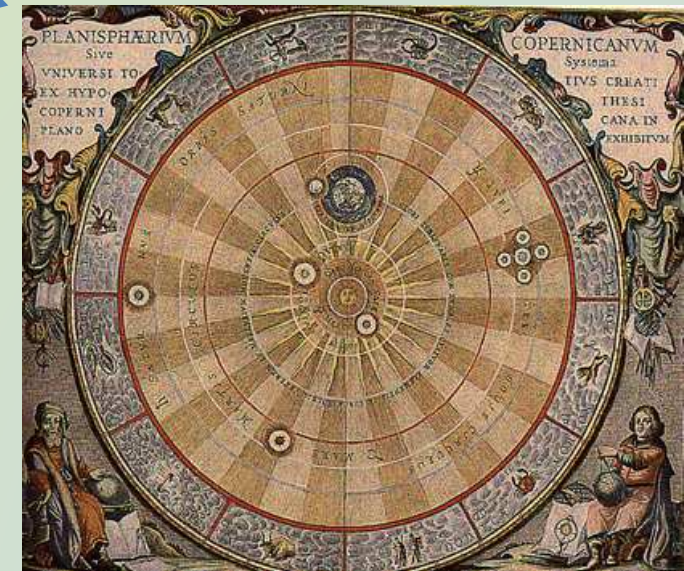
Du géocentrisme ....



à l'héliocentrisme

*Bernard Silvestre-Brac*

2 000 ans d'histoire  
de l'astronomie



## Géocentrisme :

Système cosmologique dans lequel la Terre est immobile au centre de l'Univers et tous les astres tournent autour d'elle.

## Héliocentrisme :

Système cosmologique dans lequel le Soleil est immobile au centre de l'Univers, les étoiles sont fixes, la Terre et les planètes tournent autour du Soleil.

Le géocentrisme est le plus naturel :

- Tous les astres se lèvent à l'est et se couchent à l'ouest.
- Tous les astres semblent tourner autour de l'axe des pôles.
- Au repos sur Terre, on ne sent aucun mouvement.

Passer du géocentrisme à l'héliocentrisme a demandé 2 000 ans. Beaucoup de gens croient encore au géocentrisme !!!

Je vais narrer l'histoire du passage d'un système à l'autre.

## L'Antiquité

L'astronomie est la science la plus ancienne.

La **LUNE** et le **SOLEIL** se distinguent : ils ont le même diamètre apparent.

Les étoiles forment des figures immuables : **LES CONSTELLATIONS**.

Des astres se «baladent» parmi les étoiles : **LES PLANÈTES**.

On en connaît 5 : **Mercur**e, **Vénus**, **Mars**, **Jupiter**, **Saturne**.

### *L'astronomie mésopotamienne*

Aux III<sup>e</sup> et II<sup>e</sup> millénaires avant JC en Assyrie et en Babylonie.

**Démarche empirique** : mélange astronomie + météorologie.

Astronomie prédictive associée à **l'Astrologie**.

Certains astres sont vus comme des Dieux.

Motivation essentielle : **calendrier et mesure du temps**.

**Année de 360 jours répartis en 12 mois de 30 jours**.

Rajout de jours supplémentaires.

Surtout **EMPIRISME** pour **ASTROLOGIE** et **CALENDRIER**.



## L'astronomie égyptienne

Aux III<sup>e</sup> et II<sup>e</sup> millénaires en Haute Égypte.

Aspect du ciel = **signification mythologique et religieuse.**

Chaque astre est associé à un Dieu : Soleil = Râ, Terre = Geb, Lune = Isis, Mars = Seth,...

Instruments : Fil à plomb, loupe, clepsydre,

C'est ...le Nil et ses crues qui règlent tout.

Calendrier : **crues du Nil = lever héliaque de Sirius.**

Année égyptienne a 365 jours (papyrus de Rhind).

**EMPIRISME** à des visées de **RELIGION** et d'**AGRICULTURE**.



## L'astronomie chinoise

Très ancienne mais mal connue avant 200 av. JC (**destruction de tous les livres** en 213 avant JC sur ordre de l'empereur Tschin Chi Hoang Ti).

Calendrier lunisolaire. **Année de 12 mois de 29 ou 30 jours** (la période lunaire est 29,5j). **Ajout d'un mois supplémentaire tous les 2 à 3 ans.**

Mieux connue à l'époque récente (**division de l'écliptique en 28 loges**).

L'astronomie des civilisations primitives est **EMPIRIQUE** : elle a pour but d'établir un **calendrier précis** basé sur la répétition des phénomènes célestes à des fins prédictives : **ASTROLOGIE, RELIGION, AGRICULTURE.**

**Très peu d'études sur la cosmologie.**

## La science grecque

Chez les grecs, l'**astronomie** devient une **science** !!!

Les philosophes sont aussi des scientifiques !!!

La cosmologie acquiert vraiment le statut de «**géocentrisme**.»

**Principes intangibles** (dogmes du géocentrisme) :

- 1) **La Terre est immobile** au centre de l'Univers. Tous les astres tournent autour d'elle.
- 2) Tous les astres (Lune, Soleil, Planètes, étoiles) tournent sur un **cercle dont le centre est situé sur l'axe des pôles de la Terre** (le cercle est la figure géométrique la plus parfaite).
- 3) Les orbites circulaires s'effectuent à **vitesse constante**.

### *L'école ionienne*

**Aucun écrit antérieur au V<sup>e</sup> siècle av. JC** ne nous est parvenu.

Tout ce qu'on sait est de seconde main.

### **Thalès de Milet (~ 625 - ~ 547 av. JC)**

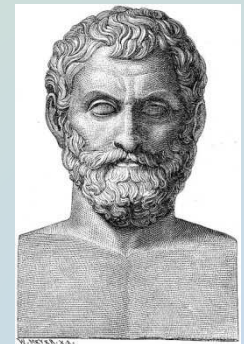
Travaux rapportés par Hérodote et Aristote.

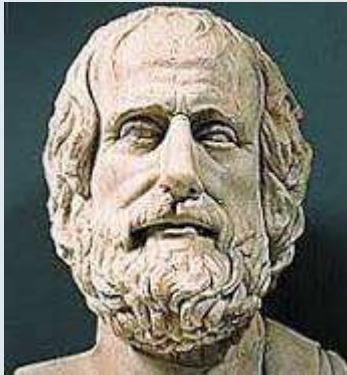
Célèbre pour «**son théorème**» → calcul de la hauteur des pyramides.

Conseille aux marins de s'orienter avec le soleil et la Petite Ourse.

**La Lune est éclairée par le Soleil.**

**Prédit l'éclipse solaire du 28 mai 585 av. JC.**





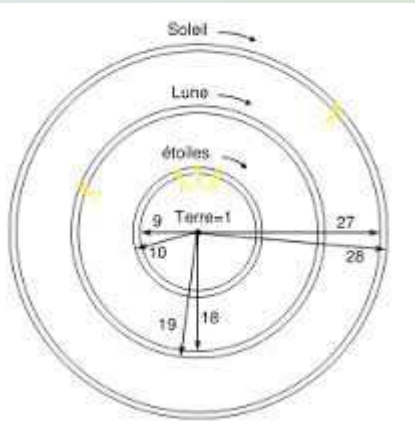
## Anaximandre de Milet (~610 - ~ 546 av. JC)

Il introduit le premier le **gnomon** pour les mesures de la durée du jour.

**Culte pythagoricien pour les nombres triangulaires**

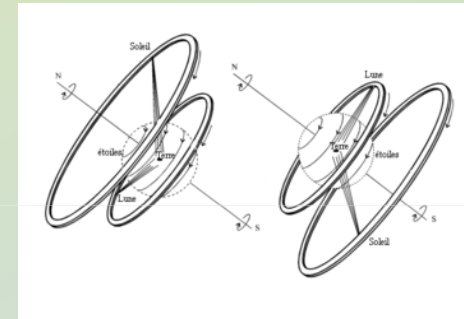
(1, 3 = 1+2, 6 = 1+2+3, 10 = 1+2+3+4,...)

La Terre est un **disque** ( $D = 3H$ ) flottant au **centre de l'Univers**. Elle est **immobile** car à la même distance de toute chose.



Autour de la Terre, tournent les étoiles sur une sphère, puis la Lune sur une roue et le Soleil sur une autre roue. **On les voit par des «trous.»**

La roue du Soleil tourne sur elle-même et coulisse le long de l'axe des pôles.



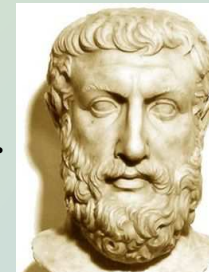
## Parménide d'Elée (~502 - ~450 av. JC)

1<sup>e</sup> à affirmer que la Terre est **sphérique** (volume parfait).

La Terre est au centre d'un univers sphérique.

Discute la distance des astres entre eux et par rapport à la Terre.

**Initie la théorie des zones climatiques** (2 polaires, 2 tempérées, 1 tropicale).





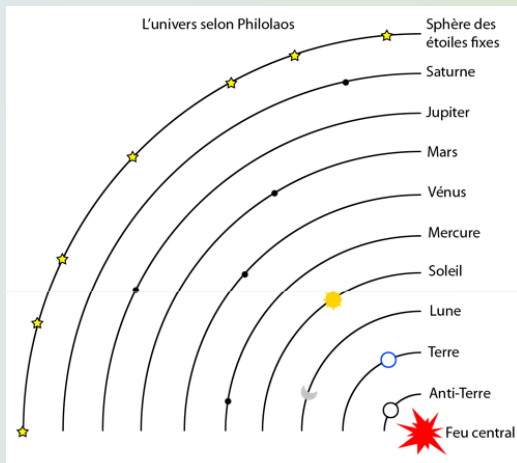
Philolaos de Croton (~470 - ~385 av. JC)

Tous les astres sont sphériques.

Le mois lunaire vaut 29,5 j ; l'année vaut 365,5j.

Sa cosmologie est très originale :

**La Terre se déplace !**



Le centre de l'Univers est «**Le feu central**» = Hestia. Tout tourne autour de ce Feu central à des distances qui sont en **progression géométrique de raison 3** : 1, 3, 9, 27, 81, 243, 729,...

L'ordre des astres est : l'Anti-terre, la Terre, la Lune, le Soleil, les 5 Planètes et la sphère des étoiles.

**L'Anti-terre est «inventée» pour avoir 10 astres**, car 10 est un nombre important pour les pythagoriciens.

La Terre tourne en 24h autour du feu et sur elle-même → **Le feu central est l'Anti-terre sont invisibles**. La Lune et le Soleil reflètent la lumière du feu central.

**Les grands problèmes de l'époque**

Dès cette époque, les astronomes ont observé des phénomènes qui ne trouvent pas d'explication dans le cadre du géocentrisme primitif.

### 1. La durée du « jour » n'est pas identique pour tous les astres

**Jour** = Temps mis pour un astre pour retrouver la même position par rapport à une direction donnée (le Sud) = temps mis pour faire un tour complet de la Terre.

**Jour solaire** = 24 heures (1h = 60 mn, 1 mn = 60s).

**Jour sidéral** (pour TOUTES les étoiles) = 23h 56mn 4s.

C'est **INCOMPRÉHENSIBLE** et **INCOMPATIBLE** avec un mouvement en **BLOC** de tous les astres.

### 2. Les Planètes possèdent des luminosités variables

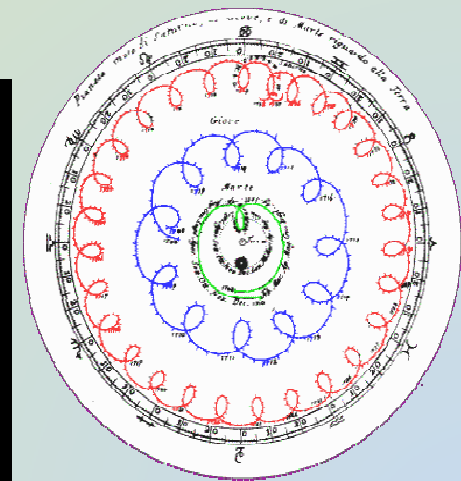
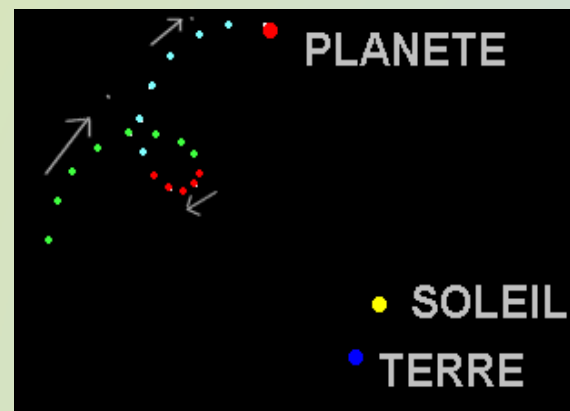
Suivant les saisons, les Planètes apparaissent plus ou moins brillantes !  
Particulièrement vrai pour Mercure, Vénus et Mars.

**INCOMPATIBLE** avec une orbite circulaire ayant la Terre pour centre.

### 3. La rétrogradation des Planètes

La planète commence à se déplacer vers l'ouest, s'arrête, puis se déplace vers l'est, s'arrête et repart vers l'ouest.

C'est **INCOMPATIBLE** avec un mouvement uniforme sur la trajectoire.





*La réponse à la première question est arrivée assez vite:*

La **durée de rotation** des astres autour de la Terre est **fonction de la distance**.

Les étoiles possèdent toutes le même jour sidéral :

⇒ Toutes les étoiles sont à la **MÊME DISTANCE** de la Terre.

⇒ Les étoiles sont situées sur une **SPHÈRE** centrée sur la Terre (**La sphère des fixes**).

La Lune éclipe tous les astres,  
Soleil, Planètes, Étoiles.

**LA LUNE EST L'ASTRE LE PLUS  
PROCHE DE LA TERRE.**

On ne voit aucune étoile éclipser  
Le soleil.

**LE SOLEIL EST ENTRE LA LUNE  
ET LES ÉTOILES.**



Pour les Planètes, ce n'est pas clair !!!

Les deux autres problèmes ne trouvent pas d'explication.  
Cela mettra encore plusieurs siècles.

## L'école d'Athènes

### Platon (~428 - ~348 av. JC)

C'est plus un philosophe qu'un astronome.

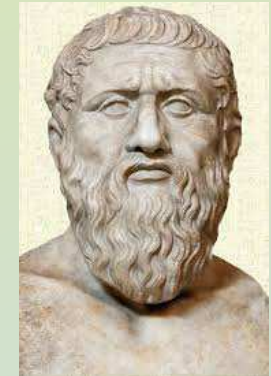
Fonde l'Académie à Athènes.

Dans Le Timée, il donne sa vision du monde.

La Terre **sphérique est immobile au centre de l'Univers**

Autour de la Terre, tournent, dans l'ordre, la Lune (1), le Soleil (2), Vénus (3), Mercure (4), Mars (8), Jupiter (9), Saturne (27) et les étoiles sur la sphère des fixes.

Tous les éléments sont constitués de **feu** (tétraèdre), de **terre** (hexaèdre = cube), d' **air** (octaèdre) ou d'**eau** (icosaèdre).



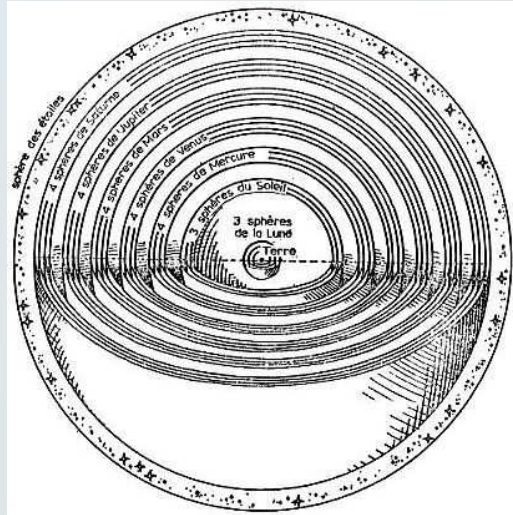
### Eudoxe de Cnide (~408 - ~355 av. JC)

Élève de Platon : astronome, géomètre, médecin.

**Mesure la durée de l'année à 365j  $\frac{1}{4}$ .**

Tous les astres sont sphériques et la **Terre est immobile au centre de l'Univers** et tous les astres tournent autour d'elle.





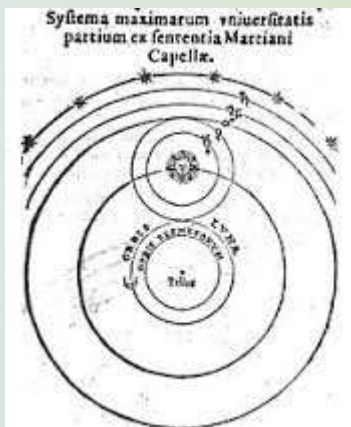
Sa cosmologie est très sophistiquée :

**Les astres sont sur des sphères centrées sur la Terre.**

\* Les **étoiles** sont sur 1 sphère et tournent en 1j autour de l'axe des pôles.

\* Les autres astres sont sur un **ensemble de sphères concentriques** centrées sur la terre mais qui coulissent les unes sur les autres et tournent selon des axes différents, à des vitesses différentes.

\* **L'ordre est le suivant** : la Lune (3), le Soleil (3), les Planètes (4): Mercure, Vénus, Mars, Jupiter, Saturne.



**Héraclide du Pont (~388 - ~315 av. JC)**

Directeur de l'Académie.

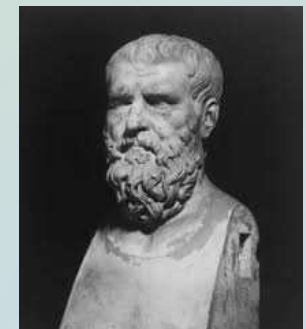
**La sphère des étoiles est fixe.**

**La Terre est fixe mais tourne sur elle-même en 24h.**

**Modèle géo-héliocentrique :**

Lune, Soleil, Planètes tournent autour de la Terre

**MAIS Mercure et Vénus tournent autour du Soleil !**



## Aristote (384 - 322 av. JC)

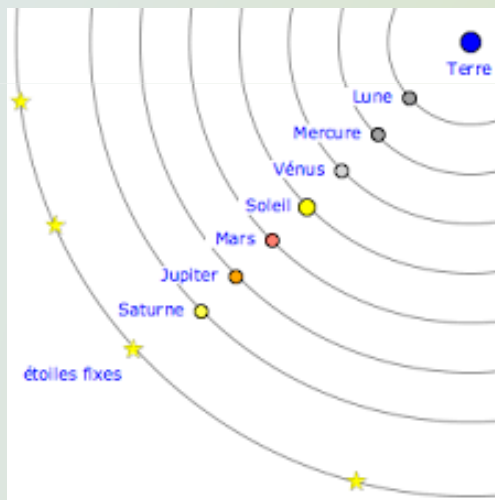
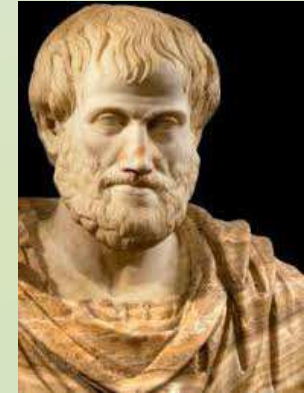
Précepteur d'Alexandre le Grand. Fonde le Lycée en 335 av. JC.

**Plus grand savant de l'Antiquité** : philosophe, mathématicien, astronome, physicien, chimiste, botaniste, médecin.

Il estime la circonférence terrestre à 440 000 stades (2×valeur).

L'Univers est sphérique et divisé en **monde terrestre sublunaire** (imparfait) et **céleste supralunaire** (parfait et éternel).

Le monde terrestre est constitué de 4 éléments : eau, air, terre, feu. Le monde céleste est constitué d'éther.



Sa cosmologie est l'archétype du géocentrisme.

**Ses 3 dogmes**:

- La Terre est immobile au centre de l'Univers.
- Séparation absolue du monde sublunaire et supralunaire.
- Les seuls mouvements célestes sont des mouvements circulaires uniformes.

Les astres tournent autour de la Terre sur des sphères concentriques enchâssées dans l'ordre : Lune, Mercure, Vénus, Soleil, Mars, Jupiter, Saturne et étoiles.

*La pensée aristotélicienne a dominé la pensée occidentale pendant environ 2 millénaires !!!*

## L'école d'Alexandrie

C'est l'âge d'or de l'astronomie grecque.

Les instruments se perfectionnent :

Pour mesurer le temps : cadran solaire, clepsydre, sablier,...

Pour mesurer les angles : quadrant, armille, astrolabe,...

Les observations deviennent précises; on mesure en particulier :

*La circonférence terrestre* : Eratosthène (276 - 194 av. JC).

*Taille de la Lune* : Aristarque (~310 - ~230 av. JC).

*Distance Terre - Lune* : Aristarque (~310 - ~230 av. JC).

*Distance Terre - Soleil* : Aristarque (~310 - ~230 av. JC).

Les planètes ont des luminosités variables →

**LA DISTANCE TERRE - PLANÈTE EST VARIABLE.**

**Aristarque de Samos (~310 - ~230 av. JC)**

C'est le premier à changer complètement de paradigme.



**IDÉES GÉNIALES MAIS GROSSES IMPRÉCISIONS**

Il utilise les éclipses de Lune (ombre terre = cylindre).

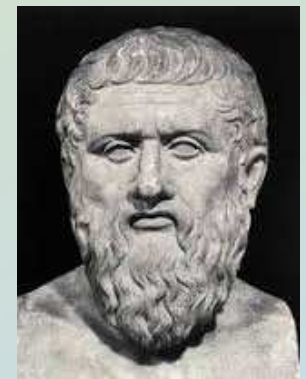
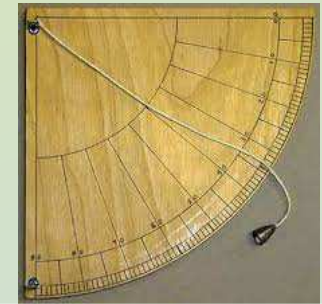
En mesurant la durée de l'éclipse →  $R_T = 3 R_L$  (3,7)

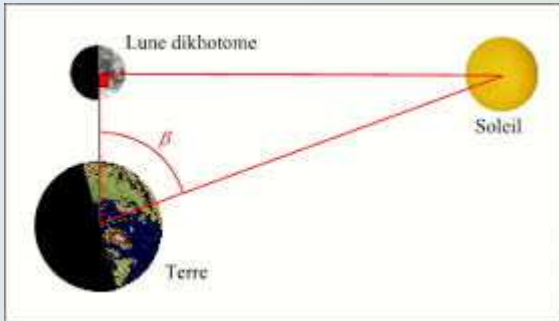


Il mesure le diamètre apparent :  $2^\circ$  ( $0,5^\circ$ )

→ Distance Terre - Lune =  $19 R_T$  (60,2)

© Silvestre-Brac : Héliocentrisme





Au premier quartier de Lune, il calcule l'angle  $\beta$ .  
Il trouve  $87^\circ$  ( $89,85^\circ$ ).

→ Distance T-S = 19 × Distance T-L (390).

Il utilise ensuite les éclipses solaires :

Diamètre apparent L = Diamètre apparent S

→  $R_S = 19 R_L = (19/3) R_T$  (400).

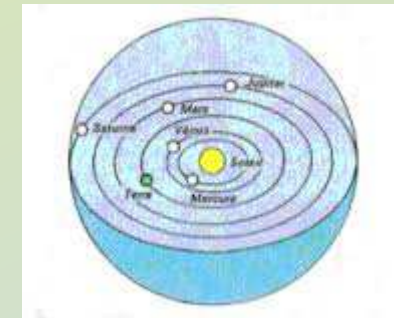


→  $V_S = 250 V_T$ . Soleil » Terre

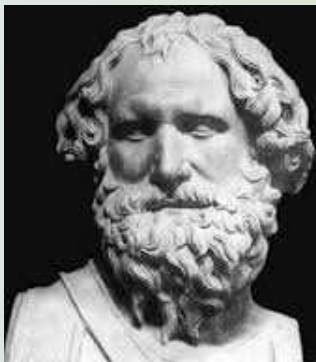
C'est le Soleil qui est immobile.

Soleil au centre de l'Univers; étoiles fixes.

La Terre et les Planètes tournent autour.



## PRÉCURSEUR DE L'HÉLIOCENTRISME



Hipparque de Nicée (~190 - ~120 av. JC)

Sans conteste le meilleur astronome observateur de l'Antiquité.

Mathématicien : développe les tables de trigonométrie.

Catalogue de 850 étoiles.

Distance T-L = 62 - 77  $R_T$  (60,2)

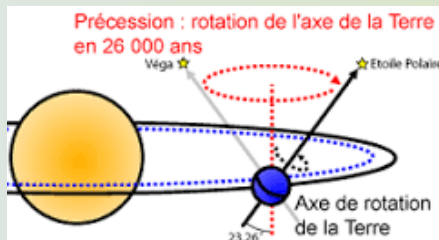
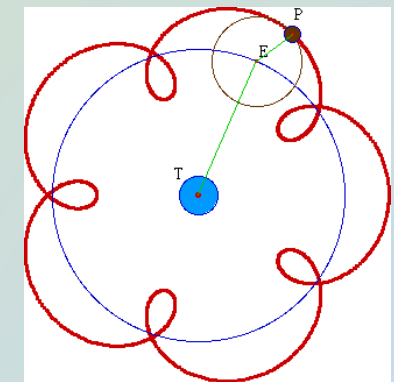
Année : 365j 5h 55mn (365j 5h 48mn 45s)

Adeptes du géocentrisme, mais introduit les

déférents et les épicycles.

Mesure la précession des équinoxes :

$1^\circ/\text{siècle} = 36''/\text{an}$  (50,29").



**Dogme 2** : L'orbite des astres est un cercle ou une **COMBINAISON** de cercles.

**Dogme 3** : Dans une combinaison de cercles, chaque cercle est décrit avec une vitesse uniforme.

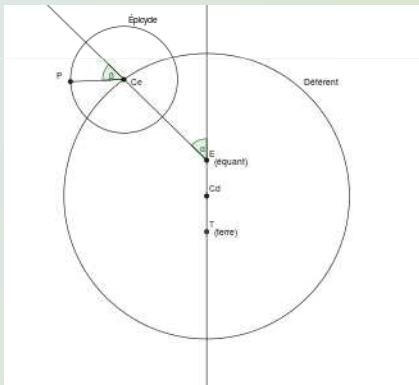
## Ptolémée Claude (90 - 168)

Astronome et géographe, Auteur de *l'Almageste*.

Il résume l'ensemble des connaissances astronomiques de l'époque.

**Il produit un catalogue de 1022 étoiles regroupées en 48 constellations.**

Il réalise un manuel, «**Les Tables faciles**», pour calculer la position des astres et les éclipses.



Les Planètes et le Soleil (mais pas les étoiles) ont **une vitesse variable sur l'écliptique.**

Il perfectionne le modèle de Hipparque.

Il ajoute les notions **d'excentricité** et **d'équant**.

**CE MODÈLE VA PERDURER 1 400 ANS.**

On a enfin la réponse aux 2 grands problèmes posés 500 ans plus tôt:

- La luminosité variable des Planètes découle de la distance variable de celles-ci à la Terre.

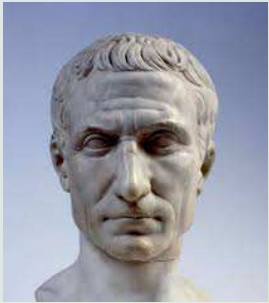
- La rétrogradation des Planètes s'explique naturellement par le mouvement combiné sur l'épicycle et le déférent.

## L'astronomie chez les Romains

Aucune découverte fondamentale nouvelle !!!

Le seul point d'intérêt : Élaboration d'un CALENDRIER.

Le calendrier romain républicain avait 355j + des jours supplémentaires en nombre variable selon les années.



En 46 avant J-C, Jules César fait adopter un nouveau calendrier : le **CALENDRIER JULIEN**.

Année démarre le 1<sup>e</sup> mars et comprend 12 mois:

Mars (31j), Avril (30j), Mai (31j), Juin (30j), Juillet (31j),  
Août (31j), Septembre (30j), Octobre (31j), Novembre (30j),  
Décembre (31j), Janvier (31j), Février (28j).

Une année sur 4, le mois de février comporte 29j (bissextile).

Le démarrage de l'année a changé 8 fois; il est fixé au 1<sup>e</sup> janvier depuis l'édit de Paris (1563) signé par Charles IX.

L'année tropique vaut  $365,2421898j = 365j 5h 48mn 45,198s$ .

L'année julienne vaut  $(3 \times 365 + 366)/4 = 365,25j = 365j 6h$ .

Trop longue de  $11mn 14,812s$  /an soit de  $1j/128$  ans ou  $8j$ /millénaire.

Le calendrier julien sera appliqué pendant plus de 1500 ans!<sup>6</sup>



## Le moyen-âge

Très longue période de **disette scientifique**.

On se contente de la **physique d'Aristote**.

On se contente de **l'astronomie de Ptolémée**.

### *Le monde occidental*

Le XIII<sup>e</sup> siècle voit des débats animés à l'Université de Paris :  
**Contradiction entre Aristote (monde éternel) et les Écritures (il a un début)**.

Aristote soutient que tout ce qui est créé sera un jour détruit. Si notre monde n'est pas éternel, il provient d'un monde antérieur qui a été créé par le géniteur de notre géniteur, qui avait lui-même un géniteur du géniteur...

**Le changement n'a lieu que dans le monde sublunaire tandis que le monde supralunaire est parfait, incorruptible et éternel.**

La thèse de l'éternité du monde est condamnée par l'Église en 1277.

**Très peu d'observations directes** : supernova du Crabe (1054) pas mentionnée.

**LES DÉBATS SUIVANTS ONT UN INTÉRÊT SURTOUT PHILOSOPHIQUE.**

## Le monde musulman

Cette époque est une période de conquête pour l'Islam (toute la Méditerranée). Les arabes ont perfectionné les instruments de mesure : astrolabe.

L'astronomie arabe a 3 buts:

- Élaboration d'un calendrier (utilisation du modèle de Ptolémée).
- Détermination des heures de prières ( tables basées sur la trigonométrie).
- Orientation des mosquées par rapport à La Mecque (cartes géographiques).



### Al Battani (858 - 929)

Nouvelles tables de trigonométrie moderne.

Mesure l'obliquité terrestre à  $23^{\circ}35'$  ( $23^{\circ}26'$ )

Mesure de la précession des équinoxes à  $54,5''$ /an ( $50,29''$ ).



### Al Sufi (903 - 986)

Astronome persan fait des utilisations innovantes de l'astrolabe.

Dans son fameux «Livre sur les étoiles fixes», il donne

l'indication de leurs coordonnées, mais aussi de leur magnitude et de leur couleur.



### École de Maragha (XIII<sup>e</sup> - XIV<sup>e</sup> siècle)

Grande école d'astronomes fondée à Maragha (Perse), mais qui se poursuit à Damas et Samarcande.

Ils veulent se débarrasser du concept d'équant. Mais ....

Ils compliquent beaucoup les choses (cercles supplémentaires...)

Les plus connus : Al Tusi, Al Urdi, Al Shirazi et Al Shatir.

## Copernic (1473 - 1543)

### *Une jeunesse studieuse*

Né à Torun (Pologne) le 19/2/1473. Famille de riches marchands avec 4 frères et sœurs.

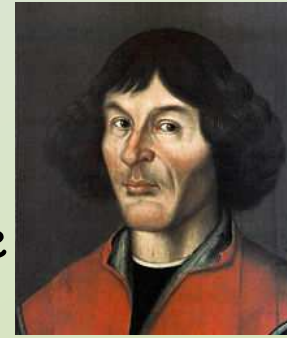
Au décès de son père (1483), il est éduqué par son oncle, évêque de Warmia.

Nommé chanoine de Frauenburg, il fréquente les meilleures Universités : Cracovie (arts libéraux, mathématiques), puis Bologne (grec, médecine, astronomie).

Assistant de l'astronome D. Novara. Professeur de maths à Padoue, Dr droit à Ferrare.

Il lit énormément les écrits des grecs, des romains et des arabes.

Il rentre définitivement à Frauenburg en 1503.



### *Une idée révolutionnaire*

De 1506 à 1543 Copernic vit chez son oncle à Heilsberg. Il reste chanoine à Frauenburg et construit un observatoire.

De 1511 à 1513, il écrit un livre *Commentariibus* où il commence à évoquer les principes de la théorie héliocentrique.

De 1510 à 1543 il affine sa théorie. Il adopte les principes :

- Le Soleil est immobile au centre de l'Univers.
- Les étoiles sont fixes sur une sphère.
- La Terre tourne sur elle-même en 24 h (23h 56mn 4s).
- La Terre tourne autour du soleil en 1 an.
- Toutes les planètes tournent autour du Soleil avec des vitesses variables; ordre : Mercure, Vénus, Terre, Mars, Jupiter, Saturne.
- Les orbites des planètes sont circulaires à vitesse uniforme.



**LE 1<sup>e</sup> DOGME DU GÉOCENTRISME EST ABANDONNÉ.**

**L'HÉLIOCENTRISME EST BIEN PLUS SIMPLE QUE LE GÉOCENTRISME.  
IL EXPLIQUE LES MÊMES PHÉNOMÈNES.**

**LA TERRE EST UNE PLANÈTE → 6 PLANÈTES.**

Sa théorie est exposée dans son livre *De Revolutionibus orbium caelestium* en 1543, le jour de sa mort.

Son livre sera connu grâce à J. Rheticus et A. Osiander.

## *Les conséquences*

L'héliocentrisme explique les données **plus simplement** que le géocentrisme  
MAIS ...**Contraire aux Écritures**.

Théorie difficilement acceptée au début. **Copernic pas inquieté** ...

Ses premiers fans : Léonard de Vinci, G. Bruno, Galilée, Kepler, ...

**Il a fallu plus de 100 ans pour qu'elle soit acceptée.**

Galilée réhabilité en 1784 et l'Église admet l'héliocentrisme en ...1822 !

## Un pape réformiste : Grégoire XIII (1502-1585)



Ugo Boncompagni devient le 226<sup>e</sup> pape le 3/5/1572 sous le nom de **Grégoire XIII**.

Dans la bulle pontificale « Inter gravissimas » du 24/2/1582, il révolutionne la vie quotidienne en imposant un nouveau calendrier : le **CALENDRIER GRÉGORIEN**.

Le calendrier julien est encore en usage depuis 1500 ans :

**Ses avantages** : la simplicité; **ses inconvénients** : sa lente dérive (1j/128ans).

Il faut un calendrier plus précis. **Calendrier grégorien** : semaine de 7 jours, mois de 30 ou 31 jours sauf février, 28 jours en année normale, 29 jours en année bissextile. L'année est bissextile si son millésime est multiple de 4 (julien), **SAUF MULTIPLES de 100 non multiples de 400** (grégorien) (1700, 1800, 1900 normales, 2000 bissextile) .

Nombre de jours sur 100 ans :  $24 \times 366 \text{ j} + 76 \times 365 \text{ j} = 36524 \text{ j}$

Valeur de l'année grégorienne :  $(3 \times 36524 + 36525) / 400 = 365,2425 \text{ j}$

= 365 j 5h 49mn 12s (rappel année tropique 365 j 5h 48mn 45,198s).

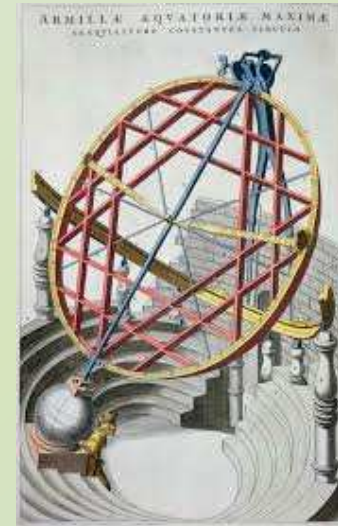
**Trop longue de 26,812 s/an soit 1j / 3222 ans !!!**

**À cause de la dérive le lendemain du 4/10/1582 fut le 15/10/1582 !!!**

# Tycho Brahé (1546 - 1601)

*Le dernier franc-tireur du géocentrisme.*

Issu d'une grande famille du Danemark. Protégé de Frédéric II, il construit dans l'île de Ven, **l'observatoire d'Uraniborg**. Bien qu'effectuées à l'œil nu, ses observations sont 10 fois plus précises que les précédentes.



Observe la supernova de 1572, et la comète de 1577 → **Remet en cause l'immuabilité du ciel supralunaire.**

**Mesures d'une grande précision de la position de Mars.**

**Modèle géo-héliocentrique :**

La Terre est au centre. Autour tournent la Lune, les étoiles, le Soleil. Toutes les planètes tournent autour du Soleil.

## Galilée (1564 - 1642)

### *Les premières découvertes*

Né à Pise d'une famille noble de marchands. Reste avec ses parents jusqu'à 10 ans puis rentre au couvent à Florence.

Reçoit une éducation religieuse, puis université de Pise (médecine).

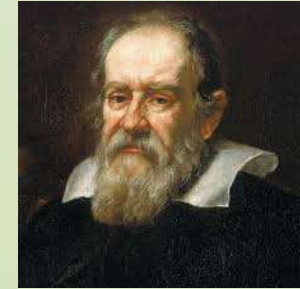
Pas de diplôme, **mais passion pour la mécanique et les mathématiques.**

Il étudie la **chute des corps** : mouvement indépendant de la masse.

Il trouve la loi sur la **période des pendules simples.**

Il enseigne d'abord à Pise, puis, à partir de 1592, à Padoue.

Il invente une multitude d'objets : compas géométrique, pompe,...



Les lunettes astronomiques de Galilée



### *L'utilisation de la lunette 1609*

Il perfectionne un «jouet» venu de Hollande.

Présente son invention aux sénateurs de Venise :

... son salaire est triplé !!!

Il a l'idée de tourner sa lunette vers le ciel.

Ce qu'il voit l'émerveille : il voit des **dizaines de milliers d'étoiles nouvelles,**

Il repère **les taches solaires** et la rotation du soleil.

Il montre que **la Lune est constellée de montagnes et de cratères.**

Il découvre que la Voie Lactée est formée d'une multitude d'étoiles.

Il met en évidence les **anneaux de Saturne.**

Mais surtout, il découvre **4 satellites à Jupiter.**

**C'est la preuve qu'il attend pour adhérer à l'héliocentrisme.**

Et les preuves s'accumulent:

**Vénus a des phases**, comme la Lune : elle passe alternativement devant et derrière le soleil.

Sa science est le début de la mécanique moderne : **PRINCIPE DE RELATIVITÉ.  
AU REPOS SUR TERRE, ON NE SENT PAS SON MOUVEMENT.**

### *Ses ennuis avec l'Église*

Il est au sommet de sa gloire, mais le cardinal Barberini a saisi le tribunal de l'Inquisition pour juger Galilée pour hérésie.

Par de nombreux points : les corps flottants, les taches solaires, les phases de Vénus, **Galilée s'oppose aux théologiens.**

Dans son ouvrage «Dialogue sur les deux grands systèmes du monde» le pape Urbain VIII (qui n'est autre que Barberini) se sent bafoué.

Deux gros reproches : l'ego de l'homme qui ne sera plus au centre de l'Univers alors que créé en dernier, une terre qui tourne n'est plus en «bas» et se retrouve dans le ciel, ce qui fait l'homme l'égal de Dieu.

**Jugé entre février et juin 1633, il est sommé d'abjurer ses idées. Il est condamné à la prison à vie, mais sa peine est commuée en résidence surveillée.**

Devenu aveugle en 1638, il meurt à Arcetri, près de Florence, le 8/1/1642.

**Galilée reste l'un des plus grands savants de l'histoire.**



## Kepler (1571 - 1630)

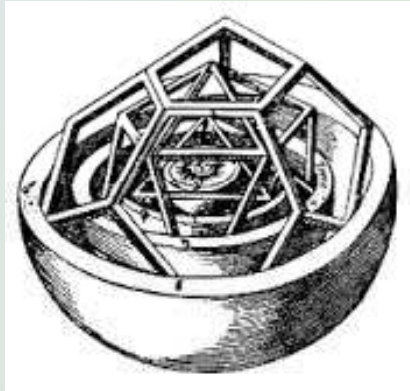
### *Ses jeunes années*

Aîné d'une famille luthérienne avec une sœur et deux frères.

De santé fragile (vue faible) avec des parents peu présents.

Suit les cours de Maestlin à l'Université de Tübingen.

Il étudie la théologie, mais il est embauché comme professeur de mathématiques à Graz en 1594.



### *Sa rencontre avec Tycho Brahé*

Dès 1595, il adhère à la théorie héliocentrique.

Dans son *Mysterium Cosmographicum* (1596) il voit dans l'Univers sa nature divine.

À partir des cinq polyèdres réguliers de Platon, il intercale 6 sphères (inscrites dans l'extérieur, circonscrites dans l'intérieur) → Orbe des 6 planètes.

Les distances des planètes au Soleil = rayon de la sphère.

Tycho Brahé est impressionné par les talents de Kepler et l'invite à Prague.

Kepler profite des qualités d'observateur exceptionnelles de Tycho Brahé.

Tycho Brahé profite des qualités de mathématicien exceptionnelles de Kepler.

Ils s'attèlent à la description de l'orbite de Mars qui résiste à toute analyse.

Tycho Brahé meurt en 1601 et Kepler lui succède en tant que mathématicien impérial.

## Les lois de Kepler

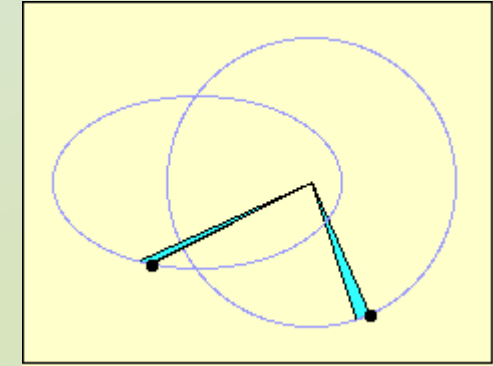
Dans son *Astronomia nova* (1609) il expose ses fameuses lois:

1<sup>e</sup> loi : Les planètes décrivent des trajectoires elliptiques dont le Soleil occupe un foyer (périhélie - aphélie).

2<sup>e</sup> loi («loi des aires»): Le mouvement de chaque planète est tel que le segment de droite reliant le Soleil et la planète balaie des aires égales pendant des durées égales (la planète va plus vite au périhélie qu'à l'aphélie).

Dans son *Harmonices Mundi* (1619), il complète ces lois par :

3<sup>e</sup> loi: Pour toutes les planètes, le rapport entre le carré de la période et le cube du demi grand axe de la trajectoire est une constante indépendante de la planète :  $T^2/a^3 = \text{Cste}$ .



**EXIT LES 2<sup>e</sup> ET 3<sup>e</sup> DOGMES DU GÉOCENTRISME.**

Avec Kepler, on comprend enfin **COMMENT** marchent les astres.

## Newton (1642 - 1727)

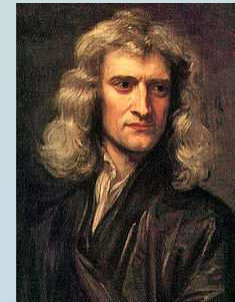
Délaissé par sa mère, Newton passe sa jeunesse chez sa grand-mère et son oncle.

Fait ses études au Trinity College de Cambridge (Bachelor of arts 1665).

Il interrompt ses études 2 ans à cause d'une épidémie de peste.

Il profite de cet arrêt forcé pour lire les classiques et réfléchir.

En 1666, épisode de la pomme : début de la réflexion sur la gravitation.





En 1669, il devient professeur de mathématiques à Cambridge et en 1672 devient membre de la Royal Society.  
Il comprend la Nature de la **lumière blanche comme mélange de lumières colorées** et présente sa nouvelle invention :  
**LE TÉLESCOPE.**

Son génie va s'affirmer par la suite :

Mathématicien hors pair, il invente le **calcul différentiel et intégral.**

Mais surtout, il est l'inventeur de **LA MÉCANIQUE MODERNE** grâce aux 3 lois (exposée dans son ouvrage *Principia* paru en 1687) :

- Principe d'inertie;
- Le principe fondamental de la dynamique;
- Principe d'action et de réaction.

À partir des idées de Kepler, il formule le principe de la **gravitation universelle**:  
**La force d'attraction entre deux masses est proportionnelle au produit de ces masses et inversement proportionnelle au carré de leur distance.**

Ce principe explique exactement le **mécanisme des marées** et toute la **mécanique céleste.**

La théorie de Newton est capable de faire des **prédictions ultra précises.**

Avec **Kepler**, on sait **COMMENT** marchent les astres.

Avec **Newton**, on sait **POURQUOI** ils marchent ainsi.

Il a fallu **2 000 ans** à l'humanité pour comprendre comment marchent les objets du Cosmos.  
Même si les premières tentatives nous semblent aujourd'hui naïves, elles ont été émises par des hommes qui n'avaient qu'un but :

## LE PROGRÈS DE LA CONNAISSANCE

NE LES OUBLIONS PAS !!!

