

*Faculté de Physique. L1 L.M.D*

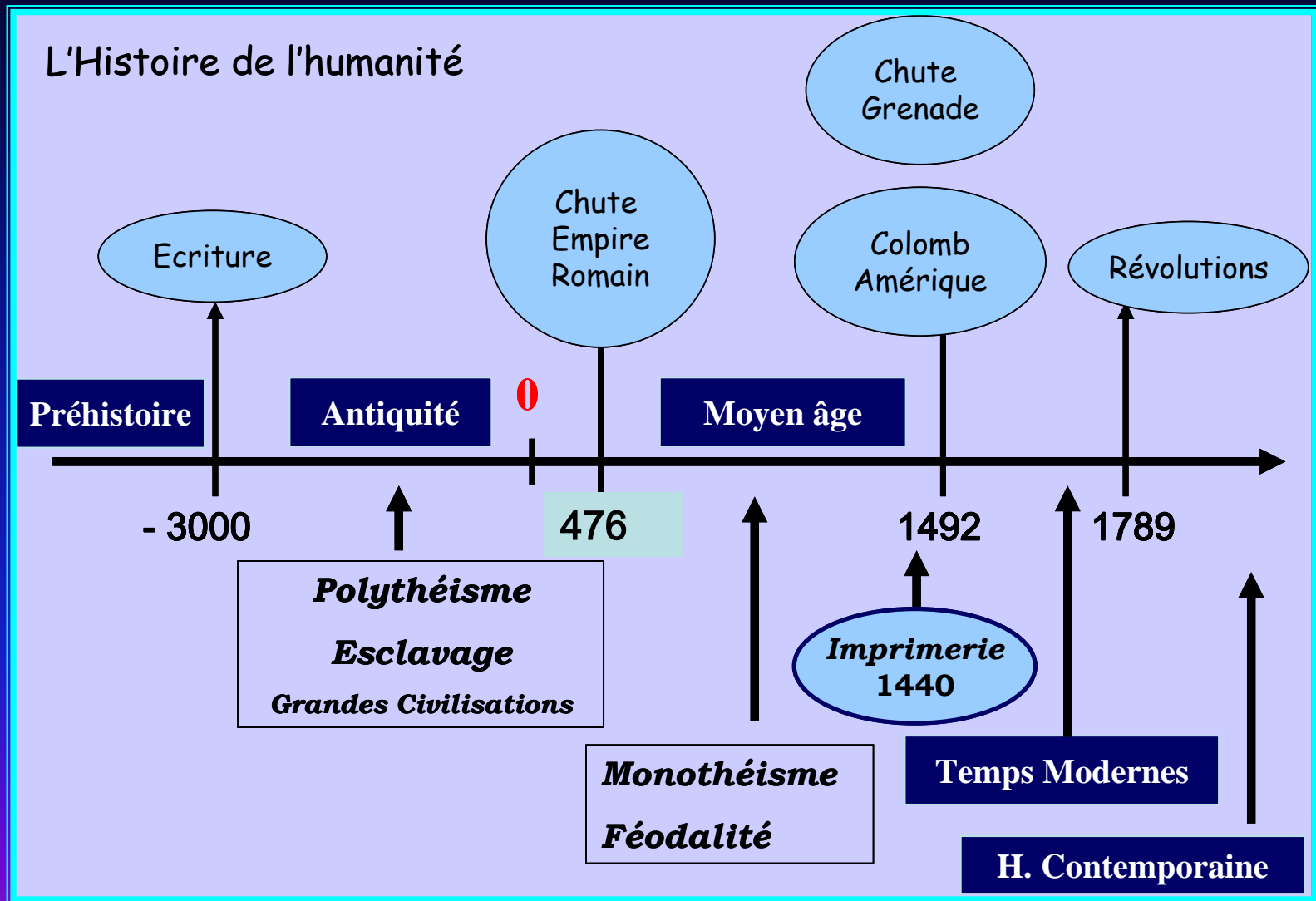
*Découverte &  
Histoire des Sciences*

Chapitre III :

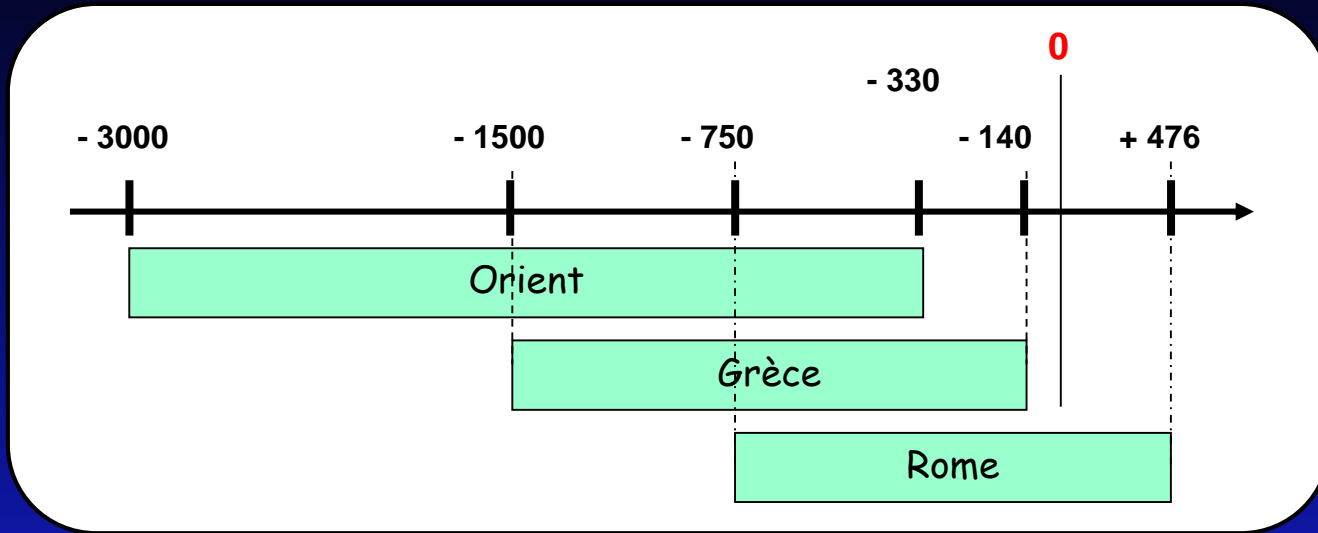
L'antiquité

Première partie

# L'histoire de l'humanité: → 4 périodes



# I. L'antiquité.



L'antiquité se caractérise par le **polythéisme**, seuls les hébreux étaient monothéistes.

L'économie était basée sur l'**esclavage** qui se poursuivra bien au delà de cette période.

*Les peuples de l'antiquité ont instauré*

- les premières structures d'un état (**royaume, empire, république**)

- les premières réglementations

administratives,

commerciales,

juridiques.. (**code Hamourabi, droit romain**)

1<sup>ière</sup> partie

*L'orient*

# 1 L'orient



Les premières découvertes technologiques et scientifiques (mathématiques, astronomie et médecine) ont eu lieu dans les pays d'Orient.

La **roue** a été inventée par les sumériens 4000 ans environ av J C ; elle a permis de construire des chars pour le transport et le combat et a facilité la fabrication des poteries.

La roue était inconnue des amérindiens précolombiens



Les premières techniques utilisées en agriculture et dans la construction des œuvres d'art (temples, statues, tombeaux), ont été inventées en Mésopotamie et en Egypte, puis se sont développées chez les autres peuples de l'Antiquité.

# 1. 1 Les mathématiques

*Ces peuples, ont été les premiers à concevoir un système de notation des nombres.*

En Mésopotamie

*Arithmétique*

On a choisi un système de base 60.

On retrouve les traces du système sexagésimal dans la mesure du temps :

1 heure = 60 minutes & 1 minute = 60 secondes.

Recours à des **tables** pour les calculs

Les quatre opérations



**Division =  $x$  par l'inverse**

Les carrés et cubes

Algorithme pour  $\sqrt{\quad}$

## En Mésopotamie

## Géométrie

Là encore, les **scribes** avaient à leur disposition *des textes de procédure* pour calculer les **surfaces** et les **volumes**.

Par exemple

Pour calculer la surface d'un cercle, ils divisaient le carré de sa circonférence par 12,

$$S = \frac{l^2}{12}$$

On sait  
que :

$$S = \pi R^2$$

$$l = 2\pi R$$



$$\pi = 3$$

Ils connaissaient **certaines propriétés des triangles** propriétés qui allaient donner, **mille ans plus tard**: les théorèmes de **Thalès** et de **Pythagore**.

Mais c'est une géométrie purement **empirique**



## En Egypte

## Arithmétique

Les égyptiens ont opté pour une numération de **base 10** l'homme ayant appris à compter sur ses dix doigts.

Les scribes égyptiens possédaient des **tables** pour le calcul

- des opérations d'arithmétique
- des fractions.

Pour résoudre des problèmes que l'on traite actuellement par l'algèbre, ils avaient développé des méthodes analogues à la méthode de la **fausse position** qui sera mise au point au moyen âge



**Scribe égyptien**

## En Egypte

## Géométrie

La géométrie a été inventée en Egypte : **Hérodote** (- 464/- 420)

Les **scribes** savaient calculer les **surfaces** (triangle, rectangle, trapèze) & les **volumes** (pyramide)

Par exemple

Pour calculer la surface d'un cercle

on retranche du diamètre son 1/9 et on élève au carré le résultat trouvé.

*Avec les notations actuelles*

$$S = \left( d - \frac{d}{9} \right)^2 = \frac{64}{81} d^2$$

*On sait que:*

$$S = \pi \frac{d^2}{4}$$

$$\pi = 3,16$$

Le scribe : **Ahmès (XVII<sup>e</sup> Av J.C)**: 1<sup>er</sup> ouvrage de mathématiques

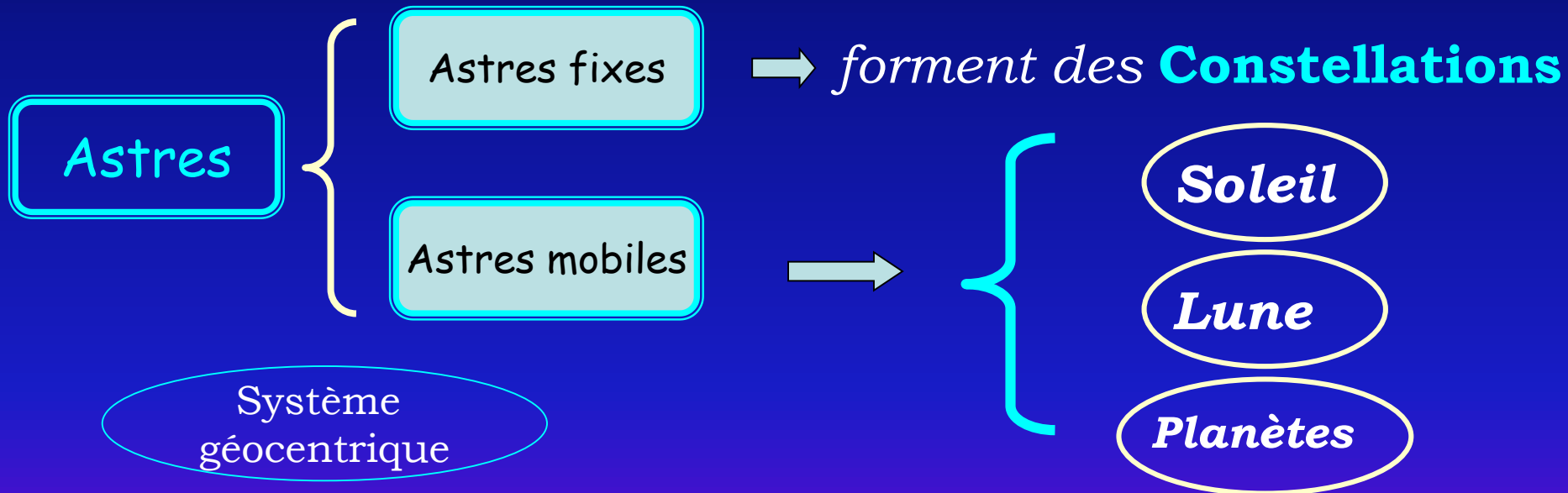
# 1. 2 L'Astronomie

En Mésopotamie

L'étude du ciel depuis : 5000 ans

*But*

*Prédire l'avenir*



Nébo

ishtar

Nergal

Marduk

Ninourta

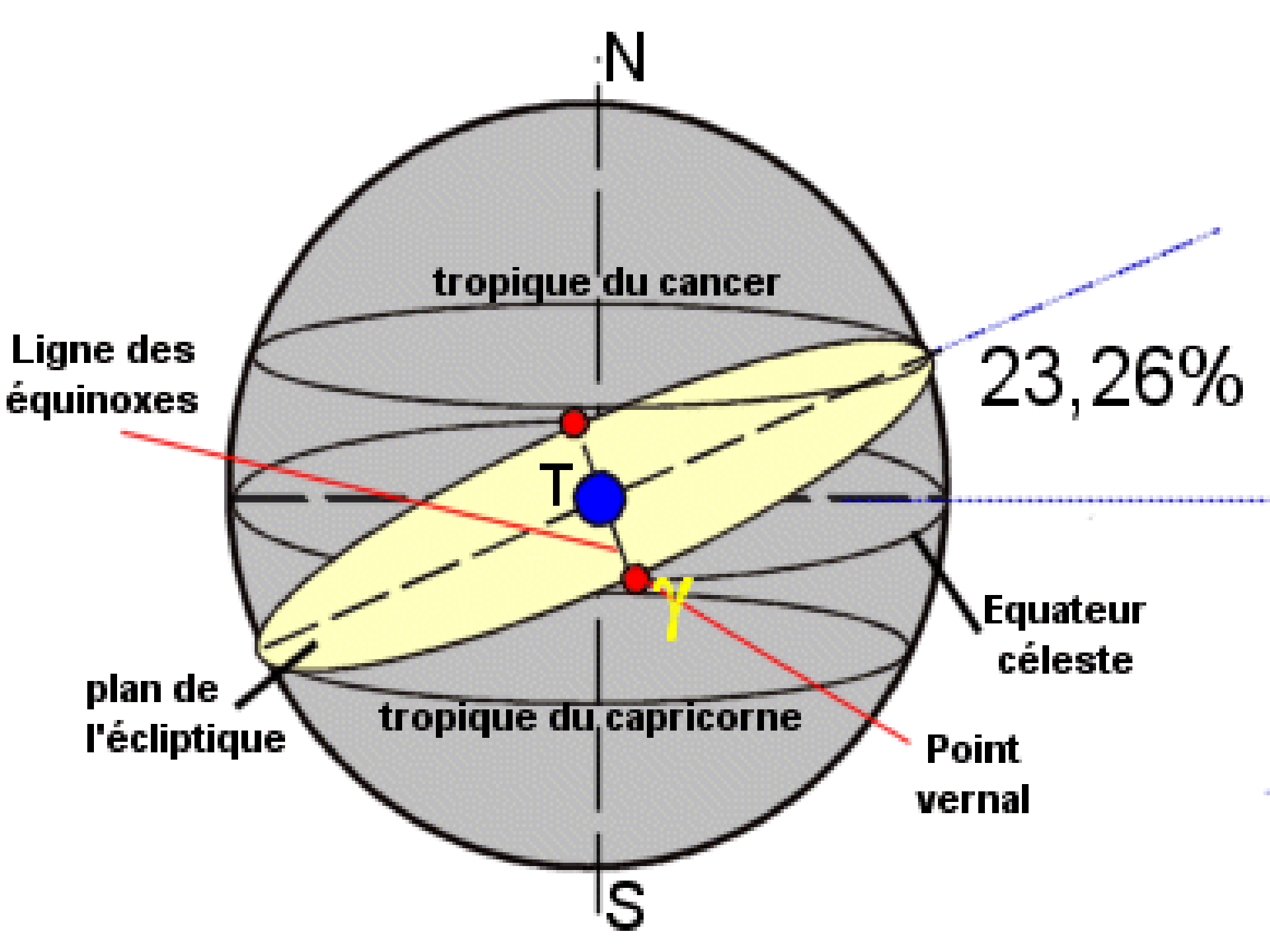
*Mercure*

*Venus*

*Mars*

*Jupiter*

*Saturne*



# En Egypte

*L'étude du ciel depuis : 5000 ans*

*But*

*Agriculture & Rites religieux*

Systeme  
géocentrique

Le calendrier comportait initialement 12 mois de 30 jours.  
Les 5 jours complémentaires étaient placés à la fin du 12<sup>ème</sup> mois.

Mais les agriculteurs égyptiens se sont aperçu que cette année de 365 jours était encore trop courte. *C'est pourquoi les égyptiens furent sans doute le premier peuple à découvrir, par le spectacle de leur calendrier civil désaccordé, une valeur assez précise de l'année des saisons : à savoir 365,25 jours*

2<sup>ème</sup> partie

# *La Chine*

## *La Chine*

La Chine a développé depuis l'antiquité une brillante civilisation marquée par de nombreuses inventions :

***la boussole,  
la poudre,  
le papier,  
l'imprimerie  
etc..***

La Boussole a été inventée en  
Chine 3 à 4 siècles av. J.-C.



## Les mathématiques en Chine

En **arithmétique**,

- ils utilisèrent un système de numération décimal
- les fractions, la règle de trois, extraire la racine carrée d'un nombre
- le "triangle de Pascal" cinq siècles avant.

En **géométrie**, ils connaissaient:

le théorème de Pythagore,

Ils savaient calculer des surfaces et des volumes

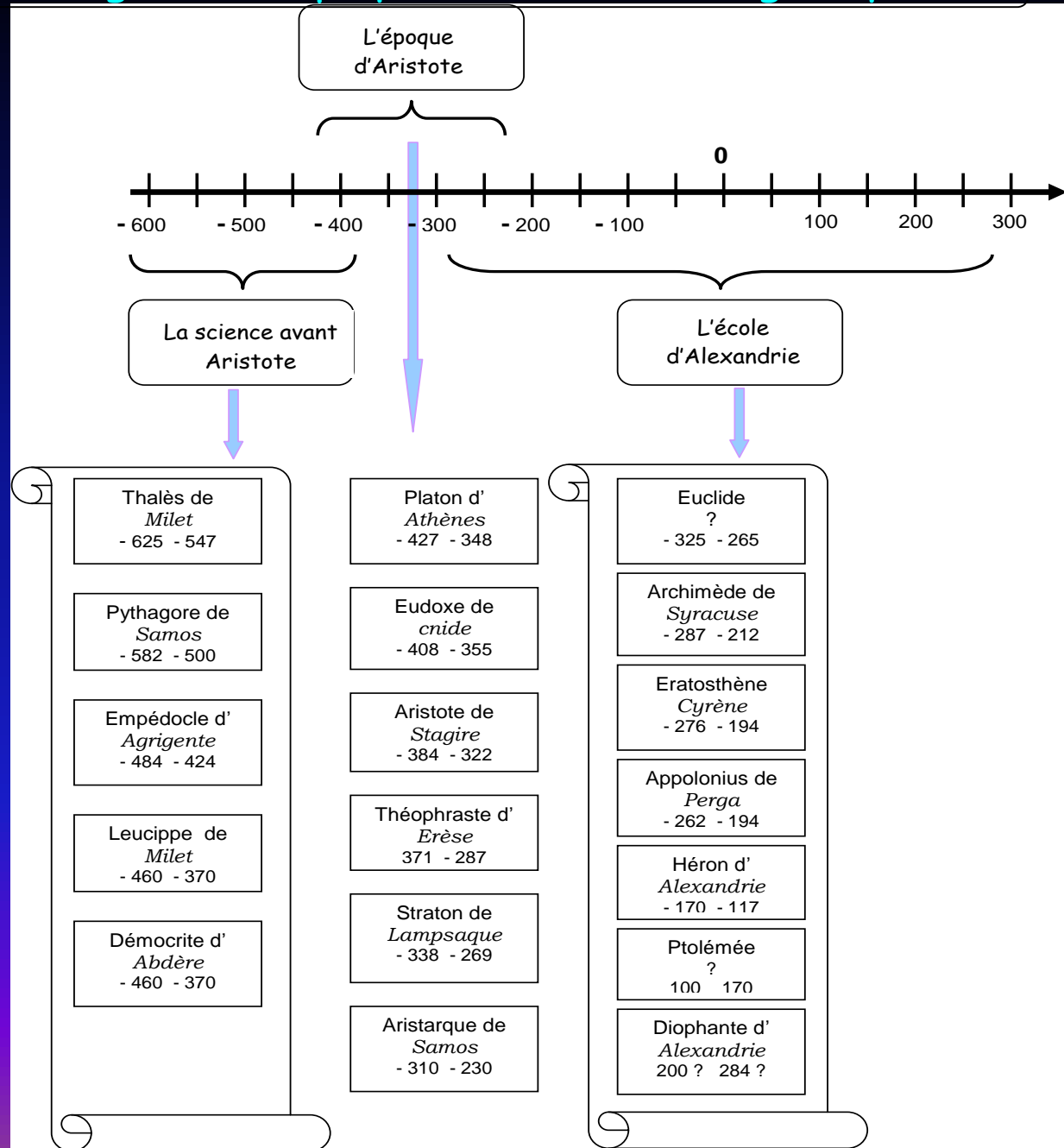
et ont pu déterminer une valeur précise du nombre  $\pi$  .



3<sup>ème</sup> partie

# *La Grèce*

# Les grandes époques de la science grecque



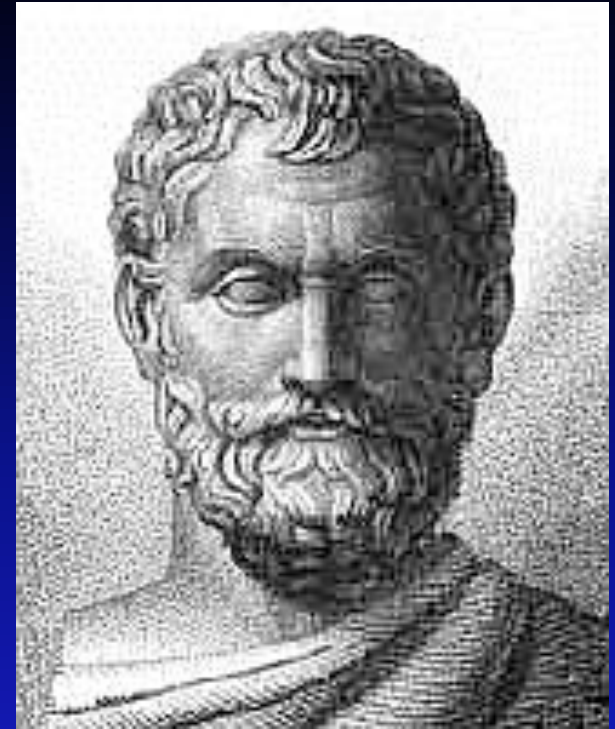
# 1. La science avant Aristote

Thalès de Milet (- 625, - 547) :

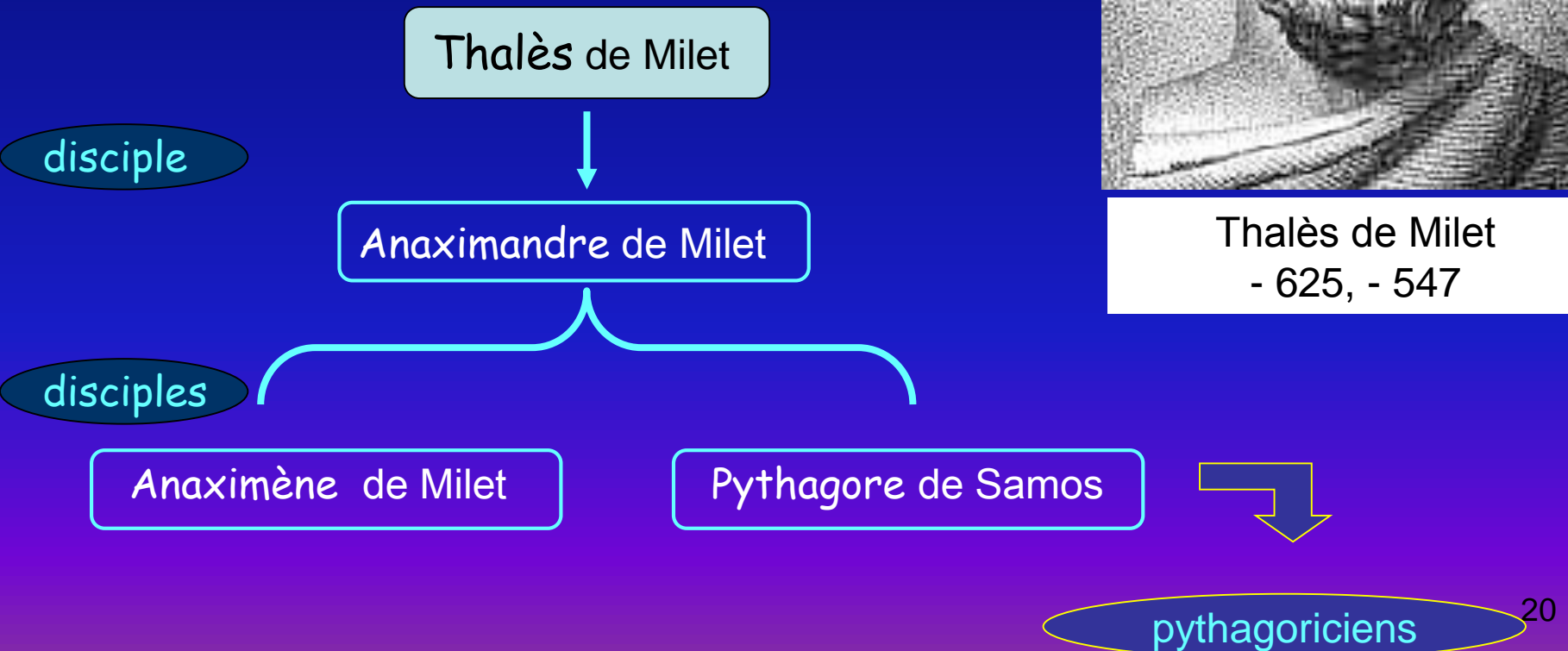
premier philosophe, scientifique grec connu.

*Aucun de ses écrits n'est parvenu à la postérité*

Il aurait énoncé le théorème qui porte son nom  
il aurait prédit une éclipse de soleil en 585 av JC.



Thalès de Milet  
- 625, - 547



Pythagore de Samos : -582, -500

## Sphéricité de la Terre.

Il pensait que le monde avait été conçu

en **harmonie avec les mathématiques**,

-Imaginons quatre cordes tendues dont l'une égale 1, la deuxième a une longueur représentant les  $\frac{3}{4}$  de la première, la troisième les  $\frac{2}{3}$  et la dernière la  $\frac{1}{2}$ . Si l'on pince chacune des cordes, on obtient DO, la quarte de DO = FA, la quinte de DO = SOL ET DO à l'octave.

-Les nombres 4, 9, 16, 25 ..etc. → somme deux impairs consécutifs:  
1+3, 4+5, 9+7, 16+9 ...etc.

- Théorème Pythagore ( $a^2 + b^2 = c^2$ ) .....

→la Terre ne pouvait donc être que sphérique puisque la sphère et le cercle sont des figures géométriques parfaites.

Cet argument sera repris par Platon.

# Empédocle d'Agrigente (- 484 , - 424 )

*disciple de Pythagore et de Héraclite.*

## *La matière*

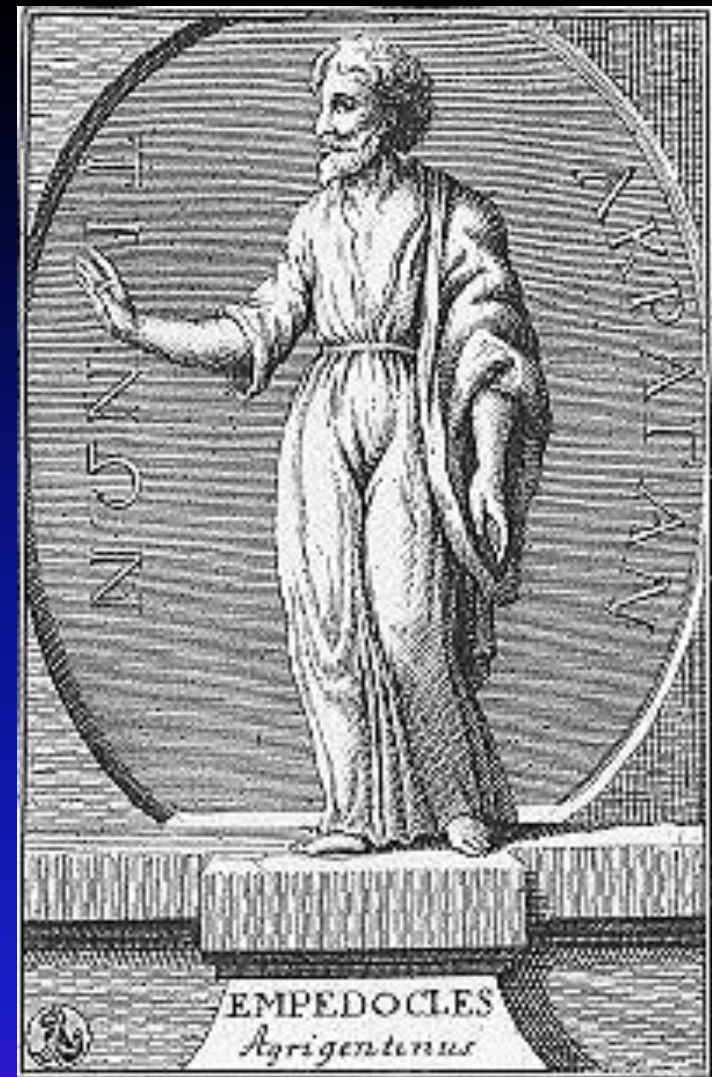
selon Empédocle la matière est  
composée de 4 éléments

La Terre

L'Eau

L'Air

Le Feu



Empédocle d'Agrigente

-484 - 424

Agrigente en Sicile 22

*A la même époque,*

## Théorie atomique

Leucippe de Milet introduit une **théorie atomique** qui sera développée par son élève Démocrite d'Abdère :



Démocrite d'Abdère

- 460 - 370



*Leucippe*

Leucippe de Milet (- 46?, - 3??)

On connaît peu de choses sur la vie de Leucippe

Abdère ville de Thrace

## *La matière*

est discontinue & formée de

Atomes

&

Vide



Les atomes sont des corpuscules indivisibles, trop petits pour être vus et en nombre infini.



Ils sont constitués d'une substance homogène et en mouvement incessant dans un vide illimité.



Ils ne diffèrent que par la nature de leur mouvement, leur taille et leur forme.



Ils peuvent être sphériques, pointus, ou crochus, ce qui leur permet de s'associer les uns aux autres pour former des objets matériels.

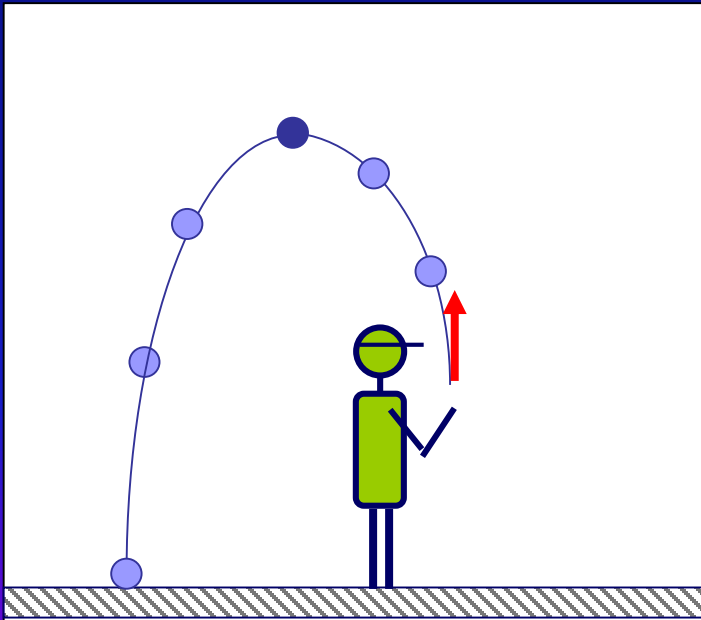


## 2. La science à l'époque d'Aristote

A cette époque (au IV<sup>ème</sup> siècle avJ.C), l'univers était expliqué par un *systeme géocentrique*.

La Terre est une **sphère fixe** et se trouve au centre de l'univers : la lune, les planètes, le soleil, et les étoiles se déplacent par rapport à la Terre.

**Ce système géocentrique sera développé, au deuxième siècle après J.C, par Claude Ptolémée**



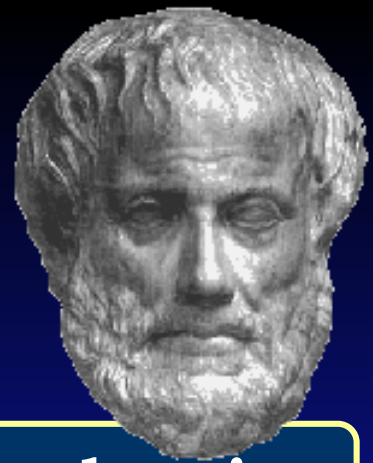
Aristote explique que la Terre est fixe parce que :  
***“un corps lancé verticalement vers le haut revient à son point de départ”***.

Si la Terre se déplaçait le corps retomberait loin du lanceur.

Aristote ignorait le *mouvement relatif* et la *notion de repère*

# Le mouvement

Aristote



2 types de mouvements dans

**Monde sublunaire**

➔ Mouvement naturel

Vers le lieu naturel

haut

bas

➔ Mouvement forcé

violent & fini des

**Corps corruptibles**

moteur

**Milieu (air)**

**Monde supra-lunaire**

Circulaire & éternel des

**Corps incorruptibles**

moteur

**Dieu**

Donc: Pas de mouvement dans le vide

# Monde Sub lunaire

## **Mouvements forcés**

Ce sont des mouvements violents et finis de corps corruptibles ;

Un objet lancé (mouvement forcé) finit par atterrir : le mouvement est donc fini et le corps n'est pas éternel.

L'élément moteur est dans l'air ; selon cette théorie, ***aucun mouvement n'est possible dans le vide.***

***Donc le vide n'existe pas***

D'autre part, le mouvement étant fini, **le mobile s'arrête**, dès que l'élément moteur cesse d'agir

***Les grecs ignoraient donc le principe d'inertie.***

Aristote exprime :

## la chute des corps

sous forme de

lois

*Les corps lourds tombent plus rapidement que les corps légers.*  
La Physique Livre VII Ch. 5.

*La vitesse d'un corps est proportionnelle à la force qui lui est appliquée:*

Cette loi serait formulée actuellement par :

$$F = k V$$

où  $k$  est un paramètre indépendant de la vitesse..

Ces deux résultats seront rejetés, au XVII<sup>ème</sup> siècle, par Galilée.

En fait, la deuxième loi est valable dans l'air et, plus généralement, dans les fluides: C'est la loi de Stokes en régime laminaire :  $F = k V$  où :  $k = 6 \pi \eta R$  dans le cas d'une sphère de rayon  $R$  qui se déplace à la vitesse  $V$  dans un fluide de viscosité  $\eta$ .

### 3. *L'école d'Alexandrie.*

## *Savants d'Alexandrie & la Physique*

**Euclide** - 3<sup>ème</sup> S. (-325, -265) *sa vie peu connue*, Musée d'Alexandrie  
Mathématiques, optique

**Archimède** - 3<sup>ème</sup> S. (-287, -212) *Syracuse*, Etudes à Alexandrie  
Mathématiques, statique, hydrostatique

**Erathostène** - 3<sup>ème</sup> S. (-276, -196), Bibliothécaire à Alexandrie  
Mathématiques, astronomie

**Héron** + 1<sup>ier</sup> S. (+10 ?, + 75 ?) *sa vie peu connue*,  
Mécanique appliquée, Mathématiques, optique

**Ptolémée** + 2<sup>ème</sup> S. ( 90, 168)  
Mathématiques, Astronomie, optique

Archimède - 3<sup>ème</sup> S. (-287, -212) Syracuse,

*Statique*

Etudie machines de levage (poulie, levier, palan..)

Principes **connus Haute antiquité: Egypte, Mésopotamie**

*Donnez-moi un point d'appui, et je soulèverai le monde*



*Hydrostatique*

Problème posé par Hiéron II, tyran de Syracuse.

Comment savoir si une couronne est constituée d'or pur?

**Solution :**

Mesurer le volume de la couronne par immersion , la peser et comparer sa masse volumique à celle de l'or massif. (*Légende de la baignoire*)

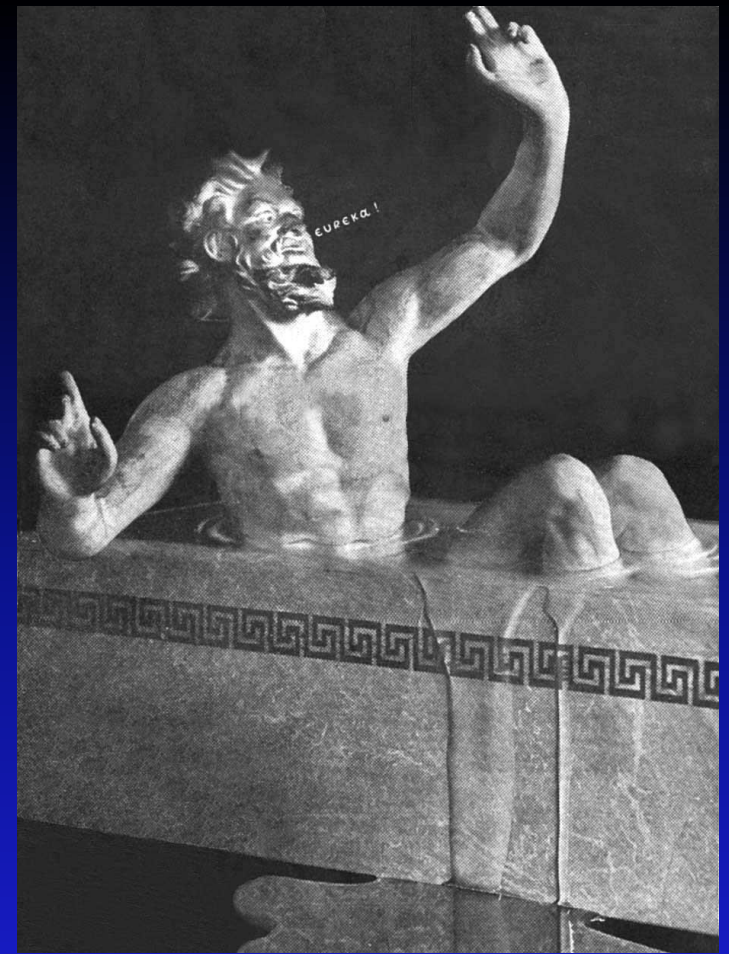
Principe d'Archimède



# Légendes

## ☞ La baignoire: *Eureka*

*Tout corps plongé dans un liquide subit, de la part de celui-ci, une poussée exercée du bas vers le haut et égale, en intensité, au poids du volume de liquide déplacé*

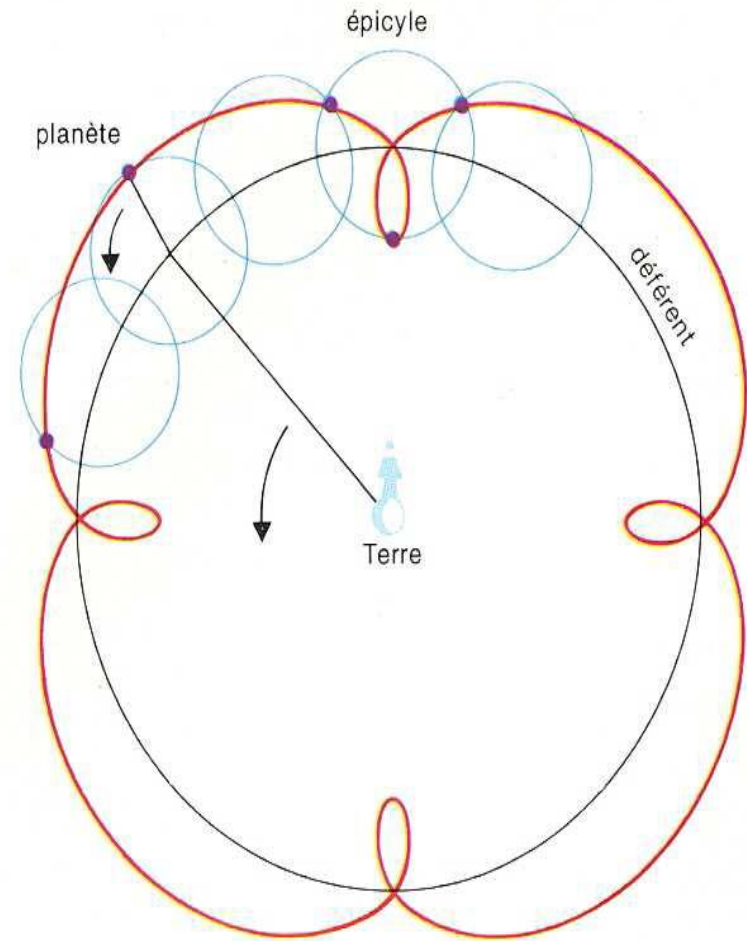


## ☞ Incendie de la flotte romaine

**Réplication** en 2005 au MIT: David Wallace et ses étudiants enflamment un bateau en bois, immobile, hors de l'eau à 30 m en 10 mn. Mais l'expérience a échoué avec un bateau mobile dans l'eau.

# Systeme de Ptolémée

Claude Ptolémée 90 , 168

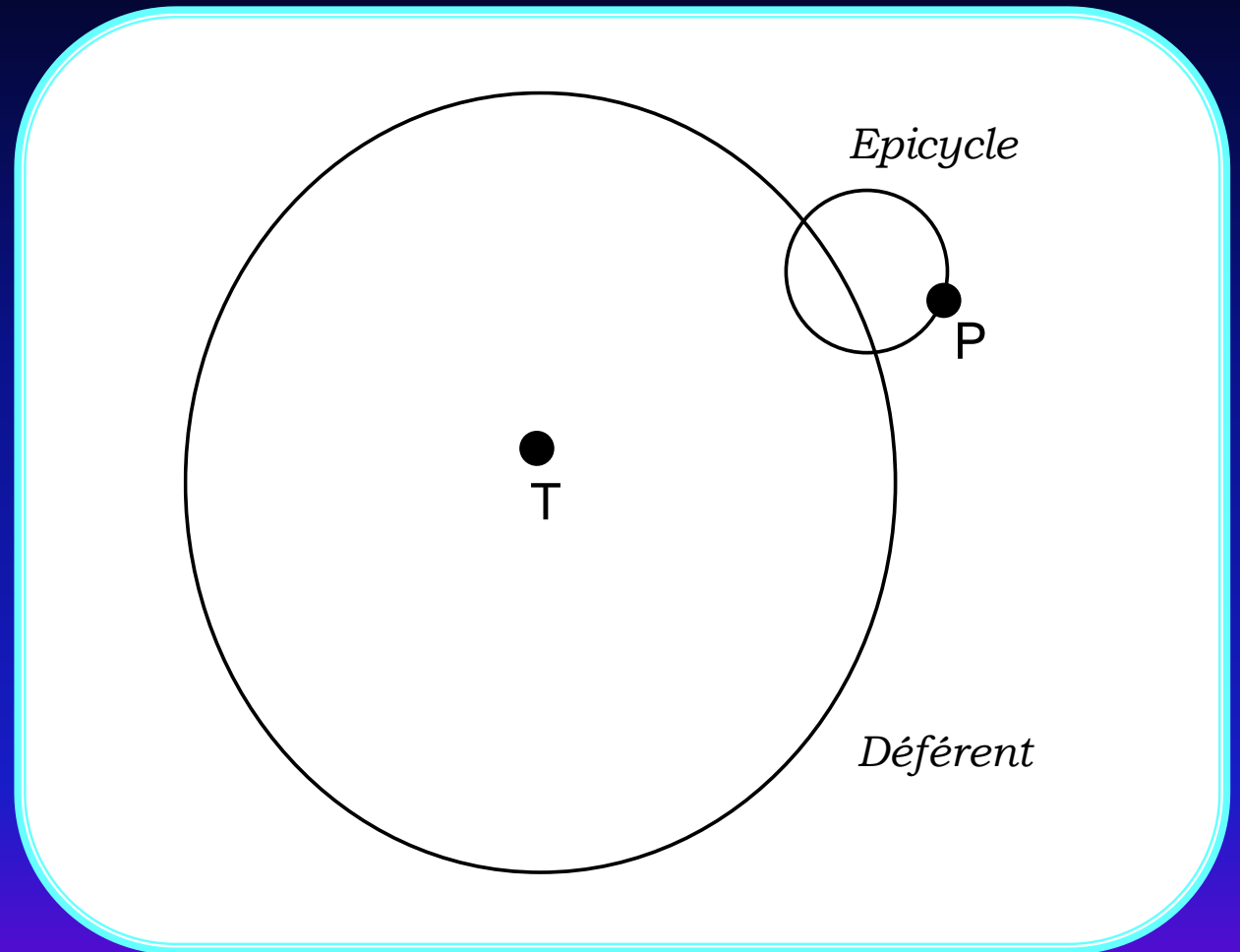


mouvement rétrograde des planètes

L'Almageste est l'œuvre de **Claude Ptolémée**

# Rétrogradation des planètes

déjà évoquée par Hipparque de Nicée



Epicycle interne

Epicycle externe

Epicycle: trajectoire circulaire supposée du Soleil, de la Lune et des planètes, dont le centre décrivait lui-même un cercle plus grand autour de la Terre

## 2<sup>ème</sup> partie

# *La lumière*

# Les grecs & la lumière

## 1<sup>ière</sup> hypothèse

Les  
Pythagoriciens:

La vision due à un “*rayon visuel*” allant de l’œil à l’objet .

## 2<sup>ième</sup> hypothèse

Les  
atomistes:

La vision due à une “*émanation*” de formes “*simulacres*” qui se détachent de l’objet et parviennent à l’œil.

# Aristote:

Il rejette :



## L'hypothèse du rayon visuel

*“ s’il arrivait qu’on vît à l’aide d’un feu sortant de l’œil comme à l’aide de la lumière qui sort d’une lanterne pourquoi l’œil ne verrait-il pas au milieu des ténèbres”.*



## L'hypothèse de l'émission des simulacres

*Il la qualifie d'absurde “ car il faudrait qu'ils (les anciens) eussent établi d'abord que nous sentons toute chose par le toucher “*

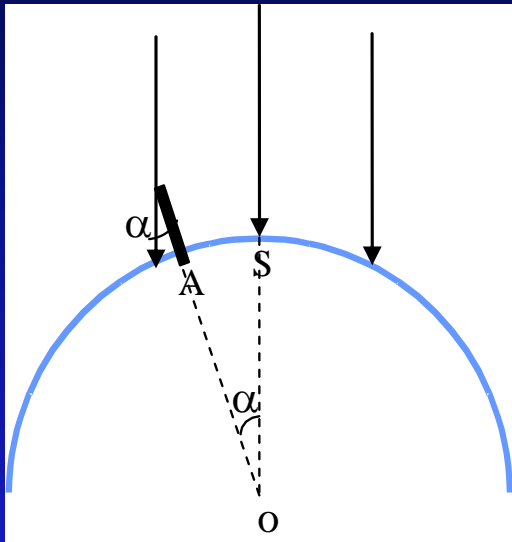
Il propose :



## L'hypothèse d'une vibration du milieu

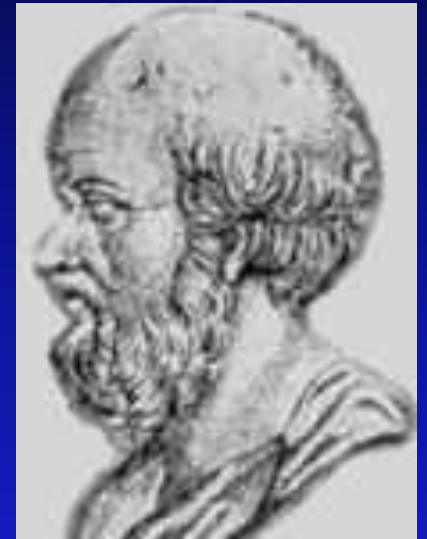
# Eratosthène

La propagation rectiligne de la lumière étant connue, Eratosthène, qui fut directeur de la grande bibliothèque d'Alexandrie, a mesuré vers – 205 le rayon de la Terre.



Au moment du solstice d'été, à Syène (aujourd'hui Assouan) le Soleil se trouve à la verticale, il ne donne aucune ombre, car Syène est sur le tropique du Cancer.

À Alexandrie, Eratosthène se servant de l'ombre projetée par un gnomon, mesure au même moment l'angle que forment, avec la verticale, les rayons du Soleil



**Exercice** : Au cours de ses mesures Eratosthène trouva  $\alpha = 7^{\circ}12'$  ; il savait que la distance Syène – Alexandrie # 5000 stades et que ces deux villes se trouvaient à peu près sur un même méridien.

Quelle est la valeur du rayon de la Terre trouvée par Eratosthène ?

(1 stade vaut 157,50 mètres)

3<sup>ème</sup> partie

*Les Mathématiques*



Les grecs ont été sans doute les premiers à étudier les mathématiques pour elles mêmes et à en faire *une science abstraite qui traite d'objets idéaux* et qui est basée sur un mode de *raisonnement déductif*.

Car les mésopotamiens et les égyptiens se sont intéressés aux sciences, et aux mathématiques en particulier, pour des raisons pratiques :

**L'arithmétique** était nécessaire aux scribes pour leur comptabilité,  
**la géométrie** utile aux arpenteurs et aux architectes,  
**l'astronomie** servait à dresser les calendriers etc..

## Les mathématiques en Grèce

Les grecs se sont illustrés en Mathématiques :

**Thalès de Milet** (-625, -547), qui a voyagé en Egypte et en Mésopotamie où il prit connaissance des découvertes scientifiques, fut le premier mathématicien connu.

Son élève **Pythagore** de Samos (-570, -480) a énoncé le théorème d'origine mésopotamien et qui porte son nom

**Archimède** (-287—212), qui vécut à Syracuse, mais qui a fait ses études à **Alexandrie**, a perfectionné les **méthodes de calcul des surfaces et des volumes**.

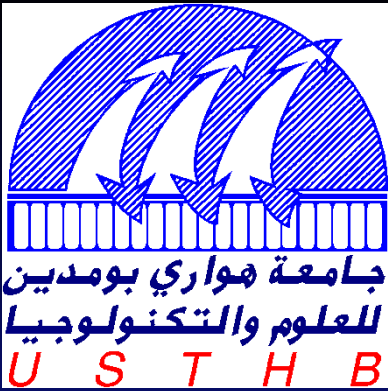
Dans “*La mesure du cercle*” Archimède démontre les propositions suivantes:

**Proposition 1** : La surface d'un cercle est égale à celle d'un rectangle dont la largeur est égale au rayon et la longueur au demi-périmètre du cercle

**Proposition 2** : La surface d'un cercle est égale à celle du carré construit sur son diamètre multiplié par 11/14.



$$\pi = \frac{22}{7}$$



# Découverte & Histoire des sciences

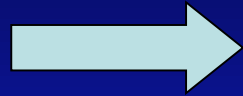
## Chapitre IV

# *Le Moyen âge*

# *Les pays d'islam*

*Après une période de traduction et d'étude des ouvrages grecs, syriaques et indiens, commence l'âge d'or de la science arabe avec de nombreuses découvertes scientifiques :*

- ☞ en physique ,
- ☞ en astronomie,
- ☞ en botanique,
- ☞ en **géographie**,
- ☞ en médecine
- ☞ et surtout en mathématiques



Mécanique,  
Optique

Arithmétique (les chiffres arabes),  
**Trigonométrie plane et sphérique**,  
Analyse combinatoire,  
**Algèbre** etc..

# 1. La Mécanique

*A la fin de l'antiquité*

Philopon d'Alexandrie

490 , 566

Critique la physique d'Aristote :

Dans le cas du mouvement forcé( lancement d'une pierre):

L'élément moteur n'est pas dans l'air, comme le préconise Aristote, mais il est communiqué au projectile par le lanceur.

C'est cet "**élan**" qui permet au mobile de poursuivre son mouvement.

Ce concept sera repris :

au XI<sup>ème</sup> siècle

en Pays d'Islam, par les savants;

- **Avicenne, ou Ibn Sīnā**: 980 Boukhara en Ouzbékistan – 1037
- **Nasr Eddin Tusi** : 1201, à Tus en Iran - 1274
- **Abu'l-Barakat al-Baghdaadi**: 1080 Iraq - 1164

*El mayl qasri*

au XIV<sup>ème</sup> siècle

en Europe, par

- **Jean Buridan** : 1292 France - 1363
- **Nicole Oresme** : 1320 Allemagne – 1382

*L'Impétus"*



# Abu'l-Barakat al-Baghdaadi (1080-1165)

## *Se situe dans la lignée d'Avicenne*

Il propose une explication de *l'accélération des corps en chute libre* par l'accumulation des augmentations successives de la vitesse

A. C. Crombie, *Histoire des sciences de St Augustin à Galilée* ( 2 tomes) PUF 1959

Selon S. Pines, Al Baghdadi rejette la loi d'Aristote sur le mouvement.

Il énonce que *la "force" est proportionnelle à l'accélération et non pas à la vitesse.*

S. Pines (1970). "Abu'l-Barakāt al-Baghdādī , *Hibat Allah*". Dictionary of Scientific Biography. New York:

Cela sera clairement formulé au XVII<sup>ème</sup> siècle par Newton " Principe Fondamental de la Dynamique

Al-Baghdadi a également introduit la notion de *mouvement relatif* lorsqu'il dit que:

” Il n’y a mouvement que si les *positions relatives* des corps considérés changent”

Langermann, Y. Tzvi (1998), "al-Baghdadi, Abu 'l-Barakat" *Islamic Philosophy*, Routledge Encyclopedia of Philosophy,

Or c'est parcequ'ils ne tenaient pas compte du *mouvement relatif* que les grecs pensaient que la terre était fixe.

## 2. La lumière

**En optique:**

Les arabes  
connaissaient

Propagation rectiligne de la lumière.

Lois de la réflexion

Propriétés des miroirs (*miroirs ardents*)

**Apport**

Parmi les savants arabes

Ibn Sahl

Vécut à Baghdad

940-1000

Ibn Al Haytham  
(Alazen)

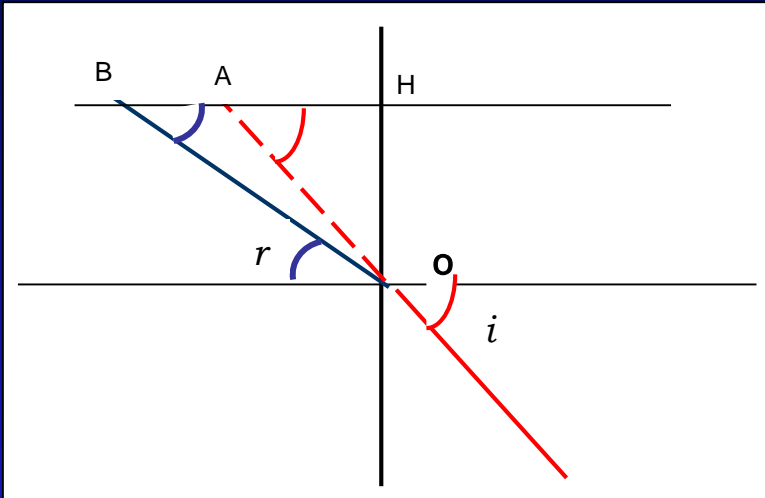
Né à Bassora – mort au Caire

965-1039

Ils vécurent  
à la même  
époque en  
Irak

On peut retrouver la loi de **Snell** à partir de la loi d' **Ibn Sahl** :

*le rapport des 2 hypoténuses OA & OB est constant*



Cette loi peut être formulée:

$$\frac{OB}{OA} = k \quad k \text{ est une constante}$$

En effet , la figure montre que :

$$\left. \begin{array}{l} \frac{OH}{OA} = \sin i \\ \frac{OH}{OB} = \sin r \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{OB}{OA} = \frac{\sin i}{\sin r} = k$$

$$\sin i = k \sin r$$

# Ibn Al Haytham (Alazen)

965-1039

apporta une importante contribution à l'optique (***Kitab fil manadhir***) à l'astronomie ; il a entrepris de nombreuses expériences en l'optique.



Lois réflexion réfraction

Découvre la chambre noire

Etudie le principe des lentilles

Il a été le premier à préconiser que la lumière a une existence propre et n'était pas émise par l'œil de l'observateur comme le pensaient les grecs dans l'antiquité

# كتاب المختصر في حساب الجبر والمقابلة

*Abrégé du calcul par la restauration et la comparaison*

Ce livre contient six chapitres, consacrés chacun à un type particulier d'équation.

Il ne contient aucun chiffre.

Toutes les équations sont exprimées avec des mots.

l'inconnue est « la chose » ou *shay* (*šay*),

la racine est le *jidhr*,

la constante est le *adād*.

Le terme *al-jabr* fut repris par les Européens et devint plus tard le mot *algèbre*



## Al-Samawal

Ibn Yahya al-Maghribi Al-Samawal

1130 à Bagdad - 1180 à Maragha en Iran

## les nombres négatifs

Le produit d'un nombre négatif par un nombre positif est un nombre négatif, et celui d'un nombre négatif par un nombre négatif est un nombre positif.

traité *al-Bahir fi'l-jabr* (livre flamboyant de l'algèbre)

- il développe des techniques opératoires sur les polynômes
- extrait des racines carrés,
- présente une des premières formes de raisonnement par récurrence

**En Europe** : Les nombres négatifs étaient qualifiés "d'absurdes" ou "fictifs" avant leur diffusion par

Fibonacci (1170 - 1240)

Simon STEVIN (1548 - 1620)



Al Samawal introduit, dans le livre II, une forme de raisonnement par induction (le raisonnement par récurrence), lorsqu'il calcule la série que nous écrivons actuellement:

$$1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + n^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}$$

Il vérifie ce résultat pour  $n = 1$  puis  $n = 2$  jusqu'à  $n = 5$  et écrit que l'on peut continuer ainsi indéfiniment.

Le raisonnement par récurrence, tel que nous le pratiquons actuellement, a été introduit par le mathématicien français Henri Poincaré

# Trigonométrie

Sinus emprunté aux indiens plus pratique que les mesures des cordes utilisées par les grecs.

Introduction du cosinus, de la tangente, cotangente.

Amélioration des tables trigonométriques

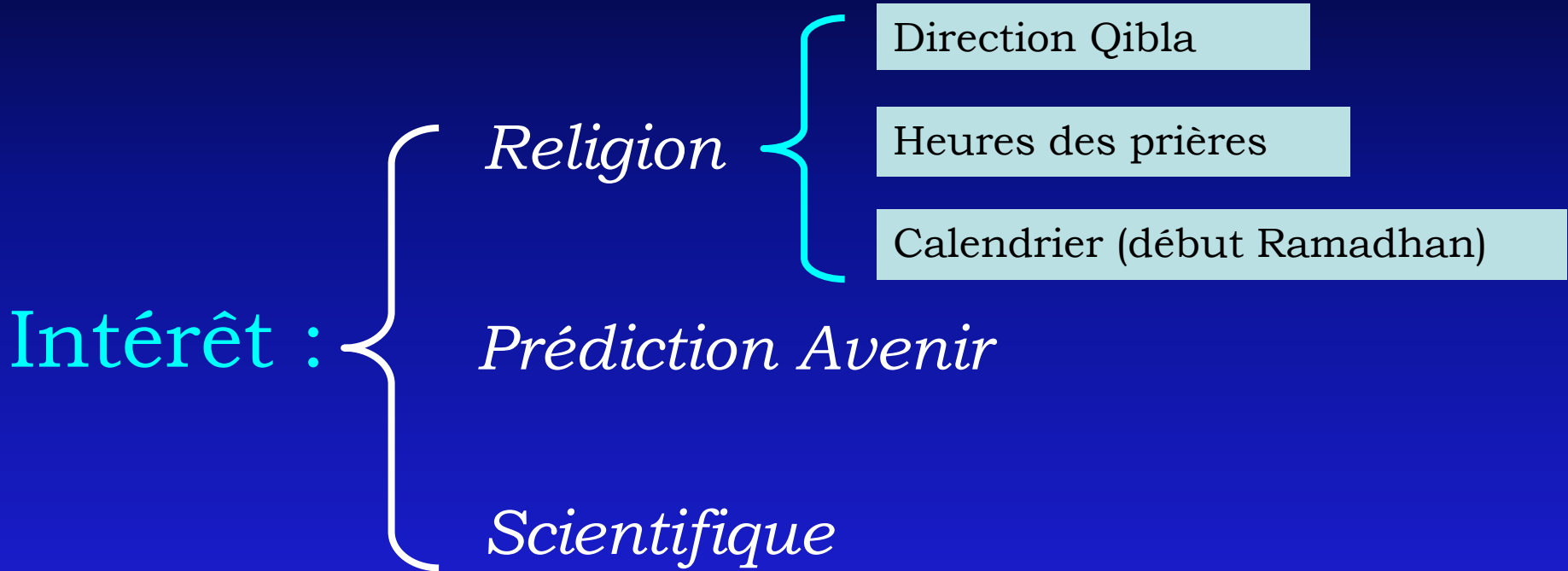
Abu al Wafa utilise le cercle trigonométrique de rayon  $R = 1$  (on avait commencé par  $R = 60$ ) et  $\sin(2x) = 2\sin(x)\cos(x)$

Trigonométrie sphérique

Abu l-Wafa a écrit de nombreux livres:

- *Kitab fi ma yahtaj ilayh al-kuttab wa'l-ummal min 'ilm al-hisab* (Ce qui est nécessaire en arithmétique pour les comptables et les hommes d'affaires)
- *Kitab al-Handasa* (Sur l'indispensable aux artisans en fait de construction) ;
- *Al-Kitab al-Kamil* (Le livre complet), une révision de l'Almageste ;
- une théorie sur la Lune (disparu) ;
- *El Wadih* (des tables trigonométriques, disparu) ;
- un traité sur les coniques (disparu) ;
- *Kitab al-maraya al-muhriqa* (Livre sur les miroirs ardents).

## 4. L'astronomie



# Astronomie théorique

## *Modèle géocentrique de Ptolémée*

Almageste

Amélioration de ce modèle.

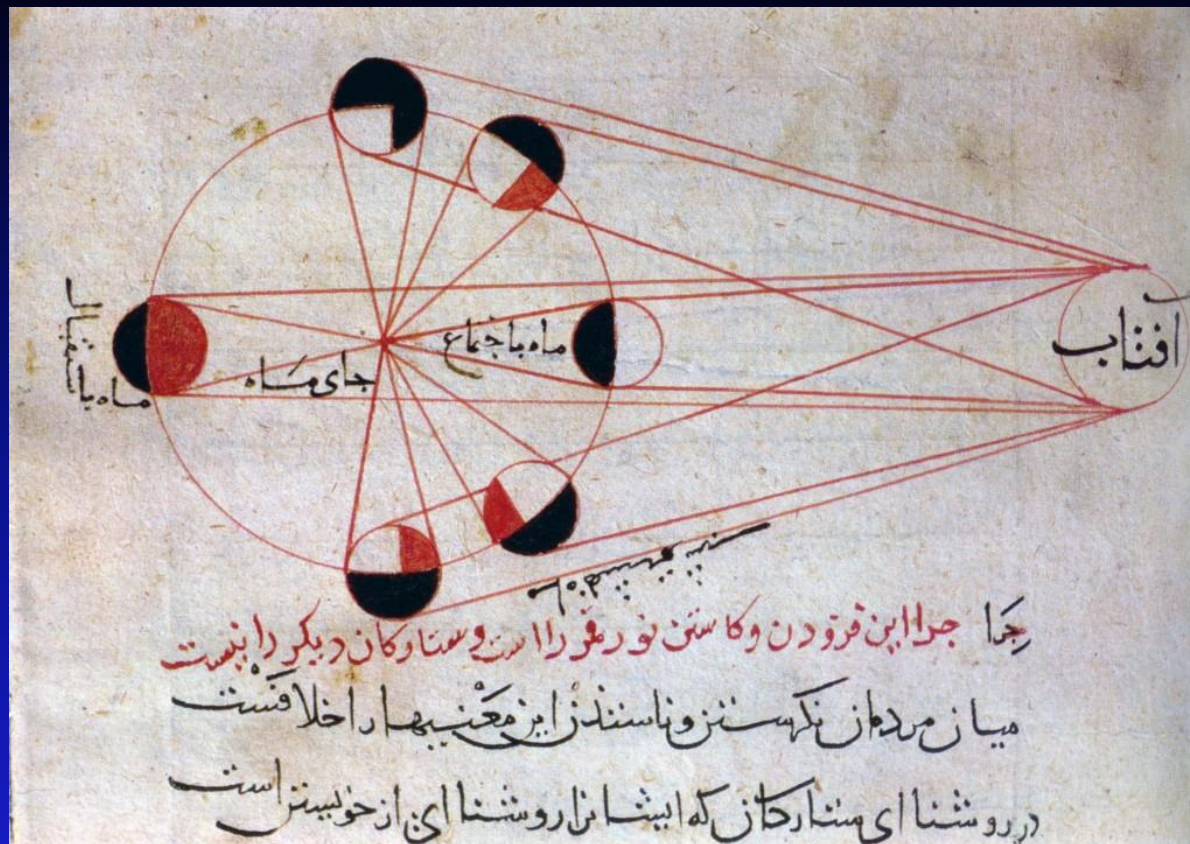
la fin du IX ème siècle Albumasar propose un modèle planétaire héliocentrique.

Cette œuvre n'a pas survécu, mais ses tables astronomiques ont été copiées ensuite par al-Hashimi, Al Biruni et Al Sijzi.

Al Biruni, après avoir admis cette hypothèse finit par la rejeter en reprenant l'argument de Ptolémée:

Si la Terre tournait autour d'elle-même d'ouest en est , les oiseaux qui voleraient dans le même sens nous paraîtraient immobiles.

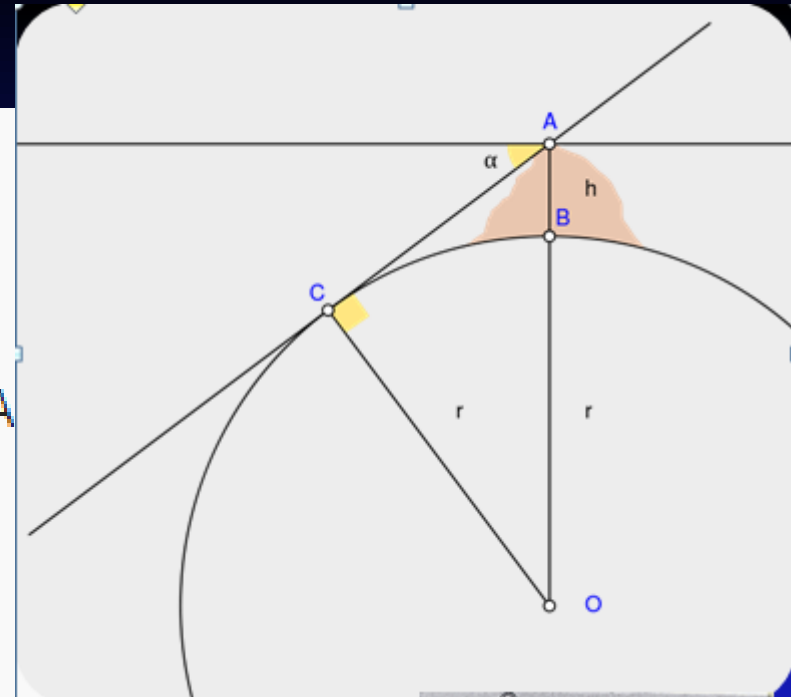
# Al Biruni



utilisait les éclipses pour déterminer la longitude des lieux sur Terre et ses observations astronomiques lui servirent à définir la valeur d'un degré du méridien

## Al Biruni (973-1050) a

- A = point culminant de la montagne
- B = point le plus bas de la montagne
- h = hauteur de la montagne
- C = point le plus bas de l'horizon vrai visible du point A
- O = Centre de la Terre
- $\alpha$  = angle d'inclinaison
- r = rayon de la Terre



### Solution :

L'angle AOC =  $\alpha$ .

AO=(r+h) est l'hypothénuse du triangle AOC.

$$r=(r+h).\cos(\alpha)$$

Puis le côté droit se simplifie pour trouver r.

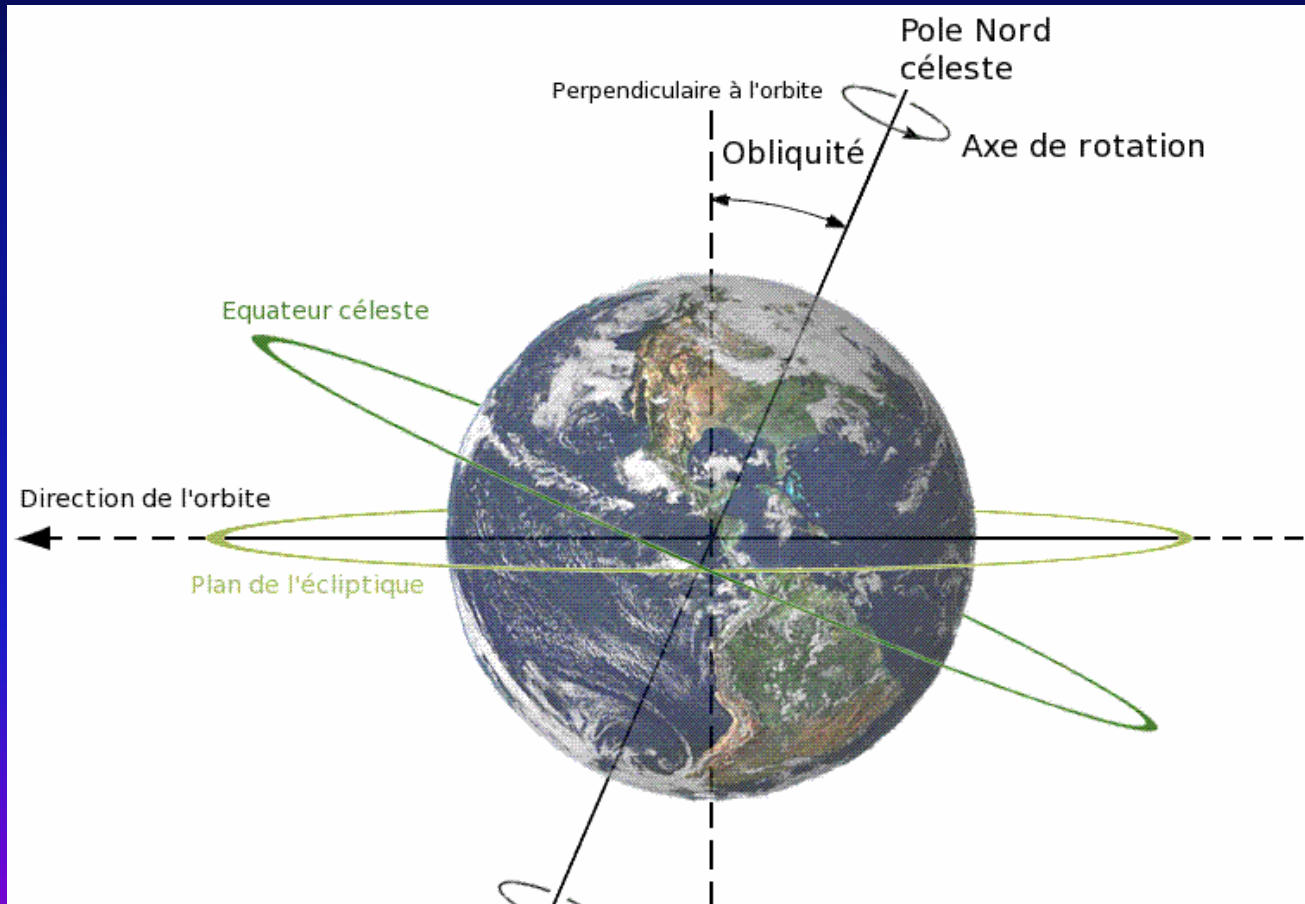
$$r=h.\cos(\alpha)/(1-\cos(\alpha))$$



6338,80km, valeur vraiment proche de celle d'aujourd'hui ( 6353,41km

« l'un des plus grands scientifiques de tous les temps »,  
d'après George Sarton (1884-1956), l'un des pères  
fondateurs de l'histoire des sciences.

## La précession des équinoxes



Au **XIII<sup>e</sup> siècle**, **Nasr Eddin Tusi** avait calculé une valeur de 51" par an pour la précession des équinoxes, ce qui est remarquable de précision.

# L'aspect scientifique

Procédés de **distillation**, **calcination**, **crystallisation**, **sublimation**, **purification**, etc

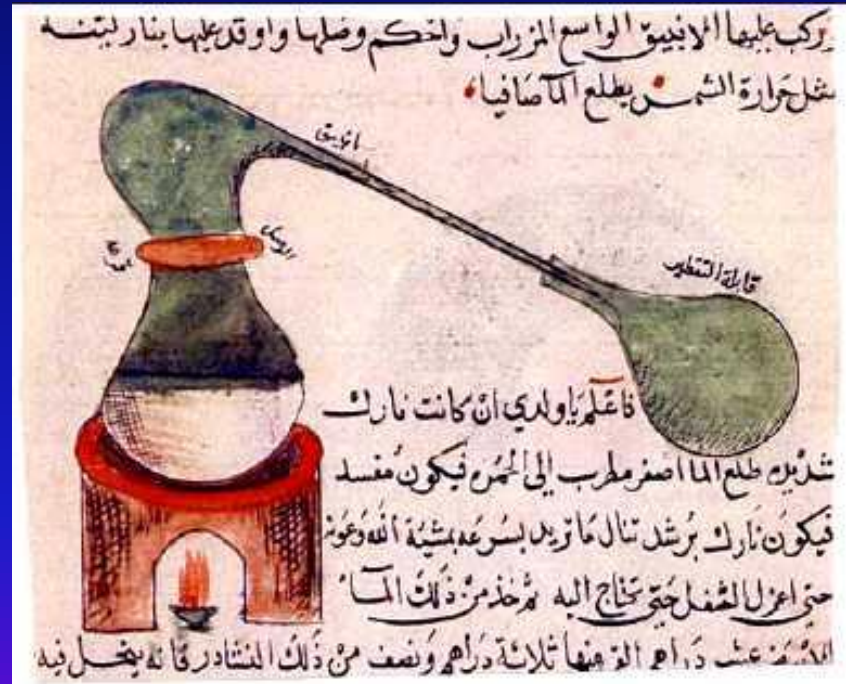
Construction d'  
**instruments de**  
**laboratoire**

Balance

Alambic

Cornue

etc





Les opérations sont décrites avec soin et précision, les quantités de réactif et leur degré de pureté sont déterminés, les indices précisant le moment adéquat pour les différentes étapes sont indiquées. Bref qu'il s'agisse de chimie laïque ou d'alchimie, les savants arabes se consacrent à la production et à la transmission d'un savoir pratique et reproductible

La chimie était également pratiquée en vue de ses **applications.**

Au moyen âge, les arabes fabriquaient des **alcools**, des **solvants**, des **peintures**, des **teintures**, des **cosmétiques**, du **savon**, des **explosifs**, des produits pharmaceutiques etc.

La construction de **fabriques de papier** et d'encre colorées a permis de mettre à la disposition des savants des outils pour l'écriture beaucoup moins chers que le papyrus ou le parchemin, ce qui a facilité la diffusion du savoir.

En outre, ils ont perfectionné le **travail du verre** et la **métallurgie.**

*l'Europe*

Les ouvrages scientifiques arabes furent à leur tour traduits, en latin, par des européens dont :

Gérard de Crémone  
et Robert de Chester,

ce qui a permis le démarrage de la science en Europe à partir du XIIIème siècle.

le savant polonais Vitellion (1230/1300) -> kepler

Selon Djebar plus d'une centaines d'ouvrages furent traduits entre 1116 et 1187.

. En Europe, le latin était la langue de la religion et de la science.



Al-Razi, dans le Recueil des traités de médecine de Gérard de Crémone, 1250-1260

## Monde terrestre

Tandis que le ***moteur meut le mobile***, il lui imprime un certain impetus,

***Plus grande est la vitesse*** avec laquelle le moteur meut le mobile, ***plus puissant*** est l'*impetus*

***Plus un corps contient de matière***, ***plus il peut recevoir de cet impetus***;

## Concept d'impulsion ?

### Monde céleste

Dieu, lorsqu'il a créé le Monde, a mu comme il lui a plu chacun des orbes célestes, il a imprimé à chacun d'eux un ***impétus*** qui le meut depuis lors.

# *Les Mathématiques*

XIII s

Léonardo Pisano *dit*  
Fibonacci 1175/1250

Liber abaci 1202

il introduit la **numération décimale**  
avec le zéro

avec les différentes opérations comme  
la **multiplication par jalouses**,

le calcul des **intérêts**

Il aborde également la **théorie des  
nombres**

et les **équations algébriques**.



1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610...

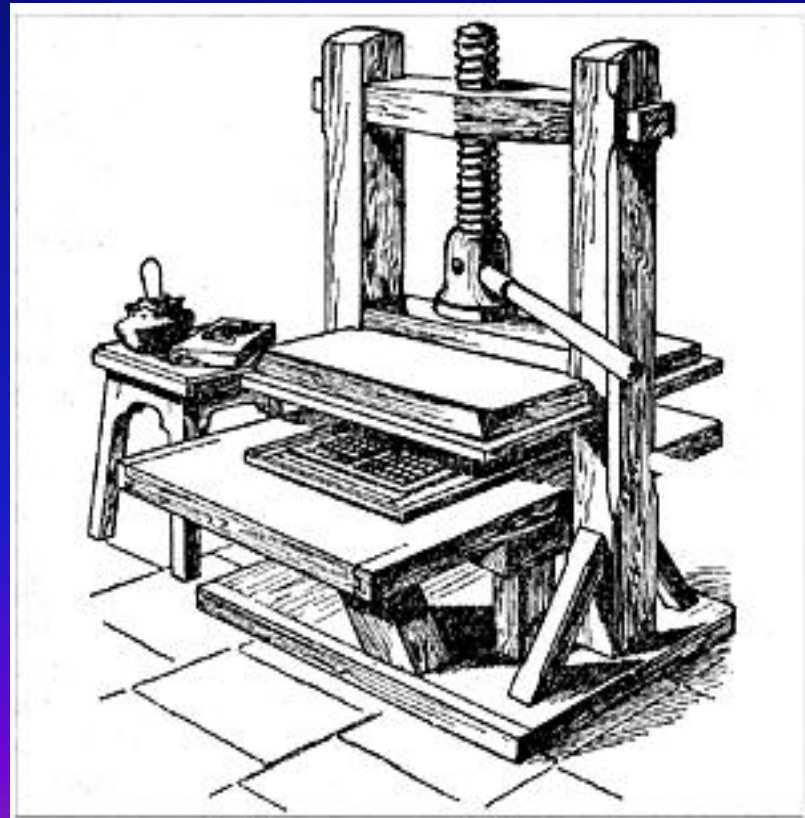
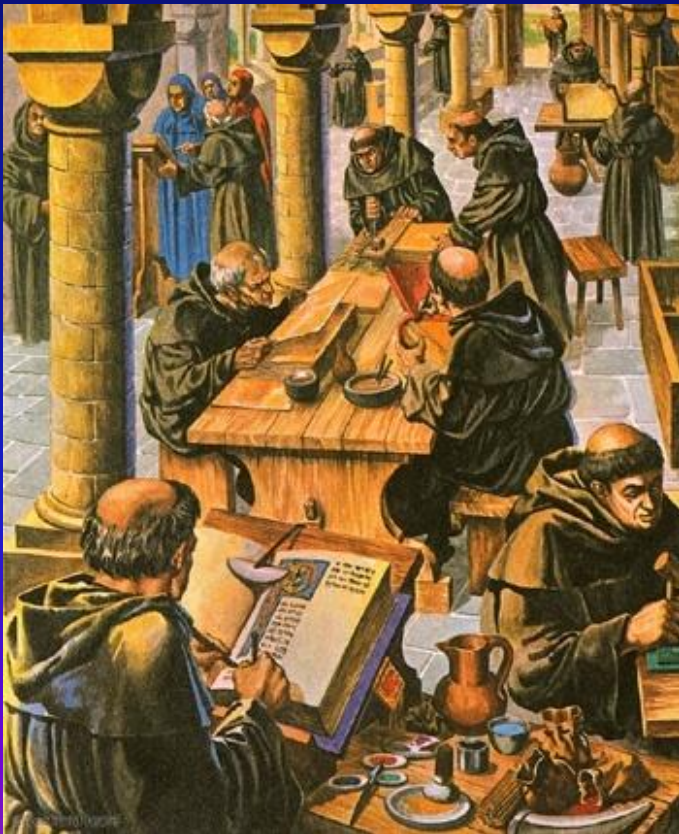
$$\frac{u_n}{u_{n-1}}$$



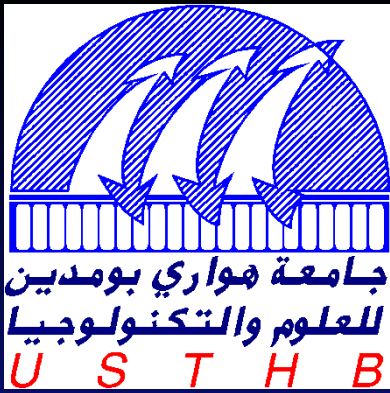
$$\frac{1+\sqrt{5}}{2} = 1,618$$

Nombre d'or

En 1440, Gutenberg invente **l'imprimerie** ;  
. Auparavant, les manuscrits copiés par des moines  
dans des monastères en Europe et les **calligraphes**  
arabes dans le monde arabo musulman, n'étaient  
accessibles qu'à un lectorat très limité.







# Histoire des sciences

## Chapitre IV

# Temps Modernes

En 1440, Gutenberg invente l'imprimerie ; cette révolution, presque aussi importante que l'invention de l'écriture, et le développement de l'industrie du papier en Europe, allaient faciliter la propagation du savoir. Auparavant, les manuscrits copiés par des moines dans des monastères en Europe et les calligraphes arabes dans le monde arabo musulman, n'étaient accessibles qu'à un lectorat très limité.



Cette époque a vu naître la physique moderne

C'est à dire la physique telle que nous la concevons actuellement

Une physique basée sur :

- l'expérimentation
- le calcul mathématique

C'est à partir de la fin du 16<sup>ième</sup> siècle que ces 2 outils indispensables au progrès de la physique :

 les mathématiques

 - les instruments de mesure

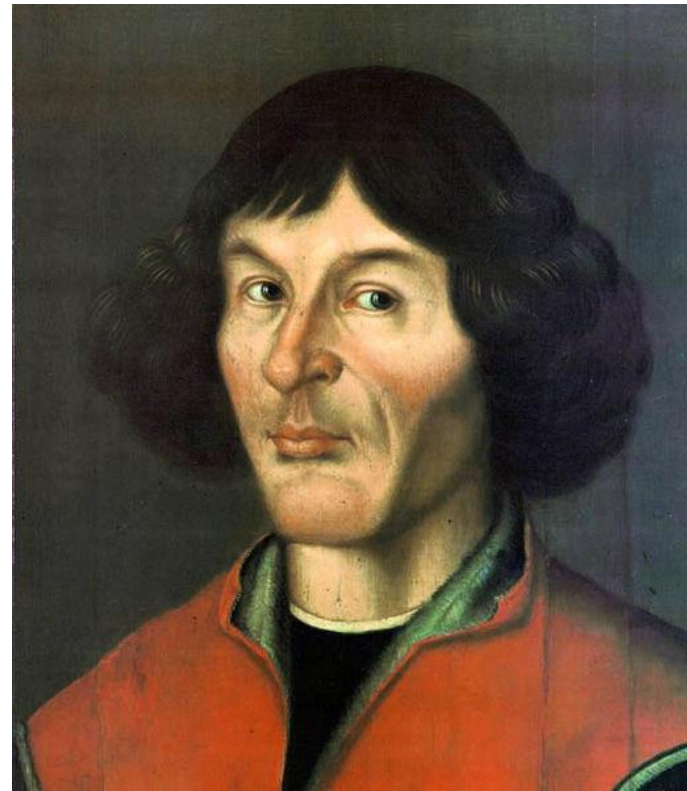
ont été développés

# *L'Astronomie*

La révolution copernicienne

Au XVI<sup>ème</sup> S

**Copernic**  
1473 - 1543



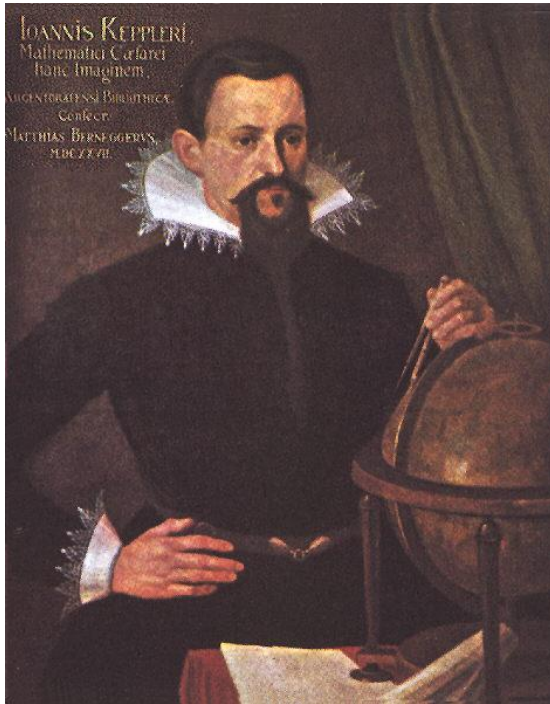
propose un **systeme solaire héliocentrique**, qui finit par être adopté par la communauté scientifique, **malgré une forte résistance de l'église**

La séparation en mondes **sub lunaire** et **supra lunaire**, n'a plus sa raison d'être.

Mais les **orbites** des planètes sont **circulaires**

Copernic n'a pas osé publier de son vivant le "*De revolutionibus orbium coelestium*" qui paraîtra l'année de sa mort en 1543

A partir de cette vision du monde .



Johannes Képler

Tycho BRAHE  
1546-1601



Systeme  
géocentrique

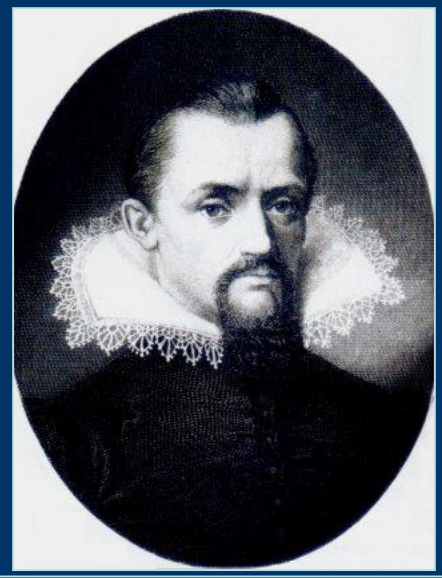
et des observations de  
l'astronome danois **Tycho  
Brahé**,

Johan Képler a pu dégager  
**les lois du mouvement des  
planètes.**

Adeptes du système de Copernic  
Assistant de Tycho Brahé

Hypothèse  
de  
Copernic

observations &  
Mesures  
Tycho Brahé

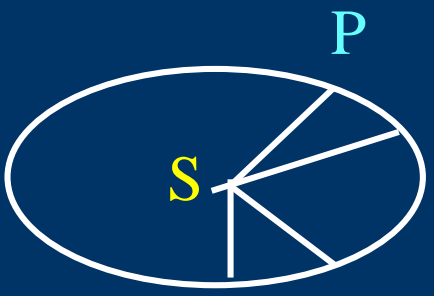


**Képler** 1571-1630

**Lois de Képler**

- 1°) Orbites : *Ellipses*
- 2°) Lois des aires
- 3°)  $T^2/a^3 = Constante$

Relevées / Terre  
Rapportées au soleil  
La géométrie analytique  
n'existait pas



# Calcul des distances planète-soleil

Planète	Distance moyenne au Soleil (u.a.)	
	Copernic	valeur actuelle
Mercure	0,36	0,391
Vénus	0,72	0,721
Terre	1	1
Mars	1,5	1,52
Jupiter	5	5,2
Saturne	9	9,5

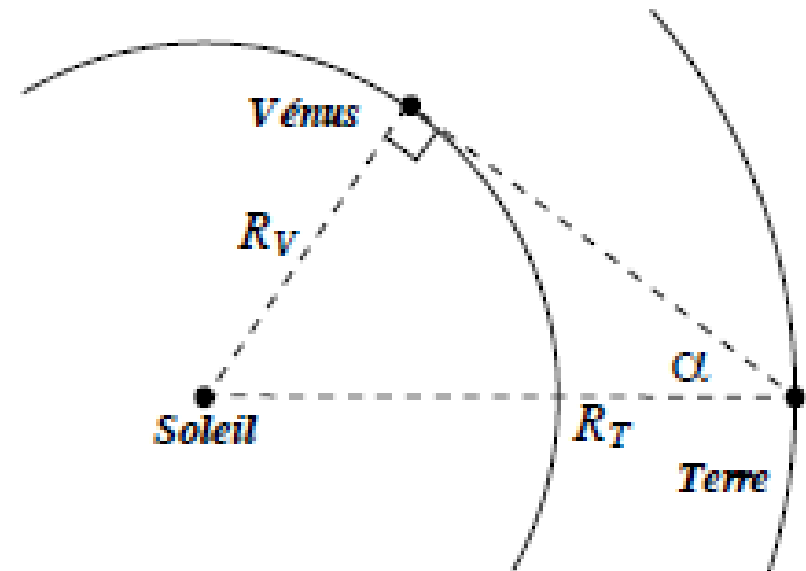
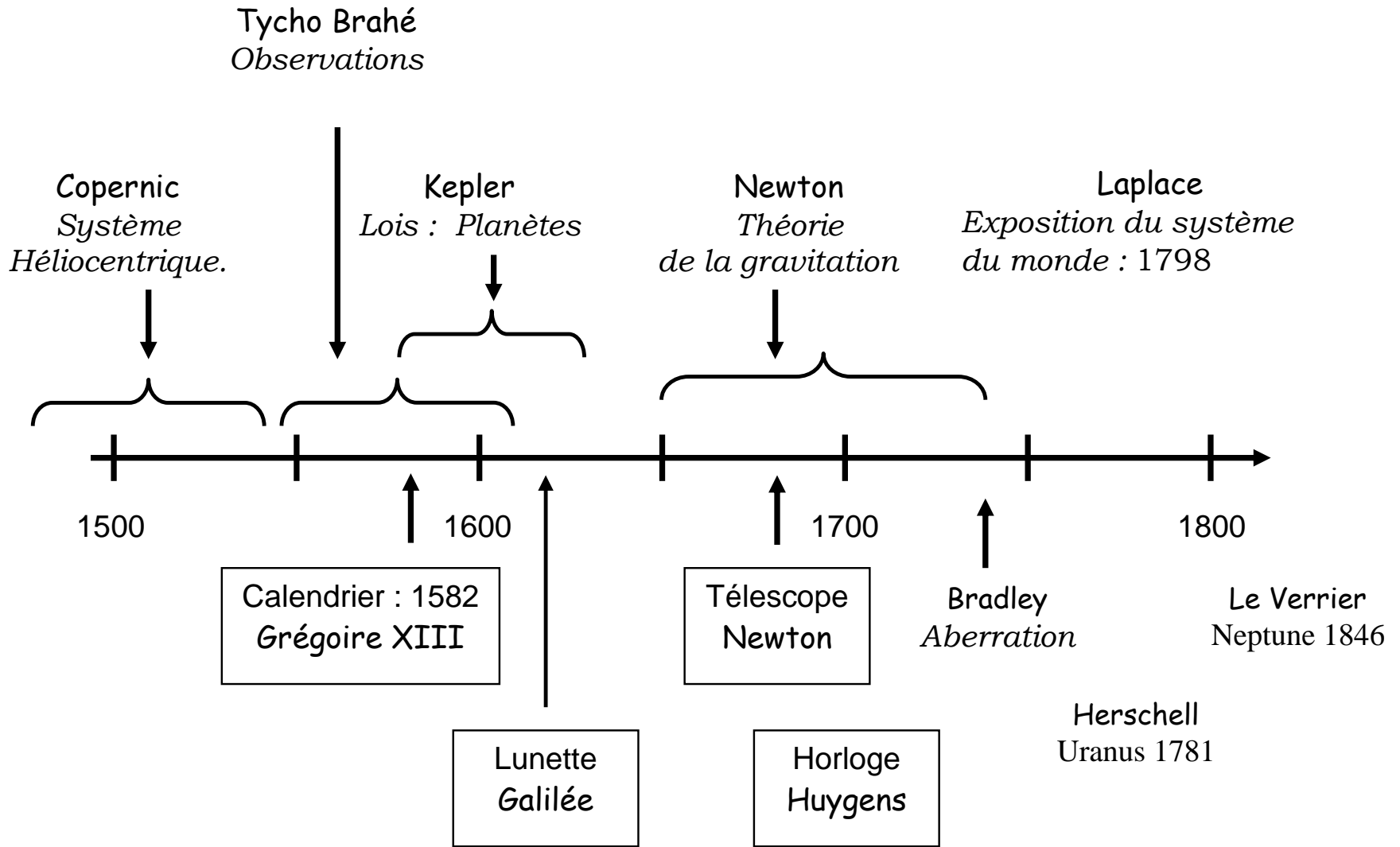


FIGURE 4.5 Schéma démontrant comment la distance entre le Soleil et Vénus ( $R_V$ ) peut être déterminée en fonction de la distance Terre-Soleil ( $R_T$ ). L'angle maximal  $\alpha$  que fait Vénus avec le Soleil est mesuré et ensuite  $R_V = R_T \sin \alpha$ .



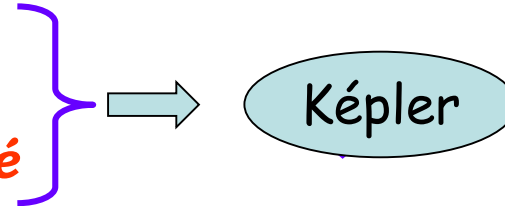
# Astronomie



# *La Mécanique*

Nous avons vu

L'hypothèse de **Copernic**  
et les observations de **Tycho Brahé**



**Lois du mouvement**

Nous allons voir

Galilée et d'autres savants ont étudié le mouvement  
des corps sur **Terre.**

Tous ces travaux ont  
permis d'aboutir



**Théorie de Newton.**

## Giodano BRUNO 1548 - 1600

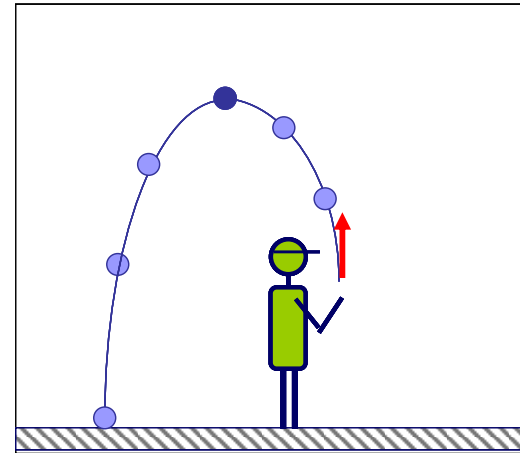
“*Le Banquet des cendres*”, 1584



### *Notion de relativité*

Selon Aristote, il serait impossible qu'une pierre jetée en l'air retombât suivant la même verticale. Le très rapide mouvement de la Terre devrait nécessairement la laisser loin derrière, du côté de l'occident

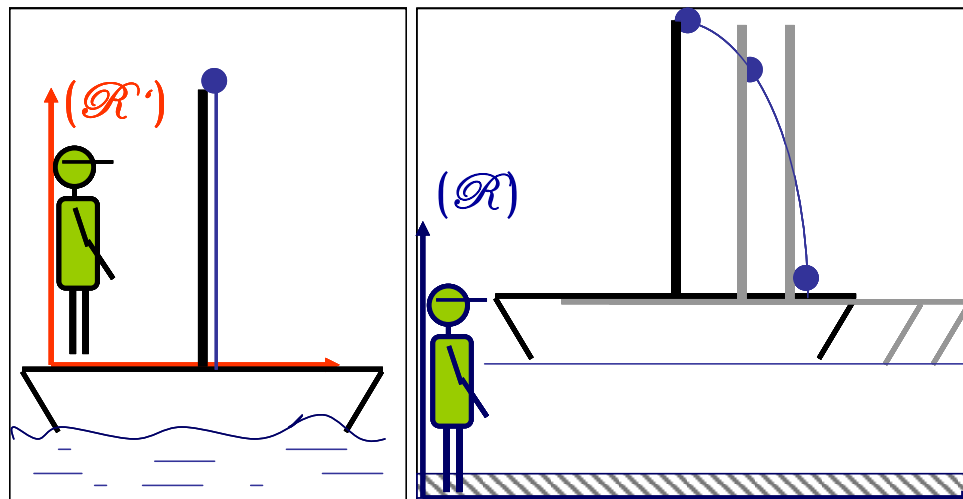
*Le Banquet des cendres*



Or tout ce qui se trouve sur Terre se meut avec la Terre

De la même façon, dans un navire en mouvement

Une pierre, lancée par quelqu'un qui se trouve à bord, retombera en suivant **la même verticale**, quelque soit la vitesse du navire et à condition qu'il ne donne pas de la gîte

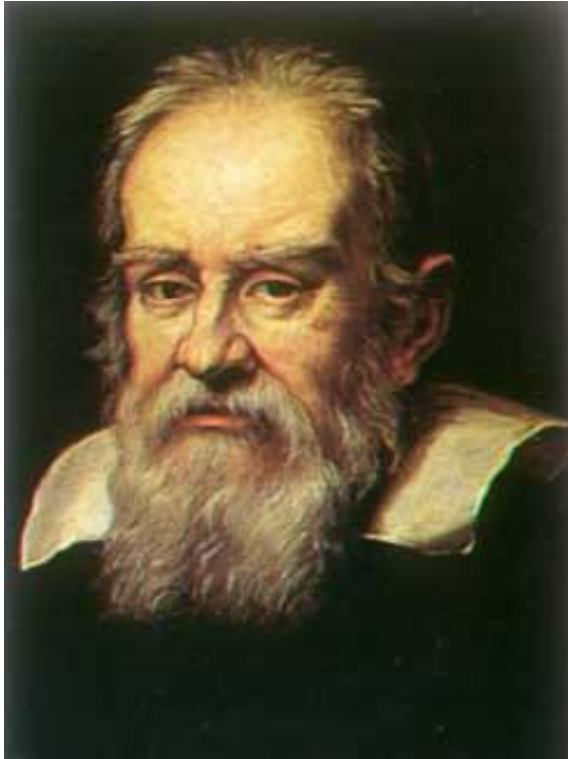


G. Bruno a opéré une véritable révolution de l'image traditionnelle du monde. **Infinité de l'univers**, **unité de la nature**, **géométrisation de l'espace**, **négation du lieu**, **relativité du mouvement** :

Nous sommes tout près de Newton<sup>[1]</sup>.

A. Koyré : *Etudes galiléennes* Ed. Hermann, Paris 2001

Cette étude est reprise en 1632 par Galilée dans le “*Dialogue sur les deux systèmes du monde*”.



Galilée  
1554 - 1642

Comme G. Bruno, Galilée reprend le mouvement:

- ☛ de la chute d'une pierre du haut **d'une tour sur Terre**
- ☛ et le même mouvement du haut du **mât d'un navire.**

Mais pour Galilée, “**il y a une grande différence entre le cas du navire et celui de la terre**”.

Comme Aristote, Galilée fait la **distinction** entre le **mouvement naturel**, donc circulaire, des astres et le **mouvement forcé** dû à un élément moteur du navire.

Galilée ne s'est pas débarrassé de toutes les idées aristotéliennes, alors que Giordano Bruno les a rejetées.

## Référentiel

Pour savoir si la Terre est mobile ou immobile, nous devons nous référer *aux corps séparés de la Terre*, c'est-à-dire les astres (la lune, le soleil etc.). Mais alors, qui est-ce qui tourne, la Terre ou tout le reste ?

*L'immense masse que constitue la sphère étoilée comparée à la petitesse du globe terrestre*, incite Galilée à opter pour le mouvement de la Terre d'autant plus qu'il avait adopté le système héliocentrique de Copernic.

Selon Galilée, le mouvement est décelé ou repéré par rapport "*aux choses qui en sont privées*".

Rappelons qu'au XIIème siècle, Abu'l Barakat al Baghdadi avait remarqué que le mouvement n'existe que *si les positions relatives des corps considérés, changent*

Galilée, à partir du **mouvement d'une boule sphérique sur un plan horizontal** énonce une ébauche du **“Principe de l'inertie”**.

**Mais !**

Selon **Mach** ce principe eut une grande importance dans les travaux d'**Huygens** et **Newton**.

Il sera énoncé plus clairement par **Isaac Beeckman** en 1613 :

*Ce qui est une fois mis en mouvement demeure en mouvement éternellement*



## René Descartes (1596-1650),

dont les travaux en **mécanique** ne furent pas aussi importants qu'en **optique** ou en **mathématiques**,



introduit le concept de

**quantité de mouvement**

et énoncé la loi de la

**conservation de la  
quantité de mouvement**

## Christian Huygens (1629 -1695)



Huygens découvre la ***force centrifuge*** (vis centrifuga)

en donne l'expression  
mathématique

et explique la variation de  
l'accélération de la pesanteur  $g$   
en fonction de la latitude du lieu.

Elle permettra à Newton d'exprimer la loi de la gravitation.

# Isaac Newton 1642- 1727

15

Chute des corps sur Terre

Mouvement des planètes

**Même cause**

Comment est-il arrivé à  
ce résultat ?

*par Induction*



**Newton** 1642-1727

**Expériences de Galilée**

**Force centrifuge Huygens**

**Observations de Tycho Brahé**

**L. Inertie  $F = 0$        $V = C^{te}$**

**L. Fondamentale  $F = m \gamma$**

**L. Action-Réaction  $F + R = 0$**

**Lois de Képler**

**Théorie de la Gravitation**

$$\vec{F} = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \vec{u}$$

Dans les Principia.,  
"sûrement l'ouvrage le plus important qui fut jamais écrit en  
physique ,

Newton commence par énoncer un certain nombre de définitions :

**la masse,**

**la quantité de mouvement,**

**la force d'inertie (*vis insista*),**

**la force imprimée (*vis impressa*),**

**la force centripète,** puis

il donne les caractéristiques de cette force,

Il fait la distinction entre

le **poids** et la **masse** d'un corps

et donne sa conception de l'espace et du temps.

***Le temps absolu, vrai et mathématique, sans relation à rien d'extérieur, coule uniformément.***

***L'espace absolu, sans relation aux choses externes, demeure toujours similaire et immobile.***

Puis il énonce les ***trois principes***

et donne la loi de la ***composition des forces***  
(règle du parallélogramme)

introduit les ***repères d'inertie***.

Après avoir présenté l'outil mathématique qui sera utilisé, il résout un grand nombre de problèmes :

{ le mouvement des planètes  
de mécanique céleste,  
l'étude des marées etc..

# Travaux sur la lumière

- Newton avec un prisme remis l'idée que la lumière blanche, selon la vision de son époque, était uniforme, homogène.
- la lumière du soleil se disperse lorsqu'elle passe à travers le prisme car les couleurs qui la compose ont chacune une **réfrangibilité** différente.

## Le télescope réflecteur

Newton observa que les lentilles réfractent les rayons lumineux de manière différente selon leur couleur.

Il entreprit alors de construire un télescope réflecteur, c'est-à-dire un télescope qui utilise des miroirs plutôt que des lentilles

Ce télescope avait un facteur de grossissement d'environ 40





- **La méthode des fluxions**
- Théorie du calcul infinitésimal, en même temps que **Leibniz** (1646-1716) inventait le calcul différentiel.
- Théorème de la série du binôme:
  - développement de  $(x + y)^n = \sum_{p=0}^n C_n^p x^p y^{n-p}$
  - utilisation en combinatoire:  $C_n^p = n! / ( p! (n-p)! )$

Placer n objets dans p boîtes, un seul objet par boîte : garer des voitures sur un parking.

**Isaac Newton** 1642- 1727

15

Calcul différentiel

*Mécanique*

*Logique*

*Trentaine de livres*



**Leibnitz** 1646-1716

## **Le « nouveau calcul »**

recherche débutée avec la codification de l'algèbre par Viète et l'algébrisation de la géométrie par Descartes. Tout le XVIIe siècle étudie l'indivisible et l'infiniment petit

## **Calcul infinitésimal** : Newton ou Leibniz ?

Newton et Leibniz avaient découvert le calcul différentiel et intégrale. Newton a publié tard (1713) , Leibniz : 1684 et 1686) (30 ans d'écart)

## **Notation de Leibniz**

Il est à l'origine des termes de :

- « fonction » (1692, de functio : exécution) ,
- « coordonnées »,
- de la notation du produit de a par b sous la forme a.b ou ab, d'une définition logique de l'égalité
- du terme de « différentielle » (qu'Isaac Newton appelle « fluxion ») ,
- de la notation différentielle  $dy/dx$  , du symbole intégrale.
- Leibniz popularise l'utilisation de « : » pour représenter la division.

Concept	Apports de Leibniz
Énergie cinétique (1/2)mv <sup>2</sup>	Invention du concept, sous le nom de « <a href="#">force vive</a> ». Il s'oppose à une idée de Descartes qui était que la quantité $mv$ se conservait dans les chocs, indépendamment des directions du mouvement <sup>12</sup> . Leibniz écrit « Il se trouve par la raison et par l'expérience que c'est la force vive absolue [ $mv^2$ ] qui se conserve et nullement la quantité de mouvement » (Essai de dynamique, 1691).
Principe de moindre action	Le principe de la moindre action a été découvert en 1740 par Maupertuis. Leibnitz 1682
Définitions de l'espace et du temps	Leibniz s'opposa à <a href="#">Isaac Newton</a> au sujet de l'espace absolu que définit ce dernier. « J'ai marqué plus d'une fois que je tenais l'espace pour quelque chose de purement relatif, comme le temps ; pour un <i>ordre</i> de coexistences comme le temps est un <i>ordre</i> de successions... Je ne crois pas qu'il y ait aucun espace sans matière. Les expériences qu'on appelle du vide, n'excluent qu'une matière grossière <sup>17</sup> . »

# L'impact de Newton sur la science

- Application des mathématiques à l'étude de la nature → explication d'un grand nombre de phénomènes naturels avec un principe général: la loi sur la gravitation.
- Il a utilisé les fondements de la dynamique → image mécanique de l'univers.
- Le travail de Newton a grandement influencé le développement des sciences physiques. Si bien que les scientifiques n'ont pas exprimé le besoin de réviser les conclusions de Newton jusqu'au début du 20ème siècle.
- Dans les systèmes impliquant des vitesses inférieures à la vitesse de la lumière, les principes que Newton formula il y a presque 300 ans restent toujours valables.

En plus de son travail scientifique, Newton nous a laissé un nombre considérable d'écrits sur la théologie, la chronologie, l'alchimie et la chimie.