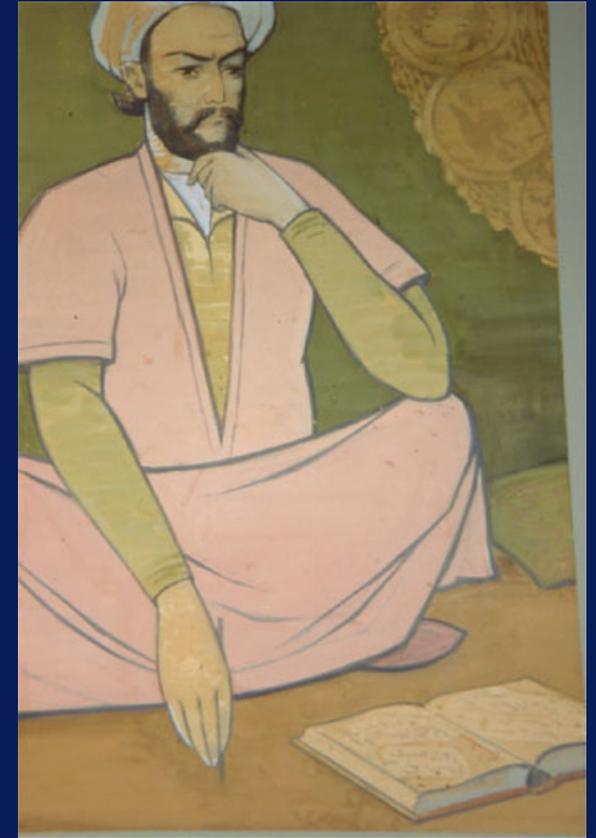


Les origines de la science occidentale



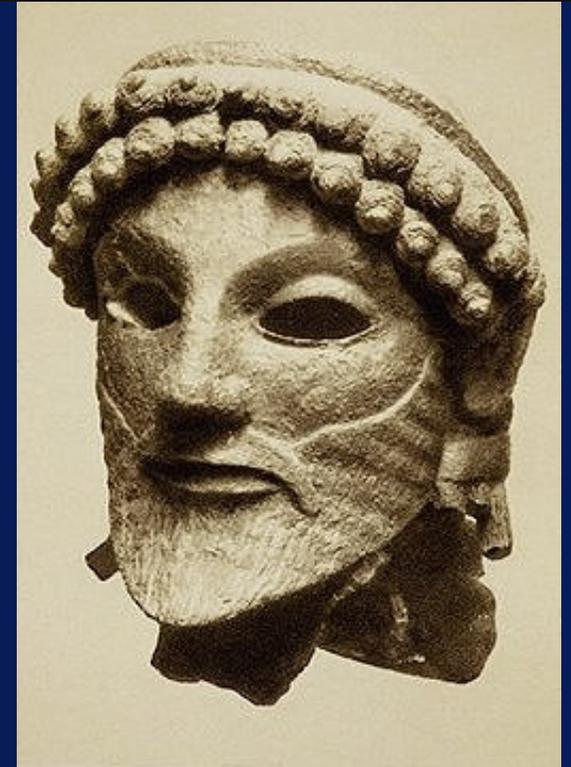
Les tournants de l'histoire (et de la science)
on parfois
des causes qui s'apparentent aux conjonctions
astrales...

L'héritage - 1

Les anciennes civilisations - babylonienne, égyptienne, indienne - ont laissé un grand **patrimoine de connaissances**, mais leurs calculs sont des **calculs pratiques**.

L'astronomie est une **astronomie d'observation** : on enregistre les mouvements des astres, mais on n'explique pas les causes de ces mouvements.

Les **mathématiques** abstraites, les **modèles cosmologiques** seront la qualité distinctive de la civilisation grecque.

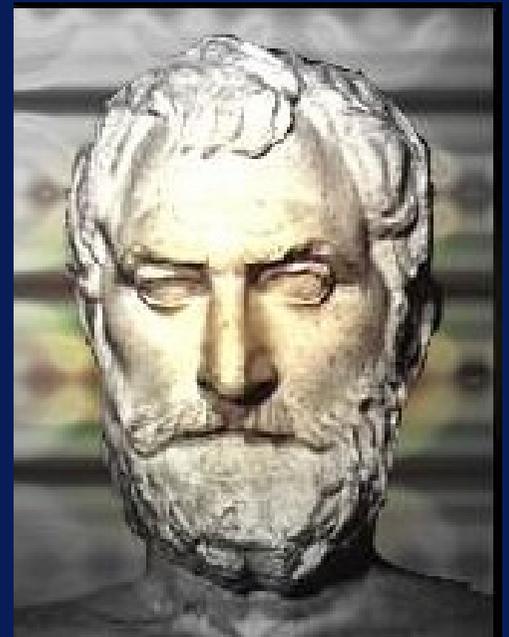
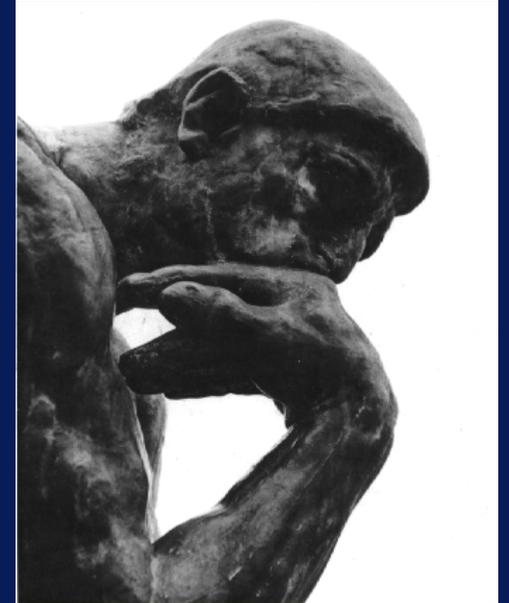


Quand la science s'appelait philosophie...

Le rêve grec :

1. Réduire les phénomènes complexes à des causes 'simples'.
2. Remettre en question toute vérité, même évidente, par ex. en utilisant l'expérience.
3. Décrire la nature par les mathématiques.

Ce rêve commence avec les **philosophes naturalistes**, de Thalès à Anaxagore, et se termine au II^e siècle après J.-C. avec Ptolémée d'Alexandrie et Galien.

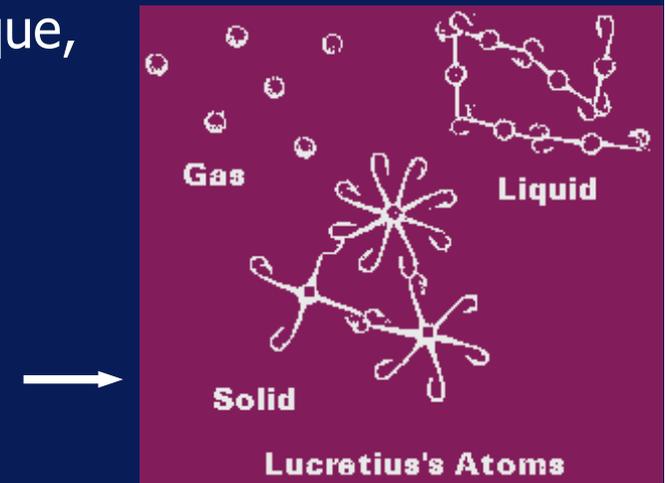


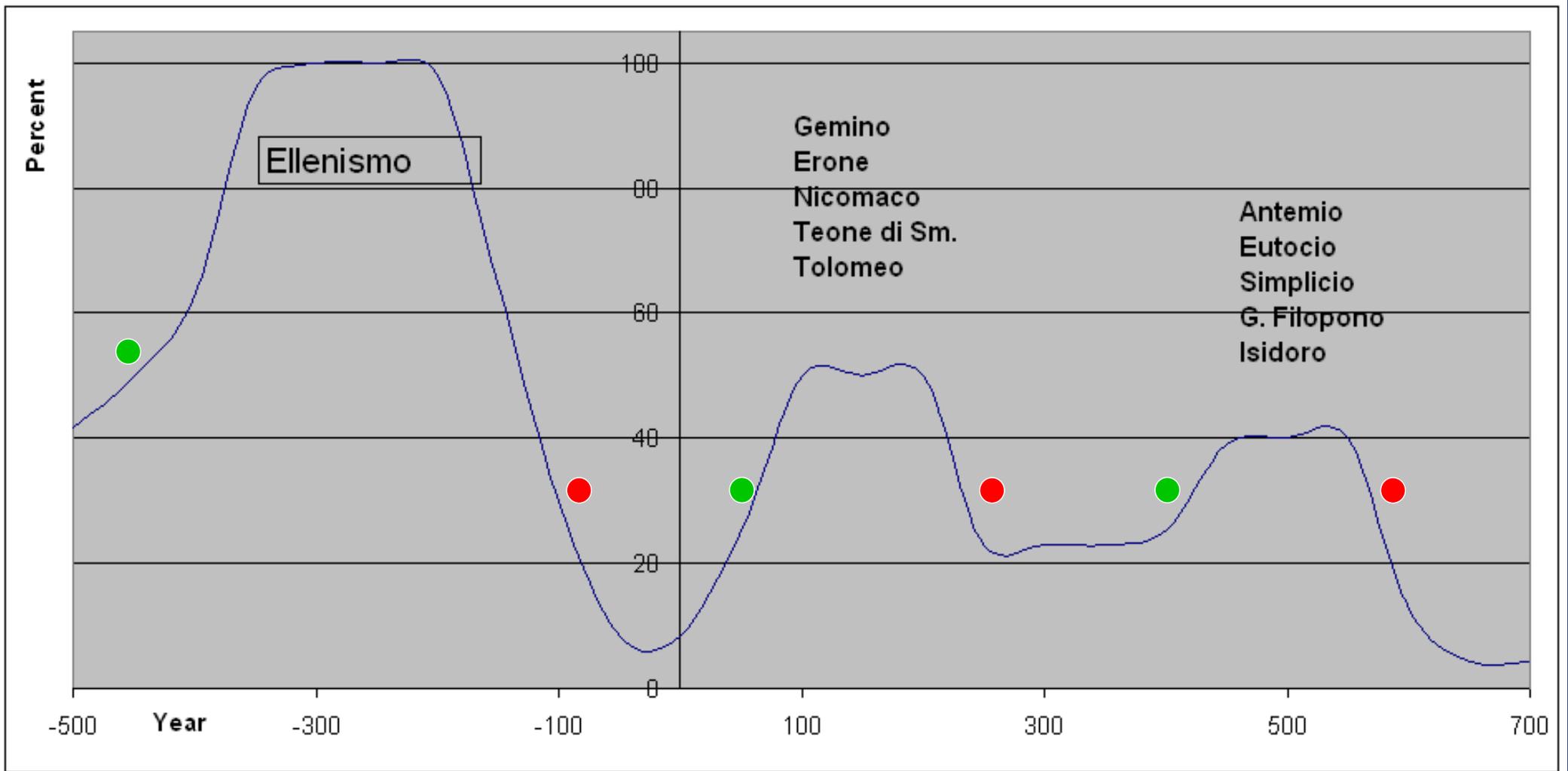
Le miracle grec : à la recherche d'explications rationnelles



Les philosophes naturalistes du **VI-IV^e** siècle av. J.-C. ont des **grandes intuitions**:

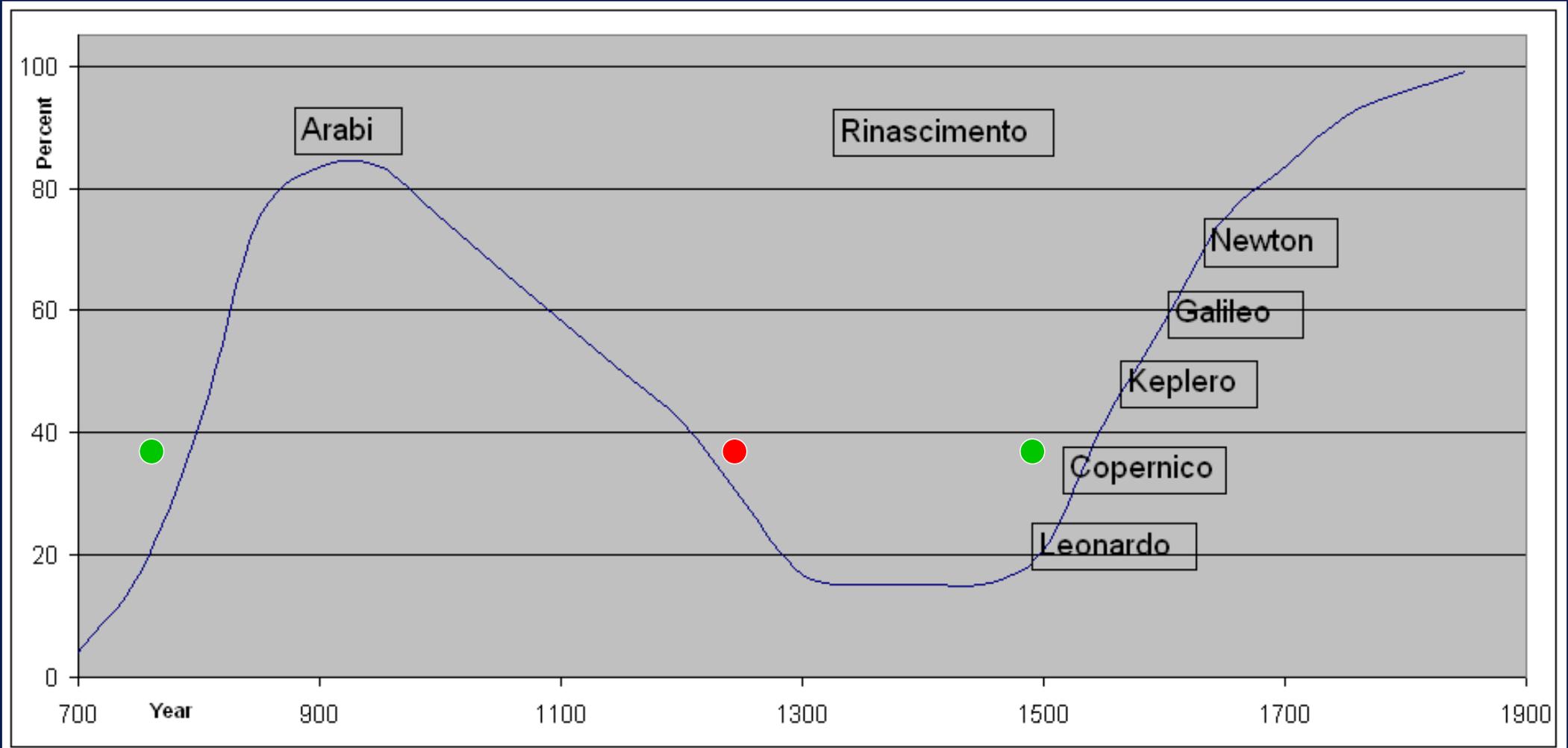
- La Terre, la Lune et le Soleil ont une forme sphérique, et sont suspendus dans l'espace.
- la Terre tourne sur elle même en 24 h;
- la Lune reçoit sa lumière du Soleil;
- la matière est constituée d'atomes indivisibles et indestructibles;
- tant qu'ils tournent, les astres restent en l'air; etc. etc.





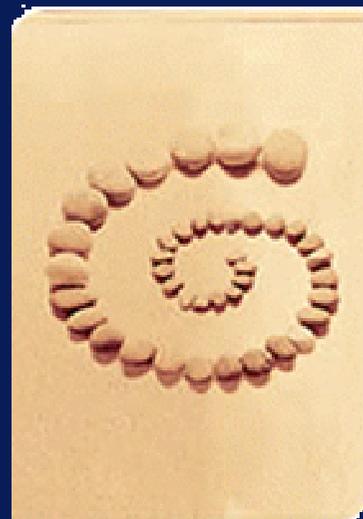
La science hellénistique, sous l'empire romain, et à Byzance
 (échelle arbitraire de 0 a 100)

Et à Rome ?



Les Arabes et la reprise en Europe

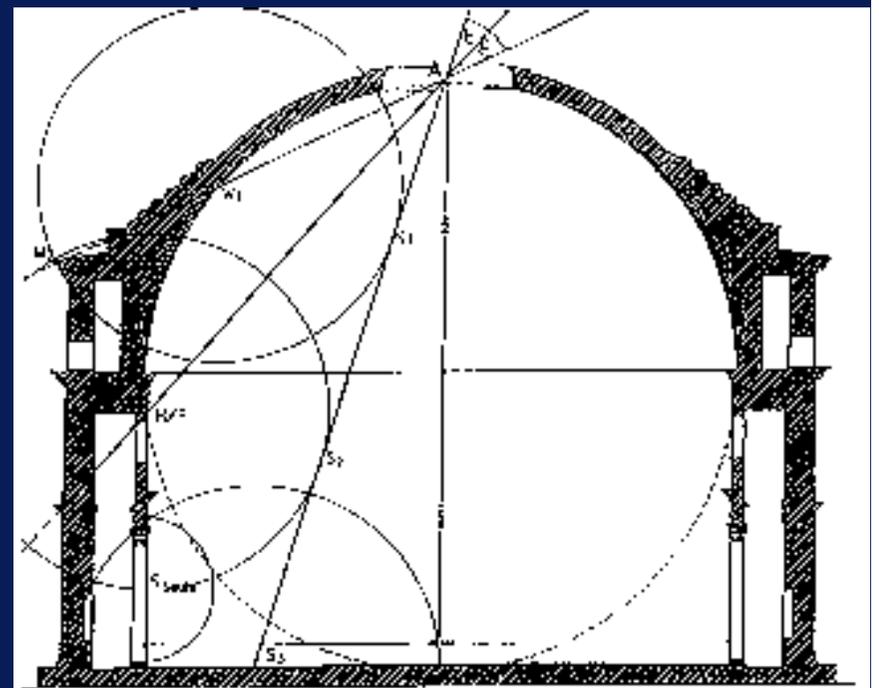
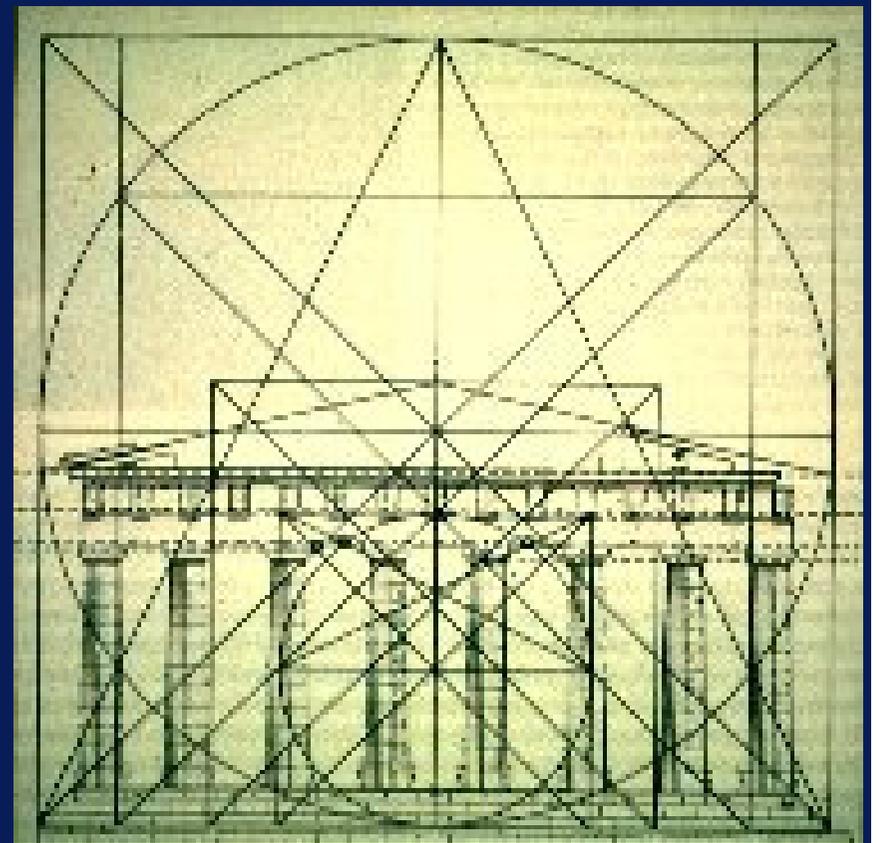
La Géométrie



La géométrie

Pour les Grecs, la géométrie n'est pas seulement l'étude des figures planes ou solides :

1. D'un côté, c'est un **procédé de calcul** – que, avec l'héritage arabe, nous avons remplacé par le calcul numérique.
2. De l'autre côté, c'est, avec Euclide, l'archétype des **sciences exactes**.



Sciences exactes ou axiomatique - déductives

- On démontre **des nouvelles propriétés** par des procédés logiques, à partir de propriétés déjà prouvées.
- Puisque **on ne peut pas tout démontrer indéfiniment**, on se base sur quelques propriétés simples, indémontrables (*axiomes, postulats, hypothèses* ; en physique, *principia*).
- Les affirmations de la théorie ne concernent pas des **objets** du monde réel mais des entités spécifiques de la théorie considérée.
- À l'intérieur d'une théorie, **les déductions sont exactes**, vérifiables, en nombre illimité.

Théories axiomatique – déductives

- Une **théorie** est applicable au monde physique grâce à des **"règles de correspondance"** entre les objets de la théorie et les objets concrets (ou **"apparences"**).
- Les règles de correspondance n'ont aucune garantie absolue; (entre autres, le **domaine de validité** des règles de correspondance est toujours limité).
- La méthode fondamentale pour contrôler la validité des règles de correspondance est la ***méthode expérimentale***.
- **Une théorie n'est pas une "vérité"**. Si une théorie est désavouée par l'expérience, il faut la modifier ou en chercher une meilleure.

Tout cela peut paraître inhabituel, mais:

On utilise des "postulats" en d'autres occasions, par ex. :

"Tous les hommes sont égaux sans distinction de race, de couleur, de sexe, de langue, de religion, de richesse, de naissance ou autre condition".

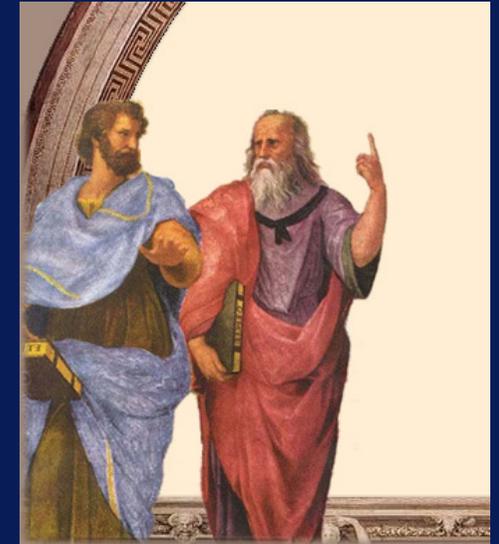
Quant à la distinction entre **objets théoriques** et **objets réels**, posons-nous quelques questions :

- " Est-ce que les orbites des planètes sont elliptiques ? "

ou alors :

- " Est-ce que la lumière, la température, la charge électrique, les électrons ou les atomes existent ? "

[la réponse est : non dans chaque cas]



En résumé

Une théorie **axiomatico – déductive**
a une structure logique :

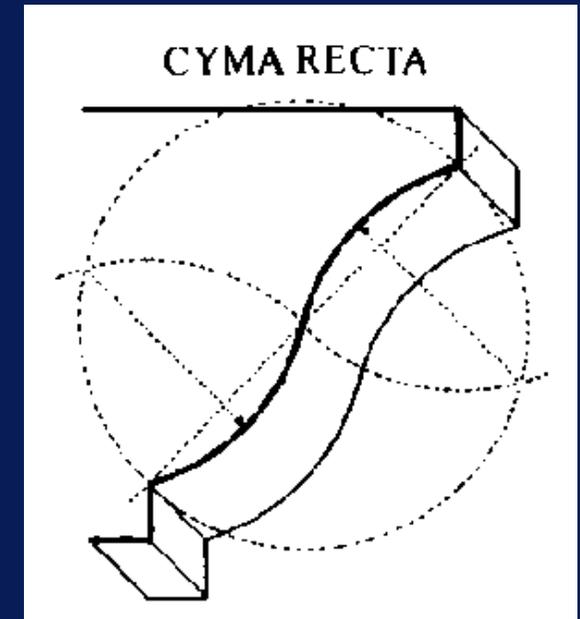
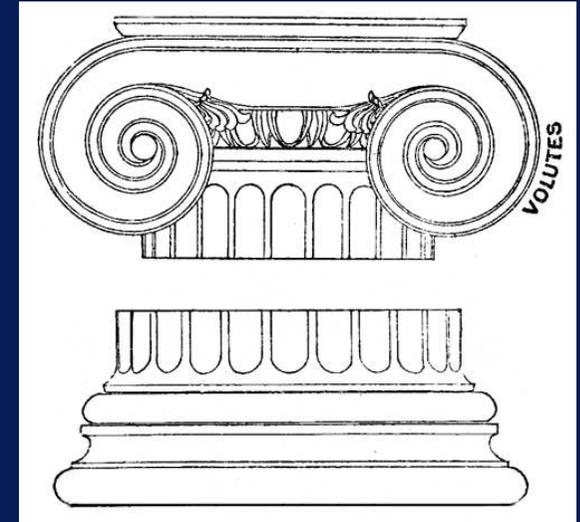
- postulats, axiomes, objets élémentaires



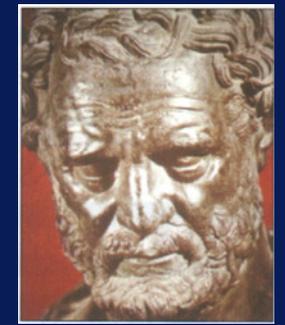
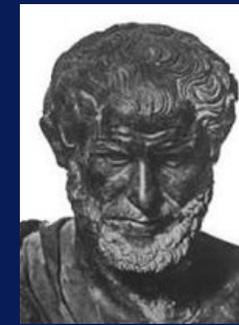
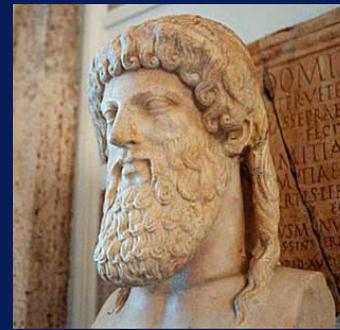
- méthode unitaire de déduction



- conséquences et nouvelles propriétés en nombre illimité
(=> créations et inventions)



Origines de la science (moderne, occidentale...)



En se référant à la notion de "science exacte" on peut affirmer qu'il n'y avait ce type de science :

- Ni dans les anciens empires
- Ni dans la Grèce du V siècle av. J.-C.
- Ni dans les oeuvres de Platon ou d'Aristote,
- Ni dans la culture romaine.

On a le premier exemple de sciences exactes au **III s. av. J.-C.** à Alexandrie (avec Euclide et ses disciples), et ce fut une caractéristique essentielle de la civilisation **hellénistique**.

[Question : **qui** savait démontrer un théorème ?]

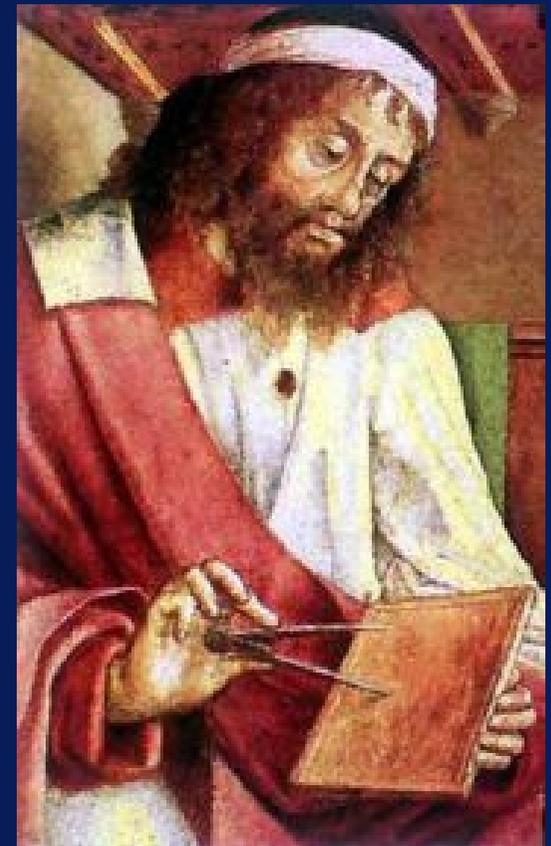
[Hellénisme, kesako ?]

Donc :

Si l'on cherche une date pour **les origines de la science**, par ex. arabe puis occidentale, le choix le plus plausible se situe dans la période connue sous le nom d'*Hellénisme*.

C'est aussi le moment où les disciplines scientifiques (astronomie, physique, médecine...) **se séparent de la philosophie**.

[D'habitude, on fait commencer la science moderne avec **Copernic, Kepler, Galilée** ; il faudra reculer cette date d'environ 2000 ans!]



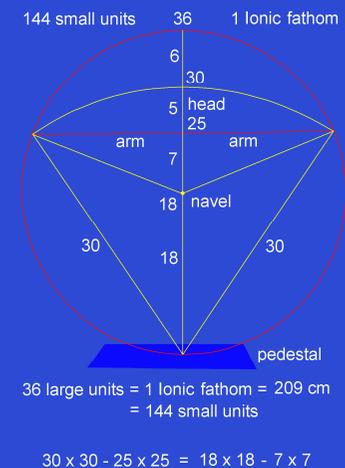
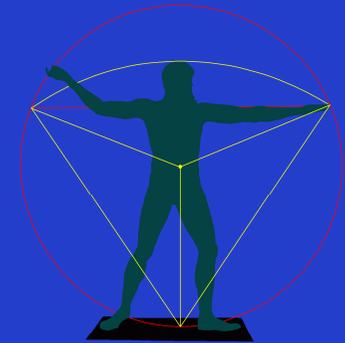
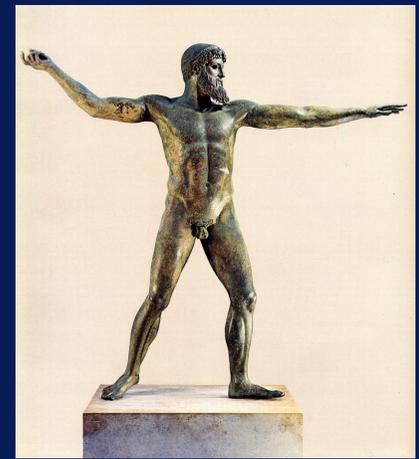
À confirmation que 'la science' est née avec l'hellénisme...

... différentes théories scientifiques hellénistiques:

- la géométrie euclidienne,
- l'optique géométrique et la perspective
- la théorie des machines simples,
- l'hydrostatique,
- la théorie des nombres
- La géographie mathématique

...ont été incluses substantiellement inchangées dans la science moderne.

Théorie des marées...



Avantages d'une théorie axiom-déductive

- On n'a pas besoin de se demander continuellement si ce que l'on fait est vrai ou faux.
- "A l'intérieur" de la théorie l'exactitude des conséquences est garantie – on peut toujours vérifier si une propriété est vraie ou fausse. La déduction de nouveaux résultats peut avancer alors très rapidement.
- La terminologie, les méthodes, les conséquences sont "universelles"; elles peuvent être partagées par les chercheurs du monde entier, qui parlent tous le même langage, utilisent les mêmes méthodes, peuvent vérifier les résultats obtenus par les autres.
- La théorie fournit une méthode générale pour résoudre un nombre illimité de problèmes. Quand les déductions dépassent le domaine des phénomènes connus, on peut avoir des inventions ou des innovations technologiques. (ex. du positron: 1930 Dirac, 1932 Anderson, 1973 PET)

En Astronomie... Des cercles dans le ciel

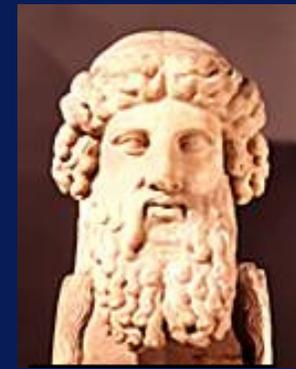


2 - Stations et rétro-gradations



Quand les philosophes s'en mêlent

Platon (v. 428-347 av. J.-C.)



A Athènes, Platon se passionne à la physique en âge avancé.
Il pose ce problème aux mathématiciens :

... quels sont les mouvements circulaires et uniformes qu'il convient de prendre pour hypothèse afin de sauver les apparences que les **astres errants**** nous présentent ?

** la Lune
le Soleil
Mercure
Venus
Mars
Jupiter
Saturne

Les étoiles sont dites "fixes", parce qu'on les pense fixées à une sphère externe aux autres (d'où le nom "firmament").

La réponse

ἀγεωμῆρητος
μηδεὶς
εἰσίτω

Eudoxe de Cnide (IVe siècle av. J.-C.), Callippe,
puis Aristote :

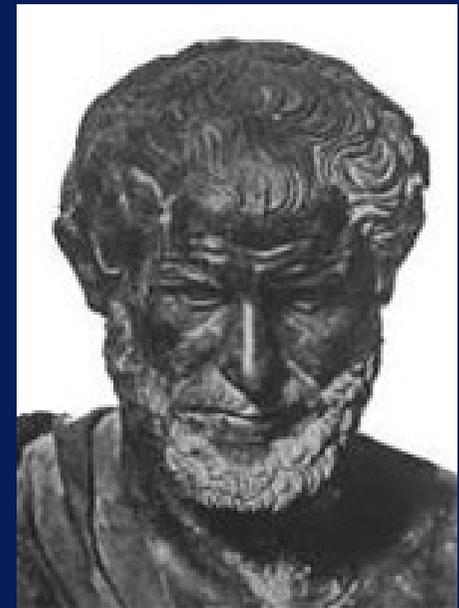
- Les astres mobiles sont transportés par un système de sphères, ayant le même centre que la Terre.
- La rotation de chaque sphère est uniforme, mais l'axe, la vitesse et le sens de rotation sont propres à chacune.
- 27 sphères pour Eudoxe, 7 de plus pour Callippe, et 55 au total pour Aristote !

Aristote (384-322 av. J.-C.)

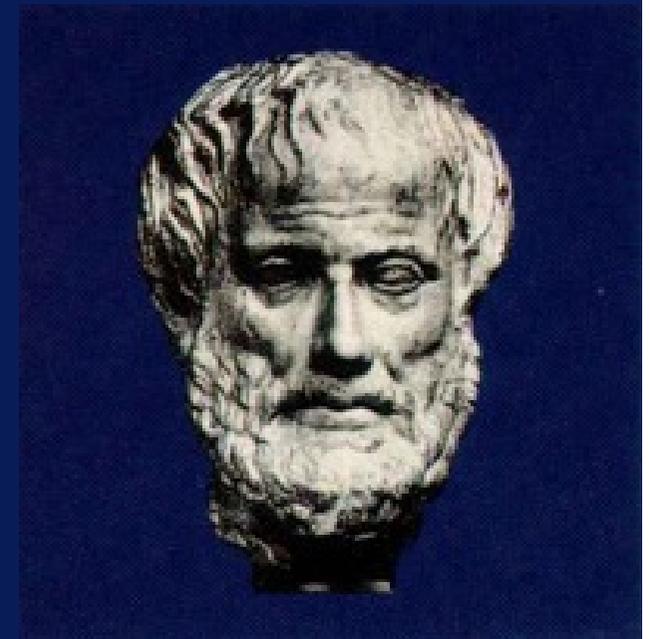
Enfin, **Aristote le "classificateur"** s'attelle à une théorie du monde qui explique ... tout.

Il s'empare des idées courantes sur la matière et le cosmos, et construit un système unitaire, faux, mais complet et revêtu d'une logique imparable.

Personne ne saura changer ce système sans le refaire totalement → XVII^e siècle.



La physique d'Aristote



Quelques propositions:

- Le **vide** n'existe pas
- Le monde est constitué de **quatre éléments** (terre, eau, air et feu) plus un cinquième.
- 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 **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).

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.



L'hellénisme

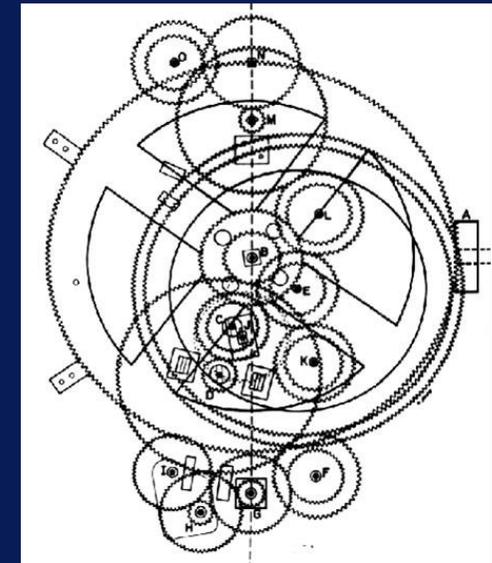
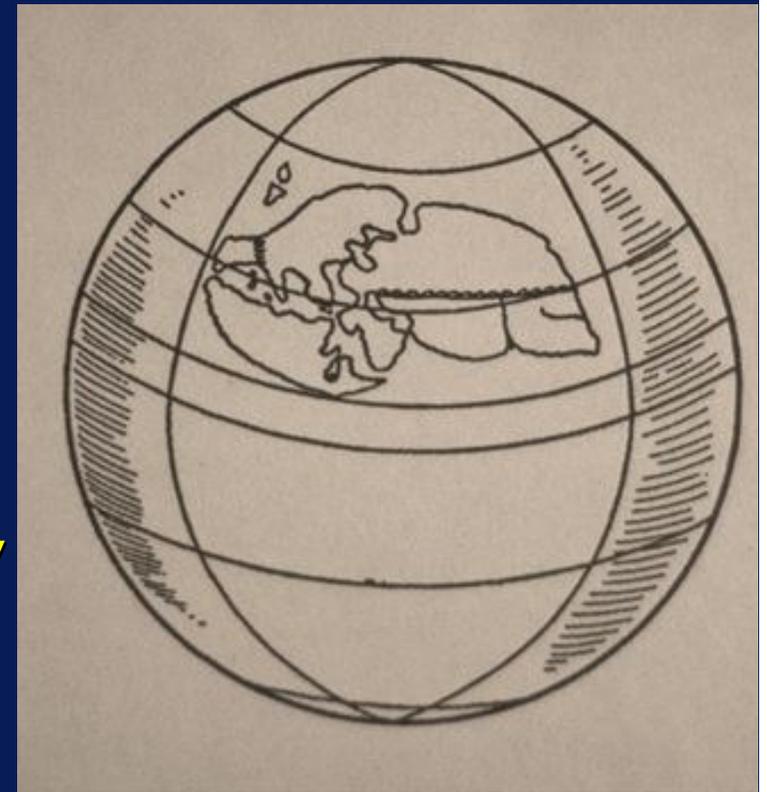
(III^e – I^{er} siècle av. J.-C.)

Les scientifiques du III^e et II^e siècle av. J.-C.

Aristarque, Euclide, Hipparque, Archimède,
Séleucos, Eratosthène, Apollonios...

jettent **Aristote** aux oubliettes, et continuent leurs découvertes (mathématiques):

- l'**héliocentrisme**,
- les **dimensions** de la Terre et de la Lune,
- la **distance** Terre-Lune,
- la **précession** des équinoxes,
- l'idée de **gravité**,
- la théorie des **marées** ...



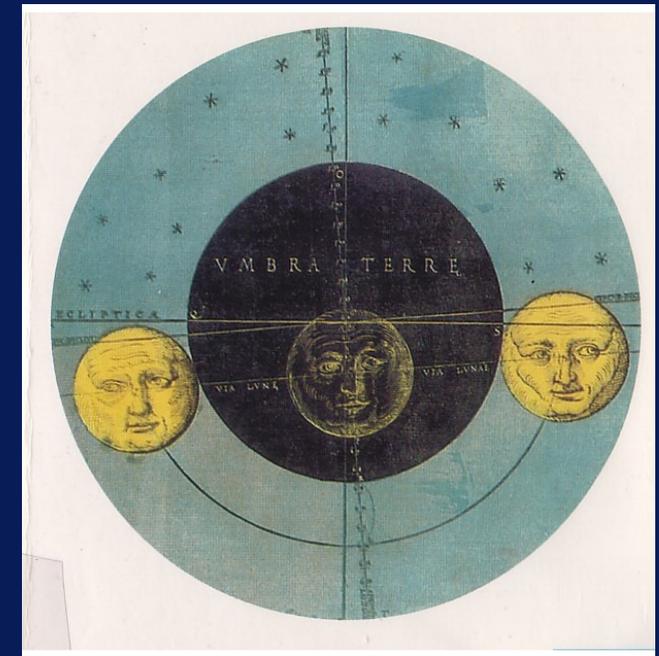
Période hellénistique

Aristarque (puis **Hipparque**) évalue les dimensions et la distance de la Lune (et du Soleil) par rapport à la Terre.

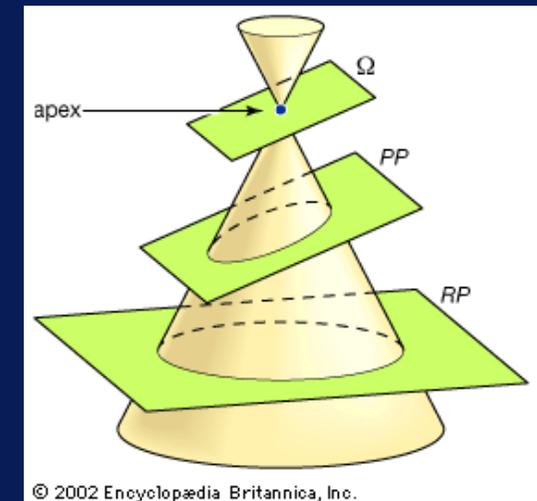
Ératosthène mesure (avec une **précision** de 0.8 %) les dimensions de la Terre, et dresse la carte du monde connu.

Les propriétés des (sections) **coniques** sont étudiées très en détail par **Apollonios** de Perga (les 'coniques' sont des cercles vus sous des angles spécifiques).

Les Grecs sont dès lors outillés pour décrire **les trajectoires** de principaux corps célestes (planètes, satellites, comètes).



Mesure du diamètre de la Lune



© 2002 Encyclopædia Britannica, Inc.

Au IIIe siècle il y avait à Alexandrie :

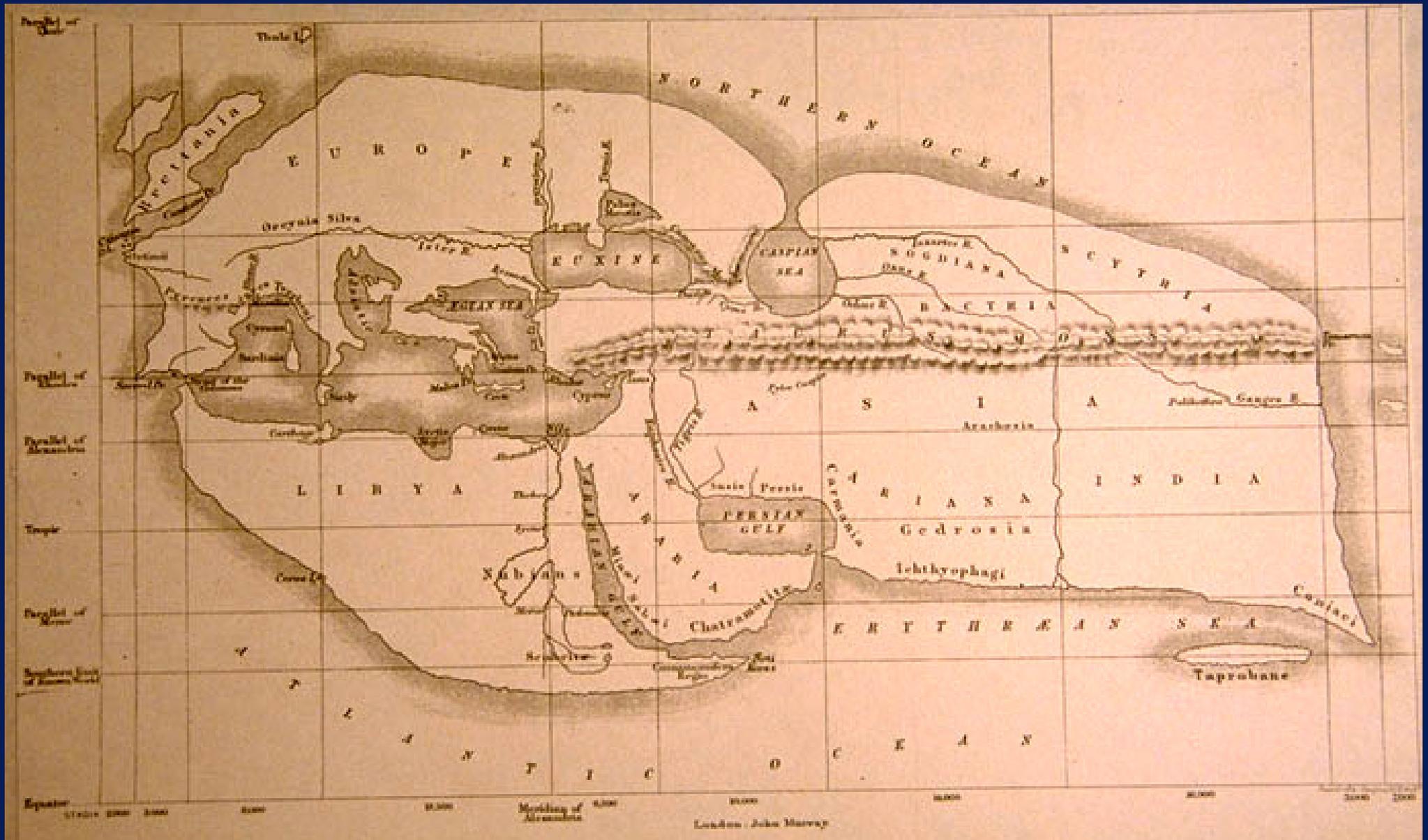
- Le **Musée** (maison des Muses) avec une cinquantaine de professeurs, un parc botanique et un zoologique.
- La grande **bibliothèque** (\Rightarrow 700.000 rouleaux), et trois autres bibliothèques, dont
- Le **Serapeum**, première bibliothèque publique avec 43.000 volumes.



Au IIIe siècle il y avait à Alexandrie :

- **Euclide**, qui enseignait les mathématiques à des élèves très brillants
- **Archimède**, avant de rentrer à Syracuse
- **Ctésibios** l'inventeur, et son école de mécanique
- **Ératosthène**, directeur de la grande Bibliothèque et maître du fils du roi.
- **Philon de Byzance** (hydraulique)
- **Aristarque de Samos** , qui prônait l'héliocentrisme
- **Apollonios de Perga**, auteur de la théorie des sections coniques
- **Hipparque**, le (plus) grand astronome
- **Chrysippe**, le grand logicien
- **Hérophile de Chalcédoine**, grand médecin, père de l'anatomie et de la physiologie
- **Érasistrate de Céos**, qui a décrit le système nerveux et l'appareil circulatoire

Ératosthène de Cyrène - 194 av. J.-C.



Premiers siècles de notre ère, sous le joug de Rome... tout se perd.

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

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.

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

Légion romaine



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 l'héritage du 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.

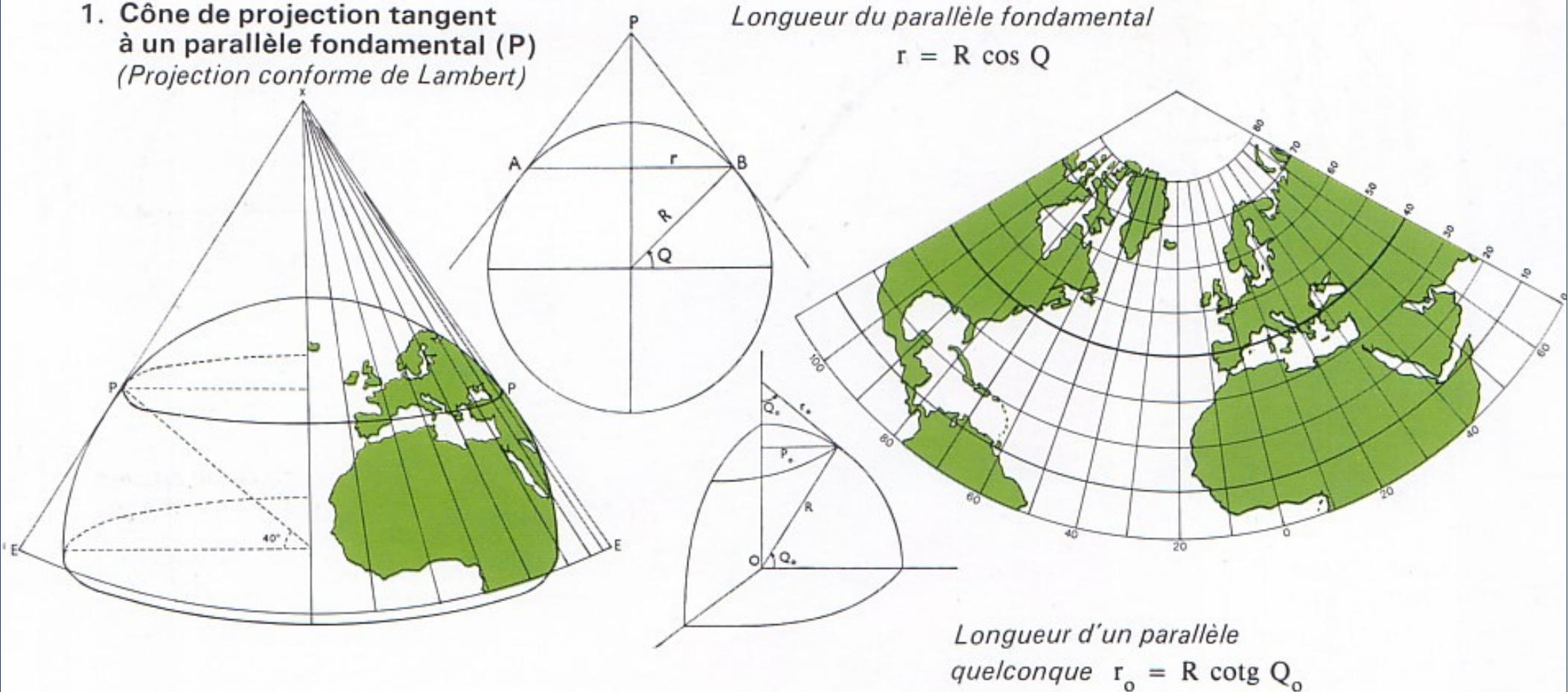
Ptolémée (100 - 170)



Projection conique

A. PROJECTIONS CONIQUES

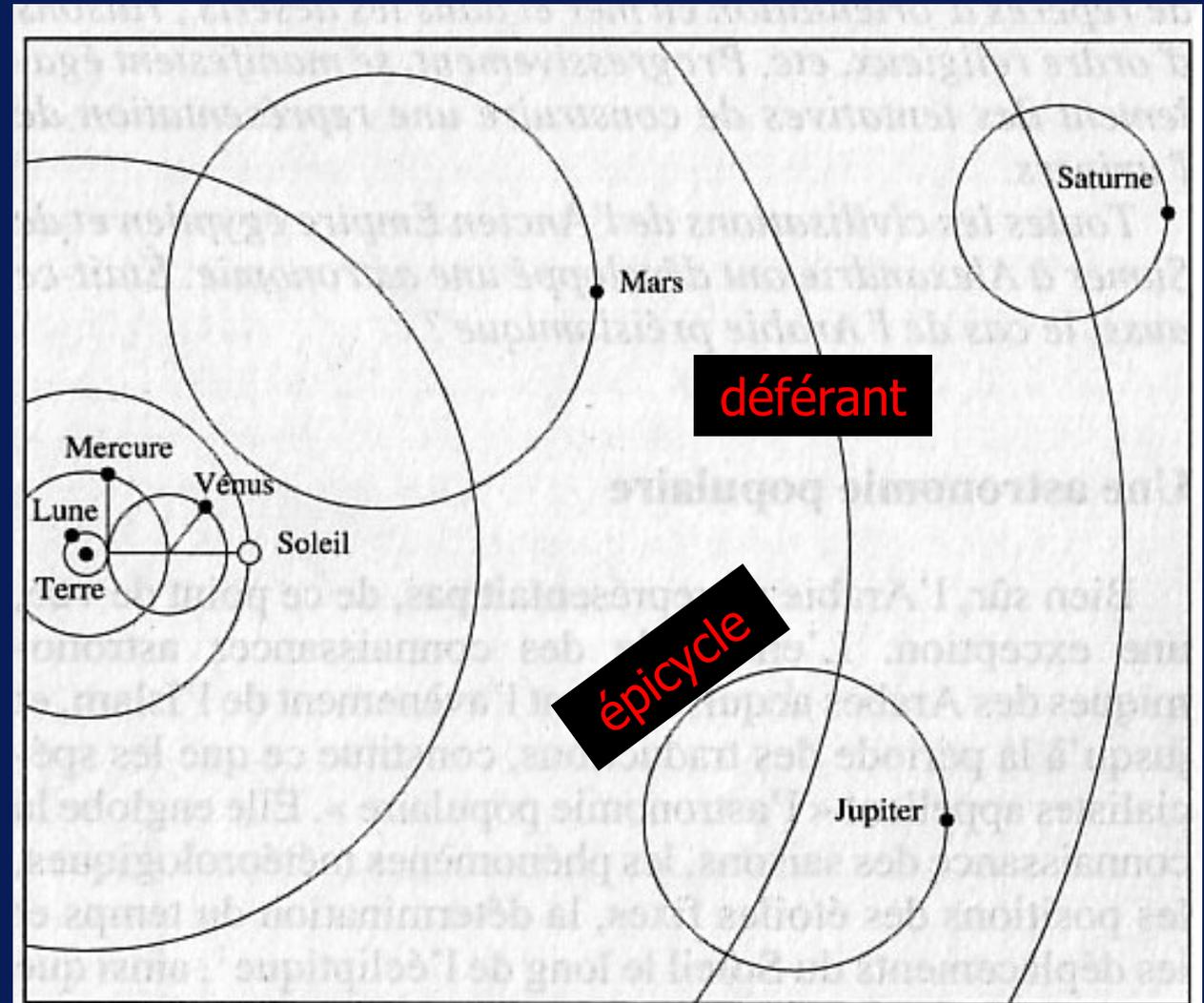
1. Cône de projection tangent à un parallèle fondamental (P)
(Projection conforme de Lambert)



Cercles Déférents et Épicycles

Pour limiter le nombre de sphères, **Ptolémée** utilise pour chaque astre un petit cercle ("épicycle"), porté par un cercle principal, le "défèrent".

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



L' héritage -2

L'héritage scientifique transmis au Moyen Âge consiste de :

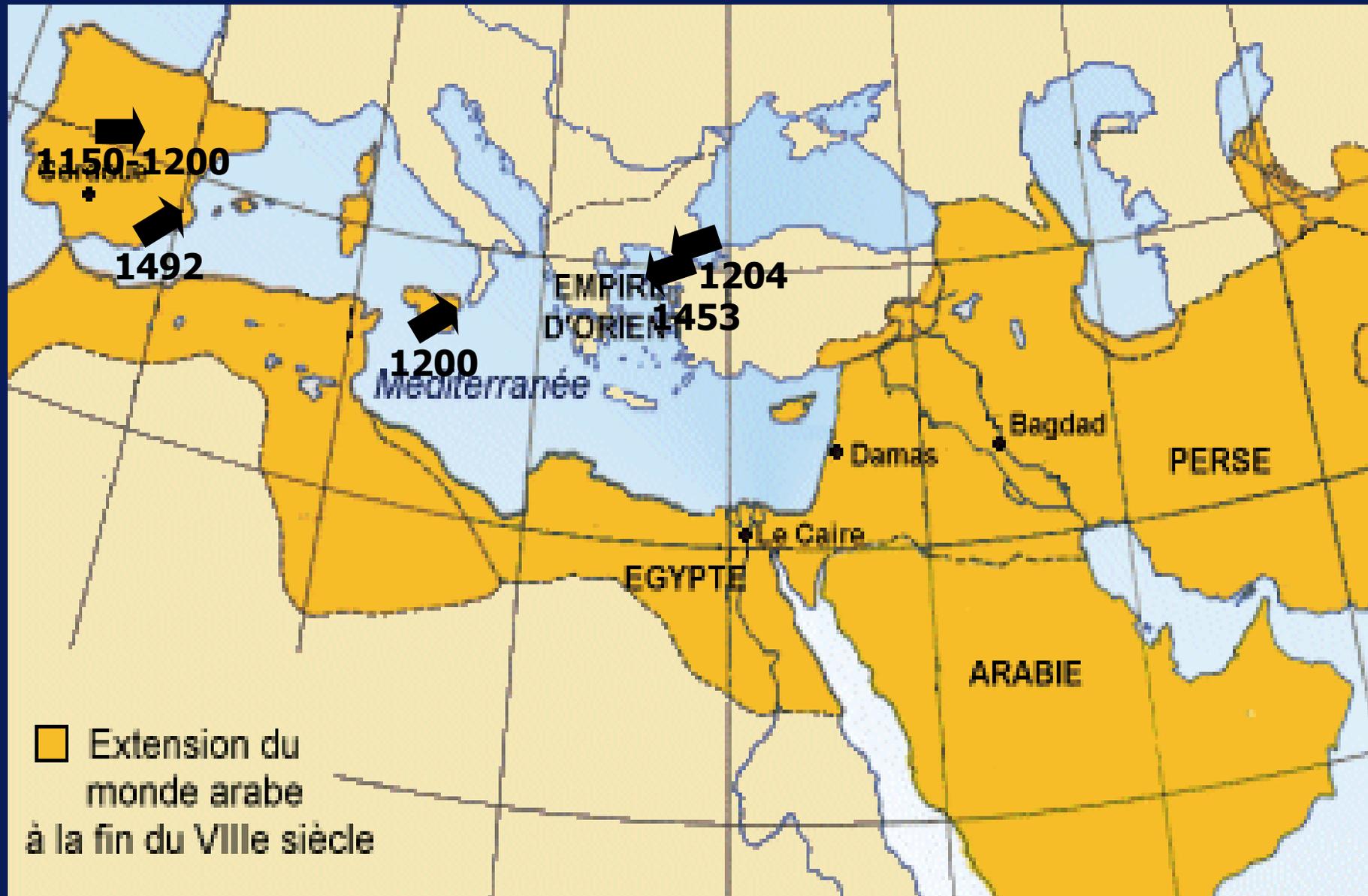
1. **La physique et la cosmologie d'Aristote**
2. **L'astronomie et la géographie de Ptolémée**
3. Une idée curieuse: **ce n'est pas aux astronomes** de définir la structure du monde - la cosmologie revient aux philosophes.

Nature du mouvement etc.

La Terre est immobile.

(source de malheurs de Galilée)

Passage des textes en Occident ➡ Renaissance !



Après l'explosion du III-II siècle après J.-C. :

- La culture Hellénistique se meurt (lentement) sous le joug romain.
- Rome passe à côté des connaissances scientifiques.
- La science des Grecs survit à Byzance et dans les pays conquis par les Arabes; heureusement pour l'Occident, elle survivra pendant 8 siècles.
- Pendant ce temps, l'Europe du Moyen-Age est privée de science (pas seulement à cause des descentes des barbares).
- **La renaissance scientifique en Europe est liée au retour des textes anciens** (en grec ou en arabe).
- Le redémarrage a été bien plus lent que la révolution hellénistique.
- Les premiers scientifiques 'modernes' ont largement puisé dans les livres anciens qu'ils parvenaient à se procurer.
- Dans quelques cas, il faudra arriver au XVII-XIX siècle pour récupérer complètement les notions anciennes.

FIN