

La théorie du chaos

I- Petite histoire de la physique classique

David Viennot – Maître de Conférences en physique théorique
Observatoire de Besançon, Université Marie & Louis Pasteur

NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

^{auto} Autore ^{Equite f. uato,} J. S. NEWTON^{Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos}
[^] Professore ^{et Societatis Regiæ Societatis} ~~Lucafiano,~~ & Societatis Regiæ Sodali.
et Societatis Regiæ Societatis

IMPRIMATUR.
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
Julii 5. 1686.

LONDINI,
Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud
plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.



De l'origine du mot « chaos »

Cosmogonies antiques

Dans la mythologie grecque, **Χάος** est le dieu élément primordial personnification de l'espace préexistant à toutes choses. Selon la *Théogonie* d'Hésiode, l'Abîme (Χάος) précède la Terre (Γαῖα), l'Amour (Ερως), le Ciel (Οὐρανός), les Ténèbres (Ερεβος), et la Lumière (Αίθήρ).

Selon Ovide dans les *Métamorphoses*, Χάος « est une masse informe et confuse qui n'était rien que poids inerte, amas en un même tout de germes disparates des éléments des choses, sans lien entre eux ».



Dans la cosmogonie chinoise commune au taoïsme et au bouddhisme chan, le **Hundun** (混沌) est le chaos primordial matrice universelle décrit comme une outre informe unie contenant toutes choses non encore créées.



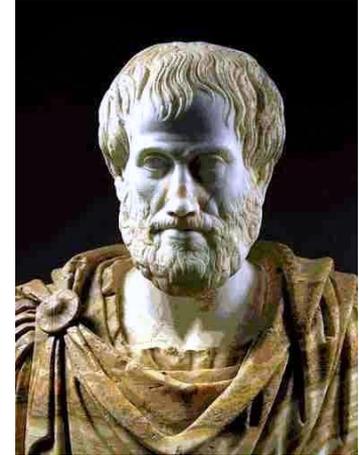
L'âge de la division du Ciel et de la Terre

La division aristotélicienne

Aristote, *de la Physique* (350 av. J.C.)

Les deux mondes :

- Le monde *sublunaire* : le monde terrestre, changeant et constamment soumis à la corruption, à l'évolution et à l'altération.
- Le *cosmos* : le monde céleste parfait et immuable.

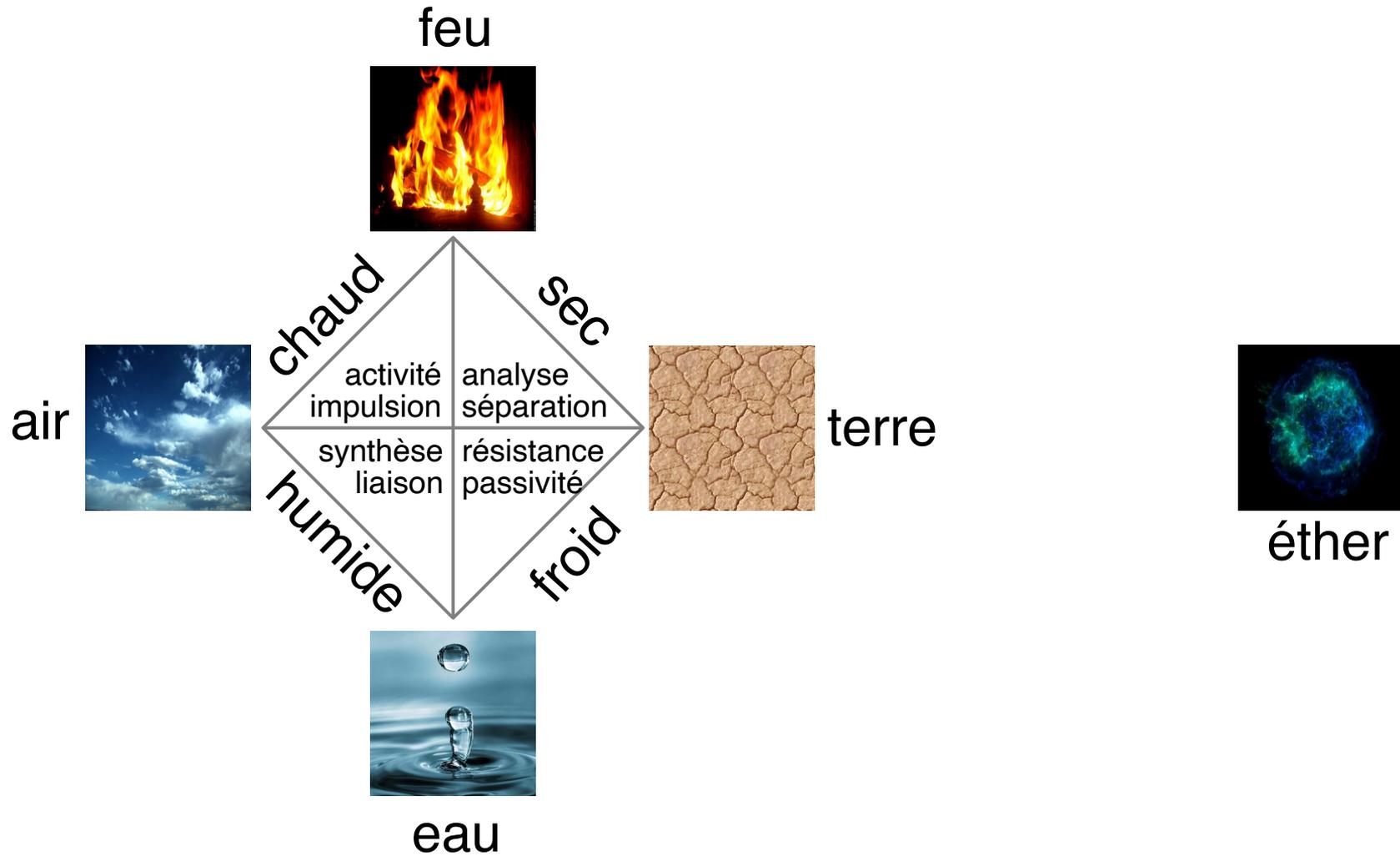


Mécanique terrestre / Mécanique céleste

La théorie élémentaliste d'Aristote

monde sublunaire

cosmos



les éléments s'associent via des « affinités » (amour et haine) : Empédocle

La mécanique terrestre aristotélicienne

Les sphères des états naturels



Le mouvement n'est qu'un état transitoire d'un corps qui cherche à retourner à son état naturel.



Les corps solides tombent vers la sphère de la terre.



La pluie tombent vers la sphère de l'eau et ruisselle au dessus de la sphère de la terre.

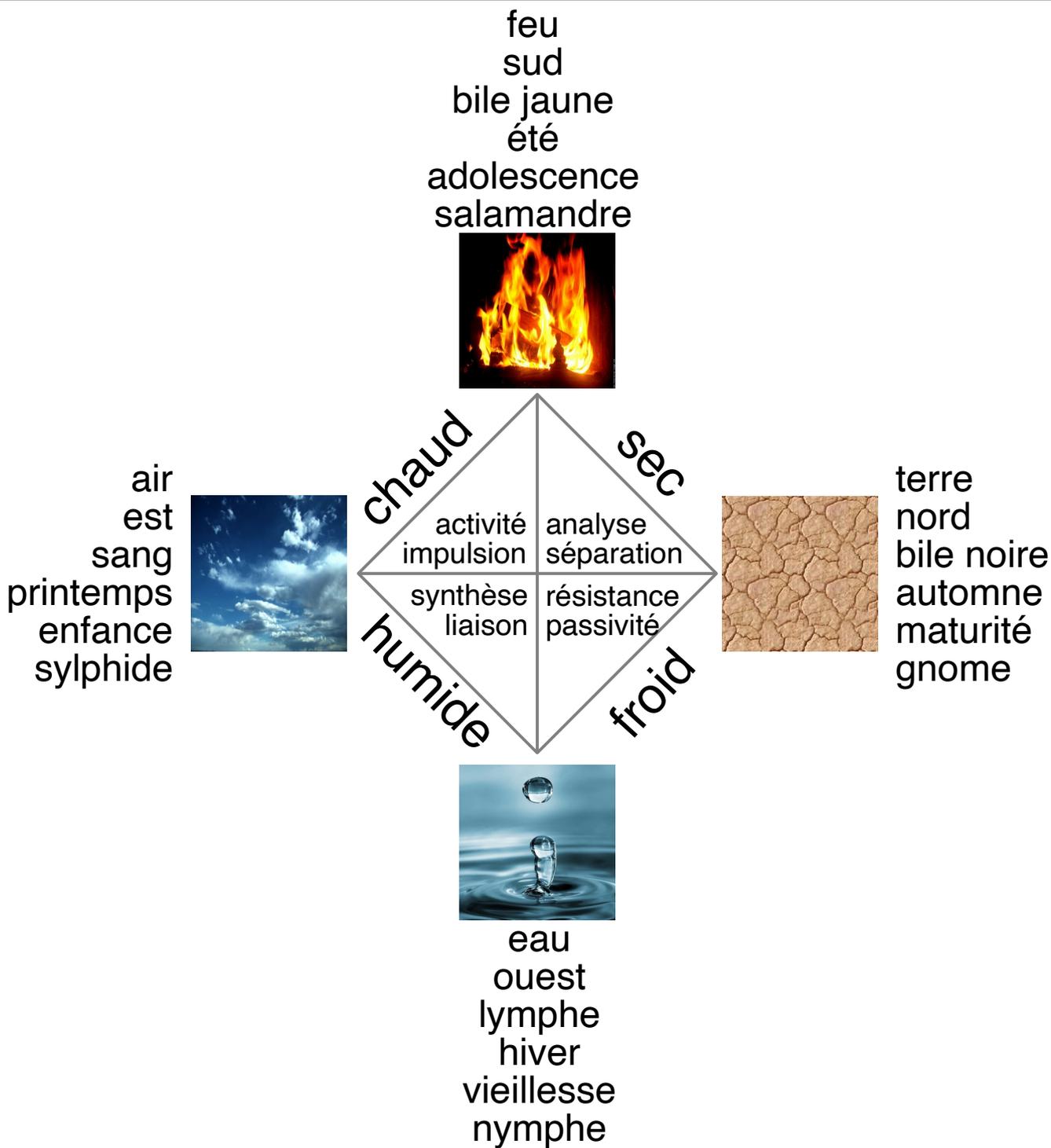


La vapeur s'élève vers la sphère de l'air.



Les flammes s'élèvent vers la sphère du feu.

L'élémentalisme global: médecine, géographie, mythologie,...



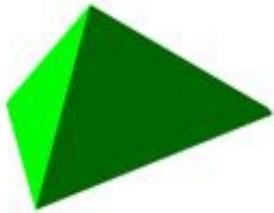
La théorie élémentaliste de Platon

Platon, *Timée* (358 av. J.C.)

feu



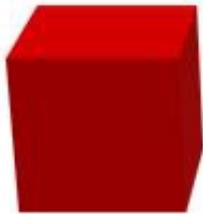
tétraèdre



terre



cube



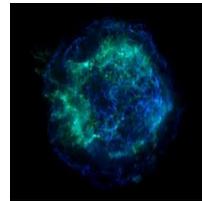
air



octaèdre



quintessence



dodécaèdre



eau

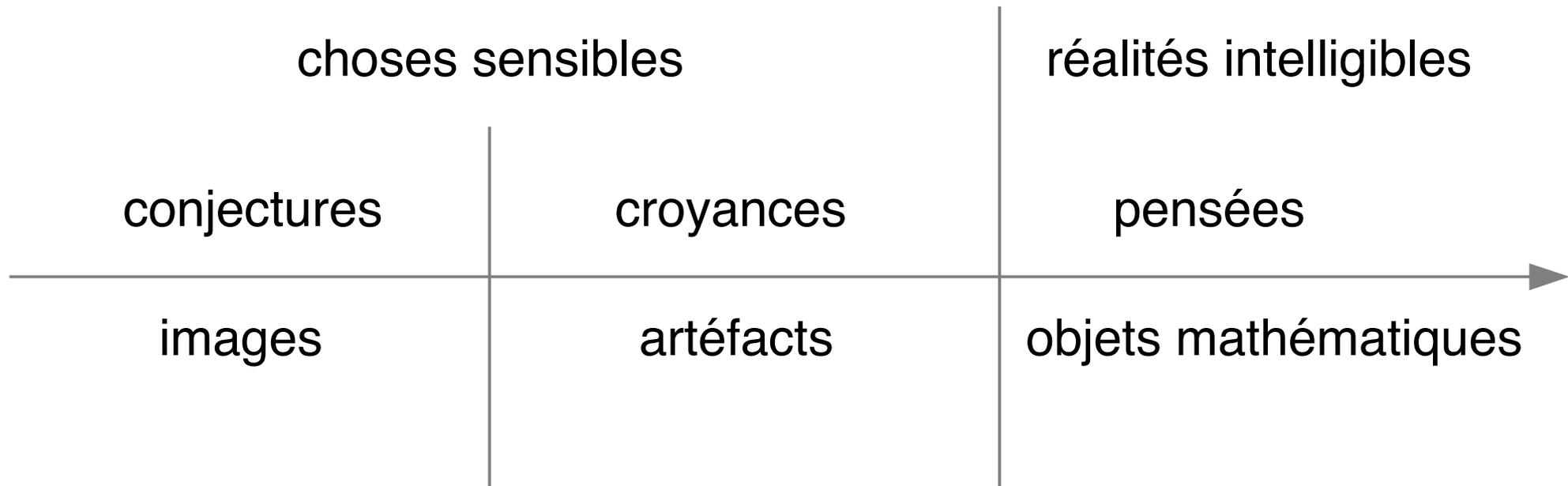


icosaèdre



L'opposition Platon - Aristote

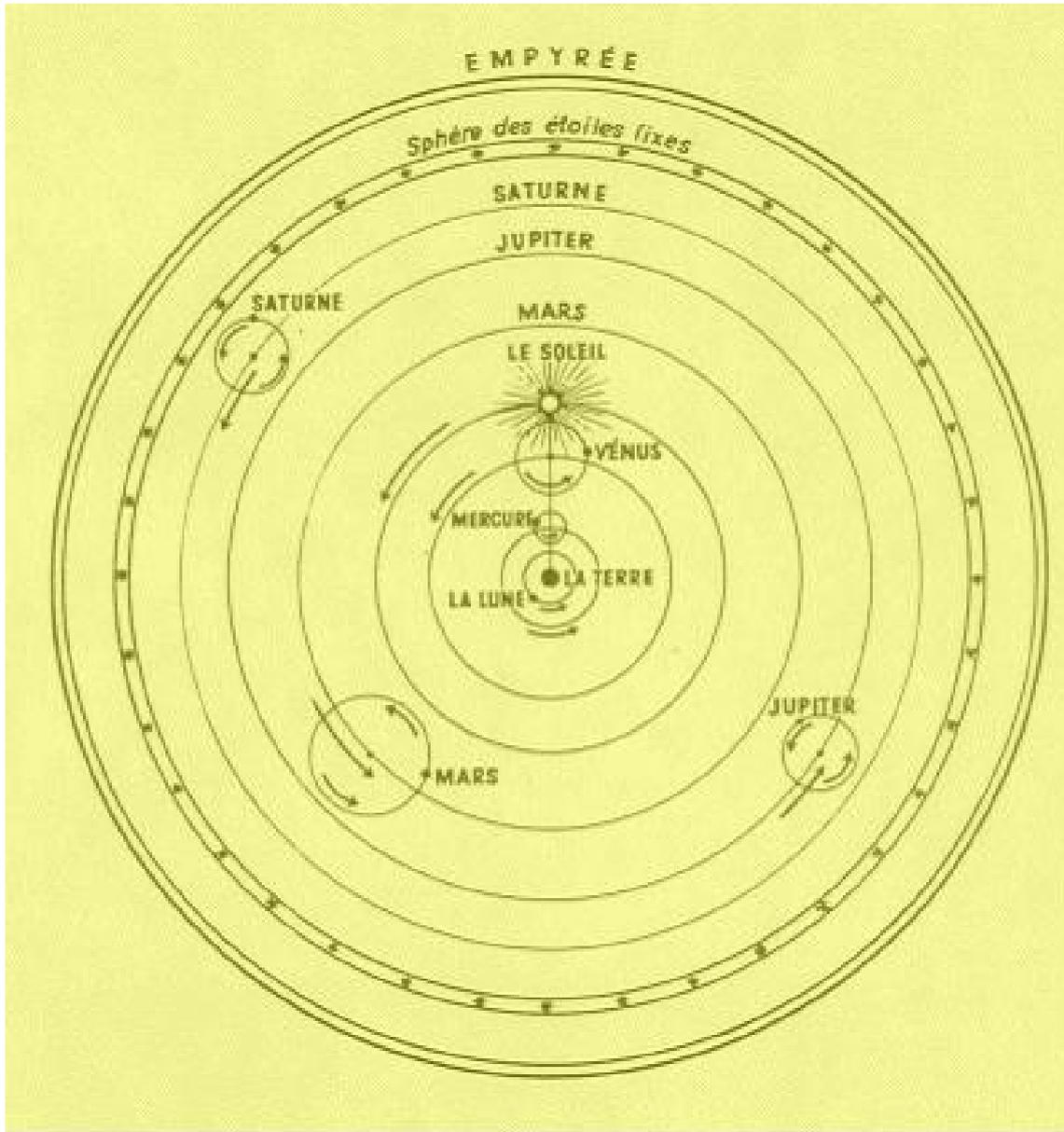
Platon : les mathématiques sont le moyen permettant d'exprimer la Nature



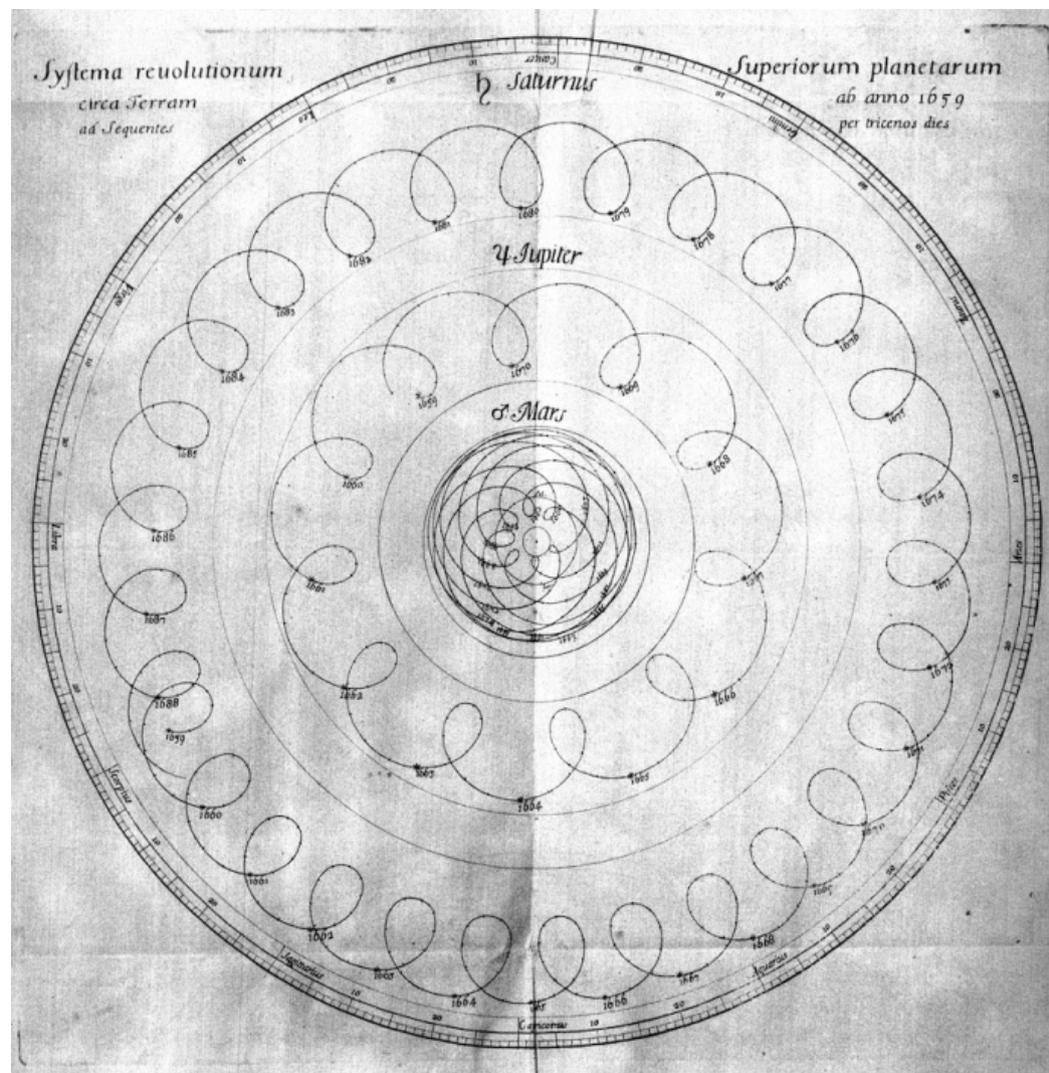
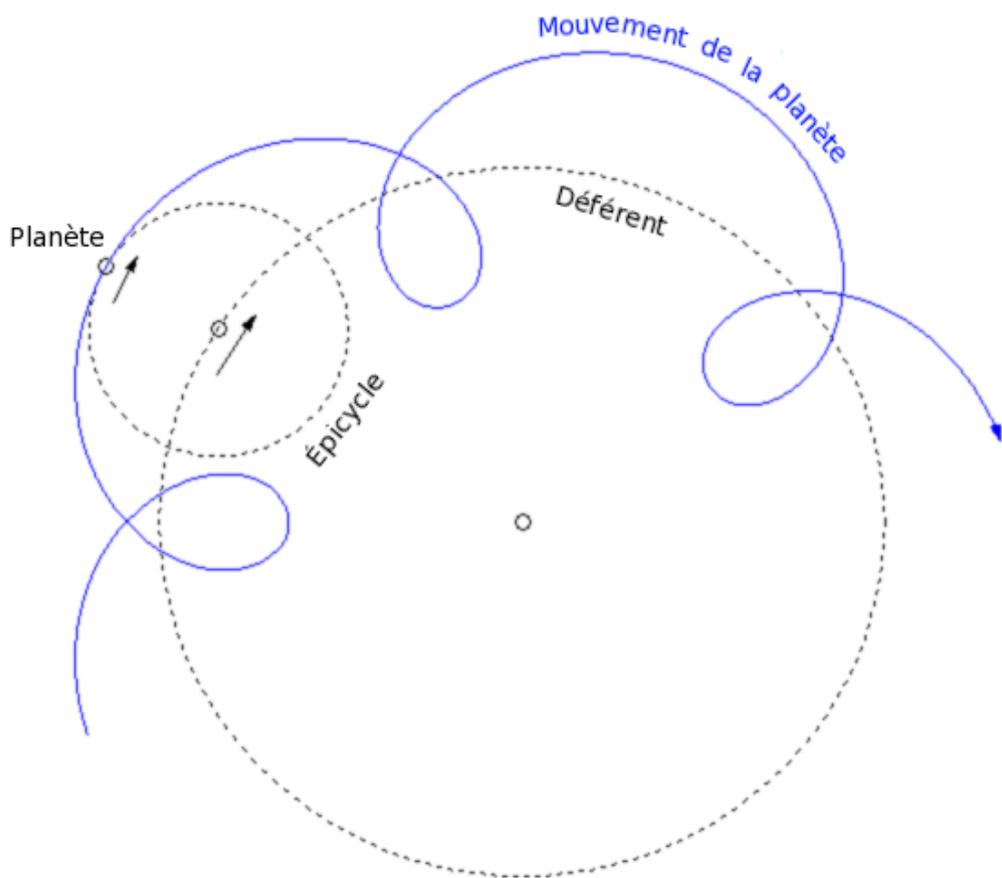
Aristote reproche à Platon de résumer la philosophie naturelle aux mathématiques, il n'utilise que le langage ordinaire.

La mécanique céleste : les épicycles de Ptolémée

Claudius Ptolemaeus (dit Ptolémée), *Almageste* (II siècle ap. J.C.)



La mécanique céleste : les épicycles de Ptolémée

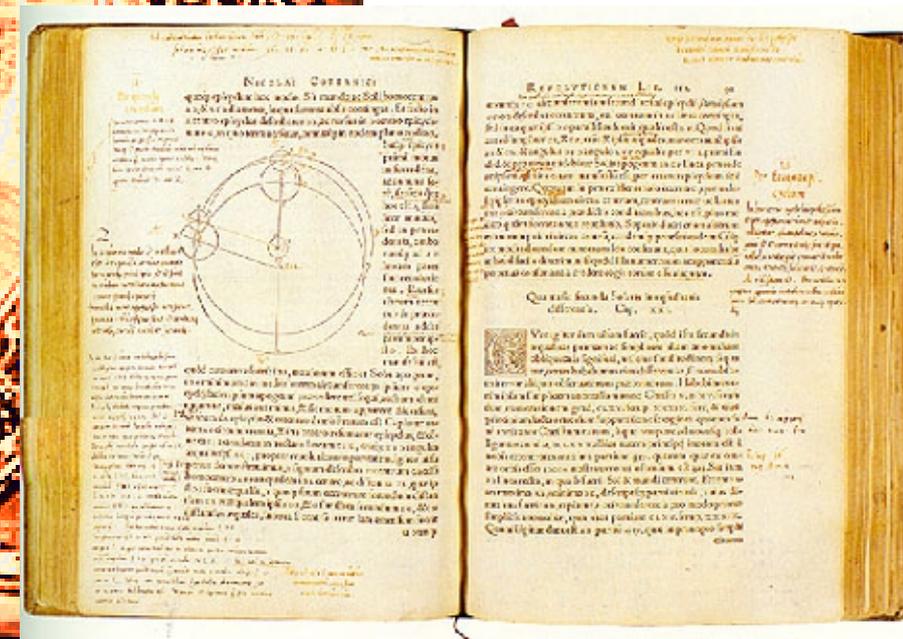
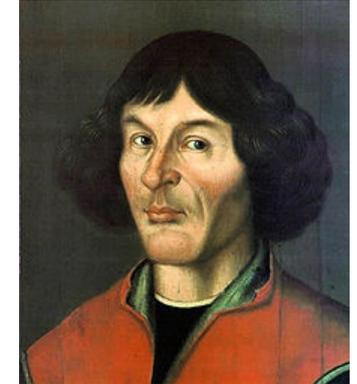
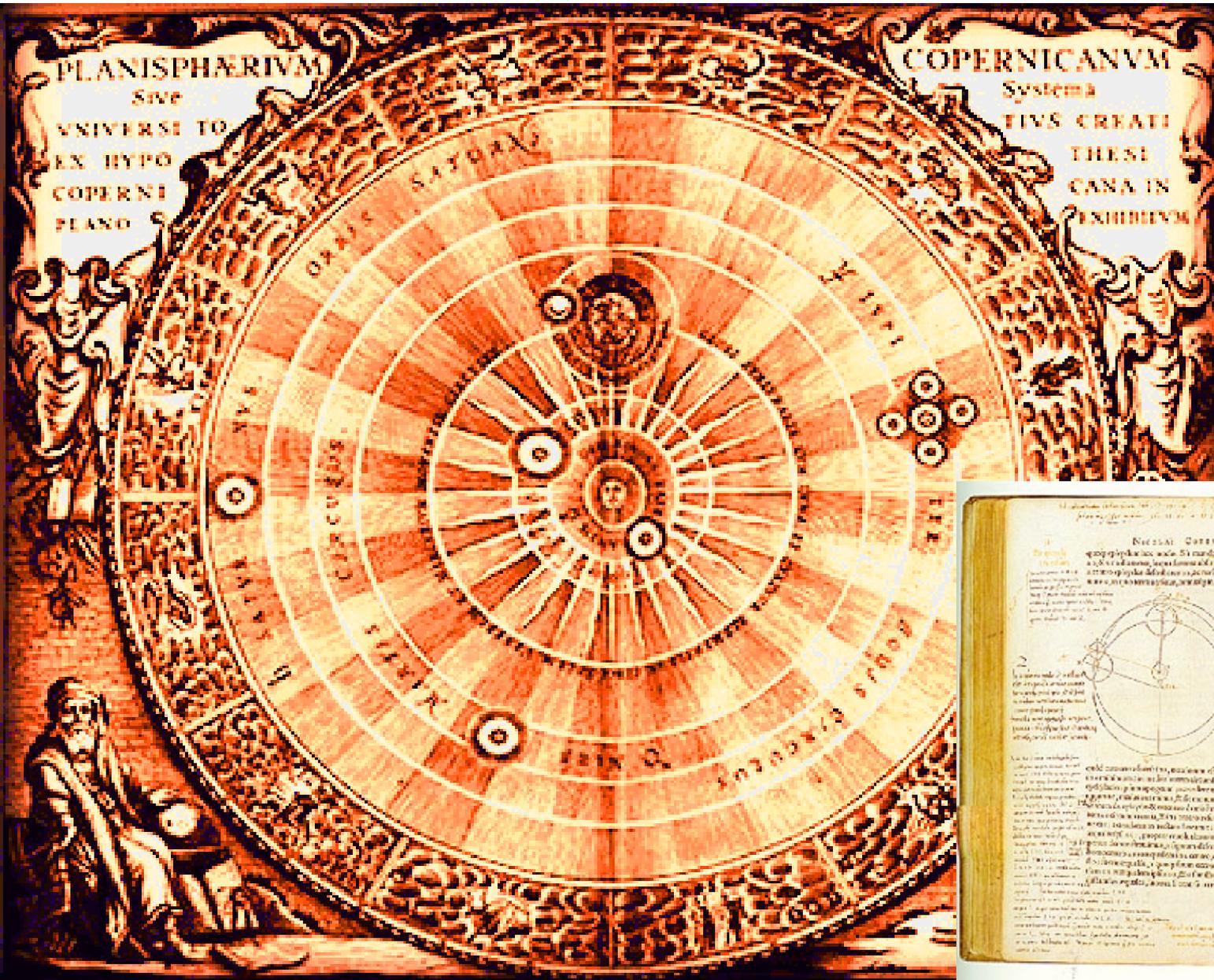




La mort de l'Aristotélisme

La mécanique céleste : le modèle héliocentrique

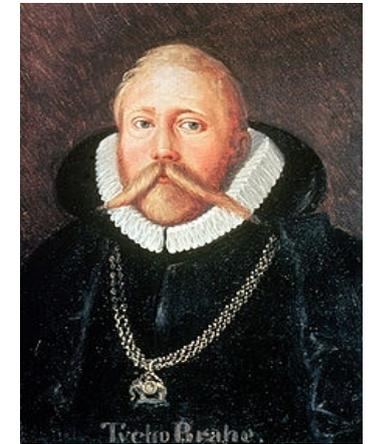
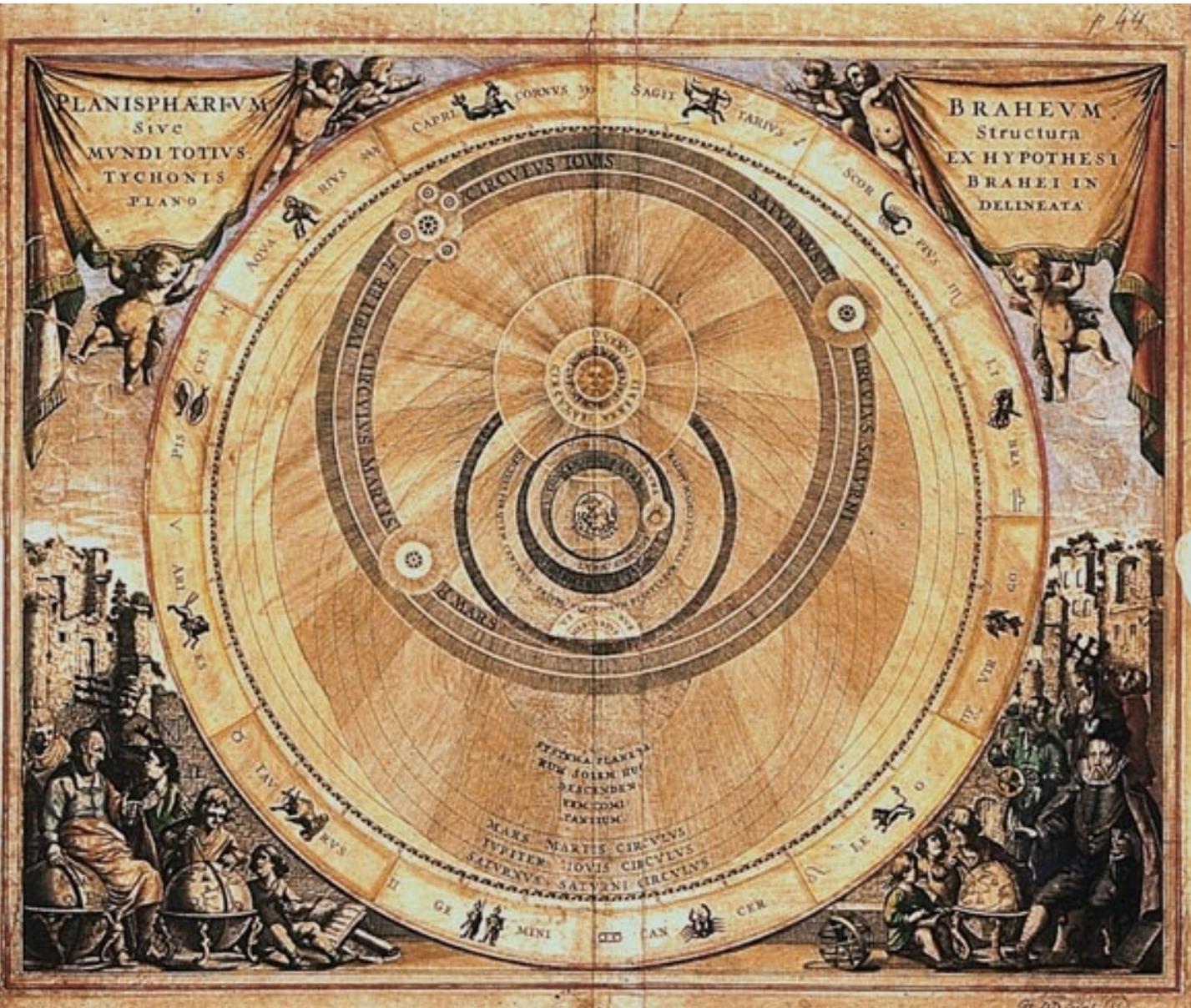
Nicolas Copernic, *De revolutionibus* (1551)



La mécanique céleste : le modèle géohéliocentrique

Première observation d'une supernova, le monde céleste n'est plus immuable.

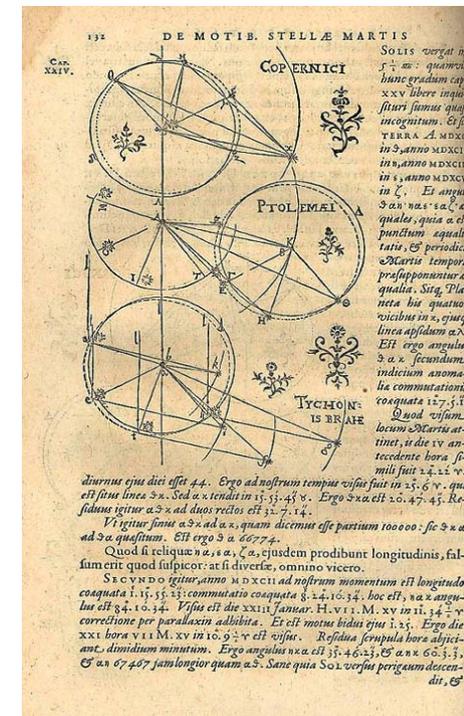
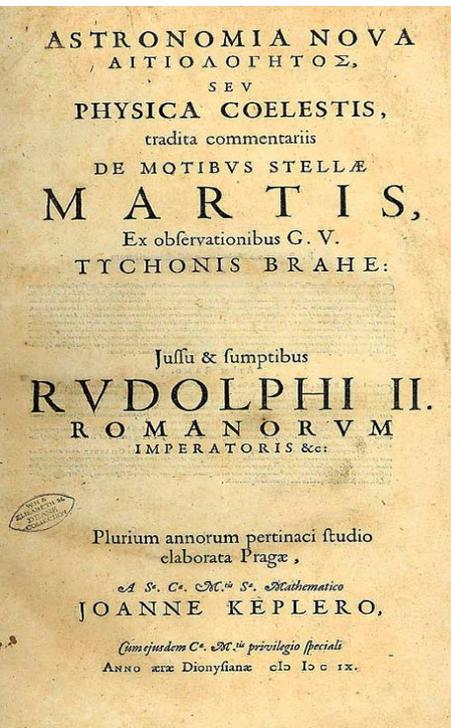
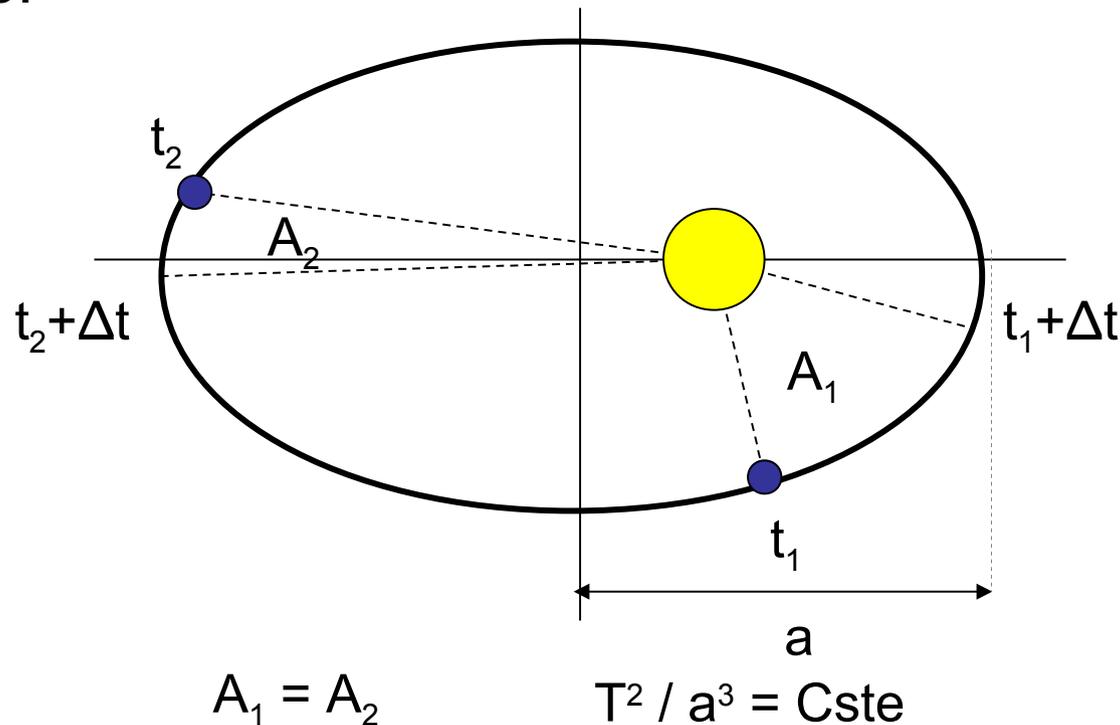
Tycho Brahe, *De nova stella* (1572)



La fin de l'aristotélisme : les lois de Kepler

Johannes Kepler, *Astronomia nova* (1609) & *Harmonice Mundi* (1619)

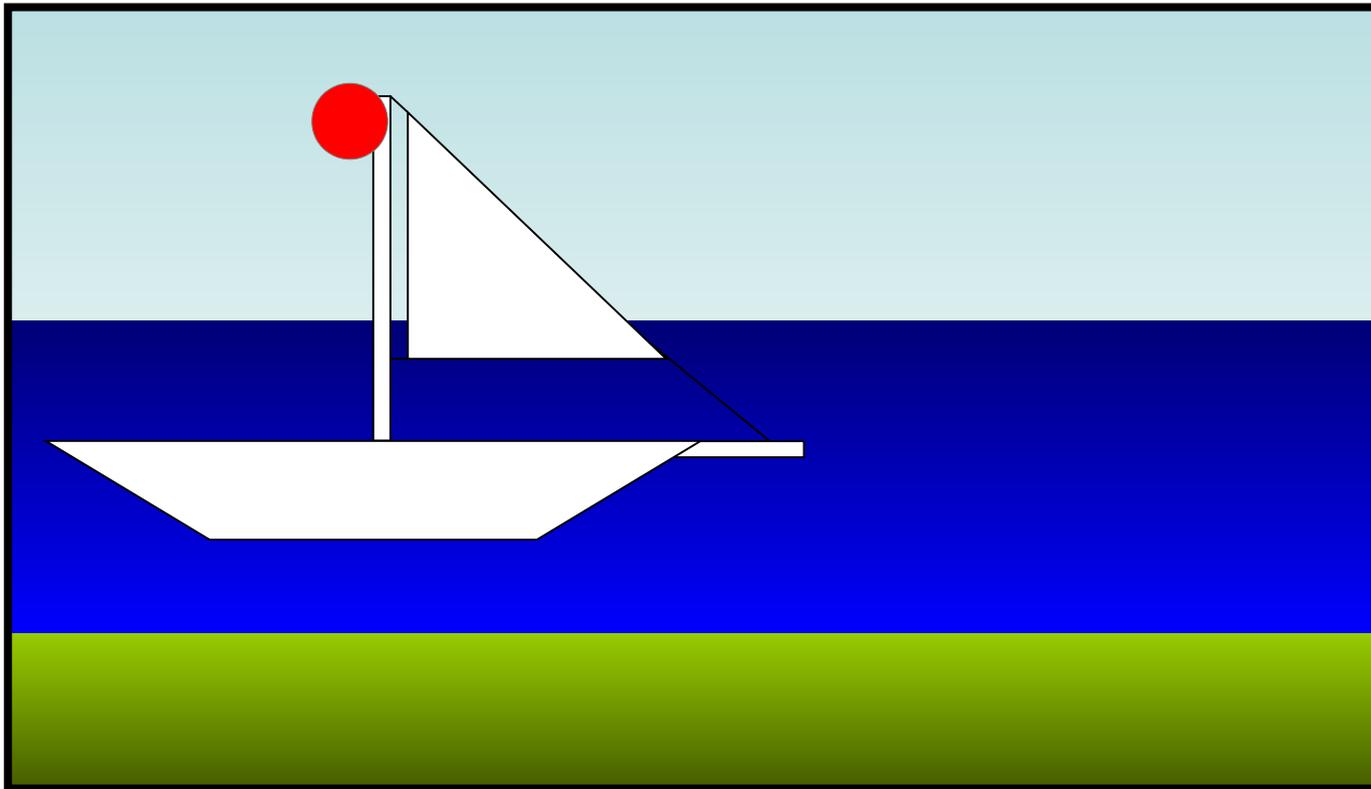
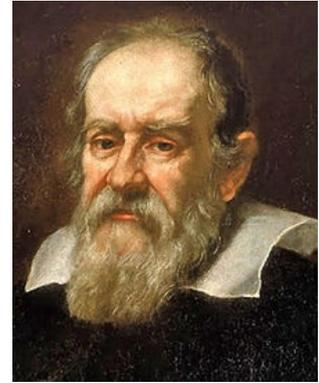
1. Les orbites des planètes sont des ellipses dont le Soleil occupe un des foyers.
2. Dans des durées égales le rayon Soleil-planète balaye des aires égales.
3. Le carré de la période sidérale est proportionnel au cube du demi-grand axe.



La fin de l'aristotélisme : le principe d'inertie

Galileo Galilei (dit Galilée), *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (1632)

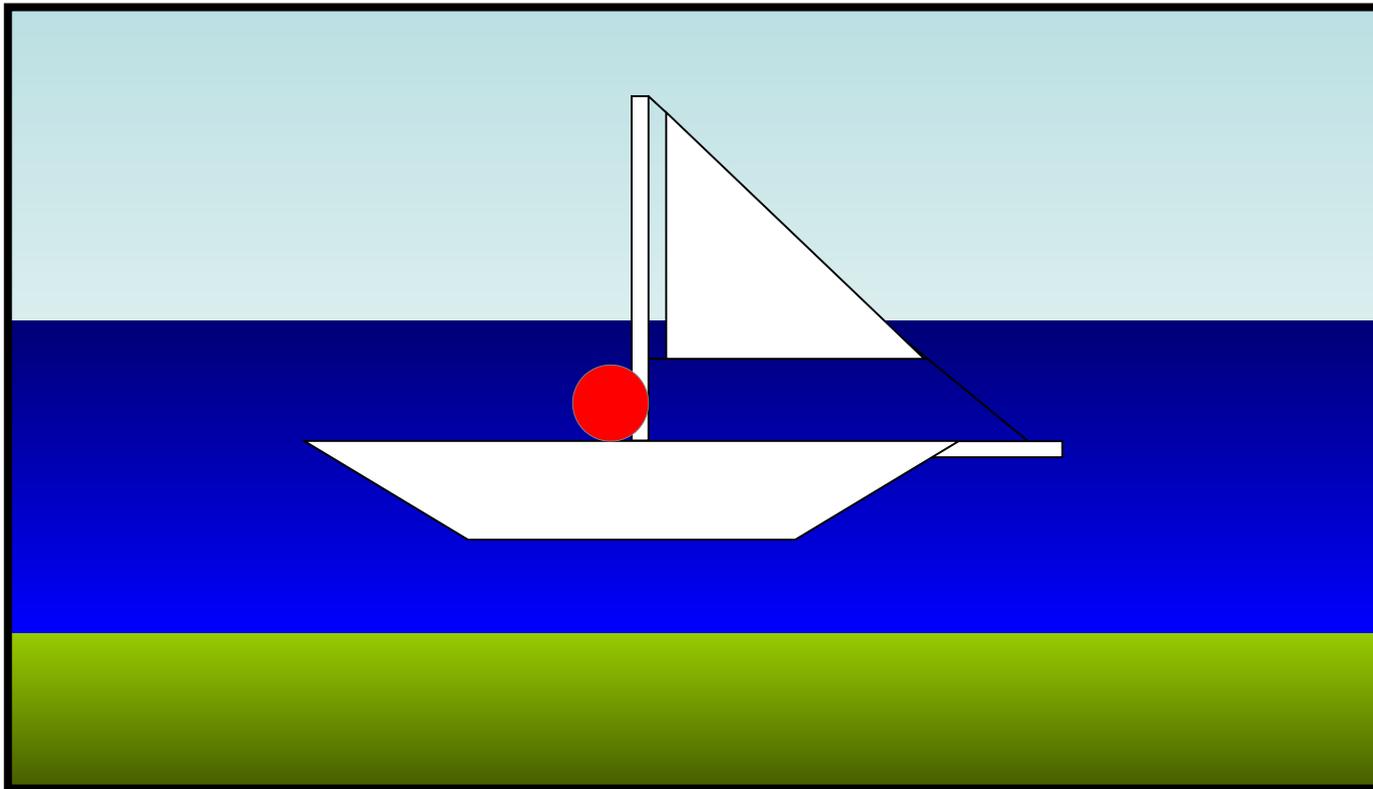
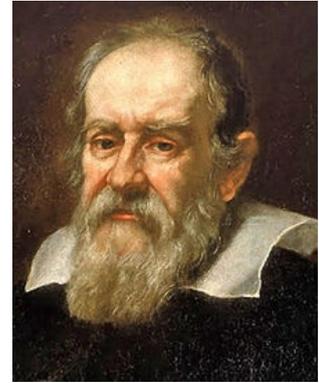
On ne peut pas, par une expérience de mécanique distinguer le mouvement rectiligne uniforme du repos.



La fin de l'aristotélisme : le principe d'inertie

Galileo Galilei (dit Galilée), *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (1632)

On ne peut pas, par une expérience de mécanique distinguer le mouvement rectiligne uniforme du repos.

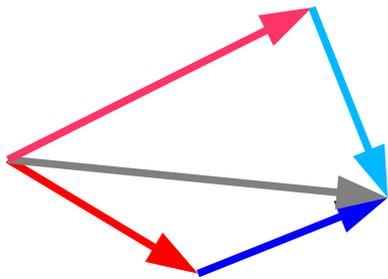
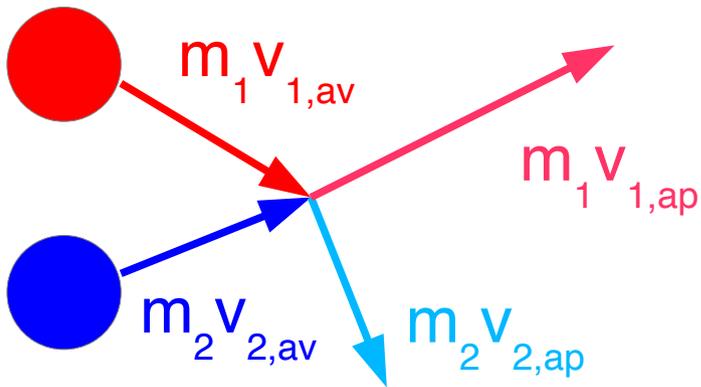


La fin de l'aristotélisme : la mécanique cartésienne

René Descartes, *Principes de la philosophie* (1644)

Origine du mouvement :

Loi des chocs



Forces de contact : $F = k v$

NO 16.250

PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

L'âge de l'Universel

*Episcopi Cantabrigiæ,
Matheseos
Professore Lucasiano, & Societatis Regiæ Sodali.
et Societatis Regiæ Societatis Præsidi.*

IMPRIMATUR.
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
Julii 5. 1686.

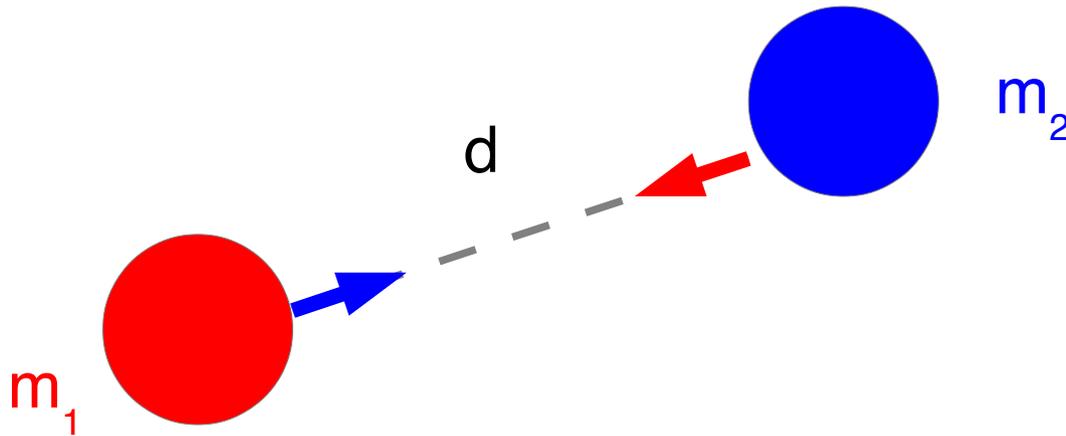
LONDINI,
Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud
plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

La mécanique newtonienne

Isaac Newton, *Philosophiæ naturalis principia mathematica* (1687)

Le Principe Fondamental de la Dynamique : $F = ma$

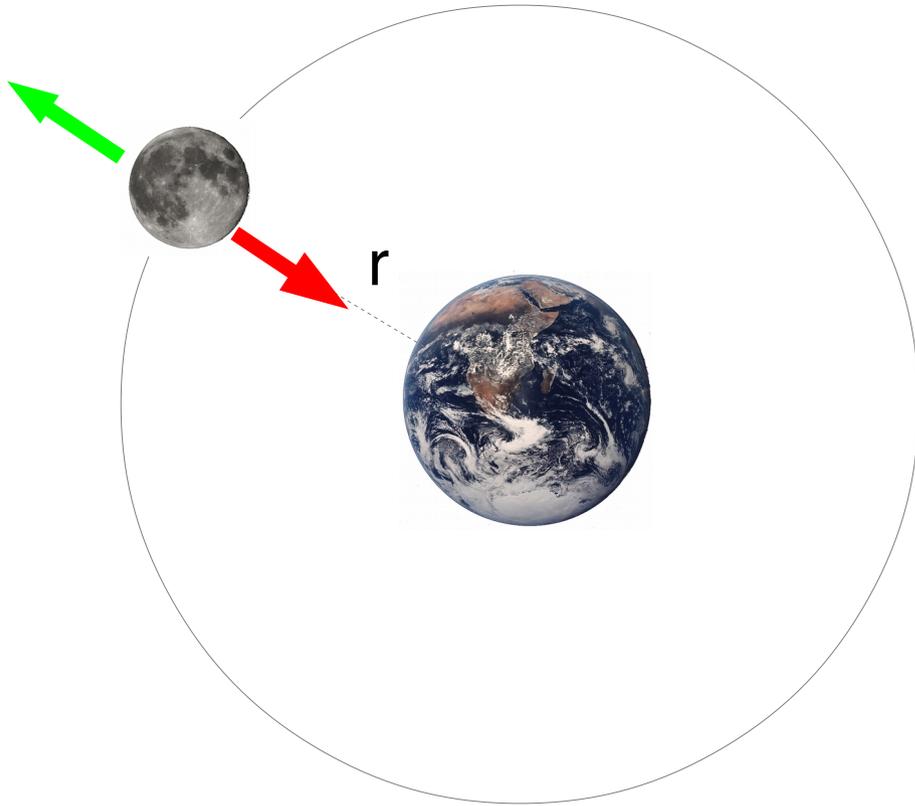
Loi de l'attraction universelle



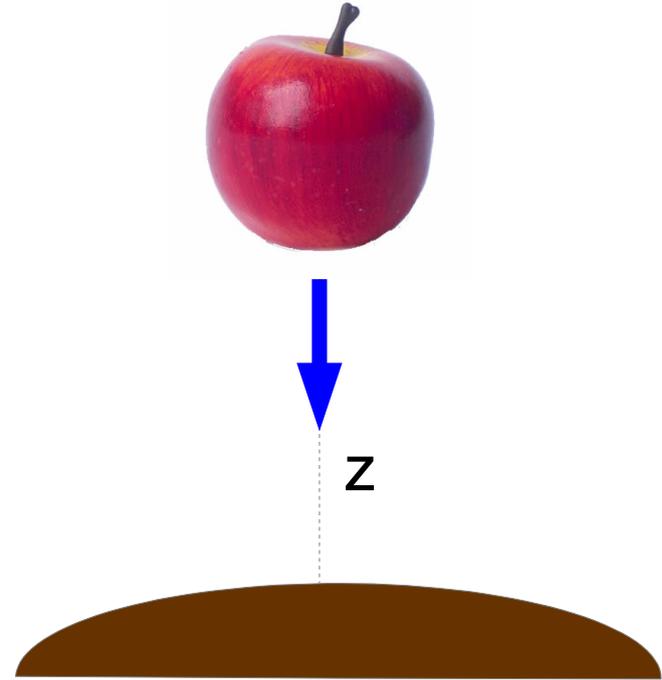
$$F = Gm_1m_2/d^2$$



La loi d'attraction universelle



$$F = Gm_{\text{c}}m_{\text{e}}/r^2$$

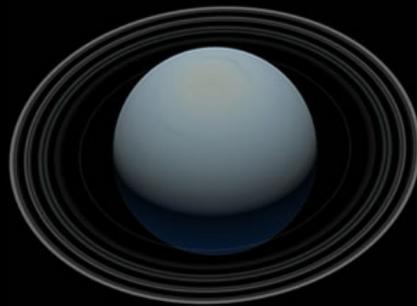


$$F = Gm_{\text{a}}m_{\text{e}}/z^2$$

Démonstration des lois de Kepler

La découverte de Neptune

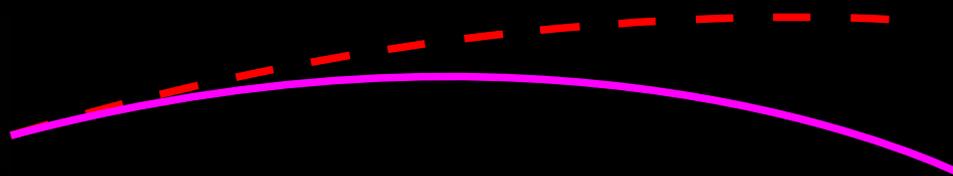
Urbain Le Verrier, *communications à l'Académie des Sciences* (1846)



Uranus

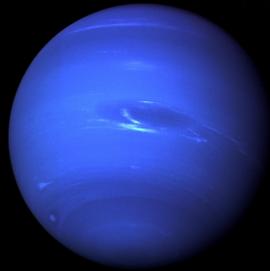
Orbite calculée
par la mécanique
Newtonienne

Orbite observée

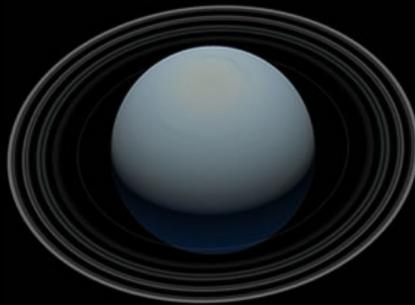


La découverte de Neptune

Urbain Le Verrier, *communications à l'Académie des Sciences* (1846)



nouvelle planète :
Neptune



Uranus

Orbite calculée
par la mécanique
Newtonienne

Orbite observée

La question épistémologique

- On mesure les conditions initiales à $t=0$ d'un système (position et vitesse).
- On connaît les forces qui s'exercent sur le système.
- On applique le Principe Fondamental de la Dynamique de Newton.

→ On peut prédire l'évolution du système aussi loin que l'on veut dans le futur.

La Monde semble totalement prédictible et contrôlable.

Est-ce bien le cas ???