

**Evolution des conceptions  
de l'univers  
(aka Phys 137)**

# **Evolution des conceptions de l'univers**

**Séance 2 :**

## **Les débuts de l'astronomie**

**(Partie 2)**

**Révolutions ! (copernicienne, newtonienne...)**

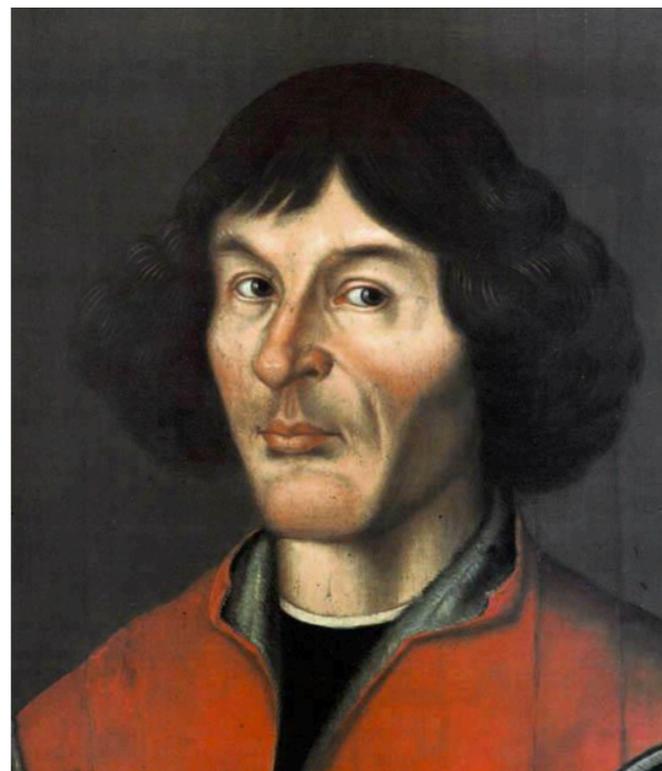
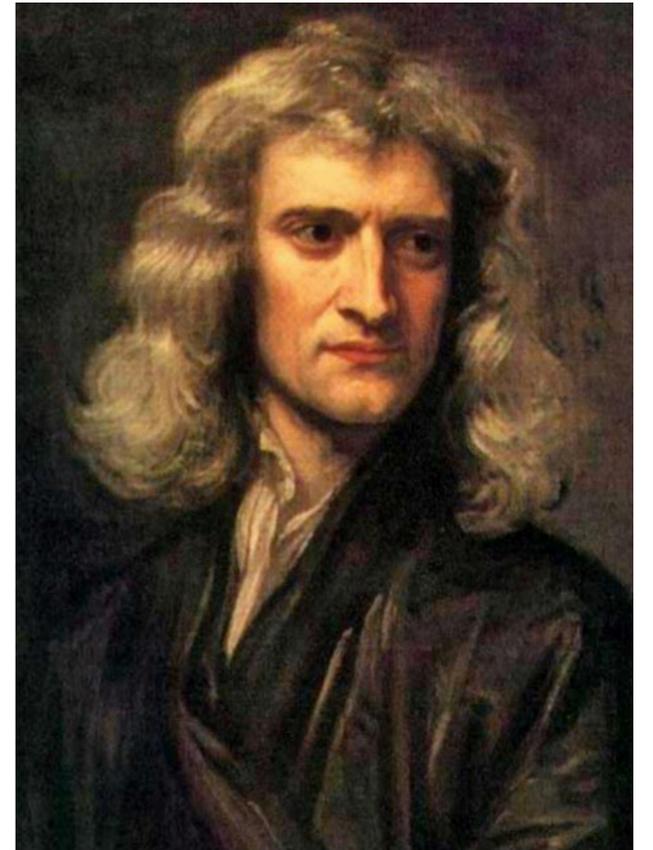
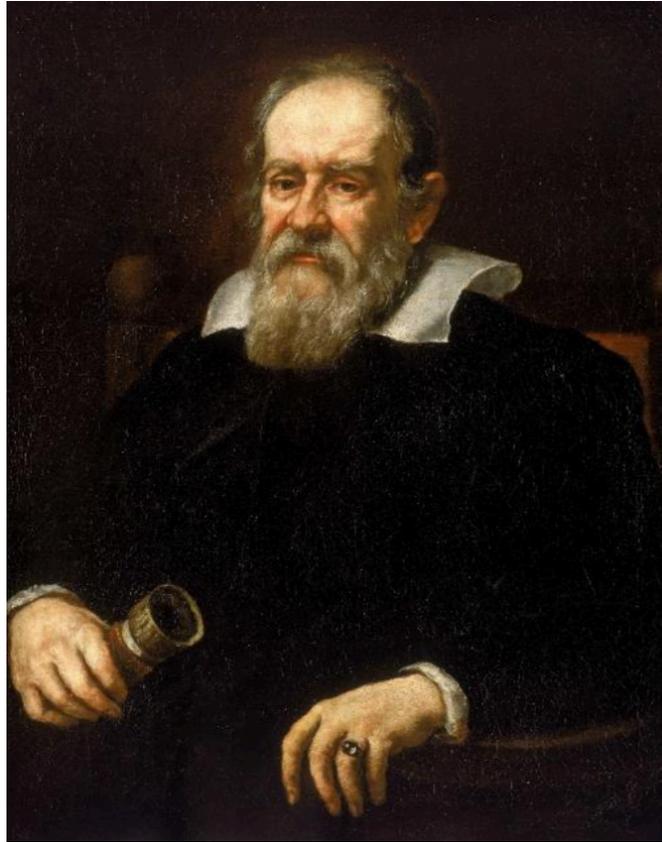
**...quand l'astronomie devient astrophysique**

# **Interlude : fin de l'Antiquité, Moyen Age**

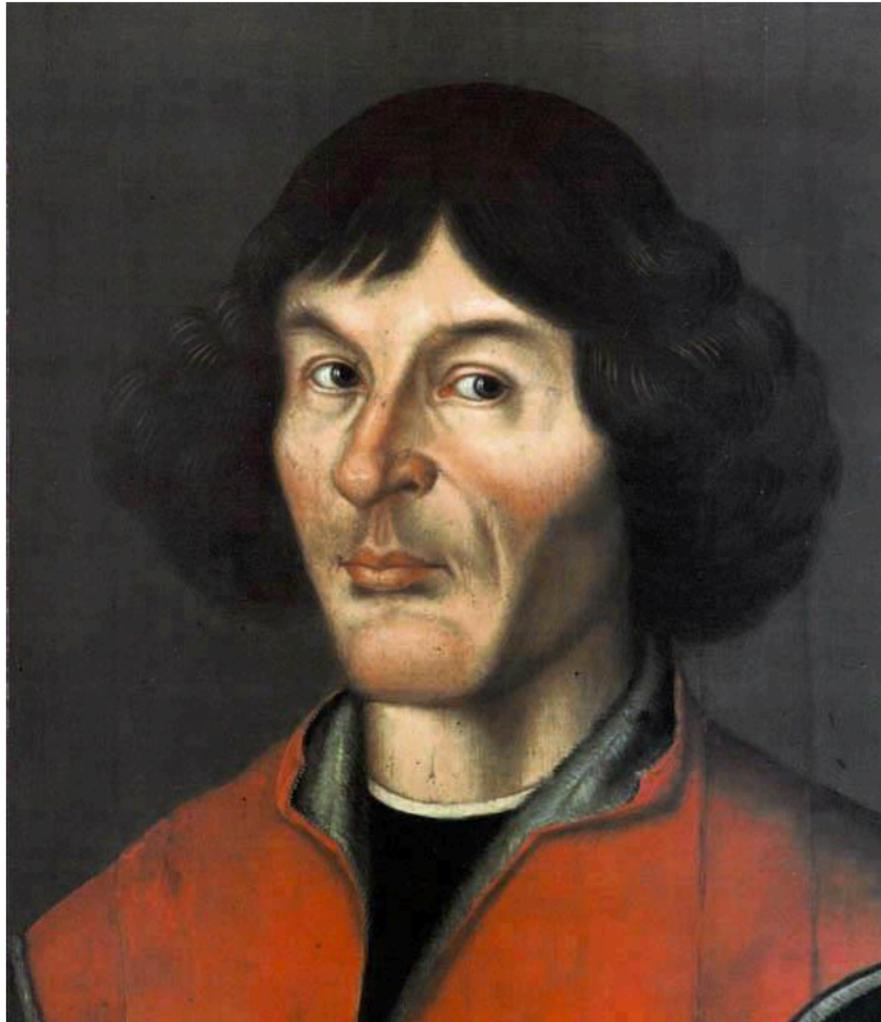
**Grand calme chez les européens**

**Les arabes approfondissent les avancées grecques,  
pas d'avancée majeure (même si tentatives  
d'héliocentrisme dans le monde arabe et en Chine)**

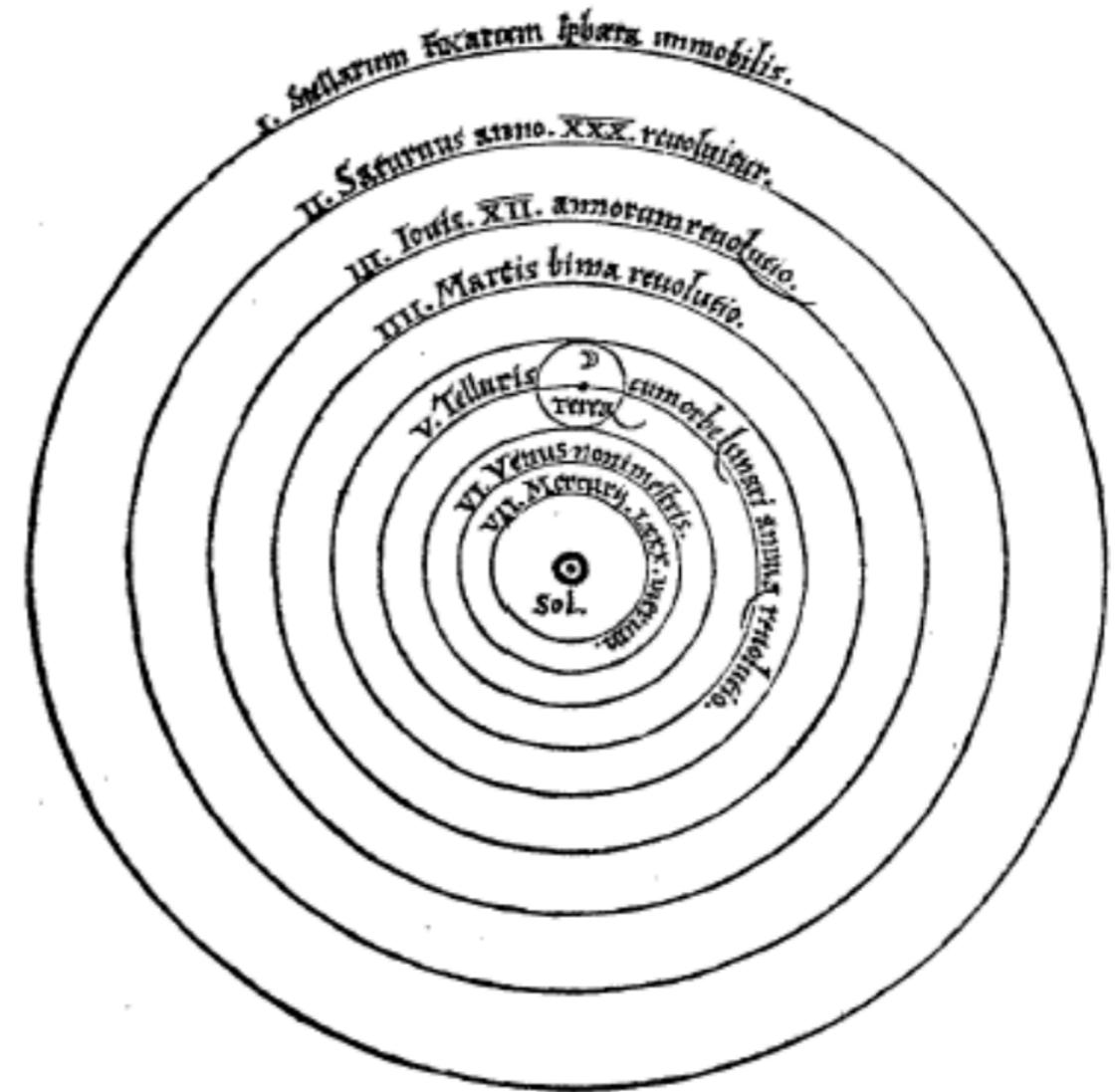
# Renaissance européenne : avancées majeures



# N. Copernic : modèle héliocentrique

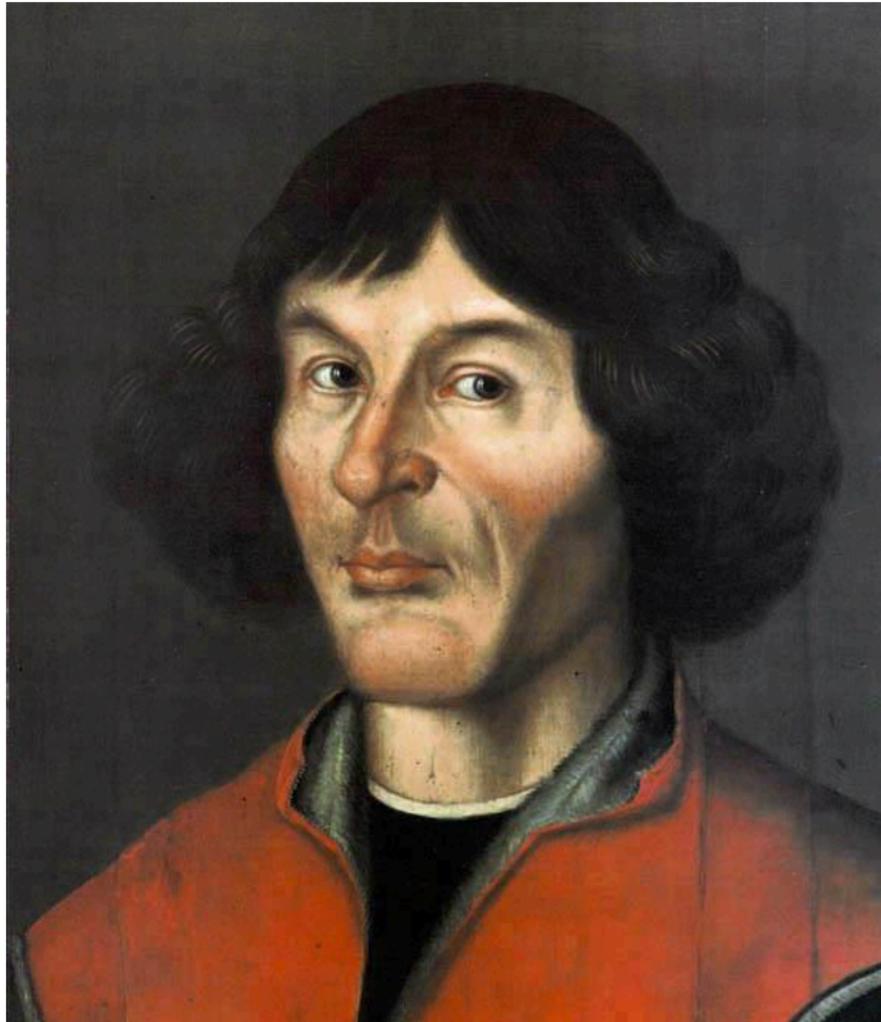


Nicolas Copernic  
1473-1543

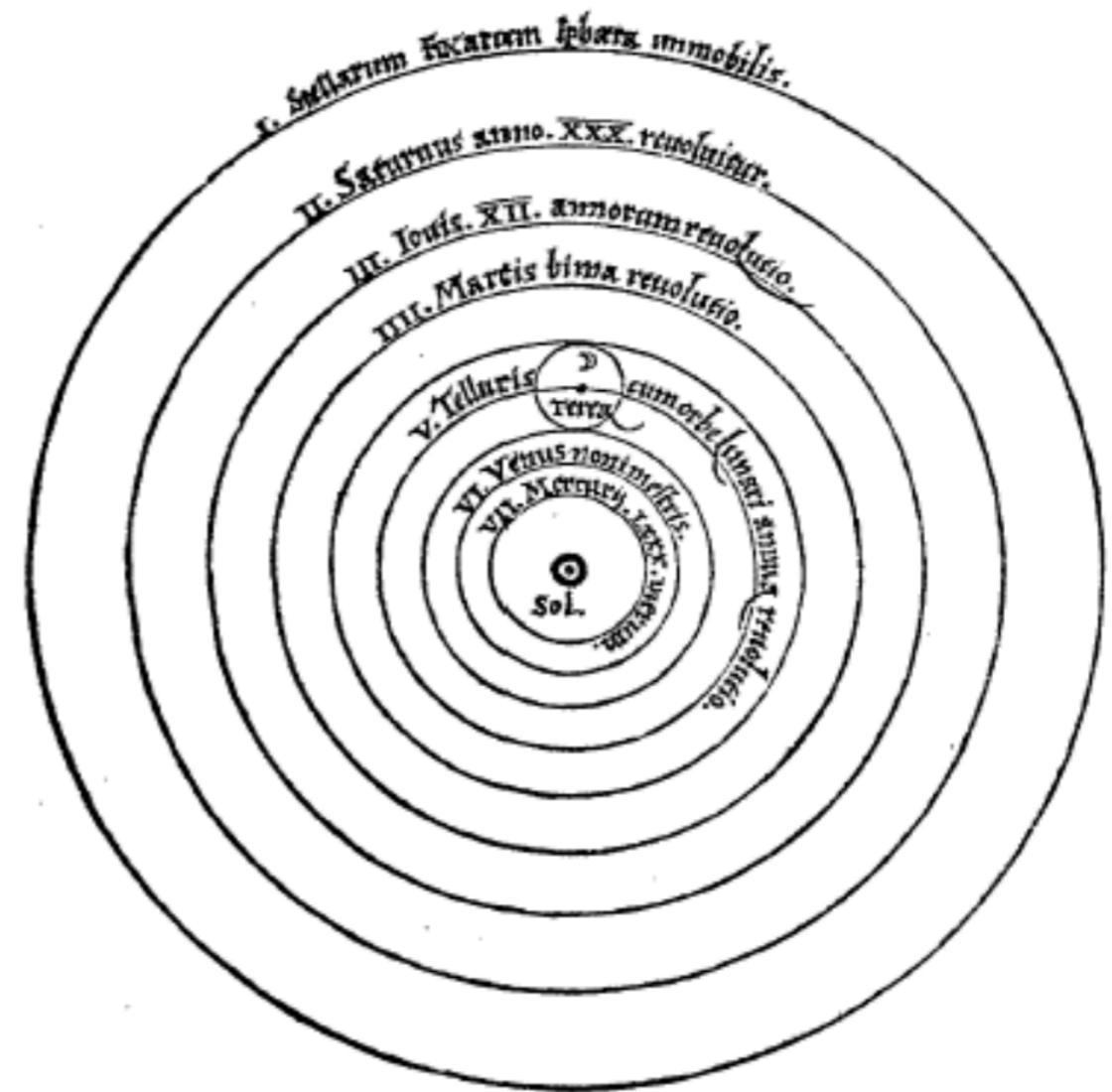


(déjà proposé par le grec Aristarque de Samos, III<sup>eme</sup> siècle avant l'ère actuelle)

# N. Copernic : modèle héliocentrique

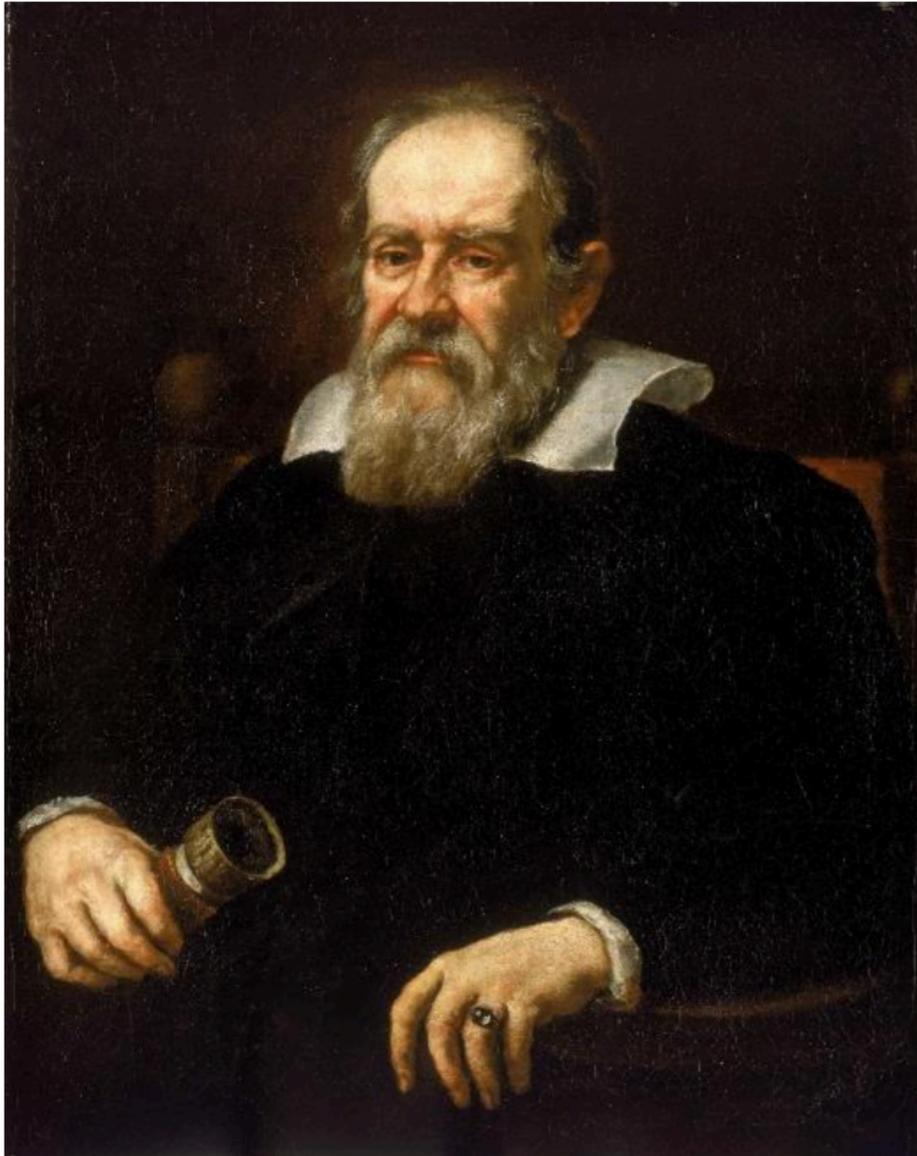


Nicolas Copernic  
1473-1543



Modèle qui recourt aux épicycles pour correspondre aux observations...

# Galilée : première lunette à but astronomique

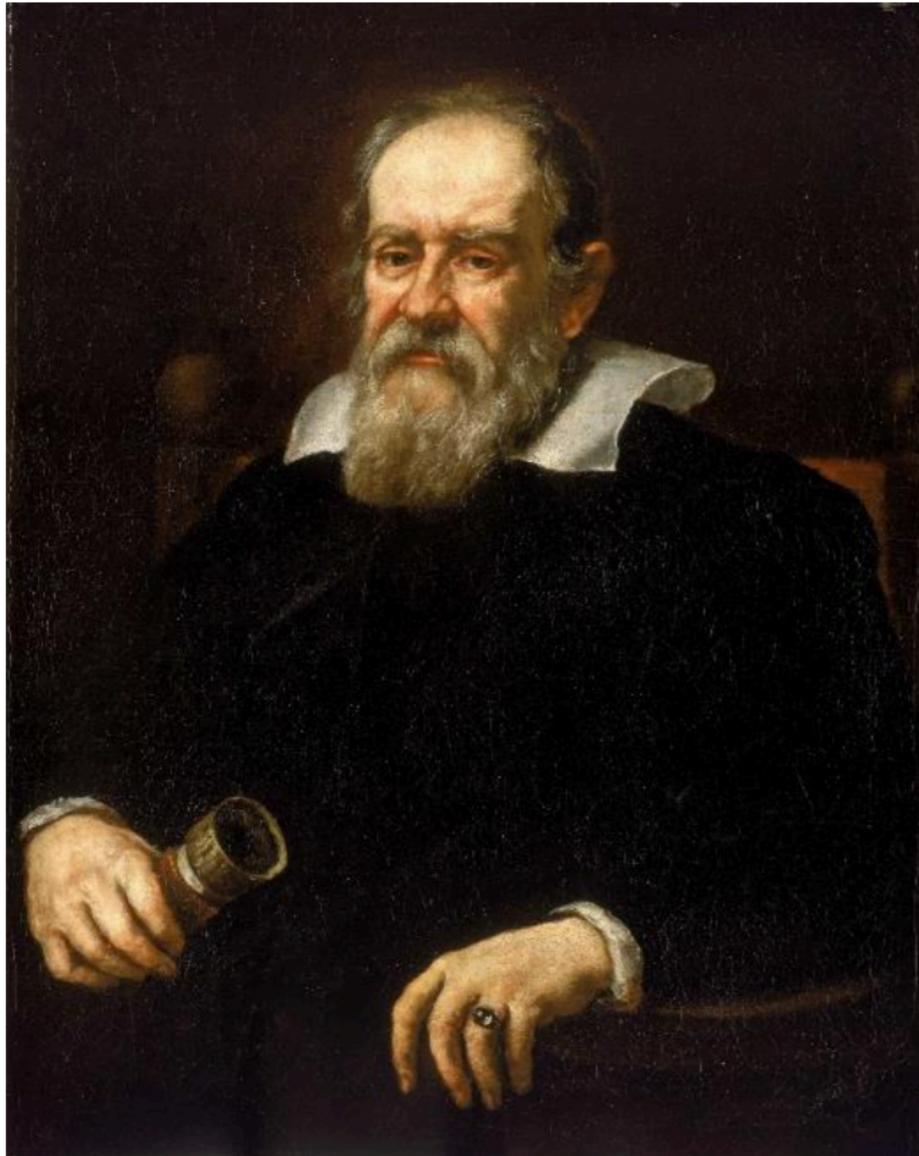


*Galilée*  
1564-1642

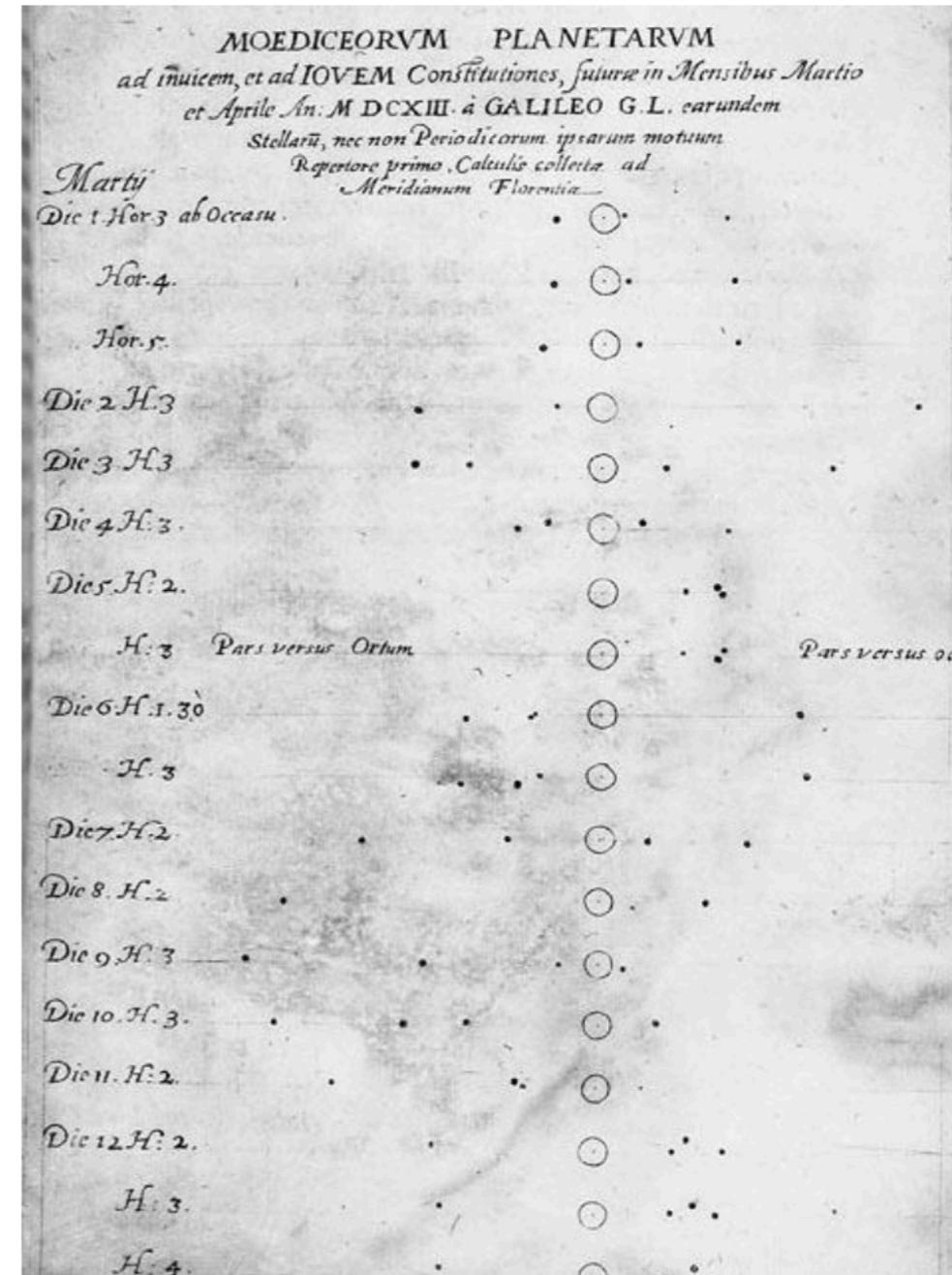


*Lunette astronomique*  
1610

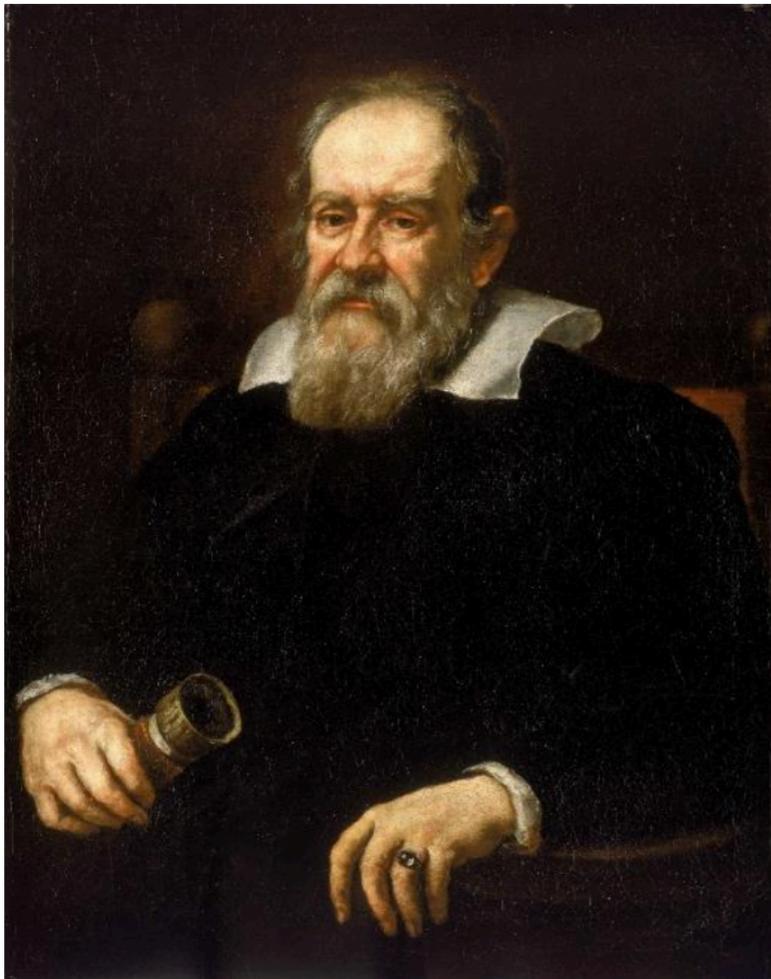
# Galilée : satellites galiléens de Jupiter



Galilée  
1564-1642



# Galilée : "et pourtant elle tourne"



*Galilée*  
1564-1642



*Procès de  
Galilée*  
1633

# G. Bruno : autre procès, autre issue

## Au-delà de la Terre

- L'Univers est infini
- Toutes les étoiles sont des Soleils

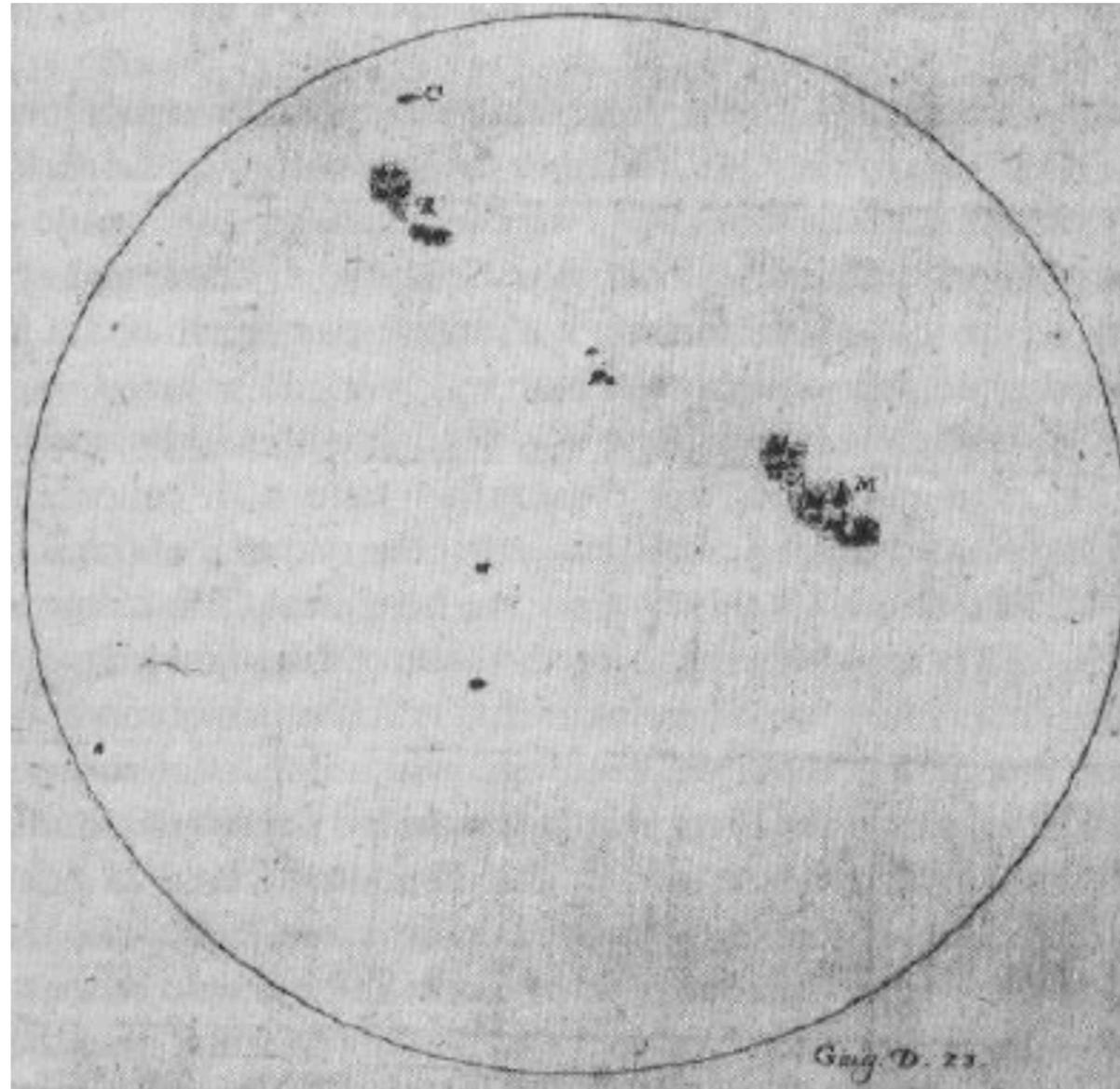


*« Donc il y a plein de planètes  
comme la Terre ! »*

*Giordano Bruno – 1548-1600*

**La pluralité des mondes**

# Galilée et le soleil

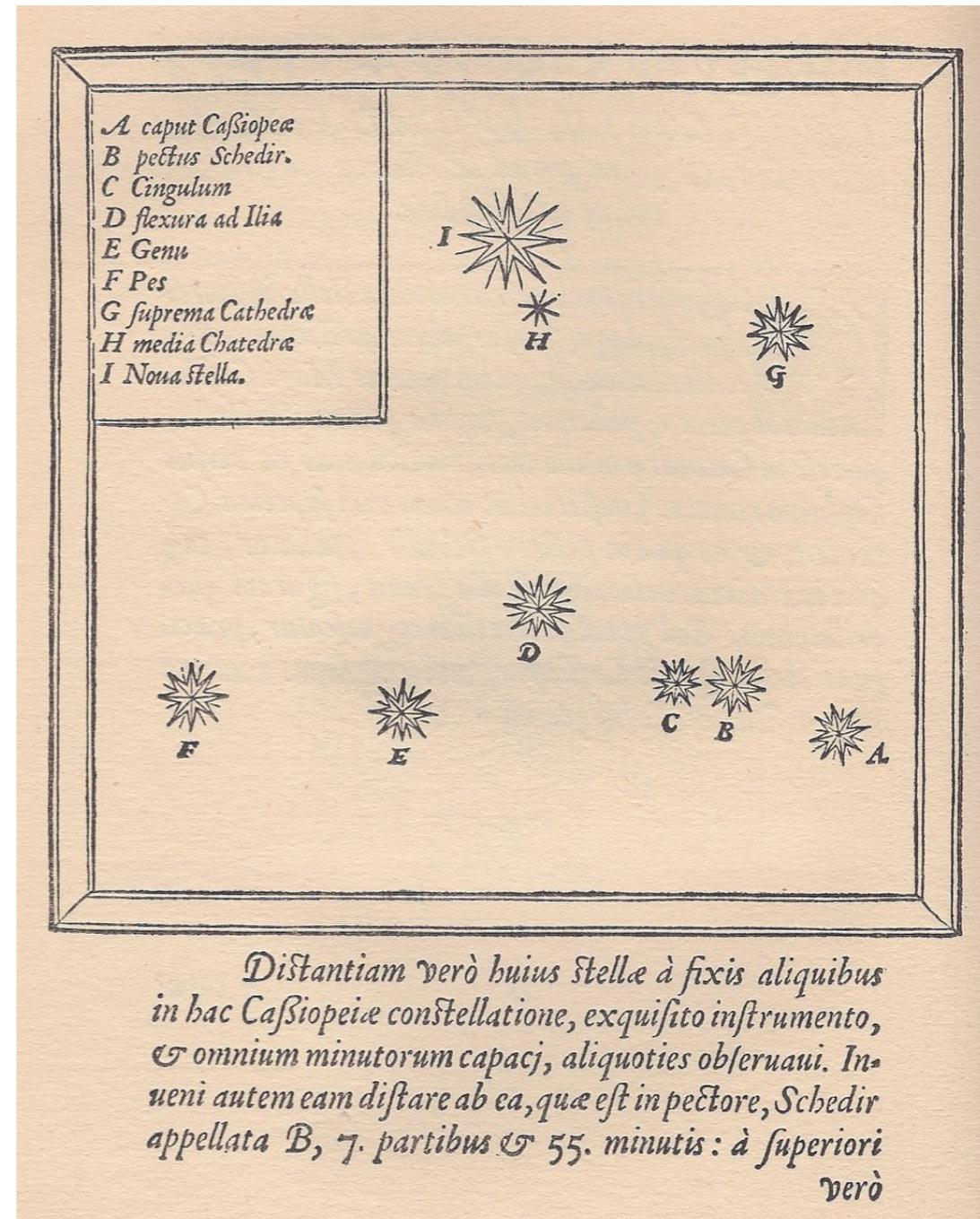


Le soleil n'est pas parfait !!! (et il tourne sur lui-même)

# La nova de Tycho : une autre imperfection

En 1572, Tycho Brahe observe une nouvelle étoile (supernova, SN1572) dans la constellation de Cassiopée !

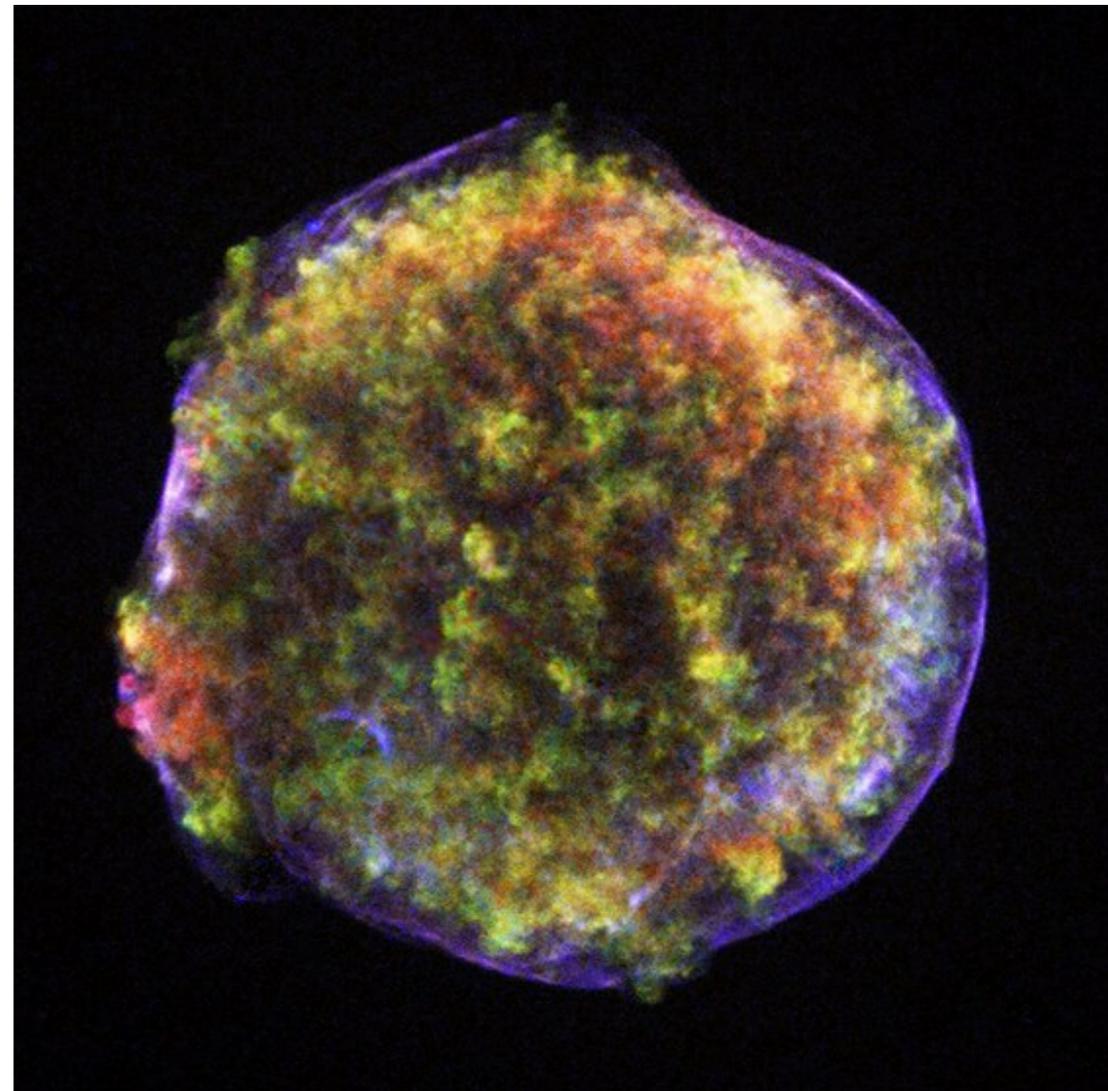
Il prouve qu'elle appartient à la sphère des étoiles (et n'est pas "sublunaire") qui était supposée immuable et parfaite !!!



# La nova de Tycho : une autre imperfection

En 1572, Tycho Brahe observe une nouvelle étoile (supernova, SN1572) dans la constellation de Cassiopée !

Il prouve qu'elle appartient à la sphère des étoiles (et n'est pas "sublunaire") qui était supposée immuable et parfaite !!!



SN 1572 vue par Chandra, satellite d'observation en rayons X

# J. Kepler : 3 lois fondamentales

(merci aux observations de T. Brahé)



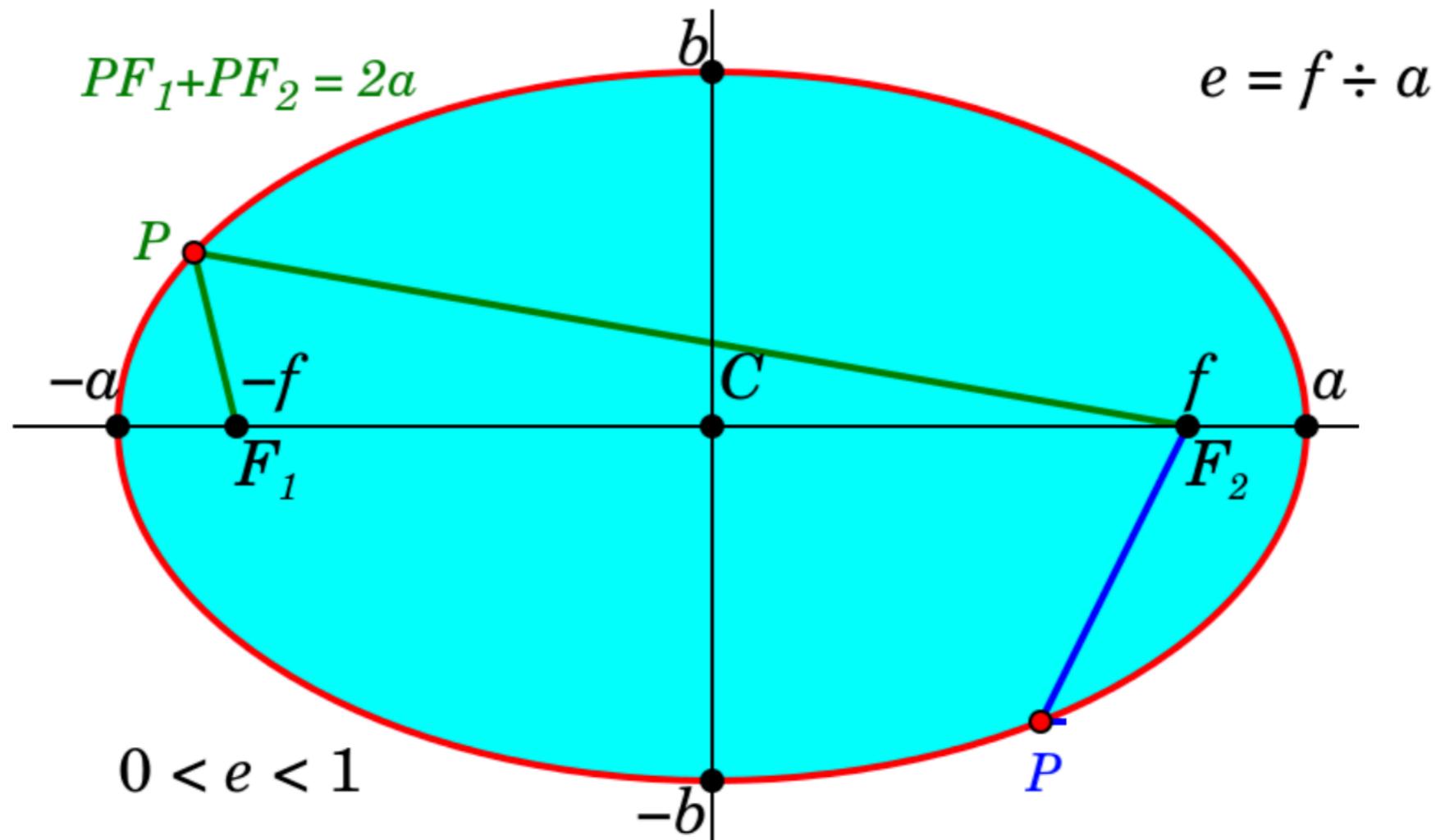
*Johannes Kepler*  
1571-1630

## **1<sup>ère</sup> loi**

Les orbites des planètes sont des ellipses dont le Soleil occupe un des foyers.

# J. Kepler : 3 lois fondamentales

(merci aux observations de T. Brahé)



$F_1$  et  $F_2$  = foyers  
 $e$  = excentricité

$a$  = demi grand axe  
 $b$  = demi petit axe

# J. Kepler : 3 lois fondamentales

(merci aux observations de T. Brahé)

Planète	$a$ (km)	Excentricité
Mercure	$57.9 \cdot 10^6$	0.205
Vénus	$108.2 \cdot 10^6$	0.007
la Terre	$149.6 \cdot 10^6$	0.017
Mars	$227.9 \cdot 10^6$	0.093
Jupiter	$778.4 \cdot 10^6$	0.048
Saturne	$1429.4 \cdot 10^6$	0.054
Uranus	$2870.6 \cdot 10^6$	0.047
Neptune	$4503.4 \cdot 10^6$	0.008

# J. Kepler : 3 lois fondamentales

(merci aux observations de T. Brahé)



*Johannes Kepler*  
1571-1630

## **1<sup>ère</sup> loi**

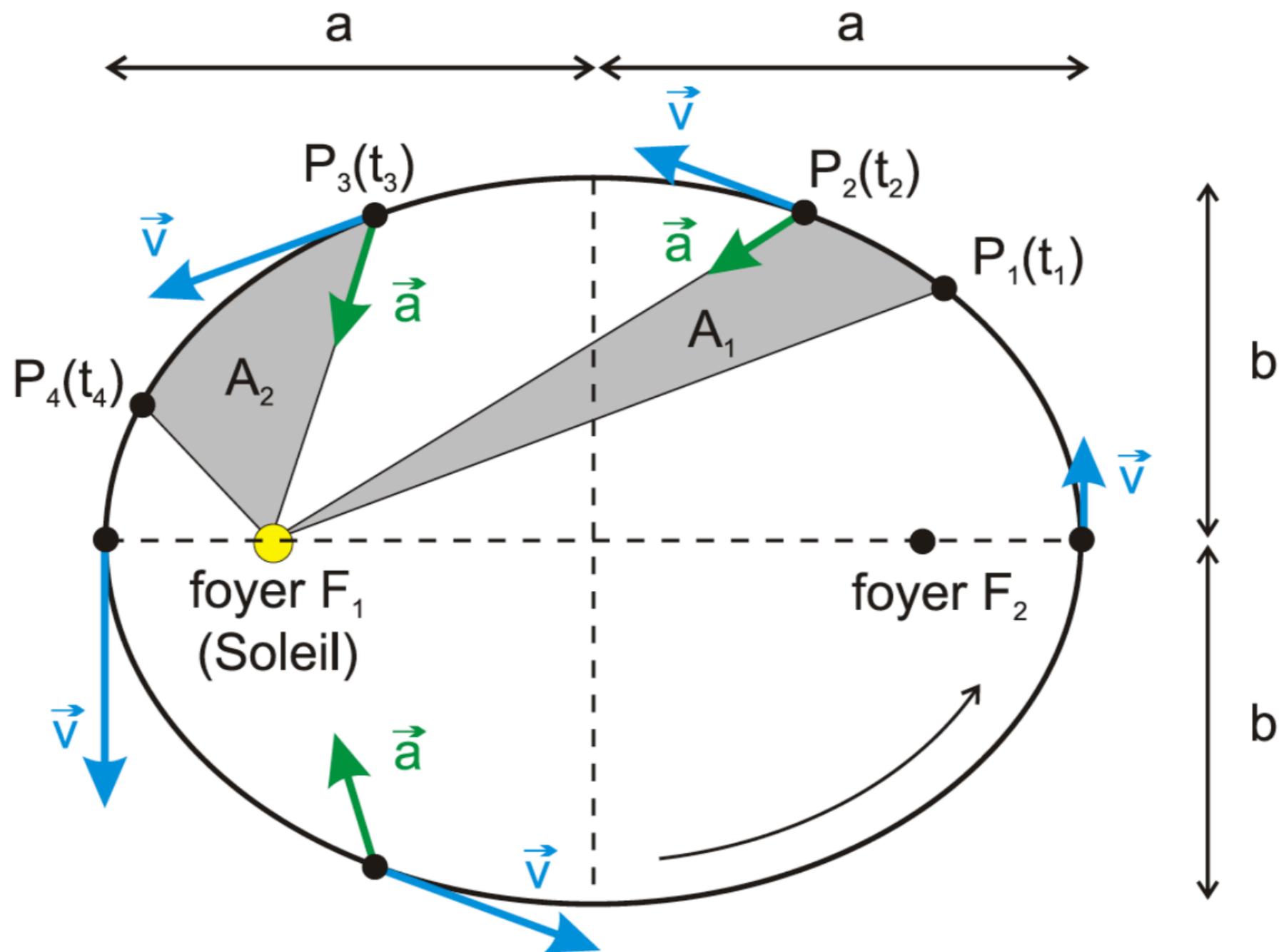
Les orbites des planètes sont des ellipses dont le Soleil occupe un des foyers.

## **2<sup>ème</sup> loi**

Le rayon vecteur entre une planète et le Soleil balaie des surfaces égales en des durées égales.

# J. Kepler : 3 lois fondamentales

(merci aux observations de T. Brahé)



# J. Kepler : 3 lois fondamentales

(merci aux observations de T. Brahé)



Johannes Kepler  
1571-1630

## 1<sup>ère</sup> loi

Les orbites des planètes sont des ellipses dont le Soleil occupe un des foyers.

## 2<sup>ème</sup> loi

Le rayon vecteur entre une planète et le Soleil balaie des surfaces égales en des durées égales.

## 3<sup>ème</sup> loi

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G(M + m)}$$

$T$  : période de révolution

$a$  : demi-grand axe de l'orbite

$M$  et  $m$  : masses du Soleil et de la planète

# J. Kepler : 3 lois fondamentales

(merci aux observations de T. Brahé)

**Cette 3<sup>ème</sup> loi s'applique à tout système gravitationnel à 2 corps.**

**Si plus de 2 corps, ça se complique beaucoup...**

**Très pratique : si  $m \ll M$ ,**

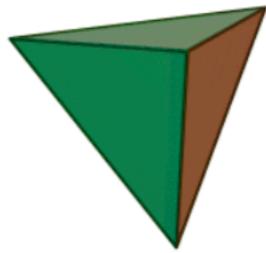
$$T^2/a^3 \simeq 4\pi^2/GM = cte$$

# **J. Kepler : 3 lois fondamentales**

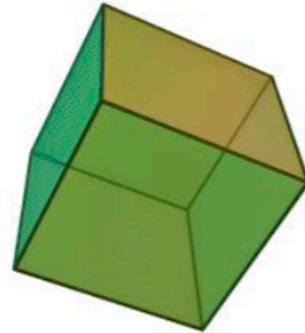
**Ces lois sont posées avant que Newton ne développe son concept de force !!!**

# J. Kepler : des concepts moins solides...

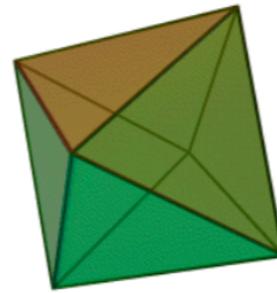
## *Solides de Platon*



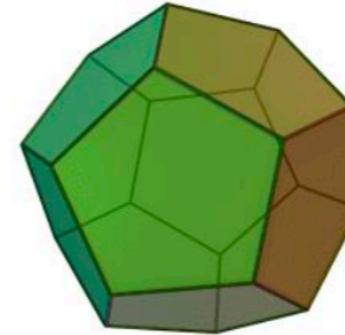
*Tétraèdre*



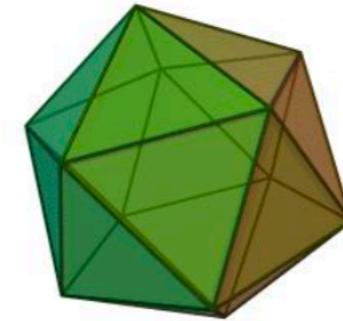
*Cube*



*Octaèdre*

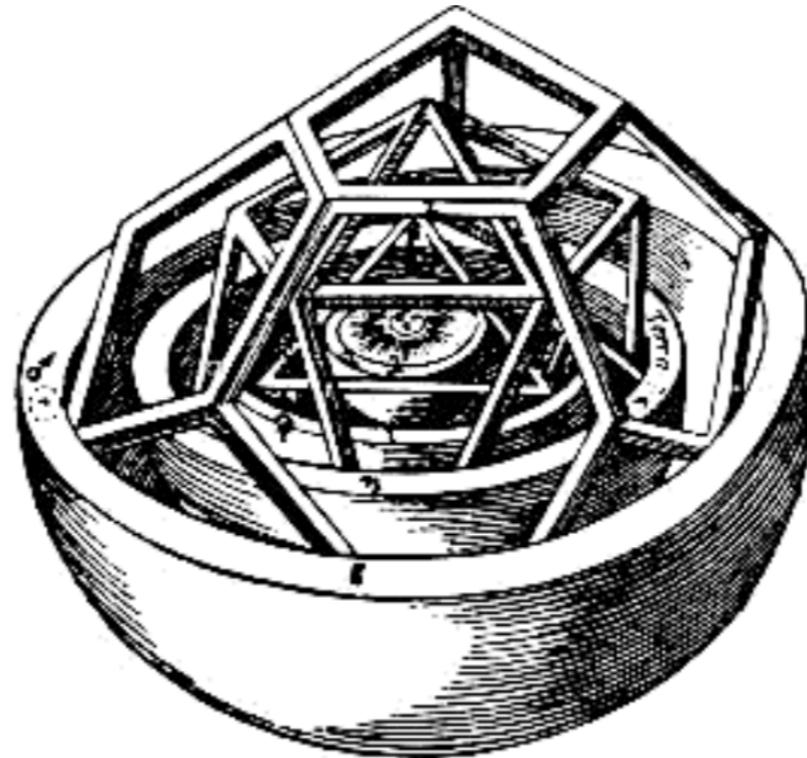


*Dodécaèdre*



*Icosaèdre*

*Système solaire  
selon Kepler*



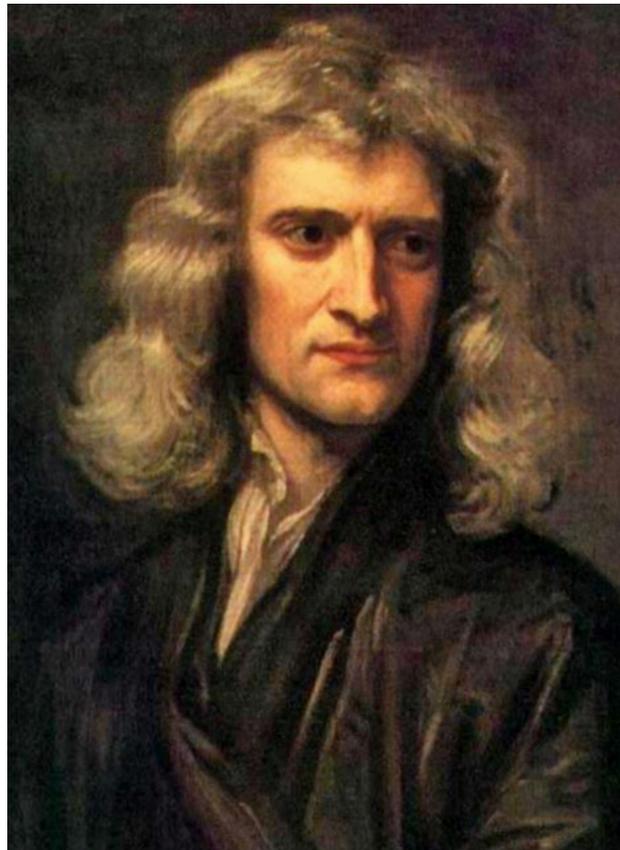
# J. Kepler : des concepts moins solides...

Planète	Distance angulaire parcourue en 24h	Intervalle musical
Saturne	Aphélie 1'46" = a Périhélie 2'15" = b	$1'48"/2'15" = 4/5$ tierce majeure
Jupiter	Aphélie 4'30" = c Périhélie 5'30" = d	$4'35"/5'30" = 5/6$ tierce mineure
Mars	Aphélie 26'14" = e Périhélie 38'01" = f	$25'21"/38'01" = 2/3$ quinte
Terre	Aphélie 57'03" = g Périhélie 61'18" = h	$57'28"/61'18" = 15/16$ demi-ton
Vénus	Aphélie 94'59" = i Périhélie 97'37" = k	$94'50"/98'47" = 24/25$ demi-ton chromatique
Mercure	Aphélie 164'00" = l Périhélie 394'00" = m	$164'00"/394'00" = 5/12$ octave + tierce mineure

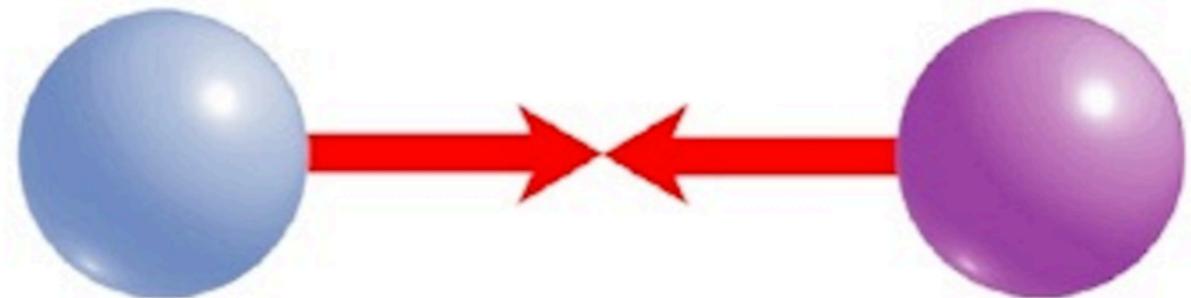
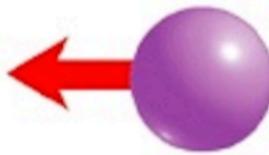
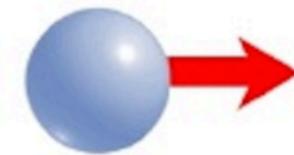
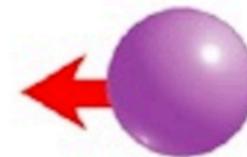
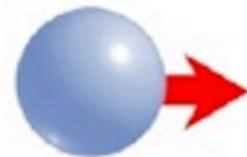
Musique des sphères dans un monde parfait et harmonieux

# I. Newton : la gravitation universelle

## Entrée en scène de la physique

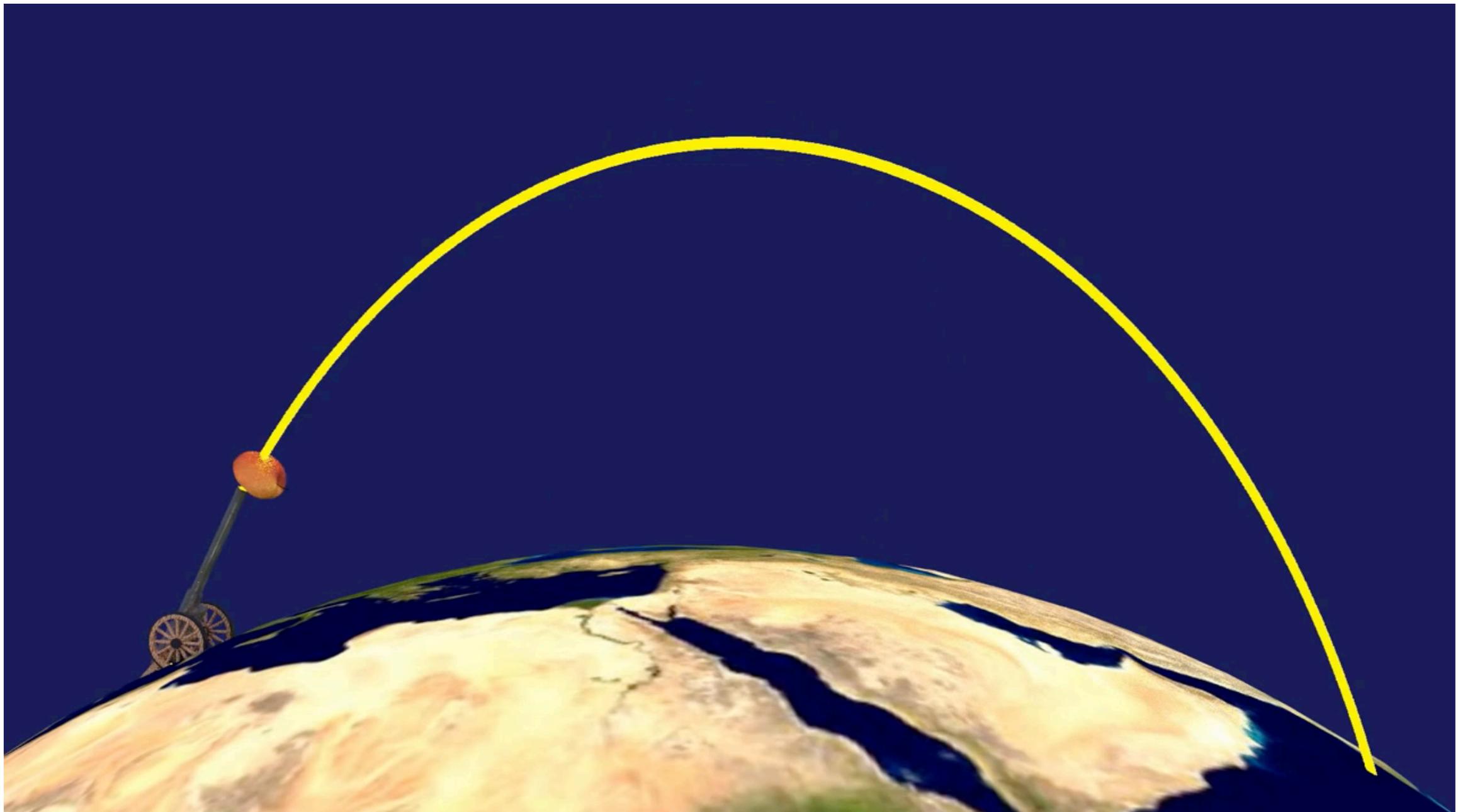


$$F_g = \frac{Gm_A m_B}{d_{AB}^2}$$



# I. Newton : la gravitation universelle

**Pomme et Lune : c'est la même chose !**



# **Renaissance européenne : avancées majeures**

- **Modèle héliocentrique**
- **Soleil immobile au centre de l'univers**
- **Planètes sur des orbites elliptiques**
- **Description physique formelle et universelle de la gravité**