

# Atelier Astro Le train spatial

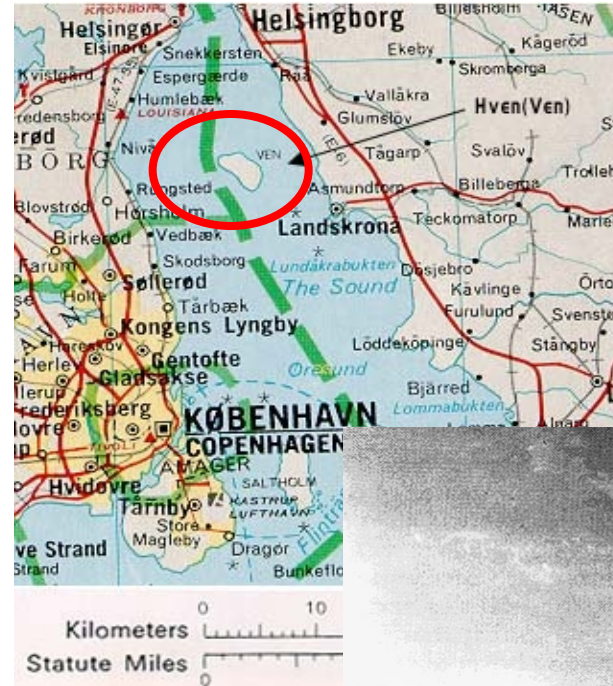
Comment peser étoiles et planètes?

Tyl Dermine

# Mouvements planétaires:

nouvelles observations Tycho Brahe

(1546 - 1601)



Ile de Hven

Uraniborg



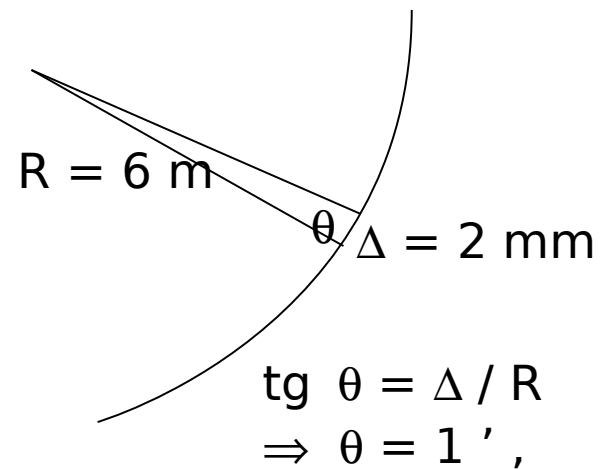
Tycho Brahe: le dernier astronome pré-télescopique

# Mouvements planétaires:

nouvelles observations Tycho Brahe (1546 - 1601)



Construction du château-observatoire Uraniborg, doté des meilleurs instruments de visée à l'œil nu, comme un **grand quadrant mural**, de 6 m de rayon.



soit 1/30 du diamètre de la Pleine Lune, une précision jamais atteinte jusque là!

Tycho Brahe: le dernier astronome pré-télescopique

# Les lois des mouvements planétaires Johannes Kepler (1571 - 1630)

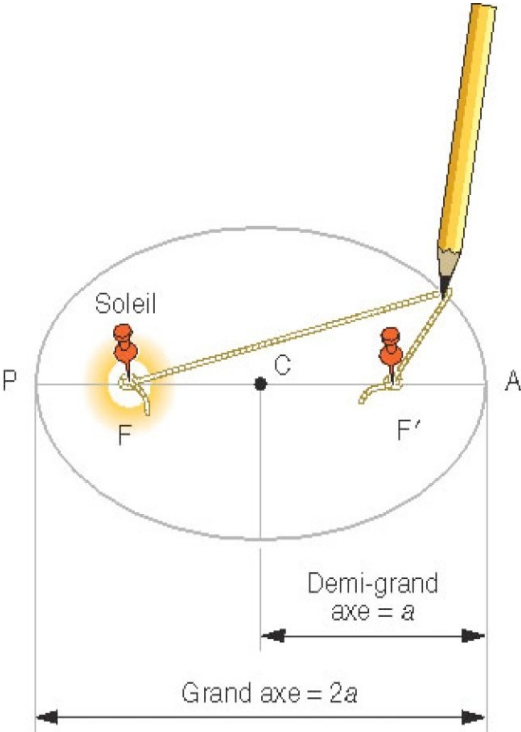
Tycho lègue ses observations à J. Kepler qui parvient à en extraire 3 lois du mouvement planétaire (« Lois de Kepler »)

**1ere loi (1609):** les orbites planétaires sont des courbes planes, fermées de type elliptique dont le Soleil occupe un des foyers

Ellipse = lieu des points dont la somme des distances à deux points fixes (« foyers » F, F') est une constante (soit  $2a = PA$ , la longueur du « grand-axe »)

L'ellipse est entièrement définie par 2 nombres:  
Le demi grand-axe  $a$   
L'excentricité  $e$   
= écart au cercle:  $e = CF / PC$

Deux points particuliers: P = périhélie  
A = aphélie



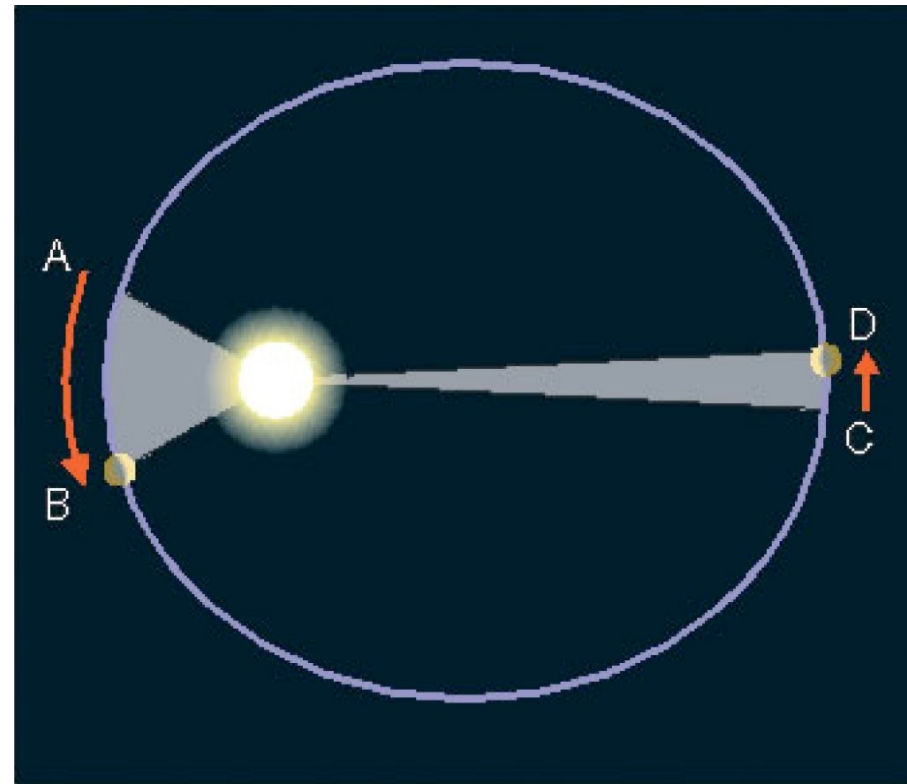
Johannes Kepler (1571-1630).

# Les lois des mouvements planétaires Johannes Kepler (1571 - 1630)

2eme loi (1609): le rayon-vecteur balaie des aires égales en des durées égales



- L'inégalité des saisons



# Les lois des mouvements planétaires Johannes Kepler (1571 - 1630)

3eme loi (1618): le rapport  $a^3 / P_{orb}^2$  est identique pour toutes les planètes (tournant autour du Soleil)

Rem: 1 UA = demi grand-axe de l'orbite terrestre  
=  $149.6 \cdot 10^6$  km

Compléter les colonnes laissées vides

	$P_{orb}$ (j)	$a$ ( $10^6$ km)	$a^3 / P^2$	$P_{orb}$ (an)	$a$ (UA)	$a^3 / P^2$	
Lune	27.322	0.3844	..	0.075	0.00257	..	
Mercure	87.968	57.91	..	0.24	0.387	..	
Vénus	224.695	108.21	..	0.62	0.723	..	
Terre	365.242	149.6	..	1	1	..	
Mars	686.93	227.94	..	1.88	1.524	..	
Jupiter	4330.6	778.30	..	11.86	5.203	..	
Saturne	10446.9	1429.39	..	29.46	9.54	..	
Uranus	30588.7	2875.04	..	83.74	19.2184	..	..
Neptune	59799.9	4504.50	..	163.7232	30.11	..	..



Des trois lois de Kepler, Newton déduit (Principia 1687)  
la forme analytique de la force de la gravitation:

Sachant que pour qu'une orbite soit stable,  
l'accélération centripète dans une orbite circulaire de rayon (relatif\*) a :

$$g_{\text{centripète}} = v_{\text{orb}}^2 / a \quad ( * \text{ càd de l'une des masses \% à l'autre} )$$

doit être égale à l'accélération associée à la force de gravité:

$$g_{\text{gravité}} = G (M + m) f(a), \quad G = \text{constante de la gravitation universelle}$$

Déterminer la fonction  $f(a)$  qui reproduit la **3e loi de Kepler**

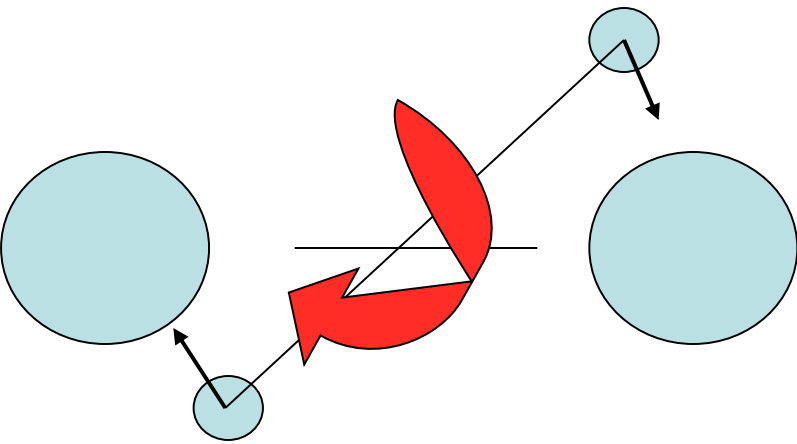
$$a^3 / P^2 = G (M+m) / 4\pi^2$$



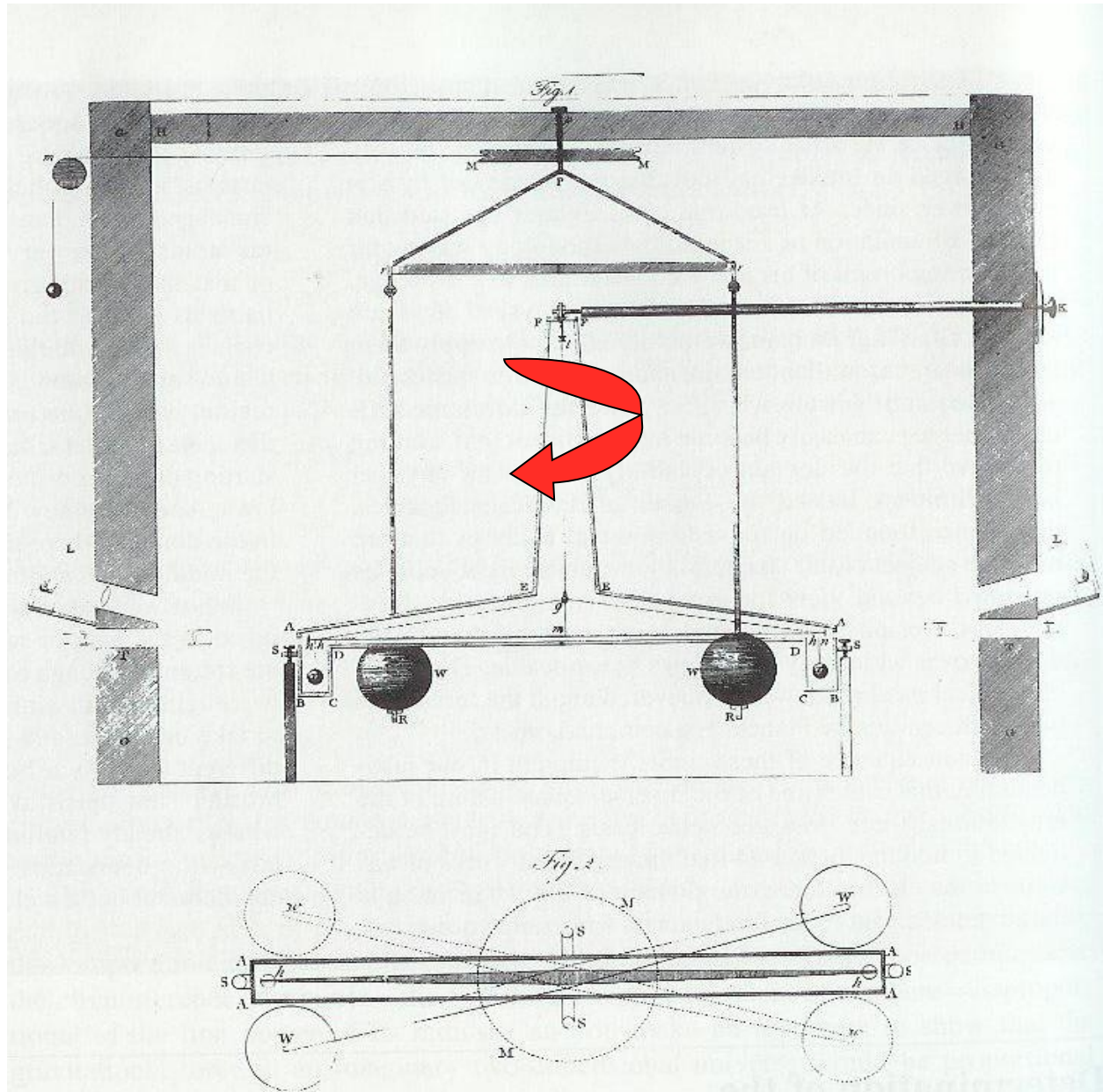
Mesure de G :

Henry Cavendish (1731 - 1810)

Pendule de torsion



$$G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$$





# Masse du Soleil

Sachant que  $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$

et que le rayon de l'orbite de la Terre =  $149.6 \cdot 10^6 \text{ km}$ ,

déterminer la masse du Soleil en kg

Pourquoi pour la Lune  $a^3 / P^2 = 3 \cdot 10^{-6}$  (en unités UA<sup>3</sup>/an<sup>2</sup>)  
et non 1 comme pour toutes planètes du système solaire?

# Masse de la Terre

En exprimant la 3e loi de Kepler pour le système Terre-Lune et ensuite pour le système Terre-Soleil, déterminer la masse de la Terre.

# Masse de Jupiter

Déterminer la masse de Jupiter sachant que son satellite Io orbite à une distance de 421 600 km en 1.769 jours