

Aula d'extensió Universitària

dels Enginyers Industrials de Catalunya

MESURES DEL SISTEMA SOLAR I DEL NOSTRE PLANETA

Miquel Noguera Batlle

www.miquelnoquera.cat

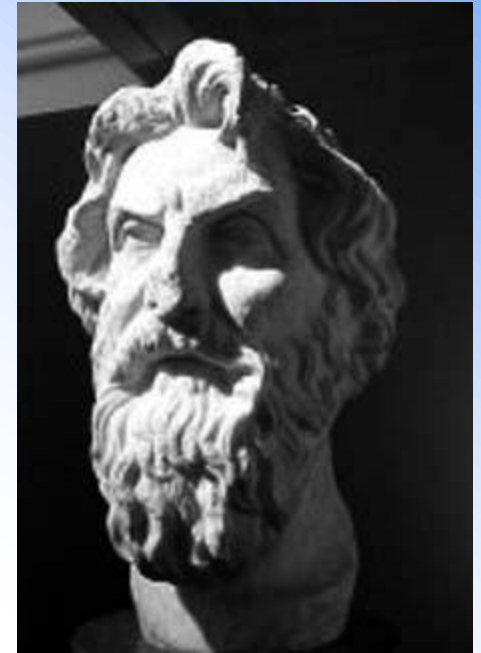
miquel@miquelnoquera.cat



- Aristarc de Samos (III aC)
 - Mesures relatives, heliocentrisme.
- Eratòstenes (II aC)
 - Mesures absolutes.
- Al-Biruni (XI)
 - Radi de la Terra.
- John Harrison (XVIII)
 - La longitud.
- Delambre & Méchain (XIX)
 - El meridià terrestre.
- El GPS (XX)

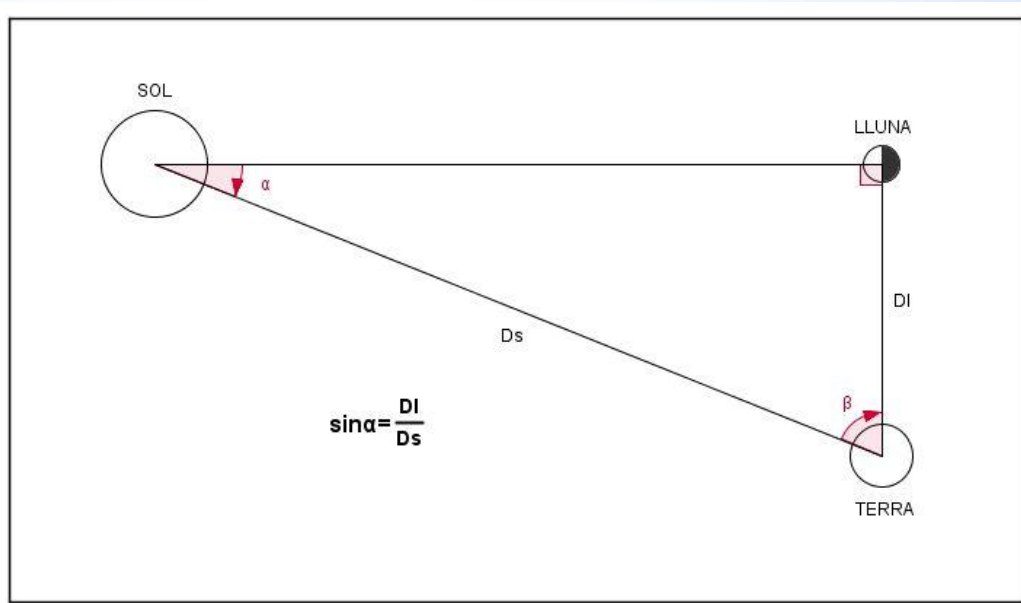
Aristarc de Samos (Αρίσταρχος) (310-230 aC)

- La major part de la seva vida visqué a Alexandria.
- Mesures relatives:
 - Distància Terra-Sol.
 - Distància Terra-Lluna.
 - Diàmetre de la Lluna i del Sol.
- Model heliocèntric (Arquimedes 287-212 aC)

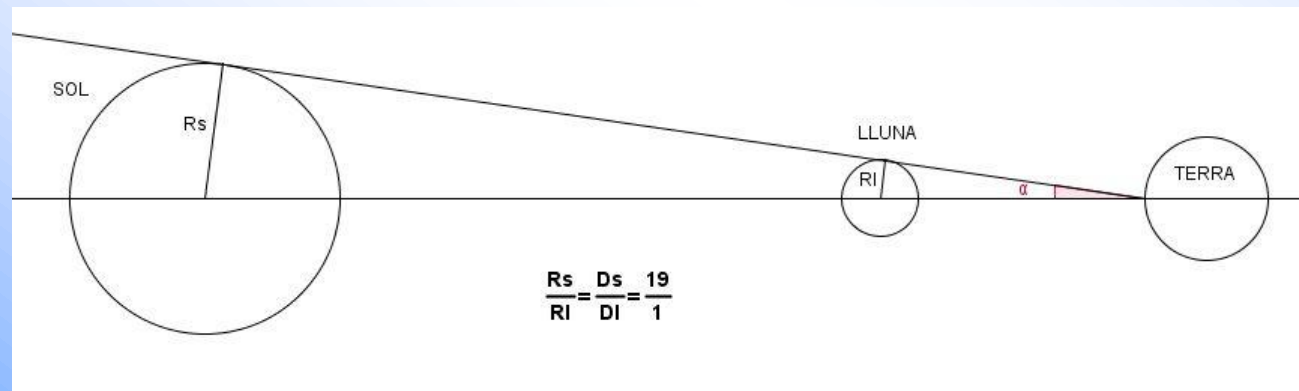


Distància Terra-Sol vs Terra-Lluna

- Capvespre de quart creixent:

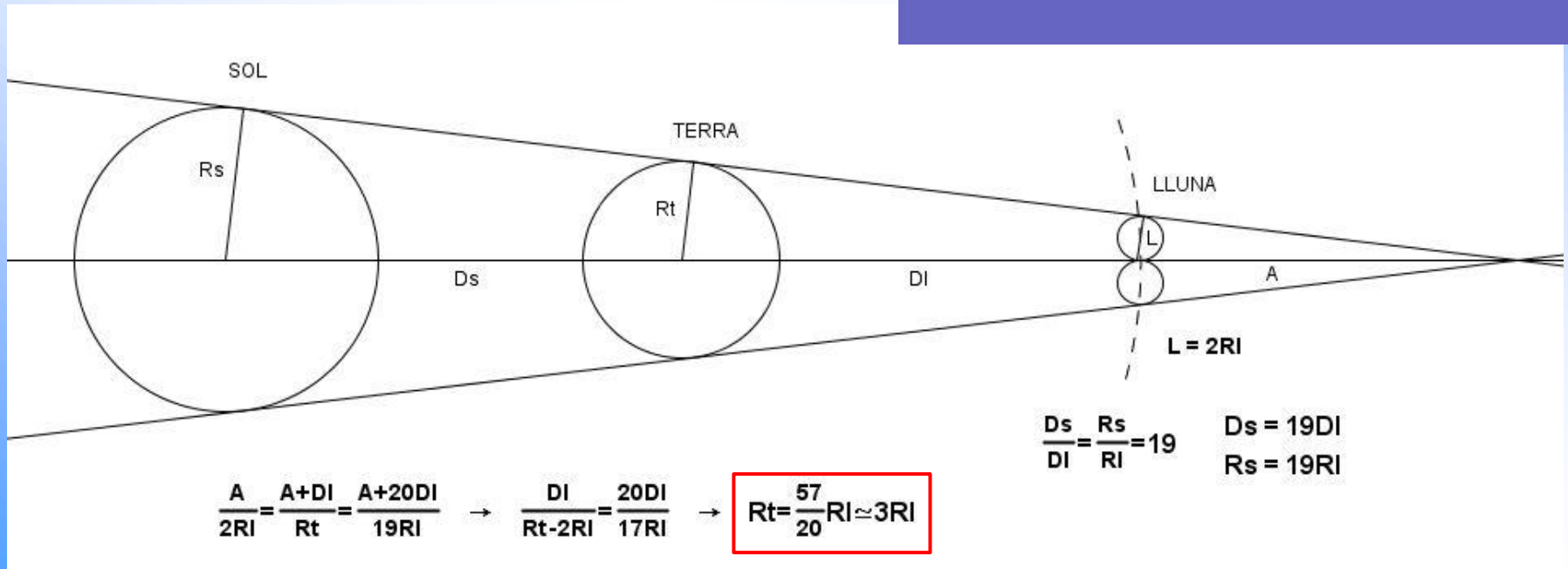
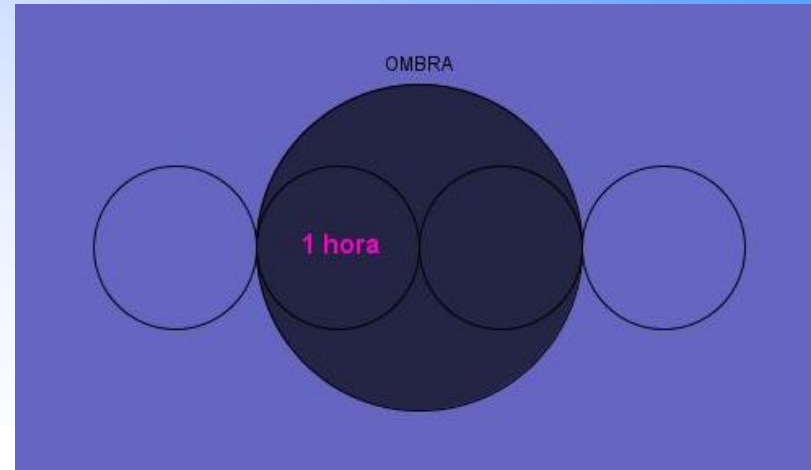


- $\beta = 87^\circ$ ($89^\circ 50'$) $\alpha = 3^\circ$
 $= 1/30 \ 90^\circ$
- $1/18 > \sin 3^\circ > 1/20$
(1:390)
- La mateixa proporció pels diàmetres.



Diàmetre Terra vs Lluna

- Eclipsi de Lluna:
 - Mesura temps
- Comparació amb el Sol
 - Resultat: 3:1 Realitat: 11:3



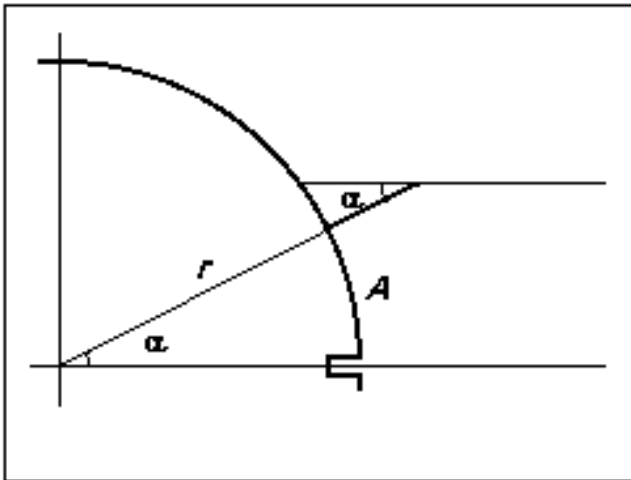
Eratòstenes (Ἐρατοσθένης) (276-194 aC)

- Radi de la Terra.
- Radi de la Lluna (una tercera part del de la Terra).
- Radi del Sol.
- Distància Terra-Sol.



Radi de la Terra

- Longituds d'ombra diferents en punts de latitud diferents: Alexandria i Siena (Asuan)
- $\alpha = 7^\circ 12' = 7.2^\circ$ ($7.2 \times 50 = 360$), $A = 5000 \text{ est.} \rightarrow 250000 \text{ est.}$
- $\pi = 22/7 \rightarrow r = 39773 \text{ est.}$
- Error de 120 Km (2%) !!!



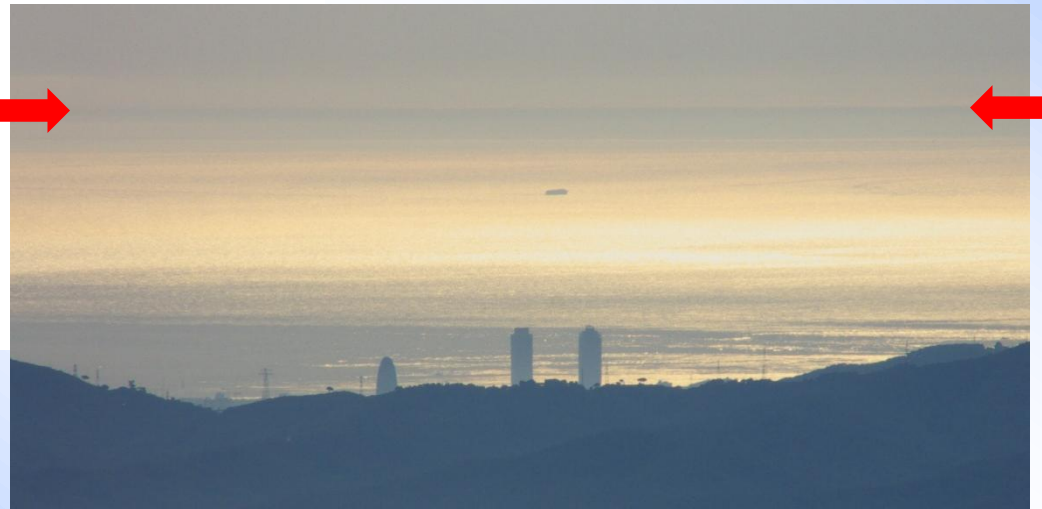
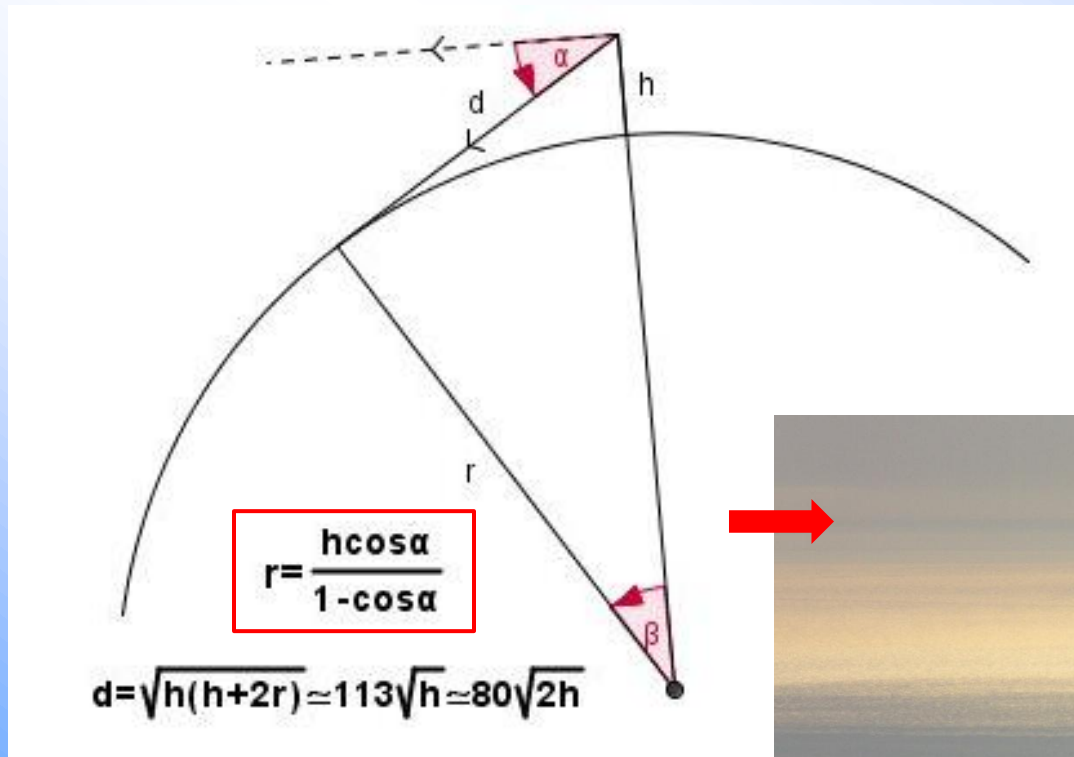
Al-Biruní (973-1048)

- Al-Ma'mun (786-833) repeteix el càlcul d'Eratòstenes i proposa un nou mètode.
- Al-Biruní (بوريجان محمد بن احمد بيروني) posa en pràctica el mètode d'al-Ma'mun des de la serralada afgana sobre la plana del Pandjab.



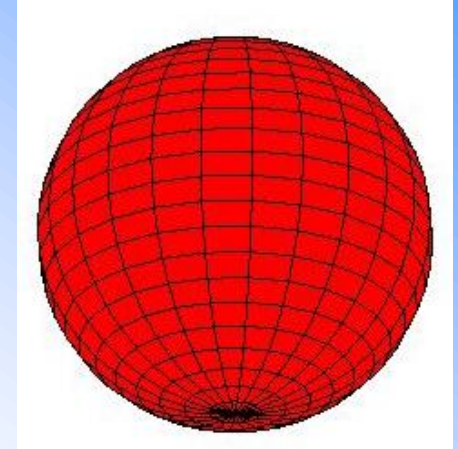
Al-Biruní: Radi de la Terra

- Angle de l'horitzó respecte la horitzontal

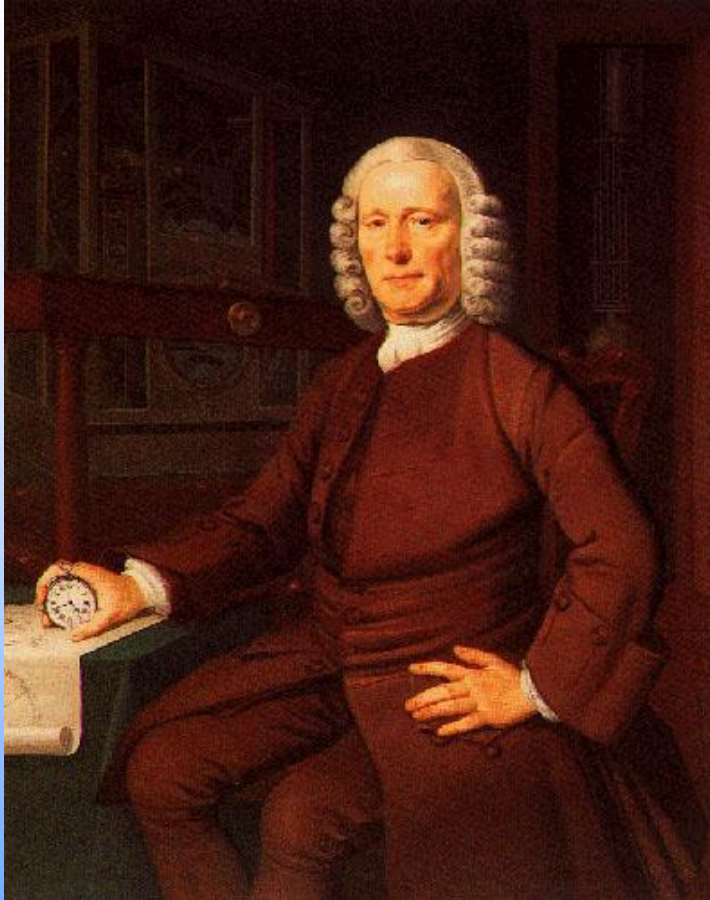


La latitud i la longitud

- Ptolemeu (150 aC) 1er atles mundial.
- Latitud:
 - Zero: Equador.
 - Mesura: Sol, estrelles, ...
- Longitud:
 - Zero: Canàries, Açores, Roma, Jerusalem, París, S. Petersburg, Pisa, Londres, ...
 - És una mesura del temps: $15^{\circ} = 1h$
 - Diversos mètodes: distància lunar, satèl·lits de Júpiter, variació magnètica, explosions, “pólvores de simpatia” ...
 - Pirateria, escorbut, naufragis: 22-10-1707, illes Scilly, almirall sir Clowdisley, 1647 morts i 4 vaixells.
 - 8 juliol 1714: Decret de la longitud. 20 000 £ per $\frac{1}{2}$ grau d'error.

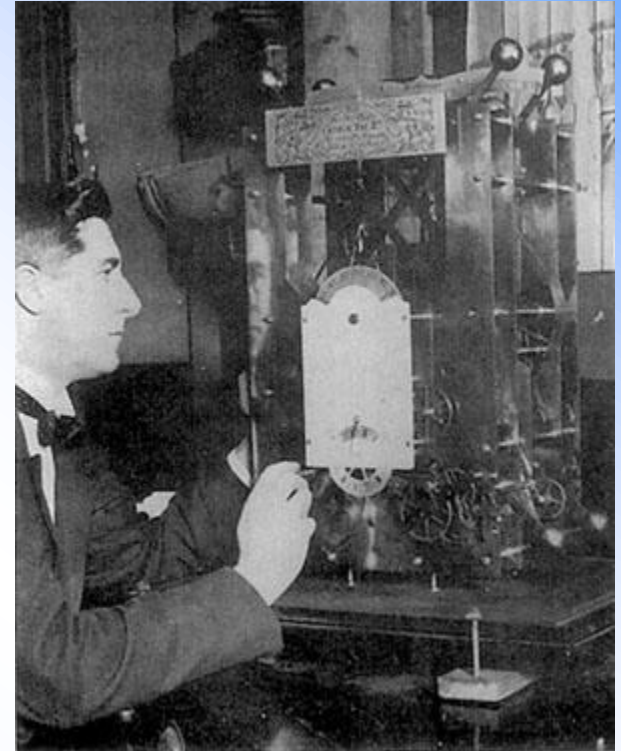
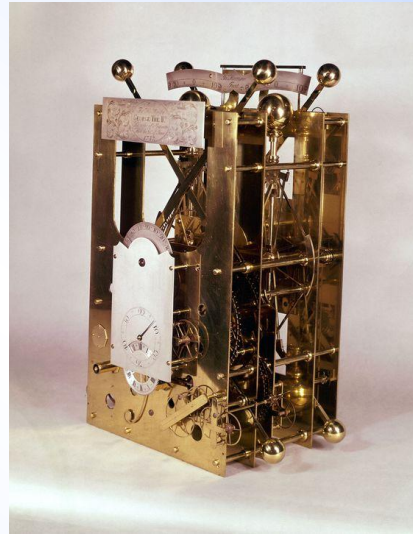
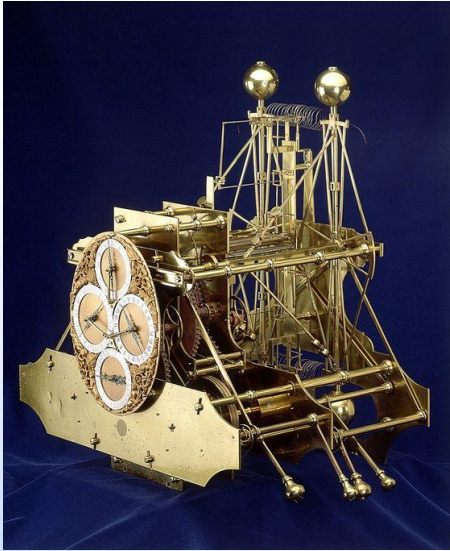


La longitud: John Harrison (1693-1776)

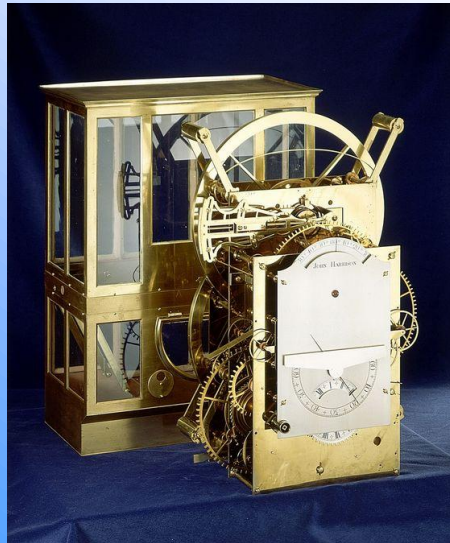


- 40 anys (1730-1769) per construir el cronòmetre “perfecte” (H1,2,3 i 4).
- Fill de fuster, músic, mecànic, afinador de campanes, rellotger.
- Lector dels *Principia* de Newton.
- No li van concedir el premi.
- James Cook va portar en els dos darrers viatges el K1.

La longitud: Els “Harrison”



Rupert T. Gould (1890-1948)



El metre i el meridià terrestre

- Segles XVII i XVIII: Diverses mesures d'una part del meridià terrestre.
- Assemblea constituent del 8 de maig de 1790: Deu milionèsima part del quadrant de meridià que va de Dunquerque a Barcelona.
 - Jean Baptiste Delambre: Dunquerque a Carcassona.
 - Pierre François Méchain: Carcassona a Barcelona.
- 10 de desembre de 1799: S'aprova definitivament.
- Méchain continua fins a Castelló on mor (1804).
- Francesc Aragó prossegueix fins a Eivissa, Formentera i Mallorca (1809).

“A tous les temps, a tous les peuples”

El metre: Els protagonistes



Jean-Baptiste Joseph
Delambre (1749-1822)



Pierre François André
Méchain (1744-1804)

2° 20' 14.025" E

El metre: La memòria

BASE
DU SYSTÈME MÉTRIQUE DÉCIMAL,
OU
MESURE DE L'ARC DU MÉRIDIEN
COMPRIS ENTRE LES PARALLÈLES
DE DUNKERQUE ET BARCELONE,
EXÉCUTÉE EN 1792 ET ANNÉES SUIVANTES,
PAR MM. MÉCHAIN ET DELAMBRE.

Rédigée par M. Delambre, secrétaire perpétuel de l'Institut pour les sciences mathématiques, membre du bureau des longitudes, des sociétés royales de Londres, d'Upsal et de Copenhague, des académies de Berlin et de Suède, de la société Italienne et de celle de Gottingue, et membre de la Légion d'honneur.

SUITE DES MÉMOIRES DE L'INSTITUT.

TOME PREMIER.

PARIS.

BAUDOUIN, IMPRIMEUR DE L'INSTITUT NATIONAL.

JANVIER 1806.

C.ⁿ 282.⁶ⁱ



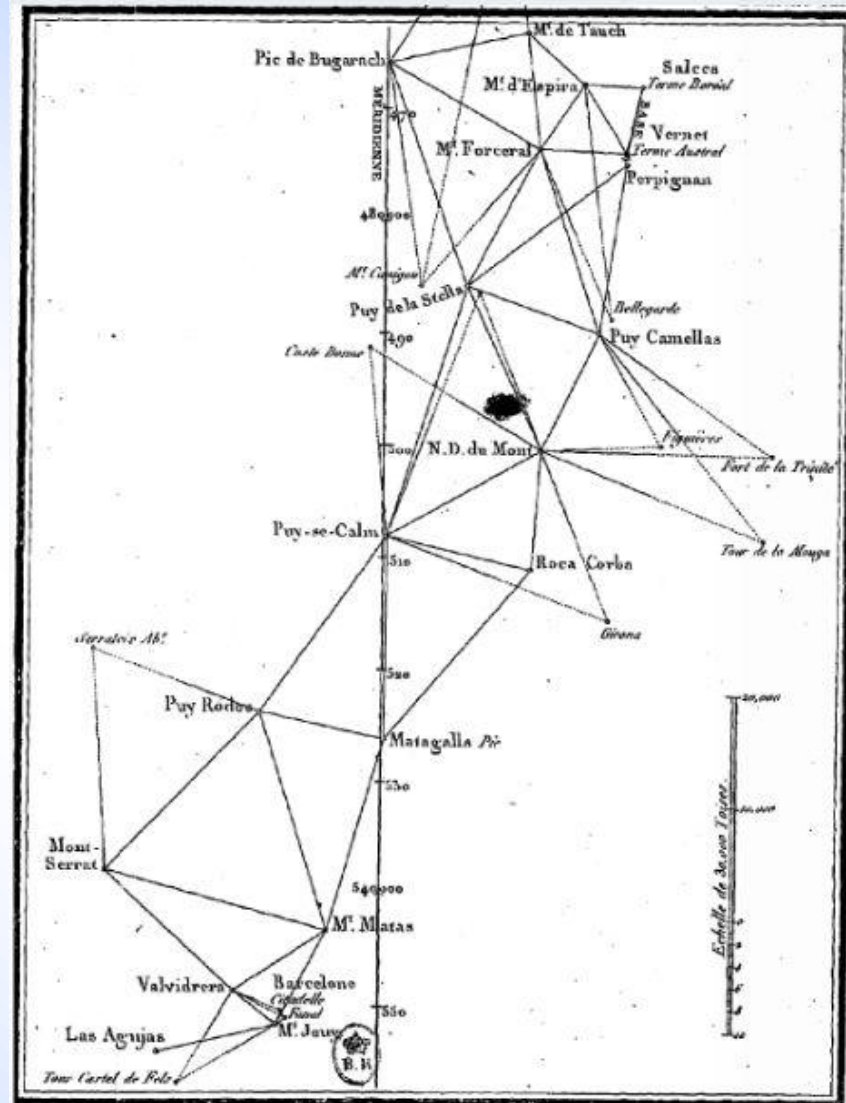
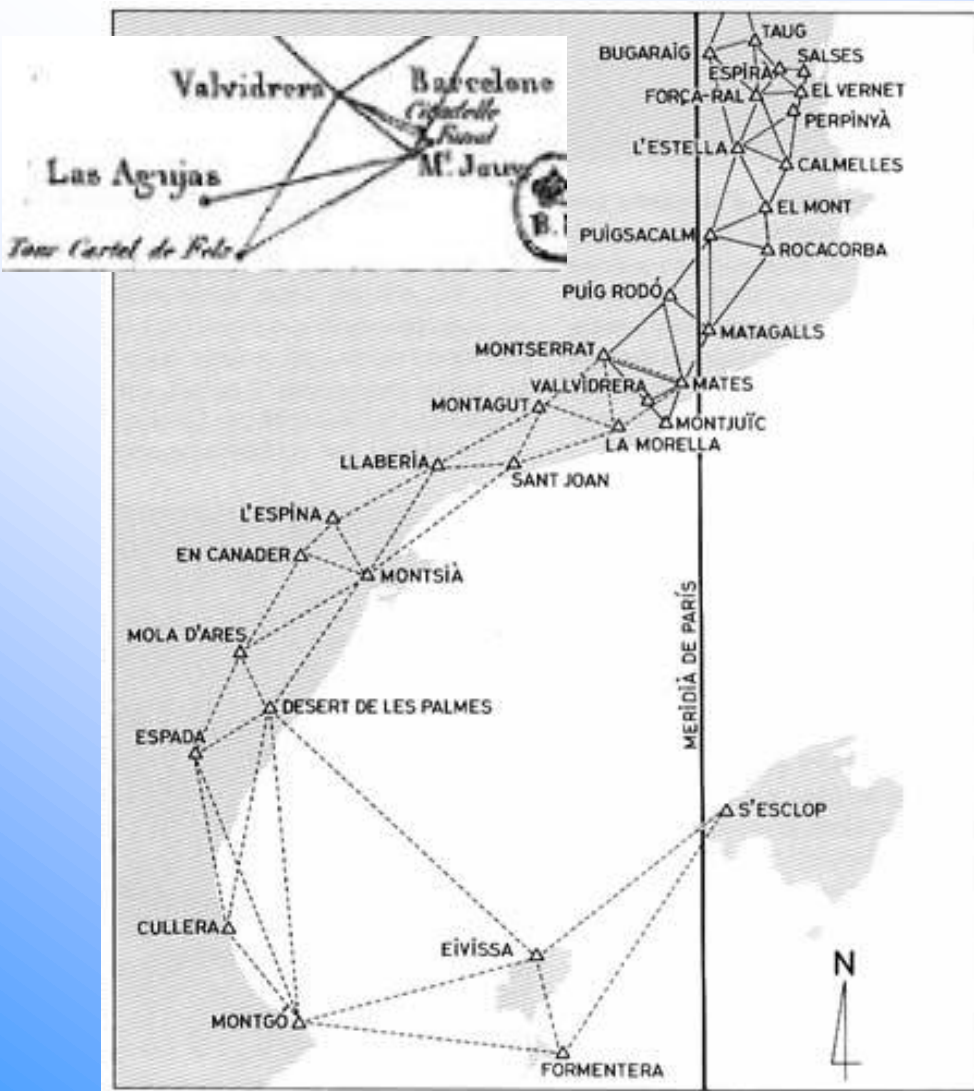
DISCOURS PRÉLIMINAIRE.

LES deux questions de la grandeur et de la figure de la terre, qui exercent depuis si long-temps les astronomes et les géomètres, paroissent de nature à n'être jamais entièrement épuisées. Les anciens ne se sont guère occupés que de la première; la seconde leur avoit semblé résolue aussitôt que posée. Dès l'instant où l'on se fut démontré la courbure de la terre et la convexité des mers, on se hâta de conclure que la terre étoit un globe. Dans un temps où l'on ne vouloit voir dans le ciel que des cercles, quand on ne pouvoit concevoir que des mouvemens rectilignes ou circulaires, on n'avoit garde d'élever le moindre doute sur une supposition qui réunissoit une grande simplicité en théorie et une exactitude suffisante pour la pratique. Il passa donc pour certain jusqu'à Huygens et Newton que la terre étoit sphérique. Dans cette hypothèse il suffit de mesurer un arc d'un méridien quelconque pour être en état de construire un globe qui soit en petit la représentation de la terre, et sur lequel on puisse tracer dans leurs justes proportions les différens pays qui en partagent la surface. Ératosthène paroît être le premier qui ait montré comment devoit se faire cette opération fondamentale de la géographie. Sans sortir de son observatoire, il donna

1.

A

El metre: La triangulació a Catalunya

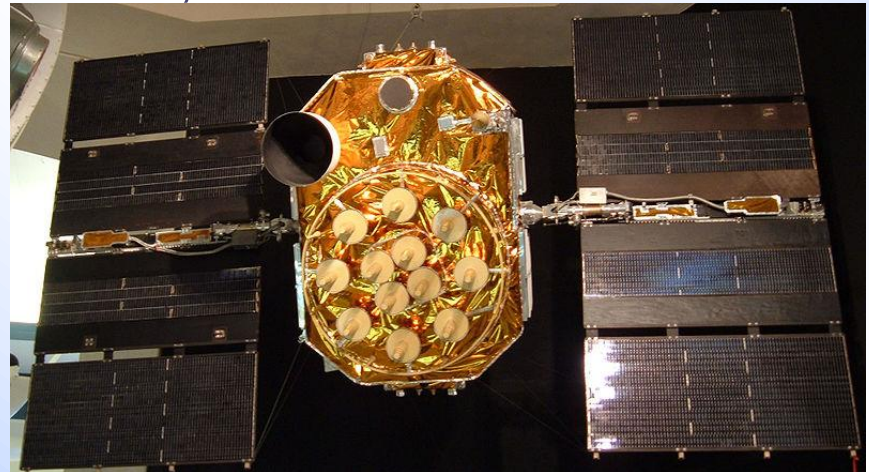
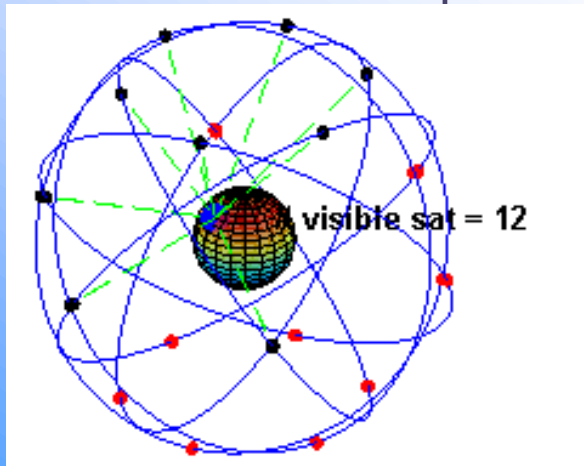


El meridià a Barcelona



El GPS (*Global Positioning System*)

- Sistemes: NAVSTAR (1978), GLONASS (1985), GALILEO (2014).
- Motivació: Vietnam.
- Xarxa de satèl·lits:
 - 900kg, 4m, 10 anys de vida.
 - Òrbita: 20200km, 12h.
 - Mínim: 24 (6x4) en funcionament i 4 de visibles.
 - Emissió: 3 freqüències a 1500Mhz, <50W.



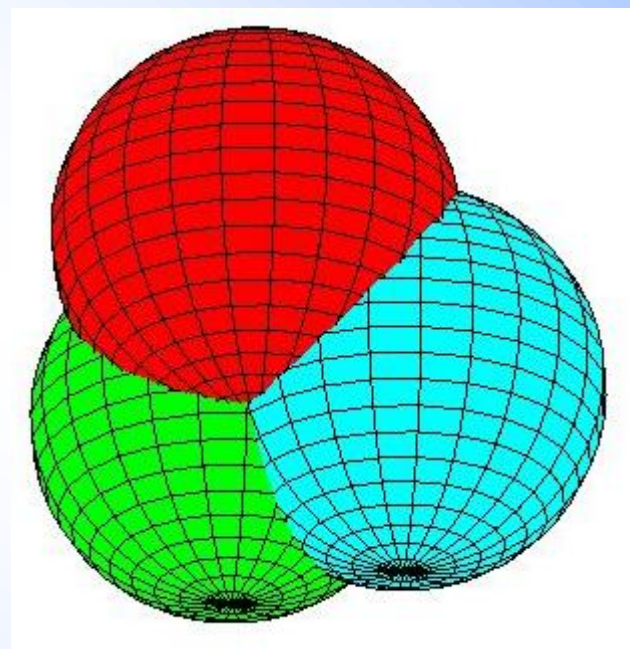
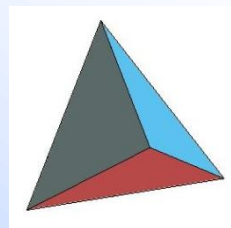
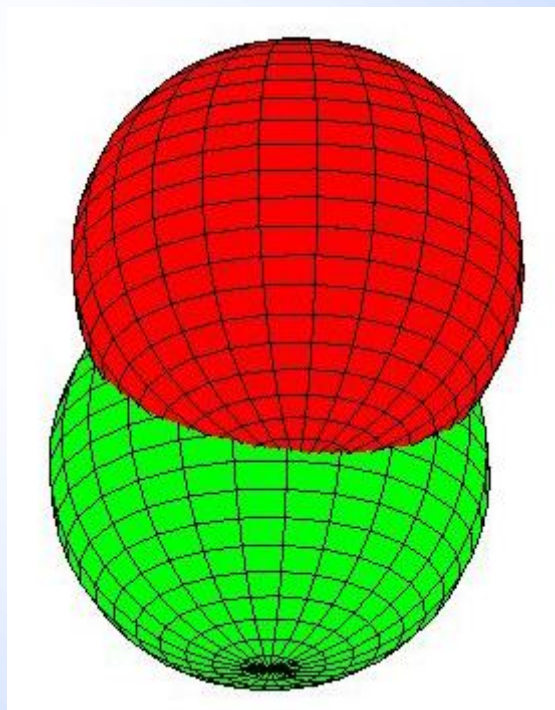
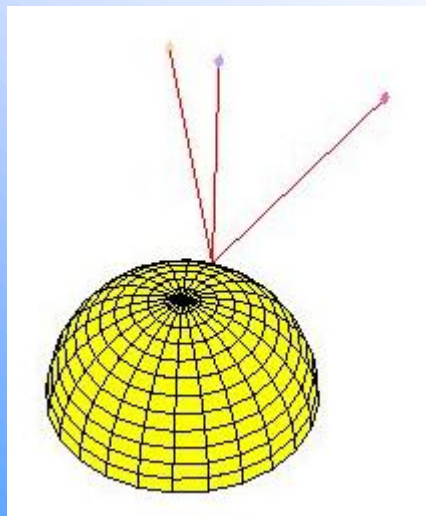
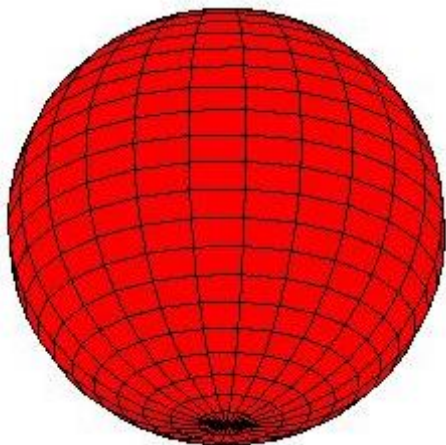
El GPS: Funcionament

- Missatge de cada satèl·lit:
 - Identificació.
 - Posició (efemèrides).
 - Posició i estat dels altres (almanac).
 - Hora exacta de l'inici del missatge.
 - Model ionosfèric.
- Diferència horària → distància:

$$e = v (t_1 - t_0)$$

- Diferència de temps ≈ 67 ms
- $1\text{ms} \rightarrow 300\text{km}$ $1\mu\text{s} \rightarrow 300\text{m}$ (!)

El GPS: Intersecció de 3 esferes



- Distància:

$$e = v (t_1 - t_0)$$

- Model de la ionosfera.
- Correccions relativistes del temps:
 - Especial: $7\mu\text{s}/\text{dia}$
 - General: $45\mu\text{s}/\text{dia}$
 - Òrbites lleugerament el·líptiques.
- Correccions estadístiques.

- Posició:

- SA: Antic error afegit (guerra del golf).
- DGPS: GPS diferencial (Catalunya Radio)

La nostra situació:



41° 23' 08" N 2° 10' 22" E 10m

Moltes gràcies