



Associazione Astronomica del Rubicone

.....ma ora verranno le stelle,
le tacite stelle....

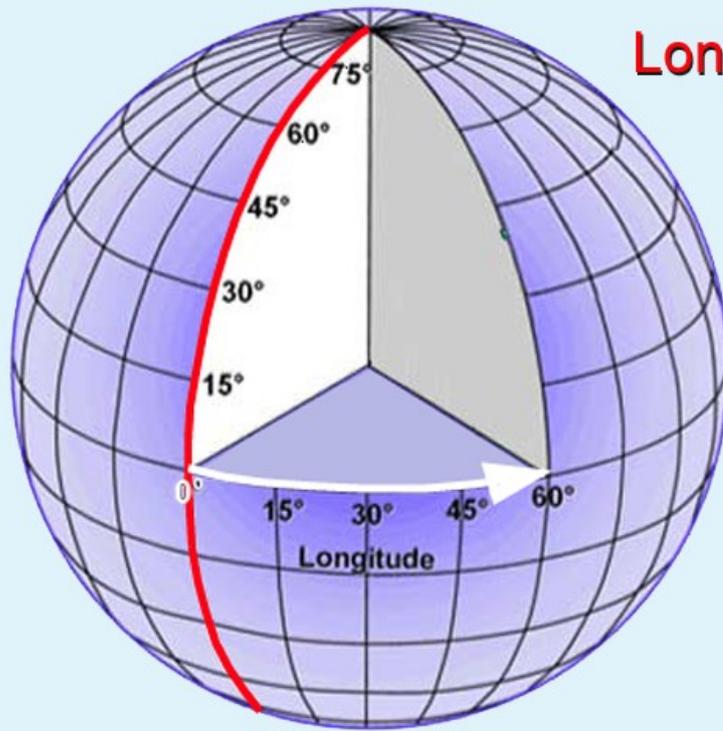
(S. Pasolini)

Storia della Longitudine

di
Laura Balducci & Marino Biondi



Le linee immaginarie



Longitudine

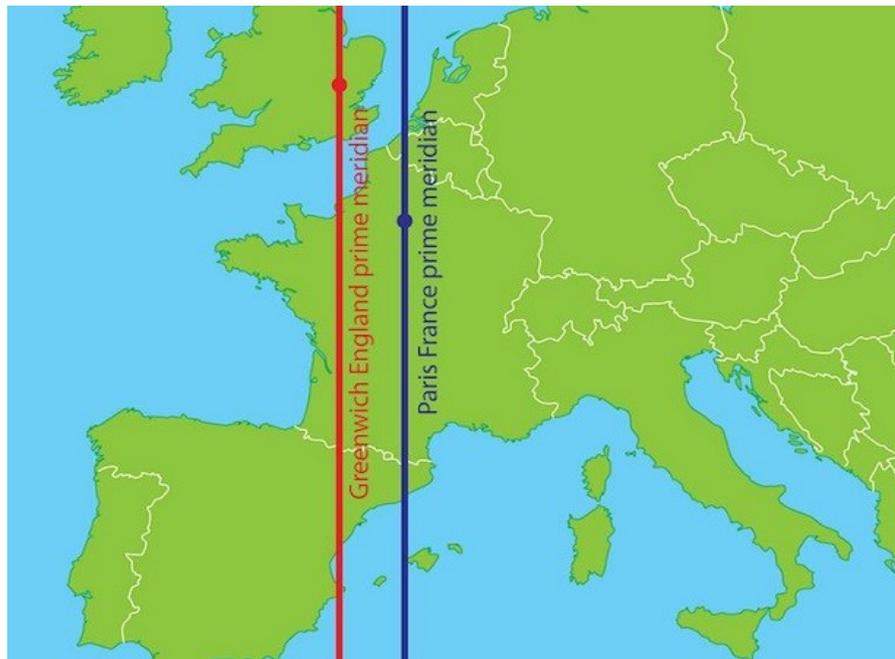
- Latitudine: paralleli
- Equatore – Tropici – Circoli polari
- Longitudine: meridiani dal Polo Nord al Polo Sud

Nell'antichità



- **Tolomeo (150 d.C.):**
1°elenco ordinato dei luoghi con coordinate dei meridiani e paralleli riportate dai viaggiatori
- Equatore: parallelo 0° da osservazioni dei movimenti dei corpi celesti.
- Meridiano 0°? Scelta politica:
 - Isole Fortunate (Canarie); Isole Azzorre; Capo Verde; Roma; Pisa; Parigi (la Linea della Rosa); Copenhagen; Gerusalemme; San Pietroburgo; Filadelfia e Londra.

La linea della Rosa

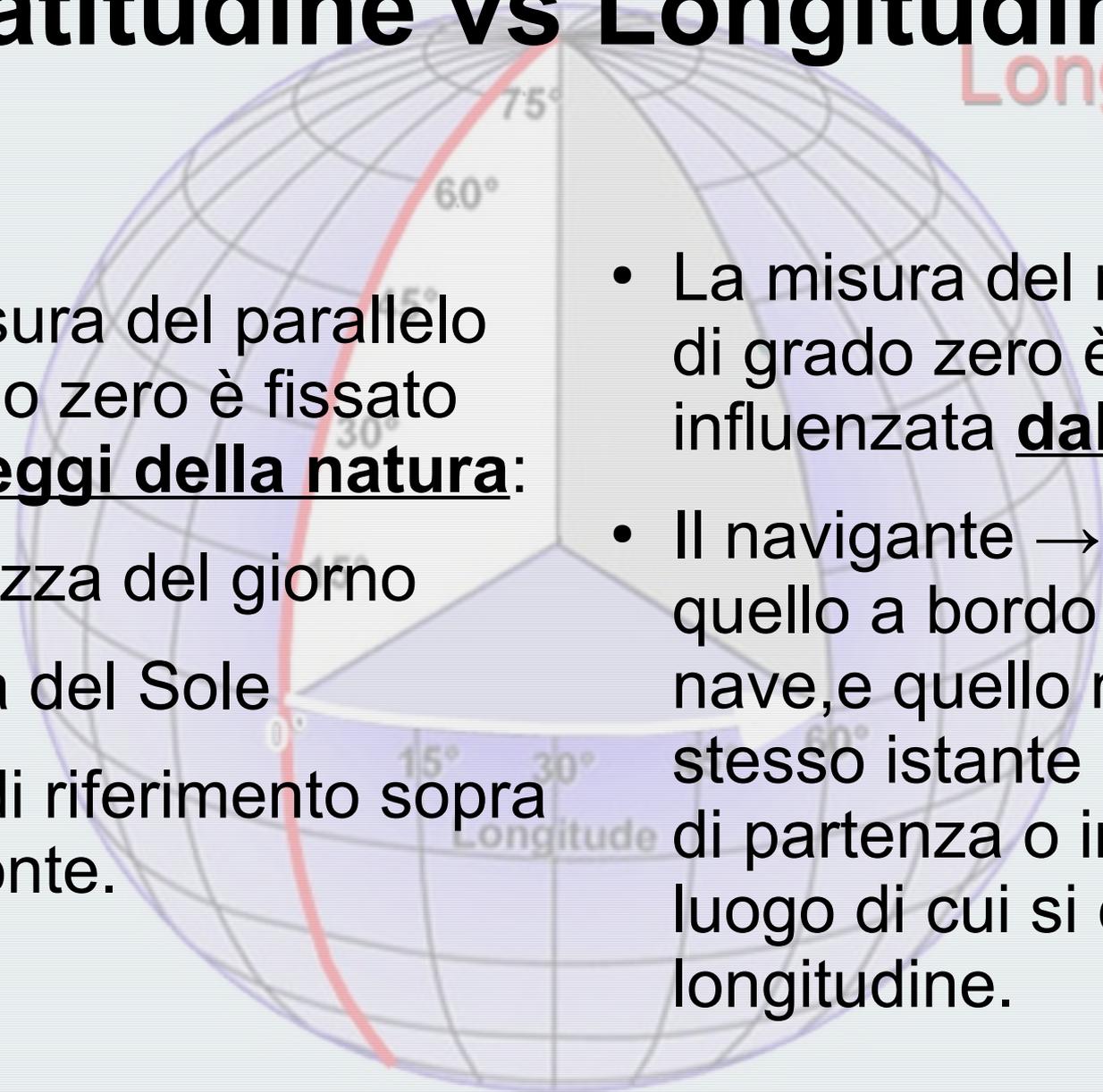


Chiesa di Saint – Suplice
(Parigi)

Latitudine vs Longitudine

- La misura del parallelo di grado zero è fissato dalle leggi della natura:
- lunghezza del giorno
- altezza del Sole
- stelle di riferimento sopra l'orizzonte.

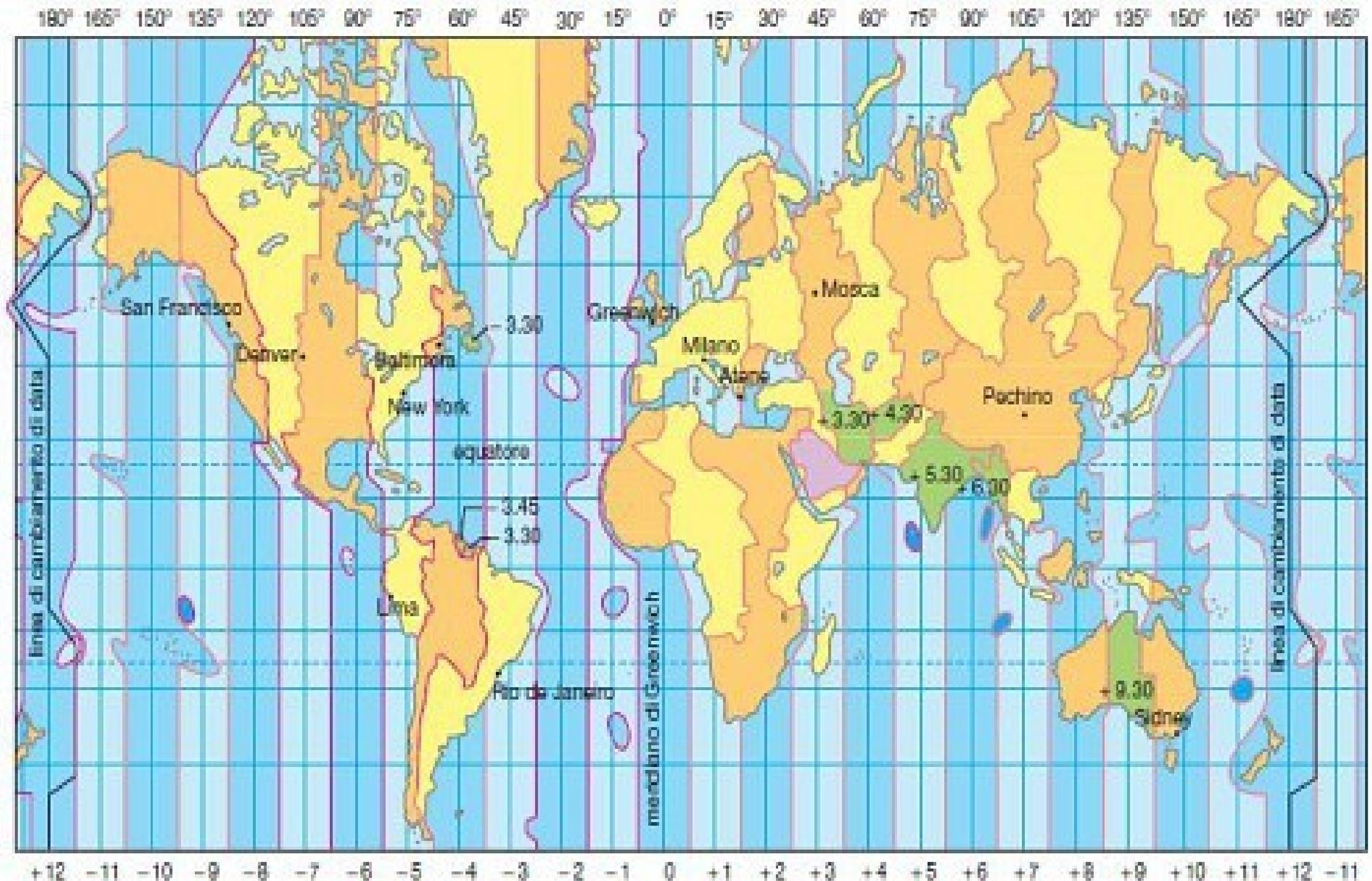
- La misura del meridiano di grado zero è influenzata dall'ora:
- Il navigante → 2 orari: quello a bordo della nave, e quello nello stesso istante nel porto di partenza o in un altro luogo di cui si conosca la longitudine.



Dove e a che ora?

- Rotazione terrestre = **24h per giro 360°**
- **$360^\circ / 24 \text{ h} = 15^\circ \text{ in } 1 \text{ h.}$**
- Quindi la **differenza di un'ora** tra la posizione della nave e il punto di partenza = **+ 15° di longitudine verso oriente o occidente.**
- In mare il navigante regola l'orologio della sua nave sul mezzogiorno, poi consulta l'orologio del porto di partenza, e sa che la discrepanza di un'ora è 15° di longitudine.

Dove e a che ora?



Gradi = distanza percorsa

- Equatore (circonferenza max) $15^\circ = 1000$ miglia
- Diminuisce verso i Poli:

Tempo

1° longitudine = 4 min in tutto il globo

E la distanza?

1° longitudine all' Equatore = 68 miglia

1° longitudine ai Poli = 0 miglia



Orologi sulle navi?

Difficoltà:

- Rollio
- Umidità
- Sbalzi pressione atmosferica
- Piccole variazioni della gravità terrestre
- Quasi impossibile trovare l'esatta ora di due luoghi.
- Rallentavano, andavano indietro oppure si fermavano del tutto.
- Deterioramento parti meccaniche e ispessimento/assottigliamento dei lubrificanti negli ingranaggi.

Spiacevoli sorprese



Disastro del 22 ottobre 1707 Isole Scilly: 2000 uomini persero la vita

LONGITUDE ACT

Also known as the
“Board of
Longitude”

Longitude Act 1714

Establish: Commissioners for the Discovery
of the Longitude at Sea

Define Longitude prizes:

£10,000 for a method that could
determine longitude within 60 nautical miles

£15,000 for a method that could
determine longitude within 40 nautical miles (74 km)

£20,000 for a method that could determine
longitude within 30 nautical miles (56 km)

Equivalent to
£2,9 million
today!

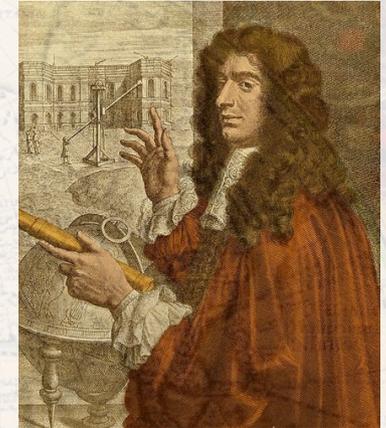
LONGITUDE ACT (1714)

“Bando” emanato dal Parlamento inglese per trovare una soluzione *praticabile e utile*. Premio 20.000 sterline

- Astronomi: soluzione nei meccanismi celesti
- Capitani: William Bligh e James Cook fecero delle spedizioni per verificare la praticità dei metodi proposti sulle loro navi.



Astronomi:



Christiaan Huygens, Galileo Galilei, Sir Isaac Newton, Edmond Halley e Gian Domenico Cassini

Metodo delle Eclissi delle lune di Giove

Metodo delle distanze lunari

La soluzione in un orologio?

- John Harrison, orologiaio, inventò un orologio che avrebbe trasportato l'ora esatta dal porto di partenza ad ogni punto della Terra.

Molti lo contrastarono:

- Astronomo reale Nevil Maskelyne;
- Eccellenze del suo tempo: scetticità
- Ostacolato con cavilli e sporche

manovre



La soluzione in un orologio?

Harrison costruì una serie di orologi:

- privi di attrito;
- no lubrificazione o pulizia;
- Materiali non soggetti all'azione della ruggine;
- Parti mobili in equilibrio reciproco nonostante rollio e beccheggio nave;
- No pendolo → metalli diversi così che le dilatazioni termiche diverse annullassero gli effetti di rallentamento dell'orologio.

MA...

I commissari del premio stanziato, cambiavano le regole per vanificare ogni soluzione trovata da Harrison. → favorire gli astronomi a scapito di un semplice "orologiaio".

Questione che si portò avanti per 40 anni...



Nei secoli precedenti...

- Calcolare la longitudine: alla cieca!

Solcometro: si gettava in mare, il capitano osservava velocità di allontanamento; annotava i dati + indicazione rotta calcolata sulla base delle stelle o bussola. In più segnava la durata del viaggio (clessidra o orologio da tasca). Obiettivo mai raggiunto.

- Problemi di salute dell'equipaggio:
scorbuto, disidratazione, alimentazione...
- Traversate solo su rotte "sicure":
affollamento navi e numerosi incidenti



L'universo meccanico

- In mare di notte → bussola e orologio: gli astri (costellazioni e sole)
- Werner (1514): determinare la posizione della nave osservando le fasi della Luna: ogni ora la Luna percorre una distanza quasi uguale al proprio del raggio; di notte si muove lentamente sullo sfondo delle “stelle fisse” e di giorno si allontana oppure si avvicina al Sole.

Quindi...

- Disegnare la mappa della posizione delle stelle lungo la traiettoria lunare, e calcolare, nel corso dei mesi e anni quando la Luna si sarebbe avvicinata a ciascuna stella. (stesso anche per il Sole).
- Gli astronomi pubblicarono le tavole con descrizione di tutti i movimenti della Luna e l'indicazione dell'ora presunta del suo incontro con ciascuna stella in un dato luogo, la cui longitudine sarebbe servita come punto di riferimento zero.

Metodo delle Distanze Lunari

- Si ricava la longitudine da: **confronto dell'ora** in cui la **Luna** gli appariva **vicino a una data stella** con l'ora in cui, stando ai calcoli, tale avvicinamento **sarebbe avvenuto** nel cielo sovrastante **il punto di riferimento**, e **moltiplicando la differenza in ore** fra le due località **per 15 gradi**.

...I contro...

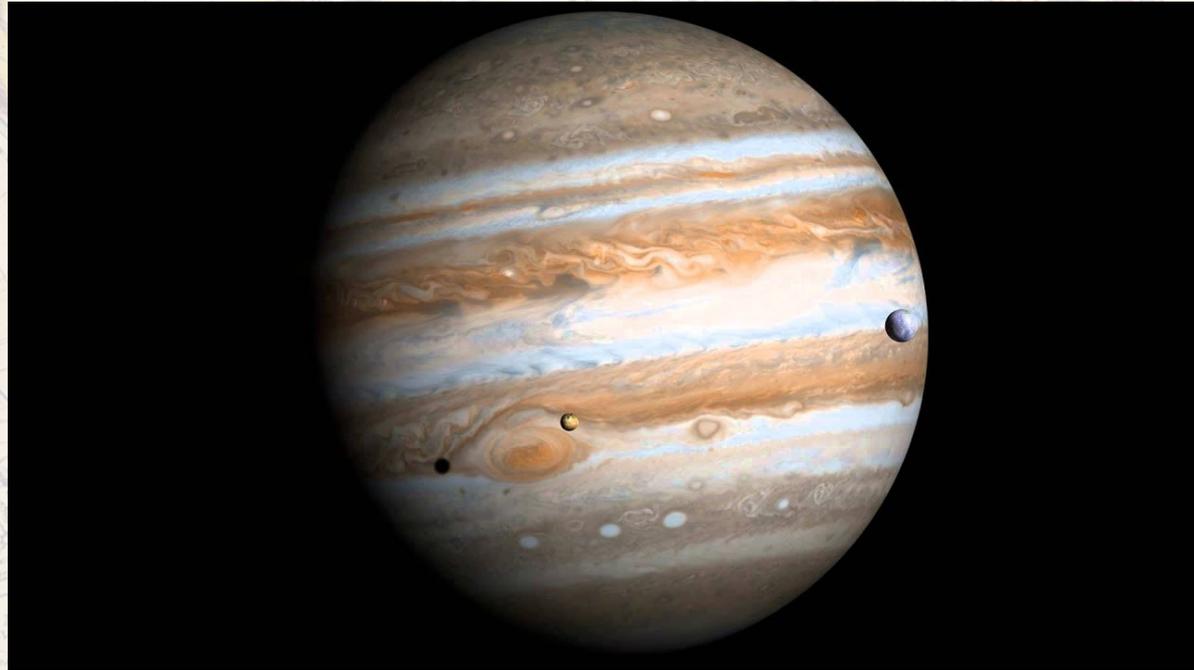
- **non c'era la certezza sulla posizione delle stelle**, dalla quale dipendeva l'intero calcolo.
- Gli astronomi **non conoscevano** ancora nei dettagli le **leggi del moto della Luna**, e i naviganti **non avevano strumenti di precisione** in grado di **calcolare la distanza Luna – stelle** da una nave oscillante sulle onde.

Anche Galileo ci provò

Osservò le **lune di Giove**:
calcolò le orbite e contando il
numero di volte che sparivano
dietro l'ombra del pianeta. Da
questo egli elaborò una
soluzione per calcolare la
longitudine.

Le eclissi avvenivano precise: **1000
volte l'anno**.

Molte osservazioni → **tabelle
“effemeridi”**



- Lettera al re Filippo III di Spagna: aveva stanziato nel 1598 un lauto vitalizio per lo “scopritore della longitudine”; ma giunse alla corte spagnola 20 anni dopo il decreto e i consiglieri del re respinsero il progetto: troppo complicato.
- Galileo disegnò uno speciale elmetto nautico per calcolare la longitudine tramite i satelliti di Giove: **IL CELATONE**.

Eclissi dei satelliti di Giove



- fornito di un telescopio attaccato a uno dei fori in corrispondenza delle orbite. Attraverso un foro l'osservatore poteva localizzare a occhio nudo la luce fissa di Giove nel cielo, mentre il telescopio consentiva all'altro occhio di guardare le lune
- Troppo sensibile da usare in mare, ma fu utilizzato sulla terraferma: fornì indicazioni più precise ai topografi.

Scoperte “collaterali”

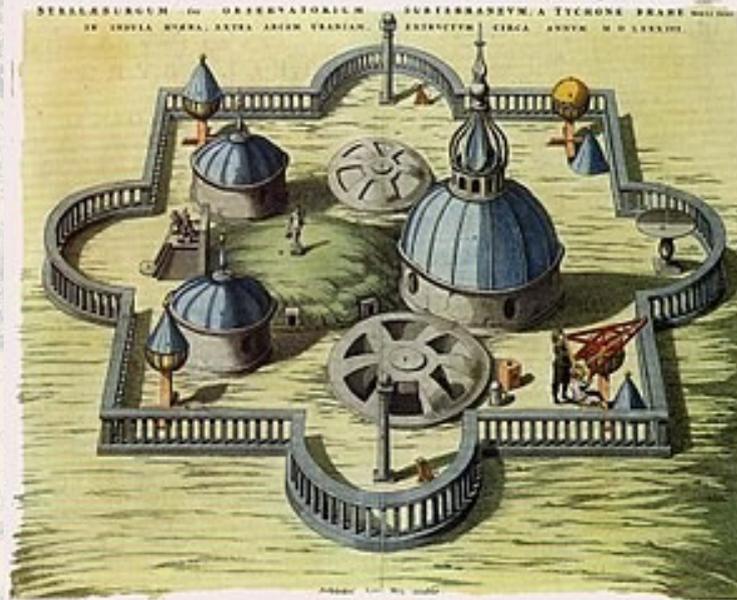
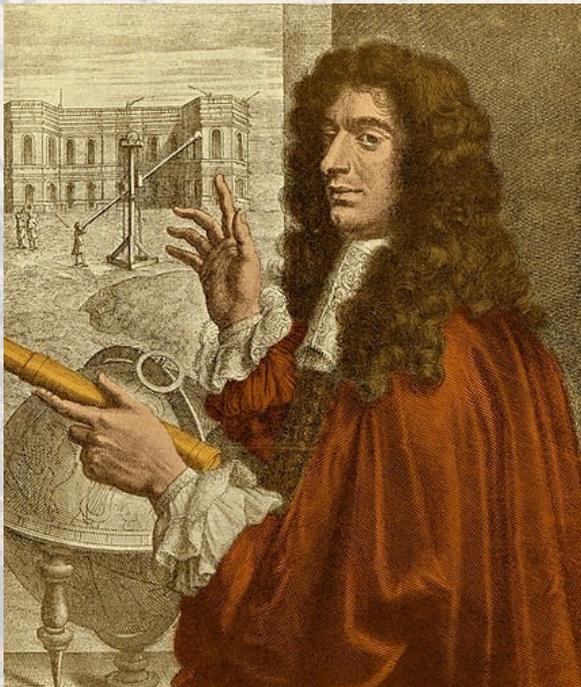
- **Giovanni Domenico Cassini** (1688): pubblicò elaboratissime effemeridi → invito alla corte del Re Sole, appassionato di scienza: costruire un osservatorio astronomico a Parigi, e Cassini divenne il direttore.
- Cassini inviò una delegazione a Uraniborg “il castello celeste” di Tycho Brahe, e chiese uno SFORZO INTERNAZIONALE tra gli astronomi polacchi e tedeschi per misurare la longitudine sulla base delle indicazioni dei moti delle lune di Giove.
- L’astronomo danese **Ole Roemer** fece una sorprendente scoperta: le eclissi di tutte e quattro le lune di Giove avvenivano **in anticipo** sul previsto quando la Terra era nel punto di massima vicinanza a Giove nel suo moto orbitale intorno al Sole, e **ritardavano** nel punto di massima distanza da Giove.

La causa?

La velocità della luce

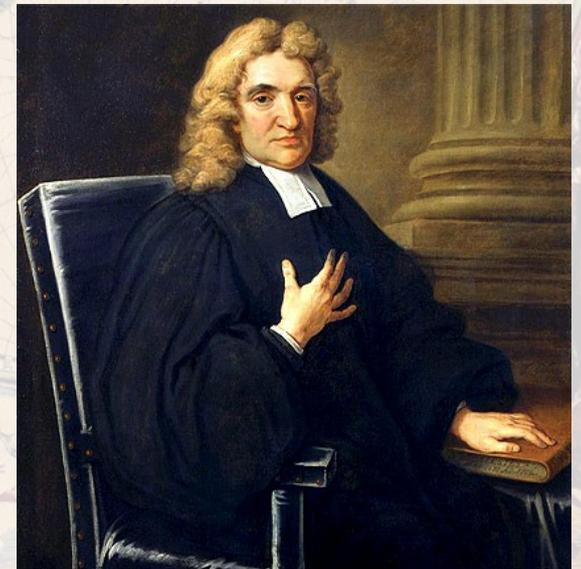
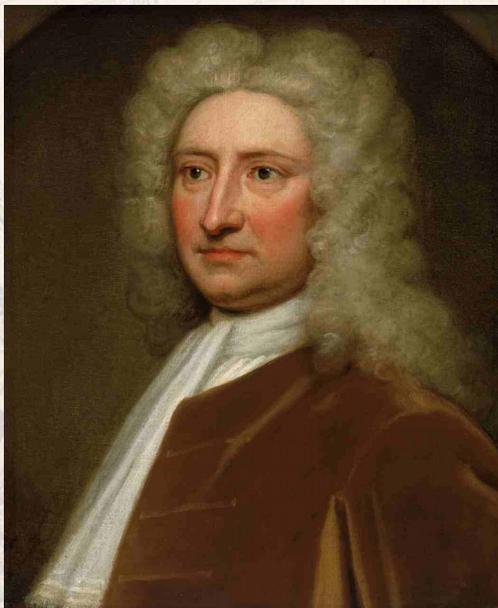
Scoperte “collaterali”

- Fino ad allora: **la luce velocità istantanea e infinita**, non misurabile;
- Roemer capì che gli esperimenti precedenti erano falliti perché erano stati compiuti su **distanze troppo brevi**, ma le immense distanze interplanetarie evidenziavano differenze nei tempi di arrivo dei segnali luminosi.
- Nel **1676 Roemer** usò lo scarto dai tempi previsti delle eclissi per **calcolare la velocità della luce** → **poco meno di 300.000 km/sec**



In Inghilterra intanto...

- Una **commissione** voluta dal re **Carlo II** per **calcolare la longitudine** con la bussola di inclinazione in uso sulle navi. Ma arrivò un tale **Sieur de Saint Pierre** → verificare il metodo ereditato da **Werner (distanze lunari)**.
- **Commissione reale: Robert Hooke**, (erudito ed esperto al telescopio e al microscopio) **Christopher Wren** (architetto della cattedrale di San Paolo a Londra) e **John Flamsteed** (giovane astronomo).
- Flamsteed suggerì al re di creare un osservatorio e affidarlo a persone valide al compito. Il re accettò e nominò **Flamsteed primo “astronomo reale”** ed istituì il **Royal Observatory a Greenwich**.
- L'architetto **Christopher Wren** elaborò il **progetto** mentre Flamsteed mantenne il suo incarico per 40 anni e pubblicò postumo nel 1725 un ottimo catalogo stellare.



Stelle vs Orologi

- L'astronomo fiammingo **Gemma Frisius (1530)** → orologio meccanico valida alternativa ma no precisione e no funzione regolare in mare aperto.
- Nel **1559** l'inglese **William Cunningham** riprese l'idea di un misuratore del tempo: orologi "del tipo prodotto nelle Fiandre". Nel **1622** il navigatore inglese **Thomas Blundeville** aveva proposto di usare "un autentico e veritiero Horologie o Watch" per determinare la longitudine nei viaggi transoceanici.



1656 → **1° orologio a pendolo** funzionante fu ideato da **Christiaan Huygens**: sosteneva di essere arrivato all'idea dell'orologio a pendolo indipendentemente da Galileo.

Espose i suoi principi in un **trattato "Horologium"** nel quale dichiarava che il suo congegno era idoneo a calcolare la longitudine in alto mare. Nel **1664** gli orologi di Huygens salparono alla volta delle **isole di Capo Verde** per sperimentarne l'efficacia.

- Inventò la spirale del bilanciere (al posto del pendolo); contesa con Hooke; nessuno la spuntò.

Idee a non finire

1) La polvere simpatica

2) **John Davis**: 1594 astrolabio per calcolare l'altezza del Sole voltandogli la schiena; evoluzione da quadrante di Giacobbe (cecità)

3) **Bussola magnetica**: montata su sospensioni cardaniche (dritta nonostante rollio) , dentro chiesuola (sostegno); vantaggi: utilizzo giorno e notte e anche con nuvole.

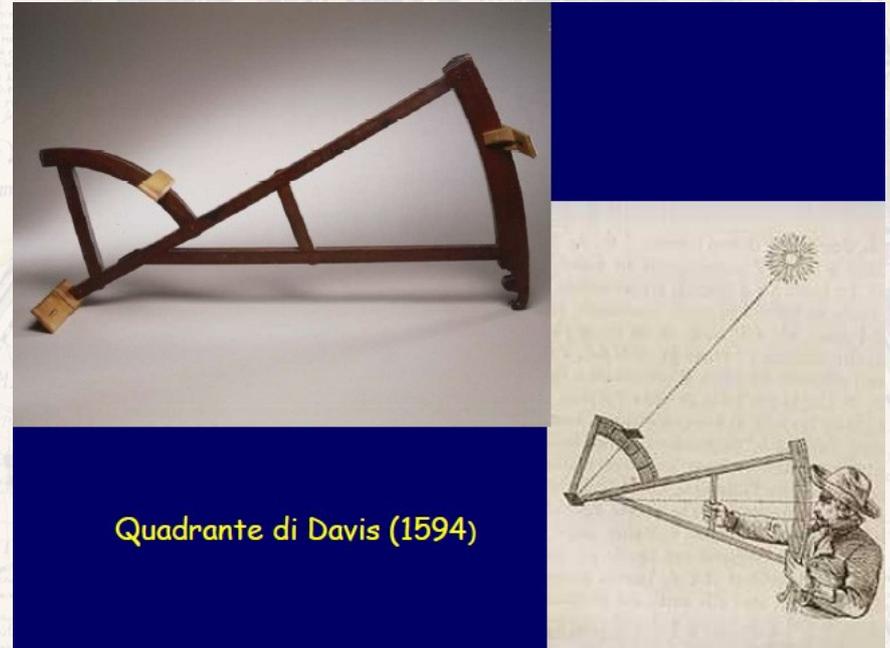
Metodo della **Declinazione magnetica**: calcolare la distanza fra il polo magnetico e il polo geografico.

L'ago della bussola → nord magnetico;

Stella Polare → nord geografico

In viaggio **verso est o ovest si nota il mutare della distanza fra il polo magnetico e il polo geografico**: così si poteva tracciare una tabella che collegasse la longitudine alla distanza osservabile fra il polo magnetico e il polo geografico.

Contro: **bussola non precisa e magnetismo terrestre.**



Quadrante di Davis (1594)



Also known as the
“Board of
Longitude”

L'inizio

- William Whiston e Humphrey Ditton, matematici ('700): **Ditton** → **suoni = dati uditivi**
- **Colpo di cannone a ore fisse** in certi punti di riferimento; calcolo gap di distanza vascello dai cannoni delle navi fisse + confronto tempo del segnale previsto e quello a bordo quando si percepiva. Ma...in mare diffusione suono NON REGOLARE.
- **Whiston** → **combinare suono e luce**: cannoni segnaletici lanciare palle esplose a 2000 metri di altezza: naviganti calcolo l'intervallo fra il momento in cui vedevano l'esplosione e quello in cui percepivano lo scoppio. (lampo e tuono).
- **Nel 1714** → **petizione al Parlamento**, sottoscritta dai “**capitani delle navi di Sua Maestà**”, dai “**mercanti di Londra**” e dai “**comandanti della marina mercantile**”: attenzione da parte del mondo politico: ricche ricompense a chi fosse riuscito a trovare un metodo preciso e praticabile per calcolare la longitudine in alto mare.
- **Costituita una commissione**, i mercanti e gli uomini di mare chiesero **stanziamento di un fondo** per finanziare la ricerca e lo sviluppo delle proposte più interessanti, e chiesero anche **un premio eccezionale a chi avesse trovato la soluzione giusta**.

Il premio

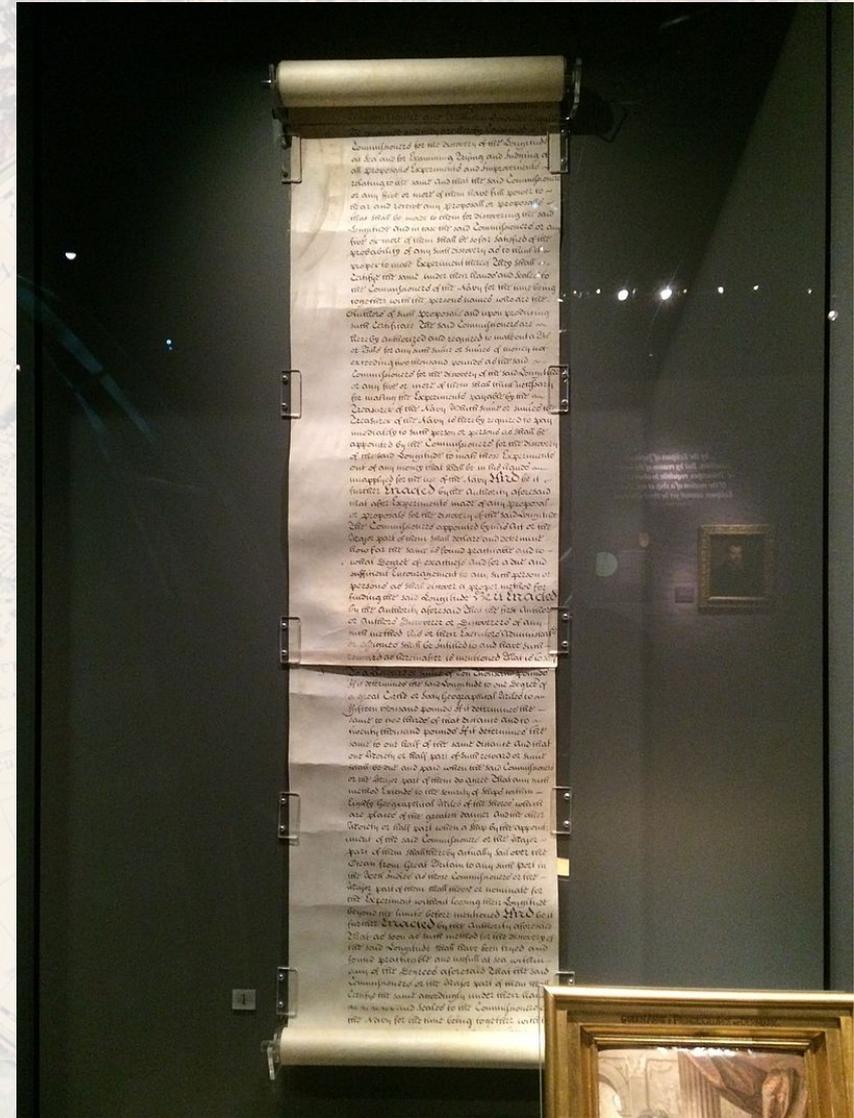
I membri della commissione si rivolsero a Sir Isaac Newton e al suo amico Edmond Halley.

Newton valutò i vari metodi proposti, disse sull'orologio:
“Un [metodo] è tramite un orologio che segni il tempo con assoluta precisione. Ma, a causa del rollio della nave, dell'alternarsi di caldo e freddo, asciutto e umido, e della differenza di gravità alle diverse latitudini, un orologio di tal fatta non è stato ancora prodotto.”

Il Longitude Act emesso l'8 luglio 1714 stanziava tre premi:

- **20.000 sterline** a chi avesse elaborato un metodo per calcolare la longitudine con approssimazione di **mezzo grado**;
- **15.000 sterline** per metodo con scarto di **due terzi di grado**;
- **10.000 sterline** per metodo con scarto di **un grado**.

1° di longitudine = 60 miglia nautiche (110km ca) sulla superficie del globo; all'Equatore anche una frazione di grado si traduce in un'ampia distanza, quindi in un **marginale di errore** notevole quando si tratta di determinare la posizione di una nave in rapporto alla sua destinazione.



La commissione

Composta da **scienziati, ufficiali di marina, funzionari di stato**; in vita per più di un secolo.

I **membri di diritto** della Commissione:

- **l'astronomo reale, il primo ammiraglio, il presidente della Camera dei Comuni, il primo commissario della Marina e i professori di matematica a Oxford e a Cambridge.**
- Ogni metodo doveva essere messo alla **prova su una nave di Sua Maestà** e navigare *“sull'oceano della Gran Bretagna a un porto qualsiasi delle Indie Occidentali, scelto dai membri della Commissione, senza perdere la longitudine oltre i limiti indicati”*.

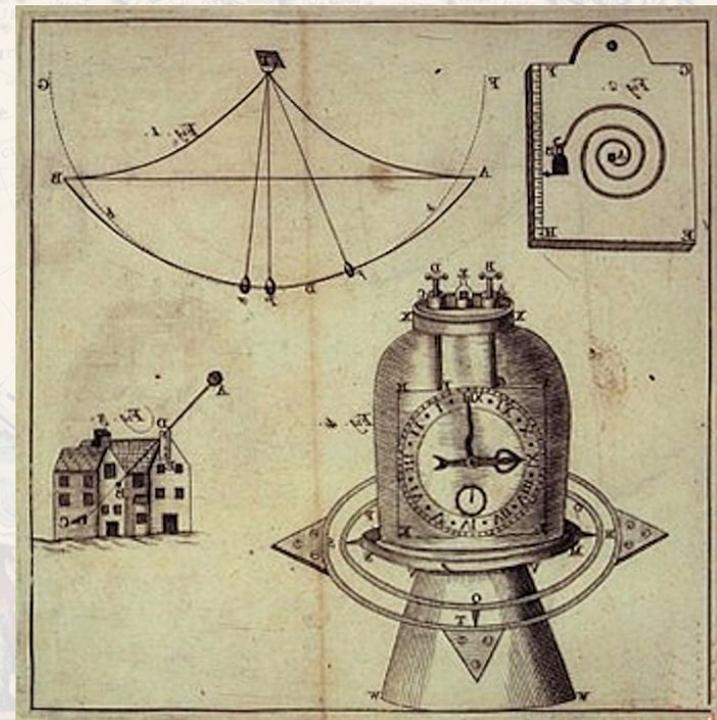
La febbre della longitudine: la Commissione fu subissata da progetti di vario genere

- **Jeremy Thacker** di Beverly: nuovo orologio sotto vuoto “il migliore di tutti”: il **CRONOMETRO**

“In breve sono soddisfatto se chi mi legge comincerà a pensare che i fonometri, i pirometri, i selenometri, gli eliometri, e tutti gli altri -metri non sono degni di essere paragonati al mio cronometro”.

Due grossi progressi:

- 1) campana di vetro sotto vuoto che proteggeva dalle variazioni di pressione atmosferica e umidità;
- 2) serie di aste di caricamento appaiate, sistemate in modo che il congegno continuasse a funzionare mentre veniva caricato.



Diario di un costruttore di rotelle dentate

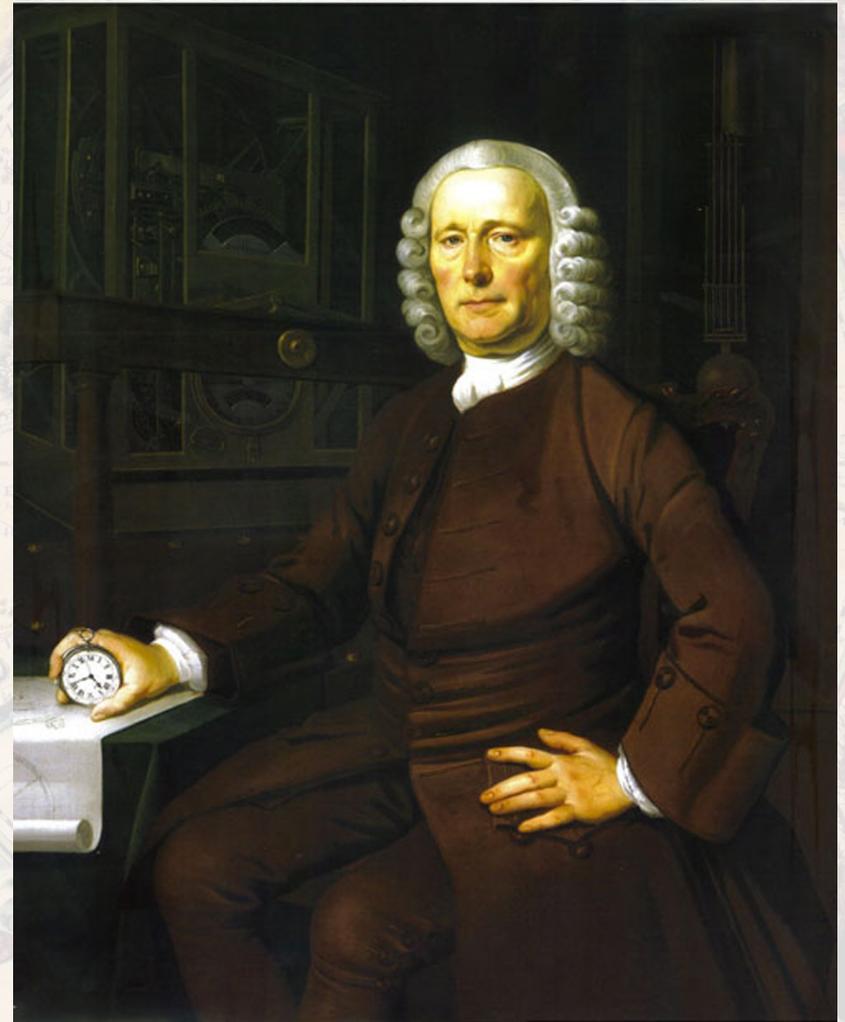
John “**Longitude**” Harrison (24 marzo 1693) nello Yorkshire primo di 5 figli.

- **autodidatta con avida sete di sapere**, di umili origini: falegname e trascorse 35 anni in anonimato.

- Giovane attento e curioso: nel 1712 un prete incoraggiò la curiosità di John, permettendogli di prendere a prestito la **copia manoscritta** di una serie di **lezioni sulla filosofia naturale** tenute all’Università di Cambridge dal matematico Nicholas Saunderson. Egli copiò il testo parola per parola e classificò ogni diagramma per capire meglio le leggi della natura del moto. Annotò osservazioni e intuizioni, rileggendola più volte nella vita, come una Bibbia. Inoltre lesse anche i **Principia di Newton**.

- 1° orologio a pendolo (1713) senza praticantato presso orologiai; l’orologio esiste e funziona tutt’ora.

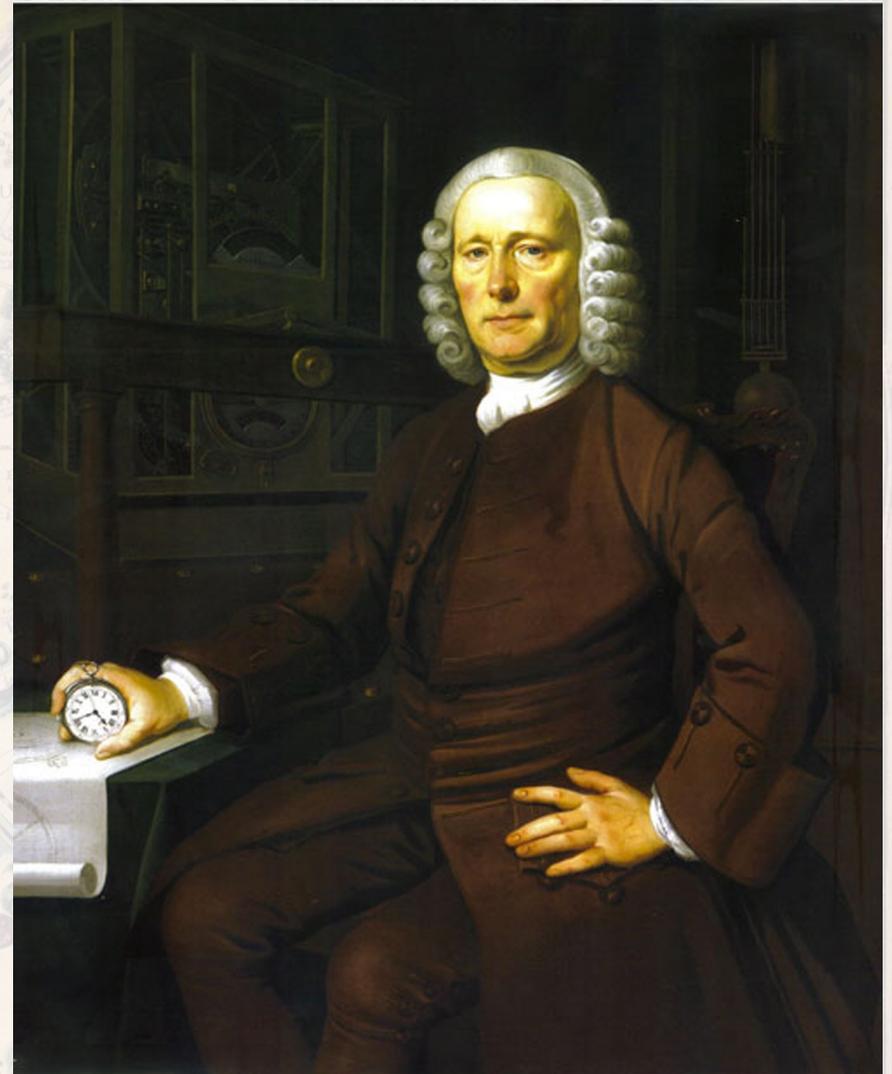
Uomo **pratico e molto ingegnoso** prendeva quello che gli capitava sotto mano e riusciva a lavorarlo bene; qualcuno disse che superò una malattia infantile ascoltando il ticchettio di un orologio da tasca posto vicino al suo guanciale.



John “Longitude” Harrison

- Costruì altri orologi e nello sportello di uno di questi è pervenuta la **tavola dell’ “equazione del tempo”**:
- rettificare la **differenza fra ora solare**, l’ora “vera” (indicata dalla meridiana) **con l’ora “media”**, artificiale ma più regolare, ottenuta per mezzo di **pendole che battevano il mezzogiorno ogni 24 ore**. Una scala mobile indicava la disparità fra il mezzogiorno solare e il mezzogiorno medio che si ampliava e si restringeva con il mutare della stagioni.
- Harrison capì questi calcoli, e fece personali osservazioni astronomiche elaborando i dati dell’equazione. Riassumendo il nucleo della sua tabella di conversione dei dati:

“ Tavola del sorgere e del calare del Sole alla latitudine di Barrow di 53 gradi e 18 minuti , e anche della differenza che ci sarà e dovrebbe esserci fra il vostro Lungopendolo e il Sole, se il vostro orologio va bene”.
- Uomo schietto e franco nei rapporti personali, ma poco chiaro nelle vie formali.

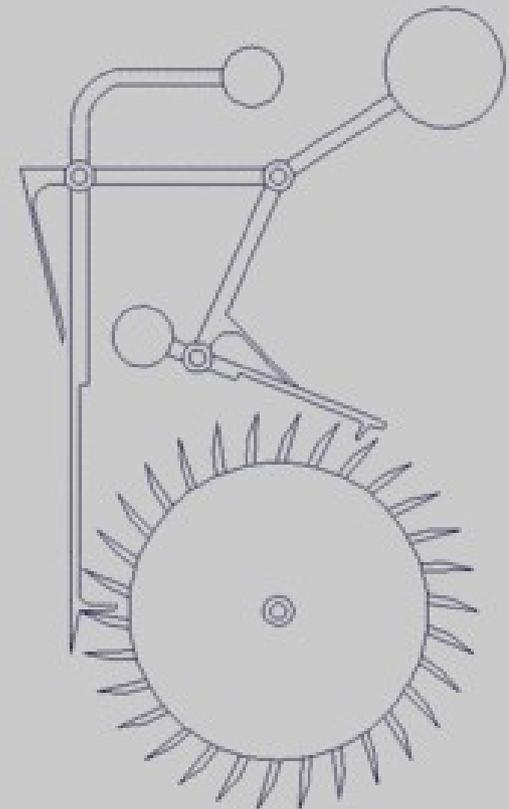


Diario di un costruttore di rotelle dentate

- 1720 costruì **orologio sulla torre** sopra le scuderie della sua dimora: **funziona ininterrottamente da oltre 270 anni**:
- **Senza olio** (parti da mantenere lubrificate sono intagliate nel *lignum vitae* → legno duro tropicale che trasuda una sostanza grassa);
- **Senza ferro né acciaio** (ruggine), nel caso ottone.
- **Legno di quercia** per le ruote dentate a raggiera.
- Inventò: la **“griglia”** e **“cavalletta”**:

Parte di pendolo → strisce **intrecciate di diversi metalli** (ottone e acciaio) per compensare le dilatazioni termiche.

Lo scappamento a cavalletta: componenti incrociati che scattavano come le **zampe posteriori di un insetto** nell'intento di saltare ma al rallentatore, senza l'attrito.



Primo step: H-1

Harrison mostrò ad Halley i suoi progetti: stupito!

Lo mandò da **George Graham**, famoso orologiaio (anche se temeva che quest'ultimo gli rubasse l'idea): invece **fu entusiasmato** e gli concesse un **prestito generoso** da restituirsi senza fretta e senza interessi.

Harrison passò 5 anni a costruire il primo orologio marino, **l'H-1**:



Sistema di **ingranaggi di ottone** si muoveva su **ruote di legno**, con **aste e bilancieri sporgenti**; base larga e alti oggetti che evocavano la sagoma di un qualche **antico vascello**, remi di ottone a pomelli.

I **quadranti numerati** sulla superficie segnano: uno **le ore**, un altro **i minuti** e un terzo scandisce i **secondi**, mentre l'ultimo numera i **giorni del mese**.

Pesante **34kg** e sistemato in un cubo di vetro smerigliato di 1.30 m circa di lato.

L'H1-1 vive in una campana di vetro a prova di proiettile al National Museum di Greenwich dove continua a funzionare con carica quotidiana.

H-1

- Sperimentarono l'H-1 su una chiatta lungo il fiume Humber, e nel 1735 John lo consegnò a George Graham che lo presentò alla Commissione alla Royal Society: accolto con grandi onori.
- Tuttavia l'Ammiragliato ordinò ad Harrison di **imbarcare l'H-1** a bordo del Centurion, diretto a **Lisbona** (no come scritto nel Longitude Act).
- Il 14 maggio 1736 il primo lord dell'Ammiragliato, inviò la seguente lettera di presentazione al capitano Proctor, comandante della nave: *“Signore, lo strumento che avete a bordo della vostra nave ha ricevuto l'approvazione di tutti i matematici in città che lo hanno visto (e sono pochi quelli che non lo hanno visto) ed è stato ritenuto il migliore che sia mai stato fatto per misurare il tempo. Come funzionerà in mare sarete voi a giudicare;... Si dice da quelli che lo conoscono bene che sia uomo molto ingegnoso;... spero quindi che sarà trattato con cortesia e che sarete con lui il più possibile generoso”*.

Il capitano Proctor rispose:

“Lo strumento è collocato nella mia cabina affinché l'inventore abbia ogni agio per condurre le sue osservazioni. Mi sembra persona davvero assennata, industriosissima e anche assai modesta, perciò non posso che fargli i miei migliori auguri; ma la difficoltà di misurare davvero il Tempo – misurazione contrastata da sussulti e movimenti irregolari – crea in me preoccupazione per questo uomo onesto e mi fa temere che egli abbia tentato l'impossibile; tuttavia, signore, gli farò tutto il bene e gli darò tutto l'aiuto che sta in me e lo renderò partecipe del vostro interesse circa la sua riuscita e della vostra sollecitudine a che sia ben trattato...”

L'H-1 FUNZIONO' → Il capitano fu talmente stupito della precisione dello strumento che dichiarò di essersi sbagliato nei suoi calcoli.

- La **Commissione si riunì per la prima volta il 30 giugno 1737**

H-2

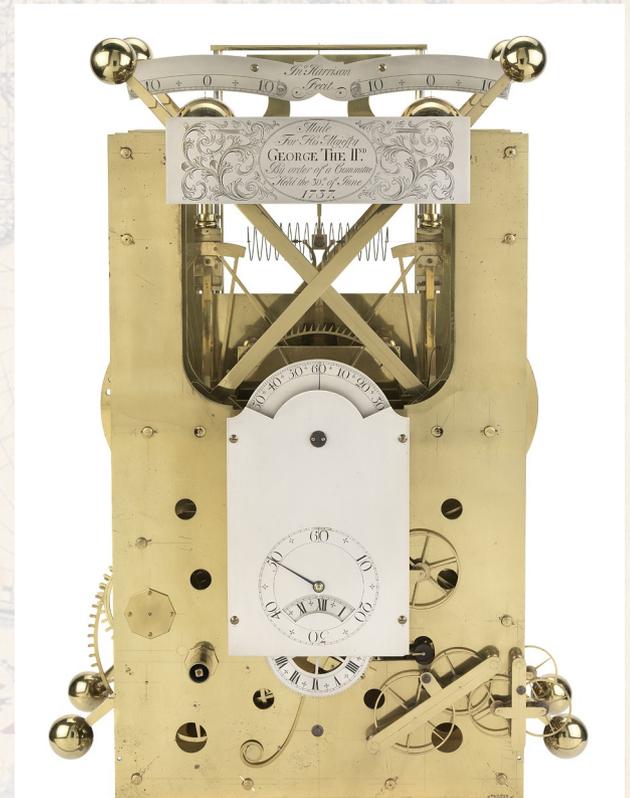
- Harrison presentò il suo H-1 davanti agli otto commissari: espose i difetti dell'H-1 , fu l'unico in quella sala a criticare l'orologio.
- Voleva lavorare ancora sul meccanismo e costruirne una **versione più piccola**. Chiese alla Commissione uno **stanziamento anticipato** di fondi per continuare la ricerca, entro due anni lui avrebbe prodotto un altro orologio, migliore. La Commissione acconsentì: **500 sterline in anticipo, e il resto a prodotto finito**.
- Prima ancora di presentarlo Harrison e era già insoddisfatto (ripetizione scena H-1).
Davanti ai commissione presentò l'H-2 ma tutto ciò che voleva era che gli concedessero di tornarsene a casa e riprovare.
- L' H-2 non salì mai su una nave. (VIDEO)

Ottone, 39kg, contenitore più piccolo, migliorie:

- 1) meccanismo → trasmissione uniforme del movimento
- 2) uno **strumento più sensibile per la compensazione della temperatura**.

l'H-2 era stato sottoposto a prove termiche e di sollecitazione e le superò, conquistandosi il pieno appoggio della Royal Society:

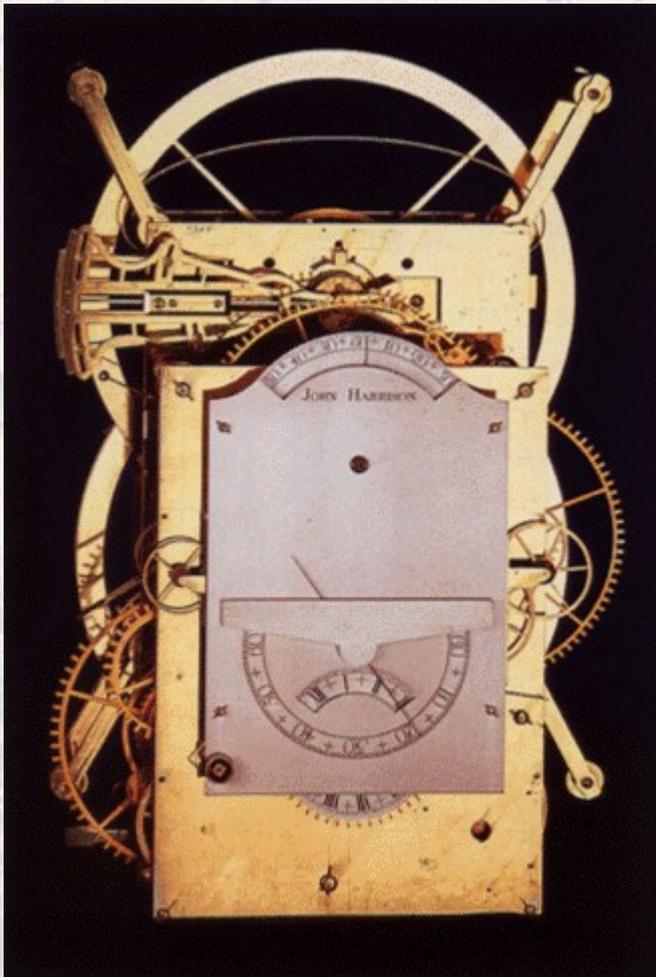
“E il risultato di questi esperimenti è il seguente: che il movimento è sufficientemente regolare ed esatto per calcolare la longitudine di una nave entro i limiti massimi proposti dal Parlamento e probabilmente con un'approssimazione ancora maggiore”.



H – 3

Harrison lavorò 20 anni per l' **H – 3** “la strana terza macchina”.

Sgobbava per trasformare i bilancieri a barra dei primi due orologi nelle **ruote di compensazione circolari**.



Innovazioni dell' H- 3:

1) “**lamina bimetallica**” : istantanea compensazione delle variazioni di temperatura (upgrade della griglia e cavalletta);

- **aste di ottone e acciaio** montate vicino ai bilancieri, una lamina in ottone e acciaio ribattuti.

2) **peso: 27 kg**; più compatto (66cm di altezza e 33 di larghezza) Possiede:

- **due grandi bilancieri circolari** montati l'uno sopra l'altro e collegati da nastri metallici, controllati da una molla a spirale.

Amicizia con John Jefferys (massone - orologiaio membro della Worshipful Company of Clockmakers): orologio da taschino per uso personale con istruzioni di Harrison: una piccola lamina bimetallica. Simile al futuro H-4.

Le lancette dell'orologio siderale

- L'orologio siderale → principale antagonista
- Tra il 1730 al 1760 Harrison, a testa bassa, andò avanti per la sua strada in un intrico di meccanismi d'orologio, mentre i suoi avversari, professori di astronomia e matematica promettevano la luna ai mercanti e ai marinai e al Parlamento.
- Nel 1731 John Hadley: il "quadrante di Hadley" (ottante) perché la sua scala curva formava l'ottava parte di un cerchio.



I vantaggi:

1) coppia di specchi: misurazione simultanea dell'altezza di due corpi celesti, e della distanza tra loro nonostante rollio e beccheggio delle navi.

2) possedeva un orizzonte artificiale incorporato (buio e nebbia).

Evoluzione **SESTANTE**, incorporava telescopio e arco di misurazione più ampio.

Le distanze angolari sono espresse in gradi: descrivono l'ampiezza dell'angolo creato da due linee di mira che vanno dall'occhio dell'osservatore alla coppia di oggetti in questione.

Per esempio: confronto l'ora in cui vedeva la Luna a 30 gradi dalla stella Regolo, con l'ora in cui quella particolare posizione era prevista nel porto di partenza. Se per esempio la misurazione avveniva all'una del mattino ora locale e secondo le tavole quella stessa configurazione si produceva nel cielo di Londra alle quattro del mattino, sulla nave era tre ore più presto, e quindi la nave si trovava a quarantacinque gradi di longi ovest da Londra.

Le lancette dell'orologio siderale

- **Flamsteed: quarant'anni di lavoro** per tracciare una mappa del cielo: **30000 osservazioni**
→ **triplo numero di voci** rispetto all'atlante del cielo compilato a Uraniborg in Danimarca da Tycho Brahe.
- **L' Osservatorio di Parigi** raddoppiò gli sforzi: nel **1750** l'astronomo francese **Nicolas Louis de Lacaille** partì per il **capo di Buona Speranza** → catalogò quasi **2000 stelle sopra l'Africa meridionale**, definendo diverse **nuove costellazioni**: Telescopio, Microscopio, Sestante e Orologio.

Problemi del metodo delle distanze lunari

- **rifrazione della luce** sull'orizzonte terrestre → i corpi celesti venivano a trovarsi molto al di sopra della loro posizione reale.
- **parallasse lunare** → tabelle formulate per osservatori sulla terraferma, mentre un marinaio su una nave che solca le onde dell'oceano più trovarsi fino a 6 metri più in alto → calcoli di rettifica.
- Nel frattempo: Harrison ricevette la **Copley Gold Medal** (riconoscimento ricevuto da Benjamin Franklin, Henry Cavendish, il capitano James Cook, Ernest Rutherford e Albert Einstein).



proposta di **entrare alla Royal Society**; rifiutò e passò al figlio William, suo aiutante instancabile dai 10 ai 30 anni di vita.

H - 4 : “The Watch”

l'essenza dell'eleganza e della precisione

- Dimensioni: **12 cm** (grande orologio da taschino e minuscolo orologio marino); peso: **1,3 kg**.
- Quadrante bianco, inserito in 2 custodie d'argento; decorato con motivo intrecciato di foglie e frutti, fanno da cornice ai numeri romani (ore) e ai numeri arabi (secondi), mentre le lancette d'acciaio indicano l'ora esatta.
- Harrison ne era entusiasta:
“Credo di poter dire con orgoglio che al mondo non esiste un altro oggetto meccanico o matematico con una struttura più bella o singolare di questo mio orologio o segnatempo per misurare la longitudine... e ringrazio di cuore Dio onnipotente di avermi fatto vivere tanto a lungo, in una certa misura anche per completarlo”.
- Sotto la custodia d'argento → una piastra forata e incisa (protezione dei meccanismi). Firma sul perimetro della piastra: “John Harrison & Figlio, A.D. 1759” .



Sotto la piastra:
diamanti e rubini intagliati → antiattrito
(upgrade della griglia e cavalletta)

H – 4 : “The Watch”

Esposto insieme agli altri orologi, al National Maritime Museum di Londra.
Non è funzionante.
I curatori del museo lo considerano quasi una sacra reliquia.
Quando lo caricano, funziona per 30 ore.

Necessita **lubrificazione** (parti molto piccole): manutenzione molto delicata e precisa: **pulito ogni 3 anni**, smontandolo fin nelle parti più piccole con il rischio che alcune di esse subiscano danni. Le parti mobili sottoposte ad un attrito costante finiscono per consumarsi nonostante la lubrificazione, quindi sostituite.



La prova dell'acqua e del fuoco

Antagonista: **Nevil Maskelyne** “l’astronomo marinaio” (John Harrison lo odiava con tutto il suo cuore): si **incaponì sul metodo delle distanze lunari**, schiavo dei calcoli e delle osservazioni.

Definito: “**sgobbone**” e “**saccente**” si lanciò fin da ragazzo nello studio dell’astronomia e dell’ottica: frequentò la Westminster School e l’Università di Cambridge.

- lavorò con **Bradley** sulla soluzione al problema della **longitudine: “transito di Venere”**, Maskelyne convinse Bradley ad assegnargli una posizione privilegiata in una **spedizione a Sant’Elena**, con scopo di provare la validità delle **tabelle di navigazione di Mayer**.



La prova

- 1760 completamento e collaudo dell'H-3, Harrison presentò orgogliosamente alla Commissione l'H-4 → **mettere alla prova entrambi gli orologi nello stesso viaggio**: nel maggio 1761 **William Harrison partì con l' H-3** da Londra per Portsmouth mentre il **padre mise a punto l'H-4**. **CORSA CONTRO IL TEMPO**:
- **5 mesi di attesa**: zampino di Bradley per favorire Maskelyne?
- La Commissione fece poi **ritirare H-3 e far salpare solo l'H-4** verso la Giamaica
- **Controllo maniacale: 4 lucchetti** alla scatola che conteneva l'H-4, ciascuno con una chiave diversa: **1 chiave a William** per caricare l'orologio ogni giorno; **1 al governatore della Giamaica**; **1 al capitano** della nave (la Deptford) e **l'altra al primo luogotenente**.
- **2 astronomi** (uno nel **porto di partenza e l'altro sulla nave**) per stabilire **l'esatta ora locale alla partenza e all'arrivo** → William regolare di conseguenza il suo Orologio.
- La traversata durò quasi 3 mesi, e dopo **81 giorni l'H-4 aveva perduto appena 4 secondi**: il capitano Digges donò solennemente a William e a suo padre un ottante per commemorare il successo della prova.
- **Il rientro fu peggiore**: mare molto mosso, ponti allagati fino a 60cm; **SALVATE L'OROLOGIO!** William lo avvolse in un plaid per proteggerlo e quando questo si inzuppava ci dormiva sotto per asciugarlo col calore del corpo! Alla fine del viaggio, febbre da cavallo ma non importa. La spedizione fu un successo!
- Il giorno dell'arrivo a Londra, il 24 marzo, l'H-4 ticchettava ancora e in totale, comprese le regolazioni effettuate all'andata e al ritorno, aveva **sbagliato di meno di due minuti**.

Premio meritato!

- **Eh no! La Commissione voleva 3 matematici** → controllare e ricontrollare i dati “all'improvviso sembravano insufficienti ed imprecisi”. E non solo!
- Lamentarono anche che **William non aveva seguito le norme stabilite dalla Royal Society**: determinare la longitudine della Giamaica tramite le eclissi delle lune di Giove. Ma **William non sapeva di doverlo fare né era in grado di farlo!!**
- La Commissione concluse che: *“gli esperimenti finora condotti sull'Orologio non sono stati sufficienti per determinare la longitudine in mare”*. **L'H-4 doveva superare un'altra prova** sotto stretto controllo (!?!?): tornare nelle Indie Occidentali.
- John **Harrison ricevette solo 1500 sterline in riconoscimento** del fatto che il suo Orologio: *“benché non si sia ancora dimostrato di grande utilità per scoprire la longitudine... è comunque un'invenzione di grande utilità pubblica”*. Avrebbe **ricevuto altre 1000 sterline** quando **l'H-4 fosse tornato** dalla sua seconda missione in mare.

...Per non usare un francesismo...

- Nuovo astronomo reale: Nathaniel Bliss, (sempre incaponito con le distanze lunari): precisione dell'Orologio? **Fortunata coincidenza. La Commissione chiese a Harrison di spiegarne il funzionamento.**
- A una **condizione: 5000 sterline date dal Parlamento per far garantire la segretezza del progetto e i diritti d'autore per H-4.**

Vittoria! O Vittoria?

Marzo 1764 William e l'H-4 → le Barbados. Arrivati a destinazione confronto dei risultati con quegli degli astronomi della Commissione che lo avevano preceduto sull'isola. Ma...

Maskelyne, anche lui per una 2 prova del suo metodo. William e il capitano dubitarono della sua imparzialità nel giudizio dell'Orologio, si sentì offeso.

La **Commissione impiegò mesi** prima di pronunciarsi: confronto dei dati dell' H-4 con le osservazioni.

Infine, i **membri APPROVARONO** all'unanimità l'efficienza dell'Orologio per la misurazione della longitudine. **Grado di errore: sole 10 miglia nautiche, 3 VOLTE PIU' PRECISO** di quanto richiedessero i termini del Longitude Act.

La Commissione → $\frac{1}{2}$ premio a Harrison se: **1) consegnava loro tutti gli orologi e 2) rivelasse il segreto del funzionamento dell'H-4.**

In più: **per le totali 20000 sterline → Harrison supervisore alla costruzione di 2 COPIE IDENTICHE dell'H-4.** (dimostrare che sia fattibile). In più...

Nuova legge: modificava il Longitude Act con clausole che si applicavano soprattutto ad **Harrison. IMBESTIALITO**

Una prova di pazienza

- Lord Egmont (pres. Comm): *“Signore, lei è la creatura più strana e ostinata che abbia mai incontrato, e se farà tutto quello che le chiediamo, che è in suo potere, le do la mia parola d’onore che riceverà il denaro, ma solo se lo farà”*.
- **Harrison acconsentì** e promise di rivelare ogni segreto davanti ad un **gruppo di esperti** nominati dalla Commissione stessa:
- **2 professori** di matematica di Cambridge (i “preti” o “parroci”) : il reverendo **John Michell** e il reverendo **Thomas Ludlam**;
- **3 orologiai** di fama: **Thomas Mudge, William Mathews e Larcum Kendall**.
- **1 fabbricante di strumenti scientifici, John Bird**, il quale aveva dotato il Royal Observatory di quadranti a muro e di equatoriali per tracciare mappe delle stelle, e costruito congegni unici che avevano equipaggiato diverse spedizioni scientifiche.
- E... l’immancabile... **Nevil Maskelyne!!**
- Esaminato e approvato, la Commissione pretese: **1) rimontato e consegnato all’Ammiragliato sotto chiave. 2) Harrison doveva fare le 2 copie “a memoria”**.
- Maskelyne, dal canto suo, terminò il primo volume dell’Almanacco delle effemeridi: più dati e meno calcoli aritmetici → da 4 ore a mezz’ora per calcolare la longitudine.

Un accanimento di “rosiconi”

- **Nuova tremenda prova per l’Orologio:** la Commissione lo fece **trasportare dall’Ammiragliato al Royal Observatory, dove Nevil Maskelyne avrebbe confrontato i dati per 10 mesi.** Consegnati anche i **3 grandi orologi e i 3 orologi marini**, confronto delle velocità con quella del grande orologio pilota dell’osservatorio.
- Maskelyne in persona bussò alla porta di Harrison: *“Signor John Harrison, noi membri della Commissione istituita dal Parlamento per la scoperta della longitudine in mare, le ordiniamo con questa lettera di consegnare al reverendo Nevil Maskelyne, astronomo reale a Greenwich, le tre macchine o strumenti segnatempo ancora in suo possesso, che sono diventati di proprietà pubblica.”*
- Harrison volle garanzia, una **dichiarazione scritta** che quando li aveva prelevati da casa sua, gli **orologi erano in perfetto stato.** Maskelyne dopo una discussione accettò. Poi l’astronomo chiese ad Harrison come doveva trasportare gli orologi, e Harrison ribatté che qualunque consiglio avesse dato sarebbe sicuramente stato usato contro di lui nel caso qualcosa fosse andato storto.
- Alla fine borbottò che l’H-3 poteva viaggiare così com’era, ma alcune parti dell’H-1 e dell’H-2 dovevano essere smontate. Non ebbe il coraggio di guardare quello scempio. Da lì sentì lo **schianto sul pavimento.**
- Gli uomini di Maskelyne nel trasportare fuori l’H-1, **lo lasciarono cadere.** Per sbaglio, naturalmente.

John #maiunagioia Harrison

L' H-4 fallì nei dieci mesi di prova: 20 secondi di anticipo al giorno. (danni nel trasporto? Incuria o macumbe di Maskelyne?)

- Simulò 6 viaggi di 6 settimane ciascuno nelle Indie Occidentali. 1) prima simulazione: andò avanti di 13 minuti e 20 secondi o 3 gradi e 20 minuti di longitudine, mancò la meta di ben 200 miglia nautiche (360km);

“non si può fare affidamento sull'orologio del signor Harrison per calcolare la longitudine con un margine di errore di un grado in un viaggio di 6 settimane verso le Indie Occidentali”. Tuttavia rimane un'invenzione utile e valida affiancata dalle misurazioni della distanza tra la Luna e il Sole o altre stelle fisse, e può offrire considerevoli vantaggi alla navigazione”.

- Harrison: valanga di obiezioni → **l'H-4 era stato esposto alla luce diretta del Sole.**

Non riconsegnarono l'H-4 ad Harrison e utilizzò i suoi ricordi e libro “I principi dell'orologio di Harrison con tavole dello stesso” (oltre al danno, la beffa); **realizzò infine l'H-5:** più austero, frutto di un lavoro fatto da un uomo stanco, triste ma anche più saggio.

La Commissione → **Kendall fare una copia dell'H-4, il “K-1”** mentre esaminava l'H-4.

William → **K-1** era superiore all'originale di suo padre → **Commissione scelse il K-1** per attraversare il Pacifico con il capitano Cook.



Copyright 2014 © David Penney
www.AntiqueWatchStore.com

Uno spiraglio di luce?

- 1772 William **lettera al re**: raccontò le vicende di suo padre e chiese che l'H-5 fosse *“trasportato nell'Osservatorio di Richmond, per poterne verificare e comprovare il grado di perfezione”*.
- Il re invitò allora William al castello di Windsor: *“ queste persone sono state trattate con crudeltà ”*
“Perdio, Harrison, farò valere i vostri diritti!”.
- **Re Giorgio III consegnò l'H-5 al suo insegnante privato di scienze**: prova di 6 settimane in laboratorio (poi 10 per un errore). La scatola dell'H-5 venne chiusa e le tre chiavi distribuite tra i tre protagonisti dell'esperimento: il dottor Demainbray, William e re Giorgio;
- ogni mezzogiorno all'osservatorio per confrontare l'orologio con quello pilota e ricaricarlo. Dopo 10 settimane di osservazioni quotidiane → **il margine di errore a 1/3 di secondo al giorno**.
- **Il re prese gli Harrison sotto la propria protezione** e li aiutò ad aggirare la Commissione ostinata per ottenere “semplice giustizia”. Alla fine di giugno **Harrison ottenne 8750 sterline: no premio ma dono del Parlamento**.
- 1773 Nuove leggi del Parlamento per il premio per la longitudine: condizioni rigidissime.
 - 1) Tutti gli strumenti consegnati con un **duplicato**;
 - 2) Sottoposti a un anno di prove a Greenwich + 2 giri attorno alla Gran Bretagna (uno da ovest e l'altro da est) e altre destinazioni scelte dalla Commissione.
 - 3) osservazione di altri 12 mesi apresso il Royal Observatory.

Il genio prodotto in serie

- Harrison morì il 24 marzo del 1776 a 83 anni → **martire per gli orologiai.**
- **John Arnold: produzione in serie** degli orologi marini di ottima qualità → appaltava il grosso del lavoro a diversi artigiani e personalmente si occupava solo delle parti difficili, della regolazione, molto meticolosa.

Orologio marino → “cronometro”

- Arnold vs Thomas Earnshaw : ridusse la complessità di Harrison e dare dimensioni contenute.
- Battaglia per la **paternità dello “scappamento a molla”**: componente chiave del cronometro → blocca e libera alternativamente il movimento a un ritmo stabilito dalla racchetta.

Alla svolta del secolo, la marina si dotò di un'ampia scorta di cronometri: **1 nel 1737 a circa 5000 nel 1815.**

- **1828 la Commissione per la longitudine si sciolse**; il suo compito era diventato supervisionare le prove e assegnare i cronometri alle navi della Royal Navy.

“...Carpì alle stelle il segreto per orientarsi nel mondo, e lo chiuse in un orologio da taschino...”

1884 → **Conferenza internazionale sui meridiani**: 26 paesi → meridiano fondamentale Greenwich: I fusi orari di tutto il mondo si trovano ad un certo numero di ore prestabilite avanti o indietro rispetto al tempo medio di Greenwich “GMT”.

- 50 anni prima: il Royal Observatory lanciava già alle navi sul Tamigi un segnale visivo dal tetto di Flamsteed House: i capitani della Royal Navy potevano regolare i loro cronometri sulla caduta di una palla ogni giorno alle 13.00 l'una del pomeriggio. (Mary poppins)

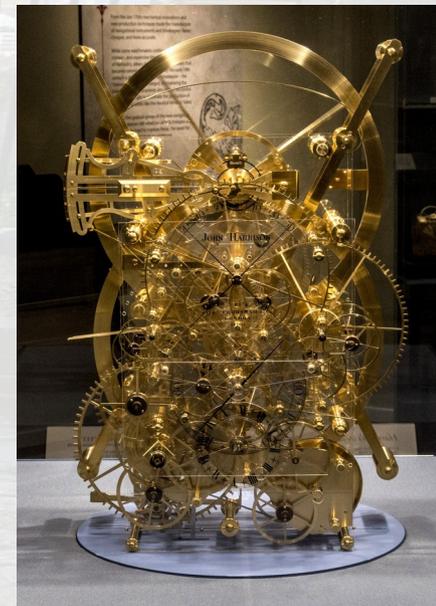
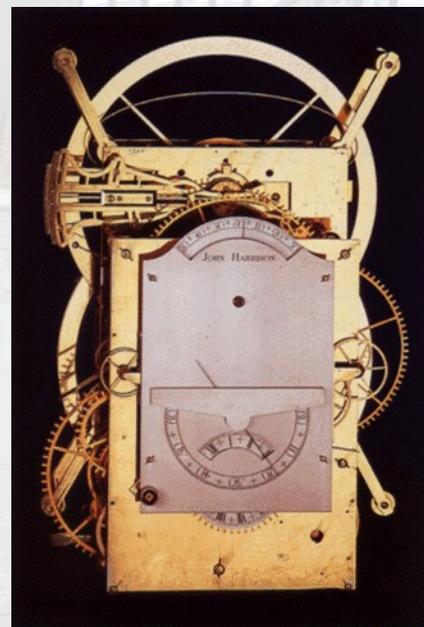
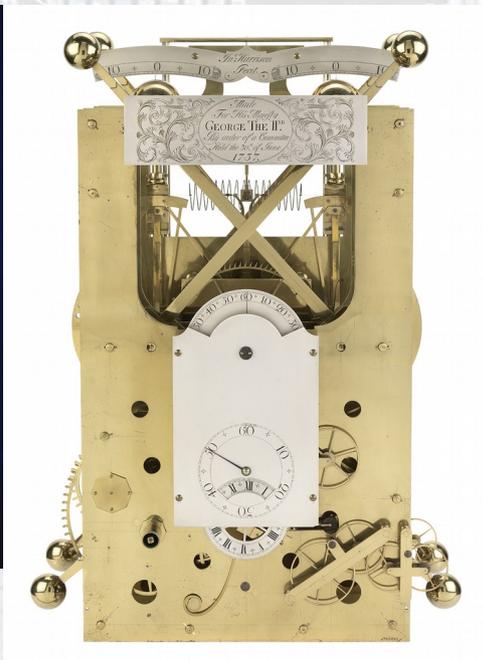
L'H-1, l'H-2 e l'H-3 furono portati a **Greenwich** in modo alquanto disonorevole, Maskelyne non li caricò mai, e trasferire in un **magazzino umido dove rimasero dimenticati**.

Nel **1920** il capitano **Rupert T. Gould** della Royal Navy colpito dallo stato di grave incuria in cui stavano gli orologi: permesso di **restaurarli tutti e quattro per renderli funzionanti** → **12 anni di lavoro** senza esperienza in orologeria e **gratis**: spazzola per capelli, togliendo dall'H-1 un chilo intero di polvere e di verderame.

Difficoltà con l'H-3: è astruso!! Meccanismi complessi e unici (mente ingegneristica di Harrison); 18 quaderni con meticolosi disegni e descrizioni elaborate.

H-4 : *“Mi ci sono voluti tre giorni per capire come smontare le lancette... ho creduto più di una volta che fossero saldate!”*

- Ora “**gli Harrison**” al **Maritime Museum** e il curatore li carica ogni mattina prima dell’arrivo dei visitatori: guanti bianchi, e due diverse chiavi che lavorano insieme; Per caricare l’**H-1** bisogna tirare con decisione la **catena di ottone**; l’**H-2** e l’**H-3** hanno una **chiave di caricamento**, e questo fa sì continuino a funzionare. L’**H-4** immobile e intoccabile, è in letargo in una teca trasparente **con il K-1**.



“...Carpì alle stelle il segreto per orientarsi nel mondo e lo chiuse in un orologio da taschino...”

