

## Equazione del tempo

1672



Mostre dell'orologio di piazza Dante in Napoli.

Nel Complesso storico situato nella centrale piazza Dante di Napoli, è visibile, sottostante l'orologio, un più piccolo quadrante con un'unica lancetta che indica un particolare valore noto in astronomia come equazione del tempo. Costruito nel 1853, ancora in epoca borbonica, risulta all'oggi l'unico caso italiano di meccanismo di tale tipo associato a un campanile. Altro esempio europeo si trova nella medioevale Torre dell'orologio (Porte Saint-Eloi) a Bordeaux in Francia, dotata nel 1891 di un simile indicatore meccanico.



Le Grosse Cloche di Bordeaux.

In astronomia nautica l'equazione del tempo è definita come la correzione positiva o negativa da apportare al tempo medio per ottenere il simultaneo tempo vero (contando entrambi i tempi dal meridiano superiore).

L'astronomo greco Claudio Tolomeo, nel suo trattato di matematica *Mathematiké syntaxis*, più noto con il nome arabo *Almagesto*, scritto intorno al 150 d.C., ci fornisce una idea, seppure parziale per la sua visione geocentrica, di quanto gli astronomi avessero raggiunto nella comprensione dei fenomeni celesti.

Nel cap. 9 del III libro ci informa che gli astronomi, fin dall'antichità, avevano riconosciuto la irregolarità nel tempo dei moti del Sole, della Luna e dei pianeti, contrariamente alle stelle. In particolare Tolomeo si sofferma sulla variazione del giorno nel corso dell'anno attribuendola all'inclinazione dell'eclittica (il percorso apparente del sole in un anno sulla sfera celeste) e al moto non uniforme del sole che schematizza, in altra parte dell'*Almagesto*, con un modello basato su un ipotetico moto epicentrico. Osserva inoltre che la differenza massima tra giorni veri e giorni uniformi, nell'ipotesi che il moto fosse costante, è di circa 30 min con una modifica trascurabile della longitudine del sole, diversamente da quella della luna e fornisce alcune tabelle con cui è possibile passare dall'ora tempo apparente giornaliero del sole a quello uniforme al fine di determinare la posizione della luna.

La valutazione dell'ora nell'arco diurno, come si sa, veniva effettuata con gli orologi solari o scioterici, noti impropriamente e più frequentemente come meridiane, in uso anche quando in Occidente comparvero gli orologi meccanici nel medioevo, composti da ruote di diverso diametro mosse da una molla o dalla discesa di pesi, forniti di un'unica lancetta delle ore. Il tempo era quindi quello astronomico, quello apparente del sole, che in astronomia è conosciuto come tempo vero locale che si distingue per un importante momento, quello in cui l'astro transita al meridiano del luogo (da cui il termine meridiana e l'aggettivo locale per il tempo), l'istante in cui si è a metà giornata, il mezzogiorno solare, dal latino *meridies*. Il sole si trova in culminazione, alla sua massima altezza sull'orizzonte (a rigore culminazione e passaggio al meridiano non avvengono nello stesso istante, seppure la differenza sia piccola e trascurabile, a causa della variazione della declinazione del sole) e l'ombra proiettata, la più corta della giornata, indica la direzione nord-sud, cioè la linea meridiana.

In Italia, fin dal XVI sec. era in uso un sistema orario noto come sistema italico (in realtà di origine boema) in cui le ore erano computate dal tramonto del sole (*ab occasu Solis*), legato alla recita dell'Ave Maria, a quello successivo. Con il tramonto finiva un giorno



Quadrante d'orologio ad ore italiane.

e iniziava il successivo. In altri paesi era impiegato un sistema in cui il giorno iniziava dalla mezzanotte per terminare a quella successiva (*a media nocte*) o dal mezzogiorno a quello successivo (*a meridie*).

Tale sistema, detto alla francese o astronomico, regolandosi con il mezzogiorno era nel corso dell'anno meno variabile di quello italiano soggetto alla maggiore incostanza degli istanti dell'alba e del tramonto. Le ore erano segnalate dal suono delle campane più comprensibile della lettura, specie di notte.

L'orologio italiano poteva accumulare in sei mesi un errore di oltre 3 ore, tanto più evidente quanto maggiore è la durata dell'arco diurno alle diverse latitudini.

Comunque lo spostamento nel tempo dei riferimenti, unito all'imprecisione delle macchine orologiche, in uso presso i campanili, imponeva un periodico adeguamento all'ora solare da parte del temperatore di turno che si avvaleva di una meridiana, spesso accoppiata all'orologio meccanico.

Un primo importante contributo nel trovare una soluzione tabellare per regolare gli orologi meccanici con quelli solari fu raggiunto dal uno dei maggiori scienziati del Seicento, il fisico e matematico olandese Christiaan Huygens (1629-1695).

Come molti uomini di ingegno del Seicento anche Huygens fu stimolato dai problemi nautici, in particolare da quell'esigenza, nata con le navigazioni oceaniche, di ricavare la longitudine in mare. Convinto assertore di una soluzione tramite orologi meccanici, affrontò tutti i problemi che impedivano di rendere fattibile un tale metodo impiegando la sua esperienza di fine fisico e matematico. Partendo dall'isocronismo di Galilei, realizza il primo orologio a pendolo, definisce la nozione di momento d'inerzia, i primi teoremi sui sistemi rigidi in meccanica e affronta la relazione tra ora solare, quella del tempo vero e l'ora uniforme di un orologio, di un tempo artificiale, regolare, quella del tempo medio.

Tutte queste ricerche ed altre ancora furono raccolte nella sua grande opera sull'orologio a pendolo, *Horologium oscillatorium, sive de motu pendulorum* del 1673 che dedicò a Luigi XIV. In tale opera è presente una tabella in cui, per ogni giorno dell'anno sono riportati i minuti e secondi da aggiungere al tempo solare per regolare gli orologi. I valori furono ottenuti con l'ipotesi che le cause delle differenze temporali fossero l'eccentricità dell'eclittica e la sua inclinazione sull'equatore, in accordo a quanto ipotizzato dagli astronomi ellenici a cui faceva riferimento Tolomeo nel suo *Almagesto*.

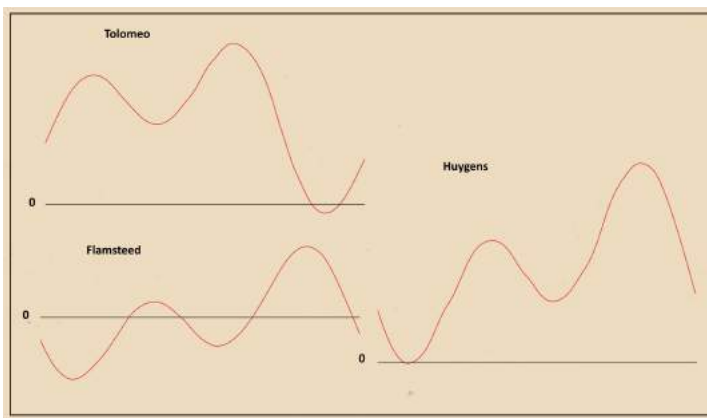
La tabella di Huygens rappresenta ad oggi la prima conosciuta tabella dell'equazione del tempo anche se essa contiene, distribuiti nell'anno, valori tutti positivi. C'è da osservare, comunque, che alla fine del XVI sec. il matematico e orologiaio svizzero Jost Bürgi (1552-1532) aveva già costruito dei globi celesti meccanizzati forniti di orologio astronomico con i quali correggeva gli effetti su descritti, dimostrando non solo grandi capacità meccaniche, ma anche ottime conoscenze matematiche.

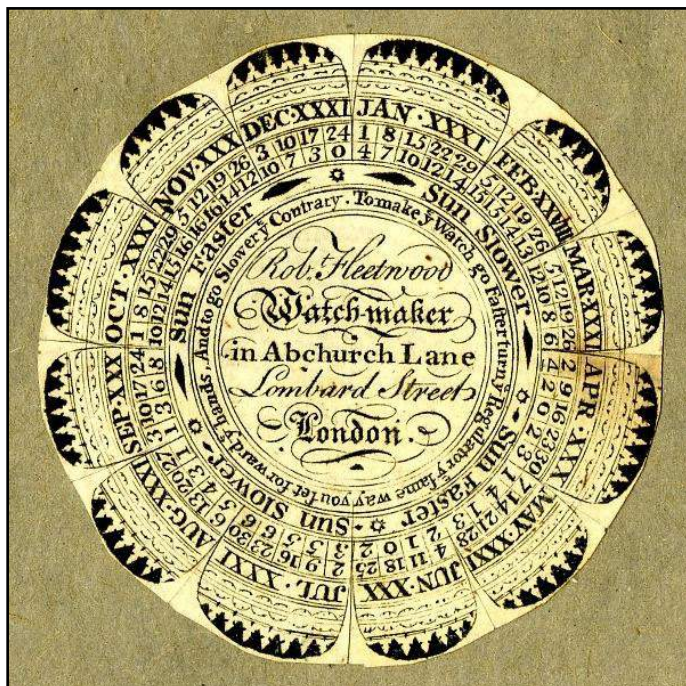
La definitiva svolta sulla questione dei tempi, che aveva animato gli astronomi senza mai ottenere una conferma effettiva, si ebbe con l'inglese John Flamsteed (1646-1719), nella dissertazione *De Temporis Aequatione Diatriba* del 1672. Flamsteed, che in seguito sarà primo direttore dell'Osservatorio di Greenwich con il titolo di astronomo reale, esperto sperimentatore, aveva eseguito misure con i primi più precisi orologi meccanici a pendolo ottenendo le tabelle delle differenze tra tempo vero e tempo medio che chiamò *Temporis Aequatione*, in cui equazione, dal latino *aequatio*, eguaglianza, aveva il significato di correzione (rendendo i due tempi confrontabili). I risultati furono rapidamente impiegati dagli astronomi, mentre si dovrà attendere il

nuovo secolo perché venissero utilizzati nella pratica.

Prima di Flamsteed, gli astronomi usavano l'espressione "Aequatio dierum", equazione dei giorni, nel significato di correzione tra giorno vero e giorno medio.

Interessante è il raffronto grafico tra le tabelle di Tolomeo, Huygens e Flamsteed in cui si notano le forti somiglianze, a dimostrazione della correttezza fin dall'antichità delle cause ipotizzate: la forma e l'inclinazione dell'eclittica.





In effetti esiste una ulteriore causa, il rallentamento della rotazione terrestre, che allunga di 1 secondo all'anno il giorno solare medio.

L'ultima tabella, quella ottenuta sperimentalmente da Flamsteed, presenta valori positivi e negativi, più o meno equamente distribuiti nel corso dell'anno.

Con il '700 sugli sportelli delle casse degli orologi meccanici vennero applicate apposite tabelle dell'equazione del tempo con cui gli orologi venivano riportati, a determinate date, all'ora solare vera. Successivamente fu inventato un eccentrico assomigliante a un rene e per questo chiamato *rene dell'equazione* o *kinder cam* che veniva fatto ruotare dal meccanismo di un orologio. Un sistema di leve agiva infine su una lancetta che mostrava la differenza giornaliera fra tempo medio e tempo solare vero.

Anche le meridiane furono in qualche caso corredate di indicazione dell'equazione tramite figure a forma di 8, note come *analemma*, con cui correggere gli orologi meccanici.

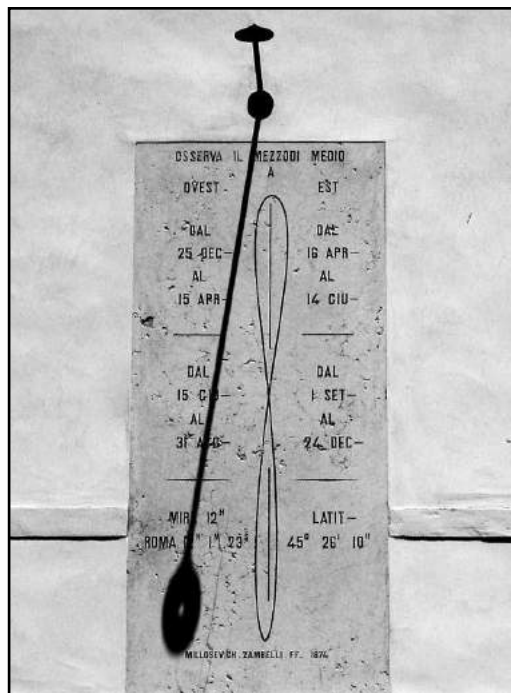
Intanto in Italia, a partire dalla metà del '700, il sistema francese aveva lentamente sostituito quello italico, non senza difficoltà causate dalla volontà più volte espressa di ritornare all'antico orario, alle passate tradizioni e abitudini che furono contrastate da leggi anche severe.

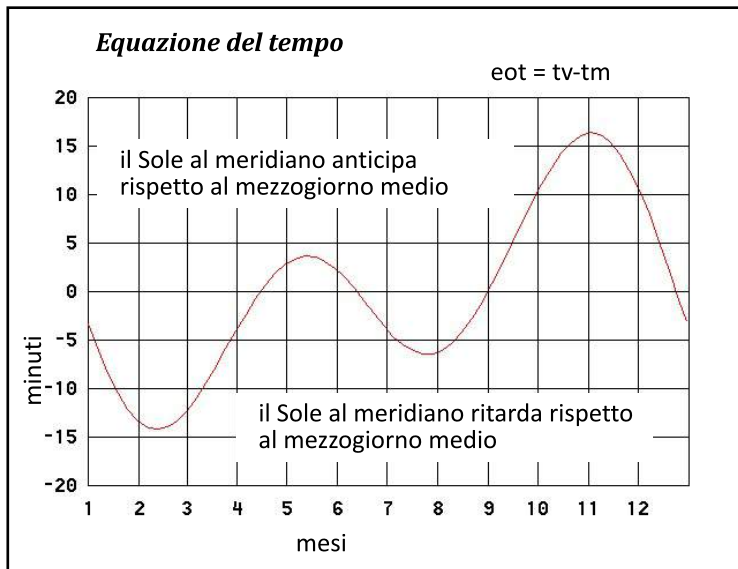
Il tempo medio, intrinsecamente degli orologi meccanici, un tempo costante, media di tutte le durate dell'anno, fu il primo cambiamento artificiale fatto nella sostituzione del tempo solare naturale. Esso fu istituito per la prima volta a Ginevra in Svizzera nel 1780 a cui seguirono altre città. A questo punto l'ora solare era solo un ricordo e non era più necessario impiegare l'equazione del tempo.

Con la seconda metà del '700, lo sviluppo delle reti ferroviarie e la riduzione crescente dei tempi di percorrenza creò non pochi problemi nella gestione dei diversi orari in uso nelle città lungo le tratte, soprattutto quelle dirette da est ad ovest lontane tra loro in longitudine (15° di longitudine portano una differenza di 1 ora). L'idea di impiegare un'ora media uguale per un intero territorio fu proposta all'inizio dell'800 dal fisico e chimico inglese William Hyde (1766-1828), scopritore del palladio e del rodio, coinvolto nella uniformità dei sistemi di misura e membro del Board of Longitude, l'ente governativo inglese impegnato nella definizione di un metodo di valutazione della longitudine in mare.

Si dovrà comunque attendere il novembre del 1840 quando la England's Great Western Railway adottò un tempo medio uguale per tutta la sua rete ferroviaria, denominandolo "railroad time" corrispondente al tempo medio di Londra. Fu il primo passo nell'uso di un tempo medio standard.

Con l'Unità d'Italia, nel 1866 un Regio Decreto impose l'uso dell'ora media in tutta la nazione. Gli orologi degli uffici postali e telegrafici e delle ferrovie, sincronizzati sul tempo medio del meridiano di Monte Mario (Roma), rappresentavano il riferimento per tutti gli altri orologi del territorio nazionale.





Se l'equazione del tempo non era più necessaria in terra essa non perse di importanza nella navigazione astronomica quando, a partire dal 1775, sulle navi comparve il cronometro per il calcolo della longitudine.

Proprio la nautica aveva sollecitato l'olandese Huygens e l'inglese Flamsteed alla determinazione delle tabelle dei tempi.

Nella stima della posizione in alto mare con la misura dell'altezza del sole viene richiesta la conoscenza dell'ora vera corrispondente a quella letta al cronometro di bordo che rappresenta il tempo medio del primo meridiano (per convenzione Greenwich).

Nella pratica non si ha la necessità di “correggere” il tempo medio nel corrispondente tempo vero in quanto le effemeridi nautiche riportano, nelle pagine giornaliere, alla colonna T sole, il tempo vero (in realtà espresso in gradi, noto come angolo orario) in corrispondenza dell'ora media civile  $T_m$ . In tal modo l'equazione del tempo non è presente esplicitamente nei calcoli rimanendo così confinata nei testi di teoria.

La dualità del significato di equazione del tempo, quale differenza tra tempo solare vero meno tempo solare medio e viceversa tempo medio meno tempo vero, comporta che i grafici o le tabelle disponibili nei testi specialistici, negli almanacchi o semplicemente in internet, siano dotati di note esplicative sull'uso. In mancanza occorre ricordare che durante i primi mesi di ogni anno l'orologio è in anticipo sulla meridiana. Gli americani, noti per la costruzione di acronimi, utilizzano la parola NYSS (che si pronuncia come nice, bello) acronimo di new year sun slow, nuovo anno sole lento.