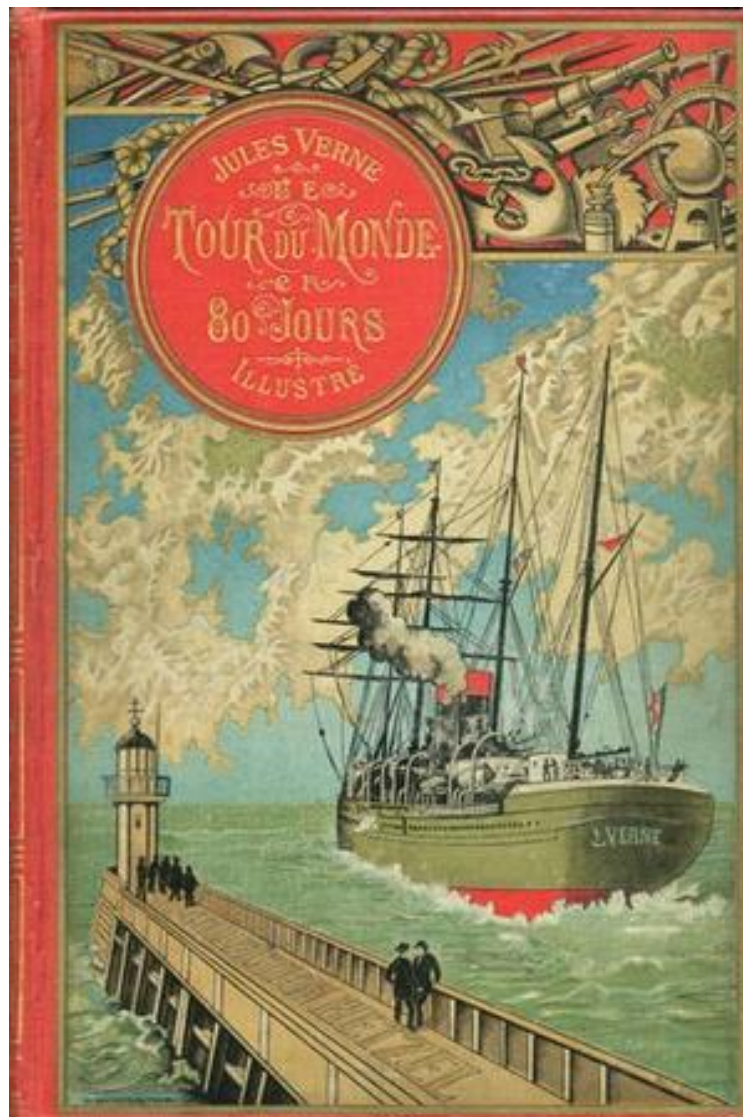


I FUSI ORARI
E IL PROBLEMA DEL
GIRO DEL MONDO IN OTTANTA GIORNI



D.E.

Primavera 2023

I. I FUSI ORARI

I Fusi orari possono confondere le idee a chiunque, anche se abituato a pensare in termini matematici. In ogni caso riescono a confondere me. Mi sono fatto perciò una tabella che riporta la versione *ideale* dei fusi orari, in cui non esistono ore legali o ore solari, che cambiano le carte in tavola. Per queste, bisogna rivolgersi a testi, o almeno mappe specializzate, facilmente reperibili su Internet. Una, che non riporta però le ore solari – variabili nel corso dell’anno, è data più sotto, Tav.III. Ad ogni modo, facendo su vari *Browser* (o sugli odierni motori di Intelligenza Artificiale) la domanda “**Che ore sono a Londra quando sono le tre del mattino a Tokyo?**”, si ha la risposta senza neanche dover aspettare un secondo.

La prima tavola (Tav.I), facilissima a farsi, è composta di strisce orizzontali, ciascuna delle quali rappresenta un’ora. Sulla verticale sono indicati i fusi orari: è sufficiente **una casella per fuso per ora**, perché tutte le città che si trovano in quel fuso orario hanno la stessa ora. Ho indicato per riferimento i fusi di Los Angeles (4), inquadrate in violetto; Washington DC (7), blu; Londra (12), rosso; Nuova Delhi (17), bruno; Tokyo (21), giallo. **I 24 fusi sono identificati mediante l’ora data nella prima riga.**

Ad ogni ora che passa, si scende di una riga. Come si vede, tutti i numeri (l’ora locale) aumentano semplicemente di una unità. Come dire, un’ora passa per tutti, ovunque si sia.

La divisione trasversale in una zona rosa e una zona verde, indica due diversi giorni, in verde l’oggi o “giorno prima”, in rosa il domani o “giorno dopo”.

Per la nostra domanda cerchiamo sulla verticale di Tokio (T) le ore 3, poi seguiamo l’orizzontale delle 3 di Tokyo fino alla colonna di Londra (L), inquadrata in rosso, e vediamo che a Londra sono le 18, ovviamente del giorno prima (le 3 di Tokyo sono nella zona rosa, de “il giorno dopo”, le 18 di Londra nella zona verde, de “il giorno prima”). Facendo la domanda su Google, la risposta è che a Londra sono le 19. Una differenza di un’ora può essere dovuta a varie cause e può essere tollerata, specie rispetto ai colossali errori che ogni tanto si fanno in questo campo.

TAV.I

COME CAMBIANO LE ORE NEI VARI FUSI ORARI AL PASSAR DEL TEMPO

(Si ricordi che le differenze di ora tra due fusi sono costanti.)

		LA	W	L	ND	T																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	

Tav.I

Spiegazione della tavola:

- 1) Ogni riga indica l'ora in ciascuno dei 24 fusi orari, ciascuno dei quali è rappresentato, per una data ora, **con una casella della tavola.**
- 2) Le colonne indicano le varie ore in un determinato fuso orario.
- 3) Come riferimento sono segnalati cinque fusi. Da sinistra a destra LA (Los Angeles); W (Washington DC); L (Londra); ND (Nuova Delhi); T (Tokyo).
- 4) Le due verticali scarlatte all'estrema destra e all'estrema sinistra sono la stessa linea "universale" del cambiamento di data. La tavola va infatti pensata come disegnata su una sfera o comunque su un cilindro, per cui gli estremi si toccano

(Includere i poli aggiunge divertimento, ma qui non ce ne occuperemo). Attraversando il margine da sinistra (Ovest) a destra (Est) si deve togliere un giorno al calendario che viaggia con noi. Se non lo si fa, si crede di essere un giorno avanti. Da destra (Est) a sinistra (Ovest) si deve aggiungere un giorno. Se non lo si fa, si crede di essere indietro di un giorno (Vedi Tav. II)

Tav. II

23	24	1	2
24	1	2	3
1	2	3	4
2	3	4	5
3	4	5	6
4	5	6	7
5	6	7	8
6	7	8	9
7	8	9	10
8	9	10	11
9	10	11	12
10	11	12	13
11	12	13	14
12	13	14	15
13	14	15	16
14	15	16	17
15	16	17	18
16	17	18	19
17	18	19	20
18	19	20	21
19	20	21	22
20	21	22	23
21	22	23	24
22	23	24	1

La mappa presso la linea del cambiamento di data.

In questa Figura si immagini di aver unito le due linee porpora agli estremi di Tav.I, per vedere il passaggio della linea (ideale!) del cambiamento di data. Le ore al di qua e al di là della linea si susseguono regolarmente, ma i due giorni sono diversi: il giorno di sinistra (rosa) è il giorno dopo; il giorno di destra (verde) è il giorno prima.

Per la cronaca, la riga scarlatta dovrebbe essere a metà del fuso orario, ma qui non fa grande differenza.

- 5) La gradinata nera indica fuso per fuso l'ora del cambiamento di data "locale", che solitamente avviene alla mezzanotte locale. Qui, idealmente, si stacca il foglietto con la data del giorno e si passa al giorno successivo. Per esempio, ogni colonna indica lo

scorrere delle ore stando fissi in un dato fuso orario. Quando si passa il trattino nero è la mezzanotte locale, e si deve aggiungere un giorno al calendario. Un viaggiatore si sposterebbe lungo una linea più o meno inclinata a seconda della velocità, ma sempre verso il basso, per la cattiva abitudine del tempo di scorrere in una sola direzione. Una linea inclinata verso l'alto indicherebbe un viaggio all'indietro nel tempo.

Segue la tavola delle maggiori città fuso per fuso (ricordo che i fusi sono indicati nelle colonne di Tav.I). Come riferimento prenderemo la riga più alta, e procederemo da sinistra a destra.

TAV.III

LE PRINCIPALI CITTÀ NEI 24 FUSI ORARI

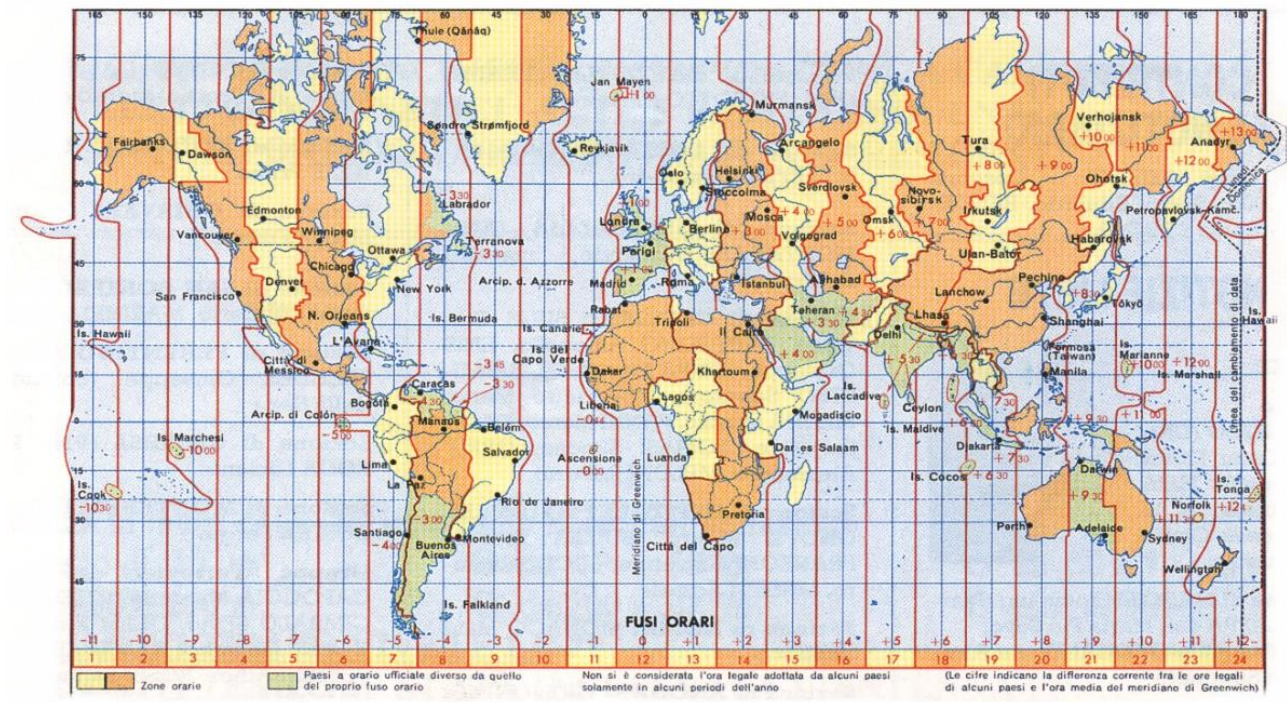
Numero del fuso (prima riga in alto in Tav.I)	Principali città
1.	Stretto di Behring; Is. Aleutine; Is. Hawaii (USA)
2.	Fairbanks (Alaska USA)
3.	Dawson (Canada)
4.	Vancouver (Canada); San Francisco, Los Angeles (California USA)
5.	Edmonton (Canada); Denver (Colorado USA); Mexico City (Mexico)
6.	America centrale, New Orleans (USA); Chicago (USA), Winnipeg (Canada)
7.	Cile, Lima (Perù), Bogotà (Colombia), La Havana (Cuba); Washington DC, New York (USA), Ottawa (Canada)Thule (Groenlandia)
8.	Buenos Aires (Argentina), Montevideo (Uruguay), Manaus (Brasile), Caracas (Venezuela), Labrador, Terranova (Canada)
9.	Rio de Janeiro, Belem (Brasile), Stromfjord (Groenlandia)
10.	Is. Capo Verde, Is. Azzorre
11.	Is. Ascensione, Liberia, Dakar (Senegal), Is.Canarie, Islanda
12.	Lagos (Nigeria), Rabat (Marocco), Madrid (Spagna), Parigi (Francia), Londra (UK)
13.	Città del Capo (South Africa), Namibia, Luanda (Angola) Congo, Tripoli (Libya), Roma (Italia), Berlino (Germania), Oslo (Norway), Stoccolma (Sweden), Is. Svalbard.
14.	Pretoria (SA), Khartoum (Sudan), Il Cairo (Egypt), Istambul (Turkey), Mosca (Russia), Helsinki (Finland), Murmansk (Russia)
15.	Madagascar, Dar es Salaam (Tanzania) Kenya, Mogadisho (Somalia), Arabia Saudita, Iran, Volgograd, Arcangelo (Russia)
16.	Iran, Pakistan, Ashkabat (Turkmenistan),Sverdlovsk (Russia), Nuova Zemblja
17.	Maldiva, Laccadive, SriLanka,India, Delhi (India), Omsk (Russia)
18.	Bangla-Desh, Lhasa (Tibet/Cina), Novo Sibirsk(Russia)
19.	Sumatra e Java, Jakarta (Indonesia), Cambodja, Lanchow (RPC), Ulan Bator (Mongolia), Irkutsk (Russia), Tura (Russia)

20.	Perth (Australia), Borneo, Celebes, Filippine, Manila (Filippine), Taiwan, Shanghai (RPC), Pechino (RPC),
21.	Adelaide (A), Darwin (A), West Nuova Guinea, Giappone, Khabarovsk, Okhotsk, Verkhojansk (Russia)
22.	Tasmania, Sydney, Papua Nuova Guinea, Is. Marianne,
23.	South New Zealand, Is. Norfolk, Is. Marshall, Kamcjatka (Russia)
24.	North New Zealand, Wellington (NZ), Is. Tonga, Is. Aleutine, Anadyr (Russia), St. di Behring. A metà del fuso ore 24 corre (più o meno) la linea del cambiamento di data. .

TAV.IV

MAPPA REALE DEI FUSI ORARI (a parte le variazioni dovute all'ora solare)

(Ovvero, "come le ore legali scompigliano i fusi orari"):



Da <https://www.agopax.it/Fusi%20Orari/fusi%20orari.html>, ove si trovano altre più ampie spiegazioni.

tempo a vincere la scommessa. La ragione risiede nel non aver tenuto conto dell'attraversamento della linea del cambiamento di data da Ovest a Est.

Non ho incontrato molti che abbiano perfettamente capito il trucco, tanto più che, così come fu presentato dal Verne, si prestava a diverse critiche, tutte puntualmente notate in https://it.wikipedia.org/wiki/Il_giro_del_mondo_in_80_giorni. (Ma si tratta, secondo me, di osservazioni del "secondo ordine".)

Per capire la sostanza del problema e della soluzione, supponiamo, come caso più semplice, che un moderno **Phileas Goff** scommetta di fare **il giro del mondo in un giorno**, 24 ore (cosa che oggi si può fare.) Lo facciamo partire alle ore 12, mezzogiorno del 1 gennaio, da Londra e supponiamo che, **al contrario di Fogg, viaggi nella direzione Est-Ovest**. Ogni ora fa $1/24$ di giro, il che lo porta a cambiare un fuso orario all'ora. Mr. Goff avrà l'avvertenza di portare con sé un orologio (meccanico o elettronico, o qualsiasi altra cosa – ma non solare) regolato sull'ora di Londra. Dopo un'ora di viaggio, a Londra sarebbe passata, ovviamente, un'ora, ma nel fuso 11 (dell'Islanda etc.), sono diventate le 12, mezzogiorno, col sole sempre fisso sul meridiano, perché il fuso orario è un'ora indietro rispetto a Londra. Vediamo cioè che, mentre per il viaggiatore, si presume in aereo, le ore (di Londra) passano sul suo orologio, meccanico o elettronico – ma non solare –, se lui vedesse gli orologi a terra, troverebbe che è sempre mezzogiorno. Il sole sarebbe sempre al passaggio sul meridiano. Ciò avviene perché la velocità del sole e quella dell'aereo si sottraggono, dando un tempo (apparente) zero: **un giorno durerebbe in eterno**. La sua traiettoria è segnata in bianco sulla tavola seguente (Tav.V). Il viaggiatore arriva a Londra a mezzogiorno. Per lui il giorno non è mai cambiato, non ha visto la mezzanotte, non ha strappato un solo ideale foglietto di calendario a mezzanotte. Insomma, sarebbe sempre il 1 gennaio. Però, a Londra sono ovviamente passate 24 ore, un giorno, ed è il 2 gennaio. L'orologio regolato sull'ora di Londra che Mr. Goff porta con sé, conferma. Come si vede, è il caso di Phileas Fogg, ma alla rovescia, perché Goff viaggia verso Occidente. Per tener conto di questo fatto, poiché la sua traiettoria attraversa la linea del cambiamento di data da Est a Ovest, lui deve aggiungere un giorno, se vuol mettersi alla pari con il calendario di Londra. Se supponiamo che lui voglia vivere in eterno, facendo migliaia di giri in aereo stando sempre sotto il sole di mezzogiorno, vediamo che, grazie al passaggio della linea del cambiamento di data ad ogni giro, la cosa non funzionerebbe: tutte le volte che il viaggiatore attraversa la linea del cambiamento di data da Est a Ovest dovrebbe aggiungere un giorno, per cui il conto di giorni all'arrivo a Londra sarebbe corretto. Il tempo passerebbe anche per Mr. Goff (cosa che il suo orologio non solare tenterebbe di dirgli strada facendo).

Se, novello Fogg, **viaggiasse nella direzione da Ovest a Est**, e scommettesse di fare il giro del mondo in un giorno, la sua traiettoria sarebbe quella azzurra. Ogni ora del suo orologio meccanico o elettronico si sposterebbe di un fuso, ma se guardasse l'ora degli orologi a terra noterebbe che ad ogni fuso essi sono avanti di due ore. Il sole apparentemente avanza di due ore per ogni ora di viaggio, un'ora grazie al proprio movimento (nel sistema geocentrico!) e un'ora grazie al movimento dell'aereo, che gli corre incontro. Dopo sei ore, tra il fuso 18 (quello di Lhasa etc.) e il 19 dovrebbe strappare il foglietto del calendario, perché è **mezzanotte locale**, buio pesto. Se non sapesse di aver attraversato la linea della data dopo sei ore, il mezzogiorno (locale) successivo, continuerebbe ad aggiornare l'orologio ricomparendo da sinistra sulla nostra Tav.I. Al fuso 6, dodici ore dopo il fuso 18, sarebbe di nuovo mezzanotte: la sua velocità si somma a quella del sole, e quindi **il giorno da mezzogiorno a mezzogiorno o da mezzanotte a mezzanotte dura 12 ore di Londra**. Qui strapperebbe un secondo foglietto e dopo sei ore di volo crederebbe di arrivare a Londra a mezzogiorno del 3 gennaio, credendo di aver viaggiato due giorni. Se avesse scommesso di fare il giro in un giorno, crederebbe di aver perso la scommessa, proprio come il Phileas Fogg originale. Il fatto è che lui ha attraversato la linea della data da Ovest a Est, il che gli permette (idealmente) di riattaccare un foglietto al calendario per rimettersi in pari con l'ora di Londra. D'altra parte, col suo orologio personale non solare, noterebbe che i suoi due giorni da mezzogiorno a mezzogiorno, o dalle ore zero a mezzanotte, sono lunghi solo 12 ore, e per questo alla fine del viaggio penserebbe di aver viaggiato due giorni, mentre ha viaggiato comunque 24 ore, come leggerebbe sul suo orologio non solare, e come scoprirebbe una volta arrivato a Londra. A Londra, 24 ore sono un giorno.

Sfruttando con orologi di altissima precisione la differenza fra l'ora locale e quella mostrata sull'orologio meccanico (ora di Londra- Greenwich, o di altro meridiano prestabilito) si poté risolvere l'annoso problema di **determinare la longitudine di un luogo**, in certo senso il problema inverso del nostro. Il metodo, nella forma più rozza, è semplice: supponiamo di essere in nave a Jakarta. Si guarda a che ora è mezzogiorno, cioè a che ora sono le 12 ora locale. Si vede che il nostro orologio, con ora di Londra (se possibile con quadrante di 24 ore) segna le 19. Quindi siamo nel fuso 19, a sette ore da Londra, cioè $7 \times 15 = 105$ gradi di longitudine Est. Si verifica su Wikipedia, e si trova che la longitudine di Djakarta è $106^{\circ} 49'$. Non malissimo, anche perché siamo stati fortunati, in quanto un fuso orario occupa 15 gradi. Ad ogni buon conto, per navigare senza finire nel posto sbagliato si esigeva già nel sec. XVIII una precisione di almeno un grado, e meglio ancora 0.5 gradi (dal *Longitude Act*, Atto del Parlamento Inglese, 1714). Un grado misurato all'Equatore equivale a circa 111 km.

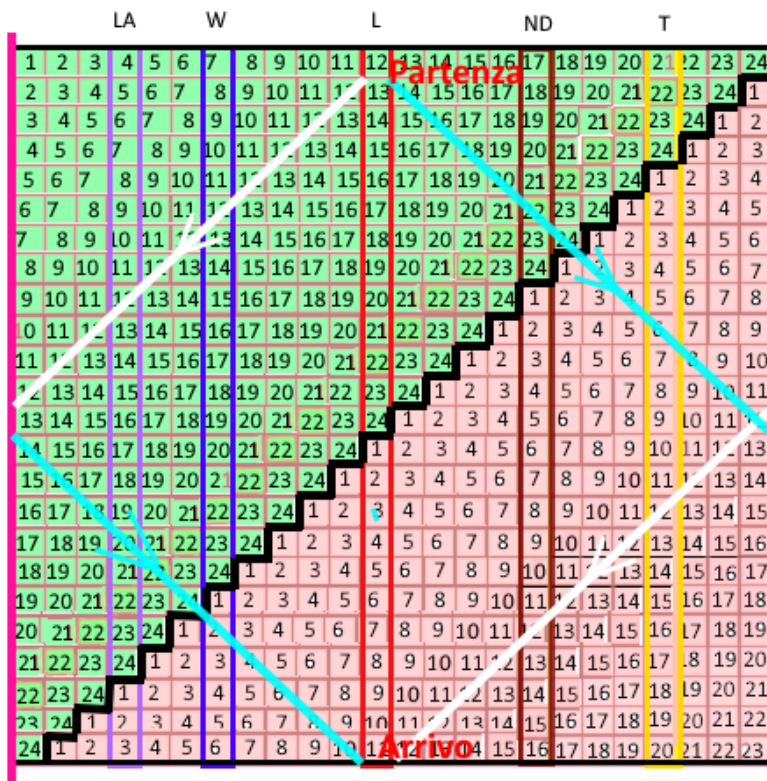
Il problema è l'accumularsi degli errori giornalieri. Poiché un'ora equivale a 15 gradi, un minuto di ora equivale a 0.25 gradi, e un errore di quattro minuti nel conteggio del tempo equivale a un errore di un grado nella determinazione della longitudine. Se si suppone

che un cronometro faccia un errore di dieci secondi al giorno (nelle condizioni variabili di una nave - vento, temperatura, stato del mare), basta un viaggio di circa ventiquattro giorni per uscire dai limiti della precisione richiesta. A Newton stesso, questo appariva come un risultato impossibile a raggiungersi ai suoi tempi, e forse mai.

La storia della vicenda scientifica e umana della misurazione della longitudine, è narrata in eccellente forma divulgativa da Dava Sobel, *Longitude: The True Story of a Lone Genius Who Solved the Greatest Scientific Problem of His Time* (1995). L'eroe del libro, il genio solitario che costruì cronometri di altissima precisione, insensibili ai movimenti di una nave sballottata dal mare, e a molti altri fattori che causavano errori, è l'inglese John Harrison (1693-1776). Con il suo cronometro Sea Watch H5, arrivò a un errore medio di circa 1.5 secondi/giorno.

Tav.V

I viaggi di Phileas Goff (bianco) e Phileas Fogg (celeste)
per il " Giro del mondo in un giorno."



Possiamo facilmente trattare il caso generale.

Supponiamo che la scommessa sia di fare il giro del mondo in **n** giorni, presumiamo lungo un parallelo. Per semplificare il conto, ci mettiamo in un sistema all'antica, cioè geocentrico. Ogni giorno, per vincere la scommessa, il viaggiatore dovrebbe procedere in media $360^\circ/n$ gradi (Usiamo i gradi perché la quantità $360^\circ/n$ è indipendente dal parallelo

lungo il quale si esegue il viaggio). Ma già sappiamo che (nel sistema geocentrico) il sole gira intorno alla Terra in 24 ore, per cui ogni ora si sposta di $15^\circ (=360^\circ/24)$. Queste sono ore misurate con un orologio meccanico o elettronico. Infatti, misurando il tempo con un orologio solare, il Sole passa sul meridiano locale sempre a mezzogiorno. La durata del giorno, come spazio di tempo tra due "mezzogiorni" (passaggi sul meridiano) successivi, misurati con l'orologio non solare del viaggiatore, è 24 ore se esso resta fermo, ma è maggiore di 24 ore se si muove da Ovest a Est, cioè se si insegue il sole, fuggendo davanti al tramonto, mentre è inferiore a 24 ore se si corre incontro al sole, incontro al tramonto, da Est a Ovest. In gradi, quanto vale questo ritardo o anticipo? Facile, $\pm 360^\circ/n$ al giorno. Ogni giorno, quindi, il Sole percorre $360^\circ \pm 360^\circ/n$ gradi, cioè $24 \pm 24/n$ ore sull'orologio non solare del viaggiatore (dividendo ambo gli addendi per 15).

Ora, la scommessa è che il viaggiatore farà un giro di 360° in n giorni. **Dopo n giorni, staccati n foglietti del calendario**, quindi, il Sole avrà percorso $n \cdot 360^\circ \pm 360^\circ$ gradi, cioè $n \cdot 24 \pm 24$ ore. Siccome $\pm 360^\circ$ o ± 24 ore sono un giorno, il totale è $n \pm 1$ giorni (di Londra o altra città). Se il viaggiatore ad ogni mezzogiorno stacca un foglietto dal calendario, quando avrà staccato n foglietti (dopo n "giorni del viaggiatore"), saranno passati $n \pm 1$ giorni su un meridiano fisso, o comunque giorni di un orologio che segue per esempio l'ora di Londra. Di qui la necessità di agire, aggiungendo o staccando foglietti al passaggio della linea del cambiamento di data. Se i Sigg. Fogg/Goff si spostassero sull'equatore, lunga 40000 km, ogni giorno dovrebbero viaggiare in media 500 km, indipendentemente dalla direzione, e anche il sole viaggerebbe nel cielo 500 km indipendentemente dalla direzione. L'aereo moderno, invece, volendo compiere il percorso in un giorno dovrebbe viaggiare a 40000 km al giorno, 1666 km/h, un po' veloce per un aereo di linea.

Ma chi ha detto che occorre viaggiare sull'equatore? Nel romanzo di Verne non è detto, ma è sottinteso, e difatti Mr. Fogg viaggia una parte del tempo poco a Nord dell'Equatore, passando anche per Singapore (latitudine $1^\circ 18' N$). Del resto, l'idea del viaggio in ottanta giorni era sorta proprio dalla notizia del completamento della ferrovia che attraversa il Nord dell'India, grazie al tratto Rothal (Rohtak?)-Allahabad (oggi Prayagraj, lat. $25^\circ 26' N$), attribuita al *Morning Chronicle* (ed. francese) o *Daily Telegraph* (ed. inglese) di mercoledì 2 ottobre 1872. Sullo stesso giornale sarebbe comparso anche il prospetto degli ottanta giorni di viaggio (programma a cui si ispirerà Phileas Fogg).

From London to Suez via Mont Cenis and Brindisi, by rail and steamboats	7	days
From Suez to Bombay, by steamer	13	"
From Bombay to Calcutta, by rail	3	"
From Calcutta to Hong Kong, by steamer	13	"
From Hong Kong to Yokohama (Japan), by steamer	6	"
From Yokohama to San Francisco, by steamer	22	"
From San Francisco to New York, by rail	7	"

From New York to London, by steamer and rail 9 "

Total 80 days."



Arrivo di Phileas Fogg al *Reform Club*, alle 20:45 del 2 ottobre 1872 in punto.