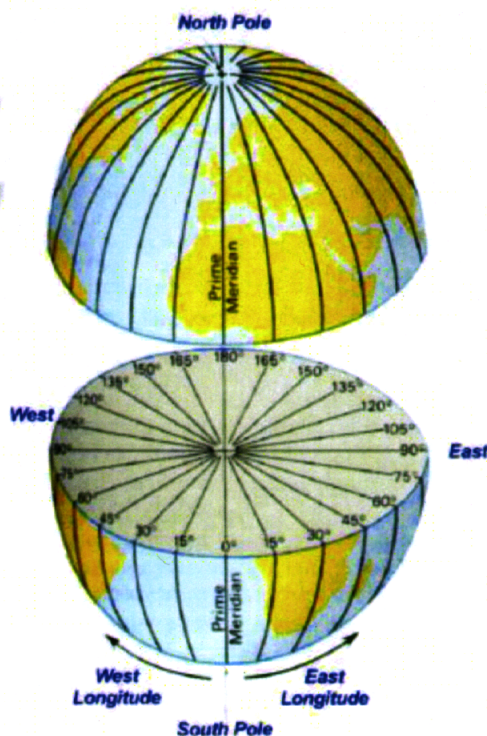


TESINA PER L'ESAME DI STATO 2010

IL PROBLEMA DELLE LONGITUDINI

di

Antonio Pensabene VB
Liceo Scientifico N. Rodolico
A.S. 2009/2010



- *Origine e sviluppo della Geografia*
- *La Navigazione: arte imperfetta*
- *Il metodo delle distanze lunari*
- *Il metodo delle eclissi lunari*
- *Il metodo dei satelliti di Giove*
- *Calcolo della longitudine del meridiano di riferimento di Firenze*
- *La declinazione magnetica*

Il problema delle longitudini

Origine e sviluppo della Geografia

Fin dall'antichità, l'uomo possiede una primitiva curiosità che lo ha spinto e lo spinge a conoscere i luoghi nel quale egli trascorre la propria esistenza e a cercare di capire quale potrebbe essere la sua posizione e, se vogliamo, il suo ruolo, all'interno dell'universo.

Ma al di là dei concetti di antropologia culturale e diatribe filosofiche, ciò che veramente ha spinto l'uomo ad impegnarsi in uno studio serio per cercare di comprendere la posizione della Terra nello spazio e nel cercare di rappresentare e descrivere, non solo idealmente ma anche graficamente, la crosta terrestre, sono state necessità più concrete, come, per esempio, l'esplorazione del territorio ignoto.

L'origine dell'arte cartografica si può far risalire alle popolazioni primitive come gli esquimesi della Groenlandia o gli Aztechi del Messico, i quali, vivendo a stretto contatto con la natura, necessitavano di un mezzo per conoscere il territorio e orientarsi all'interno di esso, oppure gli isolani delle Isole Marshall, i quali, vivendo di sola pesca, dovevano effettuare spostamenti in mezzo al mare; anche gli Egiziani si posero il problema di studiare un modo che permettesse loro di recuperare gli esatti confini territoriali a seguito degli straripamenti del Nilo che portava via con sé le pietre miliari di confine, ma non solo, in Babilonia la Geografia rivestiva un ruolo molto importante nella vita civile poiché permetteva di facilitare gli spostamenti e delimitava i confini territoriali e l'assetto interno di essi. Ai Babilonesi si deve infatti il disegno della più antica carta del mondo di cui abbiamo notizia (VI secolo a.C.).

E' solo però con la civiltà greca che nasce un vero e proprio concetto di geografia matematica/quantitativa, a seguito, prima dei viaggi portati a termine da Erodoto di Alicarnasso e dal lavoro di Anassimandro di Mileto, che disegnò una carta dell'intero mondo abitato, e poi da Eratostene, il quale introdusse l'uso di coordinate sferiche (latitudine e longitudine) per individuare le località geografiche. Importanti progressi furono poi compiuti da Ipparco di Nicea, che in particolare introdusse l'uso di metodi astronomici per il calcolo delle longitudini.

Lo studio della geografia matematica, nata appunto con Eratostene e Ipparco, fu poi ripresa nel II secolo d.C. da Marino di Tiro e soprattutto da Claudio Tolomeo, il quale nella sua opera "Geografia", descrive il metodo di proiezione da lui utilizzato per rappresentare la sfera terrestre su

una superficie piana, giungendo seppur con qualche errore a disegnare un planisfero del mondo abitato, chiamato "ecumene".

Successivamente, nel Medioevo, con le invasioni barbariche e il conseguente disfacimento del sistema di collegamenti, prima legato all'esistenza dell'impero, la Geografia perde d'interesse. Inoltre, con l'assurgere della Chiesa ad un ruolo di rilievo all'interno del mondo sociale, ed il notevole abbassamento del livello di cultura, si ha la messa in discussione di alcuni capisaldi che si erano



andati ad affinare nell'età classica, come la sfericità della Terra e l'esistenza degli antipodi. Questa perdita della conoscenza quantitativa influenzò anche l'aspetto delle carte geografiche che, nel Medioevo, non hanno più il fine di rappresentare, nel modo più fedele possibile, la forma delle terre emerse, ma, al contrario, quello di schematizzare la loro suddivisione concettuale, indipendentemente dal loro aspetto.

Con l'inizio delle grandi esplorazioni nel tardo Medioevo, e in particolare con i viaggi in Asia di Marco Polo nel XIII secolo, si incominciò a riprendere interesse anche per la Geografia affinché tornasse ad essere uno strumento scientifico affidabile per gli esploratori. Fra i vari studiosi che si cimentarono in questo compito, primo fra tutti ricordo, Paolo dal Pozzo Toscanelli, al quale si devono le carte usate da Cristoforo Colombo nella scoperta del Nuovo Mondo.

La navigazione: arte imperfetta

Uno dei problemi principali che i naviganti dovevano affrontare nelle lunghe traversate, oltre alla determinazione della rotta e all'orientamento, che potevano essere risolti in modo approssimativo grazie alla bussola di recente invenzione, era la determinazione del "punto nave", ovvero la latitudine e la longitudine del punto in cui la nave si trovava all'interno della cartina.

Questo problema veniva parzialmente risolto dai marinai rinascimentali, come fece magistralmente Colombo: utilizzando la navigazione per punti stimati, si rintracciava la posizione della nave attraverso la conoscenza della distanza percorsa a partire da un punto noto e della rotta. In questo modo si evitava il problema astronomico della determinazione del "punto nave", ma non si riuscì mai ad ottenere dei risultati precisi, dati i mezzi disponibili all'epoca per la misura del tempo (clessidra, arenario). Infatti, l'unica misura astronomica regolarmente possibile era la latitudine, determinabile con l'osservazione dei corpi celesti come la stella Polare, il Sole, la Luna o i pianeti, grazie a metodi noti fin dall'antichità.

Per la determinazione della longitudine, invece, i tentativi di Colombo e di altri, seppur apprezzabili, non furono efficaci; infatti il metodo delle "eclissi di Luna", utilizzato fin dai tempi antichi, non garantiva affatto un risultato preciso della misura della longitudine, dato il complicato moto della Luna.

Successivamente, Amerigo Vespucci propose una variante a questo metodo, che si chiamerà delle "distanze lunari", ma, sebbene abbia ottenuto dei risultati migliori, essi non erano ancora abbastanza precisi, sempre per la complessità del moto lunare.

Ci vorranno 200 anni perché il problema della misura della longitudine venga risolto in modo soddisfacente per la navigazione.



Il negozio delle longitudini

Il metodo delle distanze lunari

La misura della differenza della longitudine tra due luoghi è sempre riconducibile alla differenza dei loro tempi locali. Se è noto il tempo locale del luogo in cui ci si trova, per determinare la longitudine, si deve trovare la differenza di tempo che sussiste fra il tempo locale della nostra posizione e quello del meridiano di riferimento (per esempio il meridiano di Greenwich).

In assenza infatti di telecomunicazioni e di affidabili meccanismi per la misurazione del tempo locale, il problema era di difficile soluzione.

In linea di principio il metodo delle distanze lunari è molto semplice, ma richiede che siano soddisfatte tre condizioni:

1. deve essere nota la posizione delle stelle che vengono interessate dal moto della Luna, con un errore più piccolo di quello che si commette nel calcolo e nella misura della posizione della Luna stessa.
 2. si debbono poter costruire delle tabelle (effemeridi) che prevedano il moto della Luna in cielo, con la stessa precisione. (condizione difficile da ottenere senza una conoscenza molto avanzata della dinamica celeste).
 3. devono esistere e devono essere facilmente utilizzabili in mare gli strumenti di misura.
- L'idea è quella di utilizzare il satellite della Terra come una sorta di orologio celeste per poi stilare delle tabelle in modo da consentire di prevedere con precisione la posizione della Luna rispetto a stelle note e riconosciute. In tal modo si può ricavare una sorta di "tempo universale lunare" da mettere a confronto con il tempo locale e così calcolare agevolmente la longitudine. Come ben si comprende, affinché questo metodo potesse funzionare senza grossi errori erano necessarie enormi quantità di dati e di calcoli, grazie ai quali prevedere accuratamente l'itinerario della Luna tra le "stelle fisse".

168

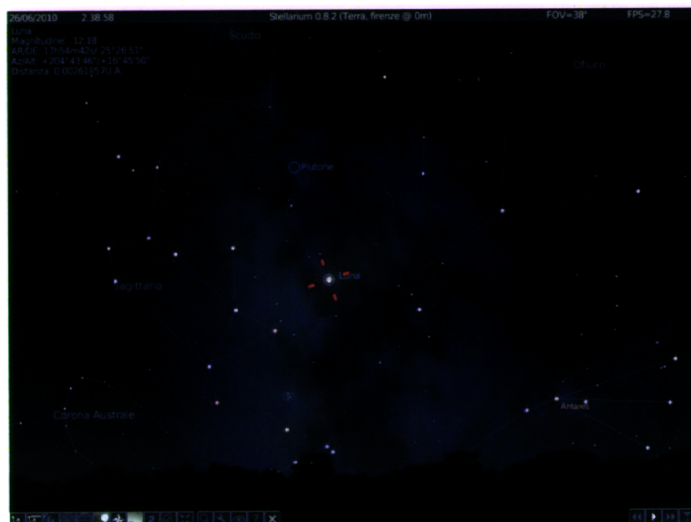
AUGUST, 1843.

XIII.

MEAN TIME.

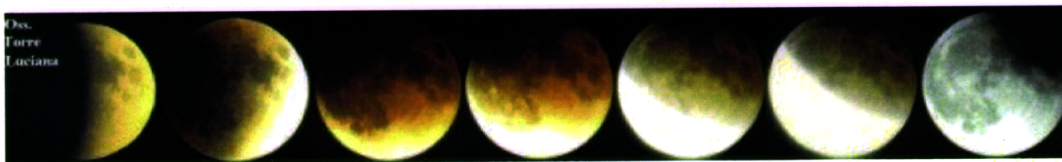
LUNAR DISTANCES.

Star's Name and Position.	Mean Time.	P.L. of dist.	III ^h .	P.L. of dist.	VI ^h .	P.L. of dist.	IX ^h .	P.L. of dist.
1. New Moon W.	70 47 7 2300	70 47 7 2300	70 47 7 2300	70 47 7 2300	70 47 7 2300	70 47 7 2300	70 47 7 2300	70 47 7 2300
Antares E.	48 30 15 2300	48 30 15 2300	48 30 15 2300	48 30 15 2300	48 30 15 2300	48 30 15 2300	48 30 15 2300	48 30 15 2300
Mars E.	30 33 48 2300	30 33 48 2300	30 33 48 2300	30 33 48 2300	30 33 48 2300	30 33 48 2300	30 33 48 2300	30 33 48 2300
Saturn E.	99 22 23 2300	99 22 23 2300	99 22 23 2300	99 22 23 2300	99 22 23 2300	99 22 23 2300	99 22 23 2300	99 22 23 2300
2. New Moon W.	83 43 19 2300	83 43 19 2300	83 43 19 2300	83 43 19 2300	83 43 19 2300	83 43 19 2300	83 43 19 2300	83 43 19 2300
Spiras W.	11 43 4 2300	11 43 4 2300	11 43 4 2300	11 43 4 2300	11 43 4 2300	11 43 4 2300	11 43 4 2300	11 43 4 2300
Mars E.	30 33 48 2300	30 33 48 2300	30 33 48 2300	30 33 48 2300	30 33 48 2300	30 33 48 2300	30 33 48 2300	30 33 48 2300
Saturn E.	99 22 23 2300	99 22 23 2300	99 22 23 2300	99 22 23 2300	99 22 23 2300	99 22 23 2300	99 22 23 2300	99 22 23 2300
3. New Moon W.	96 30 23 2300	96 30 23 2300	96 30 23 2300	96 30 23 2300	96 30 23 2300	96 30 23 2300	96 30 23 2300	96 30 23 2300
Saturn E.	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300
Saturn E.	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300
4. New Moon W.	103 48 24 2300	103 48 24 2300	103 48 24 2300	103 48 24 2300	103 48 24 2300	103 48 24 2300	103 48 24 2300	103 48 24 2300
Spiras W.	39 32 22 2300	39 32 22 2300	39 32 22 2300	39 32 22 2300	39 32 22 2300	39 32 22 2300	39 32 22 2300	39 32 22 2300
Saturn E.	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300
5. New Moon W.	112 35 28 2300	112 35 28 2300	112 35 28 2300	112 35 28 2300	112 35 28 2300	112 35 28 2300	112 35 28 2300	112 35 28 2300
Saturn E.	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300	68 54 14 2300
6. New Moon W.	123 10 14 2300	123 10 14 2300	123 10 14 2300	123 10 14 2300	123 10 14 2300	123 10 14 2300	123 10 14 2300	123 10 14 2300
Spiras W.	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300
Antares W.	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300
7. New Moon W.	135 10 14 2300	135 10 14 2300	135 10 14 2300	135 10 14 2300	135 10 14 2300	135 10 14 2300	135 10 14 2300	135 10 14 2300
Spiras W.	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300
Antares W.	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300
8. New Moon W.	146 10 14 2300	146 10 14 2300	146 10 14 2300	146 10 14 2300	146 10 14 2300	146 10 14 2300	146 10 14 2300	146 10 14 2300
Spiras W.	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300
Antares W.	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300
9. New Moon W.	157 10 14 2300	157 10 14 2300	157 10 14 2300	157 10 14 2300	157 10 14 2300	157 10 14 2300	157 10 14 2300	157 10 14 2300
Spiras W.	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300	66 49 23 2300
Antares W.	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300	21 18 26 2300



E infatti il metodo delle distanze lunari divenne praticamente utilizzabile solo nel 1767 quando il quinto Astronomo Reale britannico Nevil Maskelyne dette inizio alla pubblicazione annuale del "Nautical Almanac", in cui erano riportate le posizioni della Luna in funzione del tempo e calcolate sulla scorta della dinamica newtoniana.

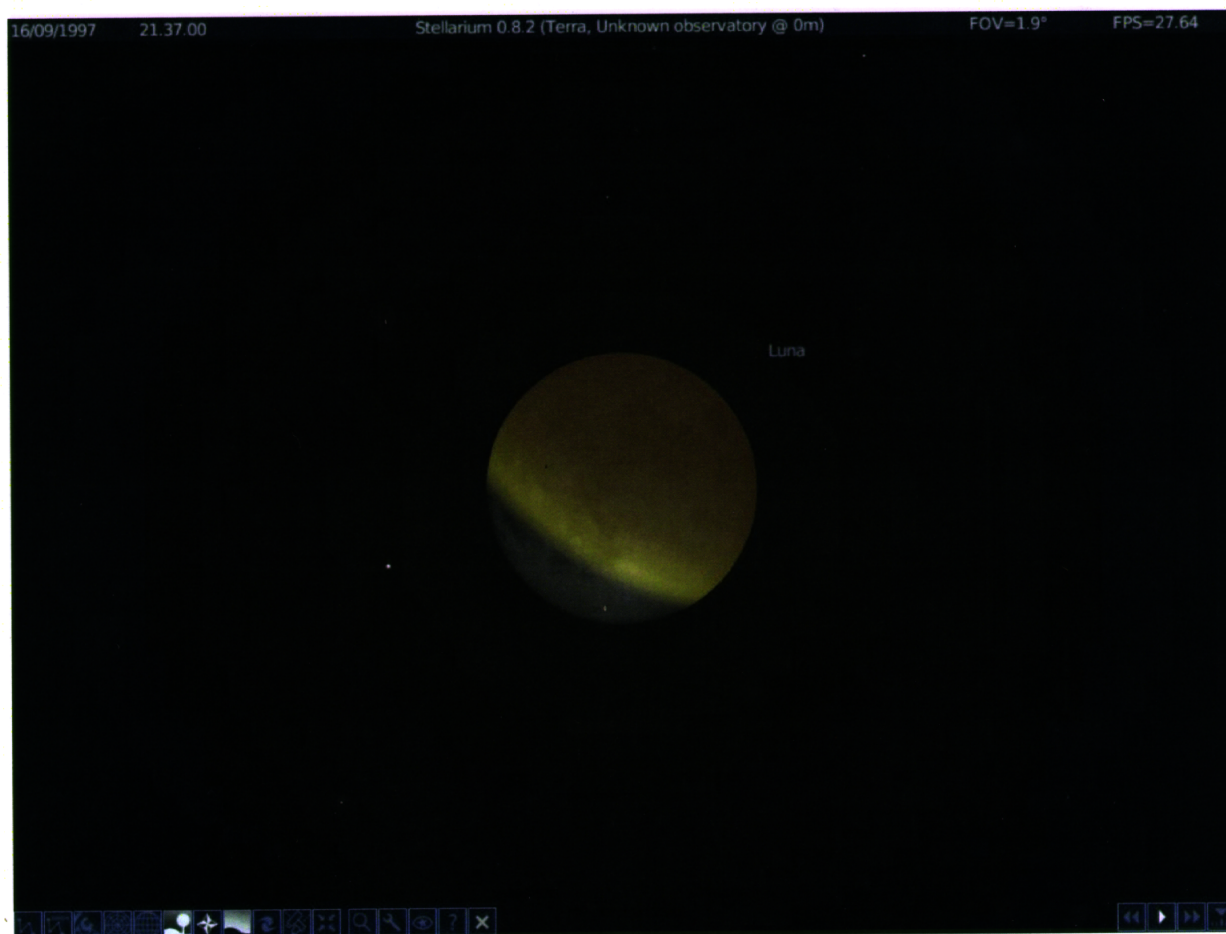
Il metodo delle eclissi lunari



Questo metodo è simile a quello delle “distanze lunari”; ovvero si basa sulla differenza di tempo locale fra due luoghi, ma, invece di sfruttare la posizione della Luna rispetto a stelle note di riferimento, utilizza l’eclissi di Luna osservata in due luoghi diversi.

Il ragionamento è il seguente: *supponiamo che a Venezia la Luna si immerga nell'ombra della Terra alla mezzanotte, mentre nelle Isole Fortunate (Isole Canarie) lo stesso fenomeno avvenga alle dieci di sera, siccome il fenomeno in realtà è avvenuto nello stesso tempo, ma i due osservatori lo hanno visto ad una distanza apparente di due ore, questo significa che il Sole, per spostarsi dalla posizione del mezzogiorno di Venezia a quella del mezzogiorno nelle isole Canarie impiega due ore. Ovvero, supponendo che il Sole se ne stia fermo in cielo (cosa che è vera solo in modo approssimativo), questo vuol dire che la Terra ci ha messo due ore per ruotare da Venezia alle isole Canarie rispetto ad un riferimento fisso, e quindi la differenza di longitudine è di 30 gradi, percorrendo la Terra quindici gradi all'ora nel suo moto di rotazione.*

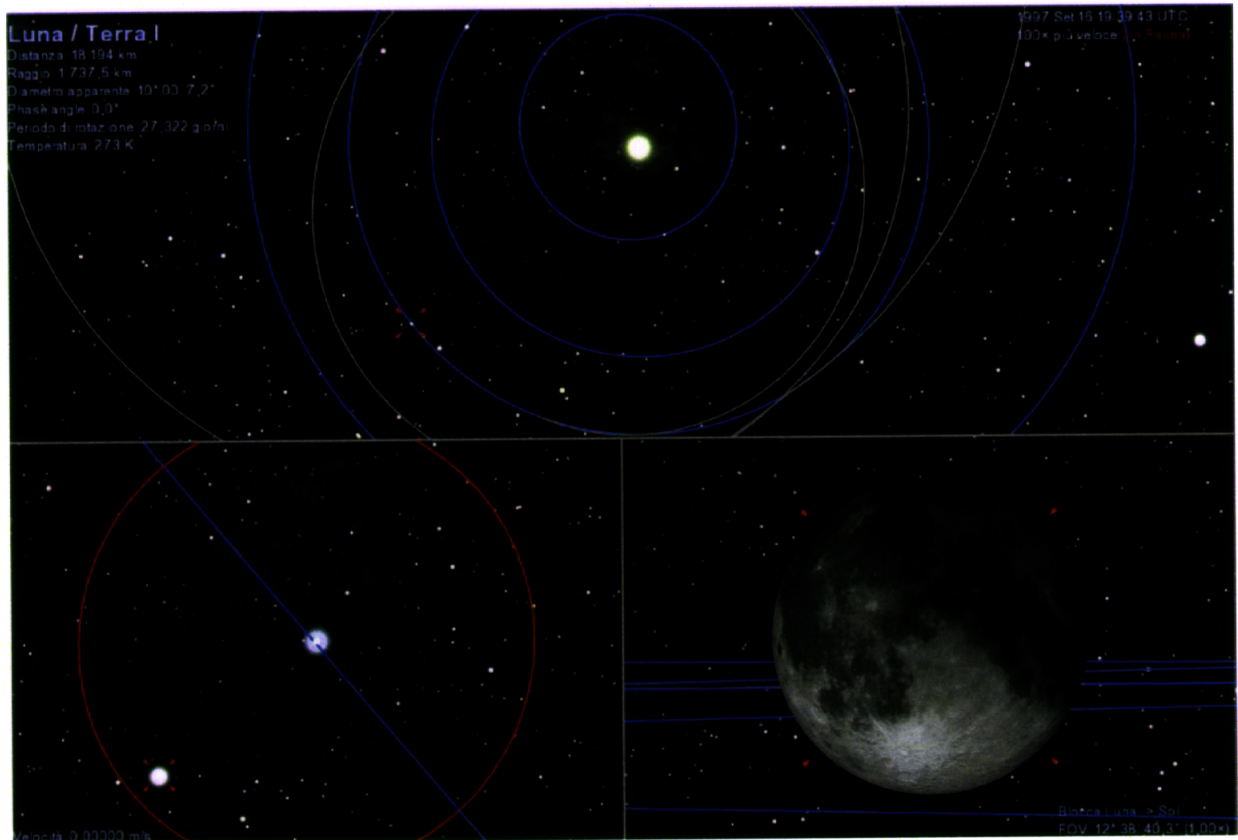
Galileo Galilei



Luna osservata dal cielo di Venezia alle ore 21:37 il 16 Settembre 1997.(immagine simulata)

Come si può osservare dall'immagine precedente, la Luna a Venezia alle ore 21:37 (tempo locale) sta emergendo dal cono d'ombra della Terra.

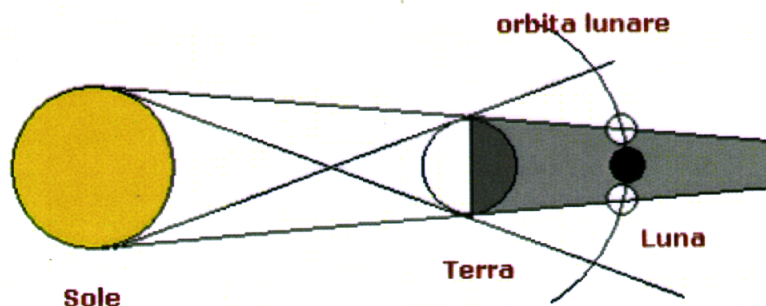
La stesso fenomeno avviene alle 19:37 alle Isole Canarie. Conoscendo il moto della Terra è possibile infatti calcolare la longitudine del luogo.



L'immagine precedente (simulazione), rende una esemplificazione dell'eclissi del 16 Settembre del 1997 con vista dallo spazio.

Si può notare l'allineamento rispettivamente Sole-Terra (in alto), Terra-Luna (in basso a sinistra), eclissi di Luna (in basso a destra).

In basso invece una esemplificazione stilizzata.



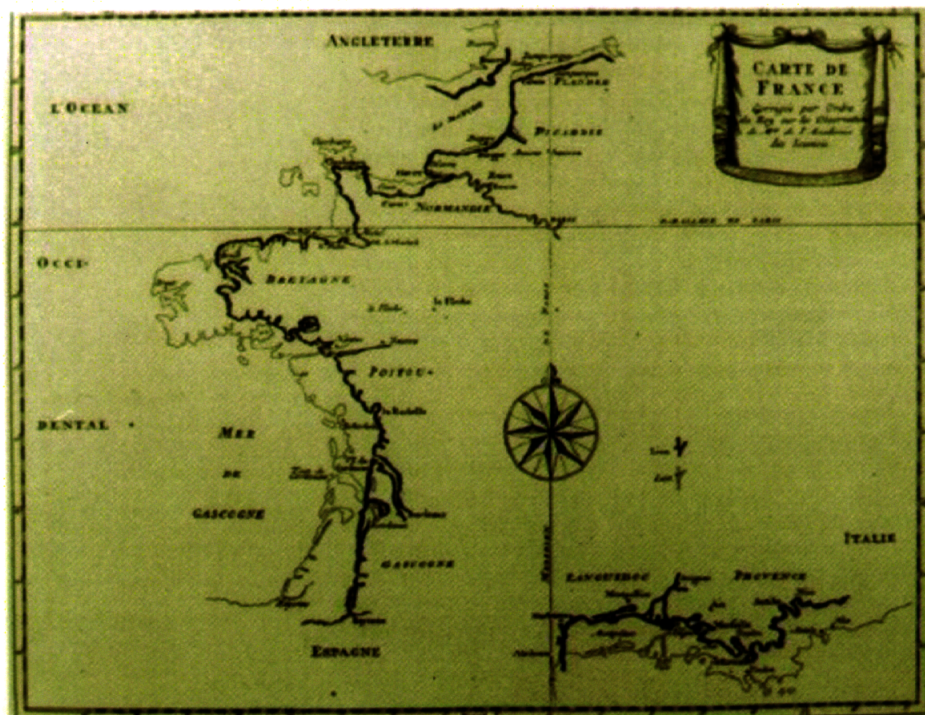
Il metodo dei satelliti di Giove

Con la scoperta dell'esistenza dei quattro principali satelliti di Giove, Io, Ganimede, Europa e Callisto; avvenuta nel 1610; Galileo Galilei, artefice della scoperta, propose di utilizzare le eclissi di questi satelliti per leggere e conservare il tempo del luogo di riferimento.

Purtroppo negli anni successivi alla scoperta dei satelliti, le tavole che prevedevano la posizione di questi, non erano ancora sufficientemente precise, cosa che causava problemi anche nel calcolo della longitudine sulla terra ferma; dunque, sebbene il progressivo perfezionamento di questo metodo dovuto a Giovanni Domenico Cassini, abbia conseguito la correzione di molti errori, il metodo che si preferì per tutto il XVII secolo fu quello delle "eclissi lunari".

Solo a partire dal 1693 il metodo dei satelliti di Giove viene usato correntemente per stendere carte geografiche. L'Accademia di Francia pubblica una nuova carta della Francia, ottenuta con misure di longitudine più accurate, basate su i satelliti di Giove.

L'immagine in basso confronta la correzione cartografica apportata grazie al nuovo metodo per il calcolo della longitudine:



La leggenda vuole che il Re Luigi XIV, nel vedere questa nuova carta, si sia lamentato dicendo di *aver perso più terre per causa degli astronomi che non dei suoi nemici*.

Il metodo delle eclissi dei satelliti di Giove restò il sistema principale per la misura delle longitudini a terra fino alla fine del Settecento, ma non avrà mai grande successo in mare, a causa dell'oggettiva difficoltà di osservare le posizioni dei satelliti di Giove, da una nave in movimento.

Calcolo della longitudine del meridiano di riferimento di Firenze

Mostrerò adesso, praticamente, come si può calcolare, approssimativamente, la longitudine del meridiano di riferimento di Firenze, sfruttando i satelliti di Giove.

In questo esperimento non utilizzerò le eclissi di questi ultimi (cosa che occuperebbe molto tempo, data la sporadicità di questo tipo di eventi), bensì, sfrutterò la loro distanza da Giove in funzione del tempo:

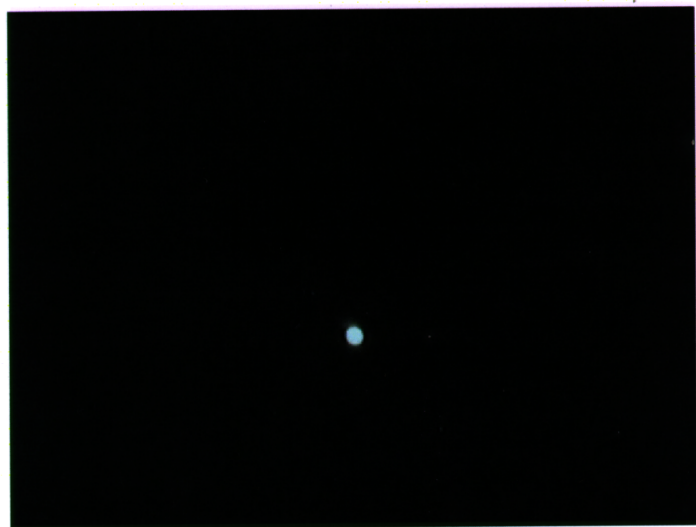
Per prima cosa ho effettuato, durante le prime ore del mattino dell' 8 Giugno 2010 (poiché Giove, in questo periodo, sorge all'orizzonte astronomico di Firenze verso le 3 (ora locale) del mattino per poi non essere più visibile, per il sorgere del sole, verso le 5), delle osservazioni astronomiche dell'oggetto di discussione.

Per questo esperimento è stato utilizzato un telescopio newtoniano da 50mm e 700mm di focale, inoltre una web cam, appositamente modificata affinché, inserita nell'oculare del telescopio, potesse fotografare l'immagine proiettata all'interno di esso, per poi trasferire questa ultima su un pc, per analizzare le immagini.



Fra le molteplici foto scattate durante la notte, è stata scelta quella con il minor rumore di fondo.

La risoluzione non è affatto buona (dato le modeste apparecchiature, scelte appositamente per non facilitare troppo il calcolo), tuttavia, risulta sufficiente per effettuare le misure:

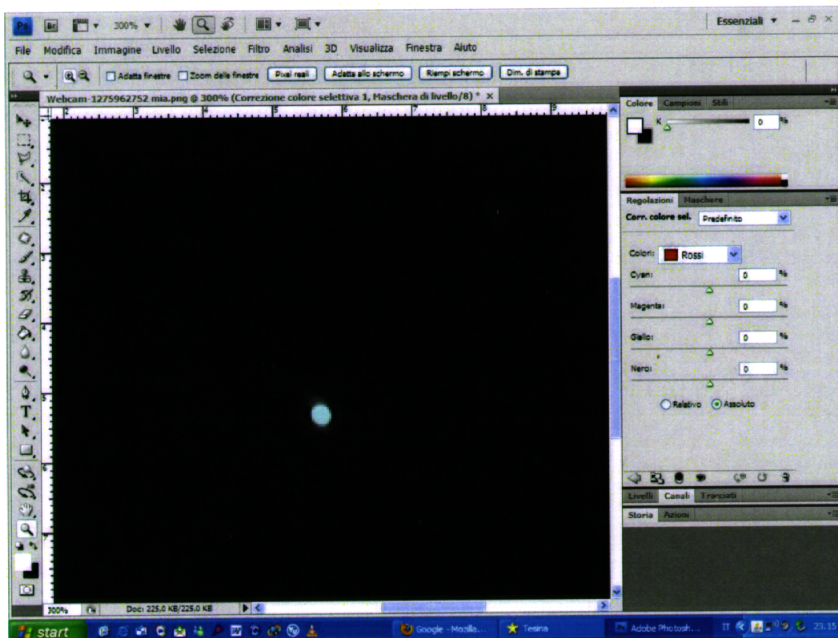


In questa foto scattata alle 4.08 (ora locale) del mattino, Giove risulta visibile, mentre i suoi tre satelliti, (Io è troppo vicino a Giove e dunque non visibile), Ganimede, Europa e Callisto sono poco visibili.



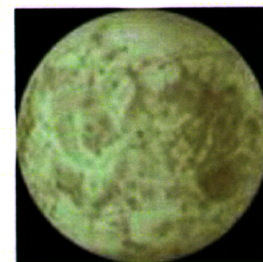
Per una miglior comprensione, dunque, ho ricavato un'immagine simulata della stessa osservazione. Le posizioni dei satelliti sono invertite rispetto alla foto originale. Questo è dovuto allo specchio di proiezione all'interno del telescopio.

A questo punto, la foto originale è stata analizzata con appositi programmi per l'ottimizzazione, dopodichè sono state misurate le distanze dei satelliti dal centro di Giove:



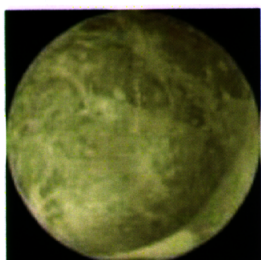
Le unità di misura delle distanze, che in questo caso sono in pixel, dipendono dal sistema di coordinate interno del software utilizzato per l'ottimizzazione.

In ogni caso le misure di queste ultime non rientrano nelle mie competenze.



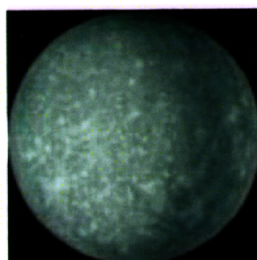
Europa:

X: 146
Y: 143
Dist.: -27.23



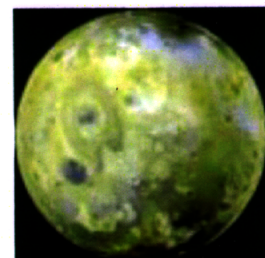
Ganimede:

X: 205
Y: 80
Dist.: 59.1



Callisto:

X: 141
Y: 143.5
Dist.: -31.24



Io:

Non visibile

Acquisite le misure, possiamo in tal modo confrontarle con quelle provenienti dalle effemeridi virtuali, ovvero le misure che esprimono le posizioni dei satelliti di Giove in funzione del tempo, al meridiano di Greenwich.

Le misure in pixel non sono state convertite, per non aumentare l'errore proveniente dalle misure manuali delle foto.

In assenza, dunque, di un modo diretto per confrontare le misure in pixel con quelle delle effemeridi (in secondi d'arco), utilizzeremo un metodo indiretto:

Inserendo i dati, sia delle misure manuali effettuate sulla foto, che quelle provenienti dalle effemeridi, in un foglio di calcolo (Open Office), possiamo calcolare i rapporti esistenti fra i due tipi di misura. Infatti, fra le distanze teoriche e quelle misurate manualmente, deve sussistere un rapporto di proporzionalità.

Immagine		Webcam- 1275962852								
	X	Y	Distanza							
Giove	165	123,5								
Io			218,34							
Europa	146	143	-27,23		-176,97		4,65			
Ganimede	205	80	59,1		384,12		4,67			
Callisto	141	143,5	-31,24		-203,07		4,78			
			Posizioni		Rapporti					
	io		europa	ganimede	callisto	io	europa	callisto	ganimede	
1	0	19,32	-48,06	-119,47	280,8	-139,87	0,2279	0,2105	0,2234	0,0090
1	2	19,32	-47,56	-119,81	280,89	-140,13	0,2272	0,2104	0,2229	0,0088
1	4	19,32	-47,04	-120,14	280,98	-140,38	0,2266	0,2103	0,2225	0,0085
1	6	19,32	-46,53	-120,47	281,06	-140,63	0,2260	0,2103	0,2222	0,0082
1	8	19,32	-46,02	-120,8	281,15	-140,89	0,2254	0,2102	0,2217	0,0079
1	10	19,32	-45,51	-121,13	281,23	-141,14	0,2248	0,2101	0,2213	0,0077
1	12	19,32	-44,99	-121,46	281,32	-141,39	0,2242	0,2101	0,2210	0,0074
1	14	19,32	-44,48	-121,79	281,4	-141,65	0,2235	0,2100	0,2206	0,0071
1	16	19,32	-43,96	-122,11	281,49	-141,9	0,2230	0,2099	0,2202	0,0069
1	18	19,32	-43,44	-122,44	281,57	-142,15	0,2224	0,2099	0,2198	0,0066
1	20	19,32	-42,92	-122,77	281,65	-142,41	0,2218	0,2098	0,2194	0,0063
1	22	19,32	-42,4	-123,09	281,74	-142,66	0,2212	0,2098	0,2190	0,0061
1	24	19,32	-41,88	-123,42	281,82	-142,91	0,2206	0,2097	0,2186	0,0058
1	26	19,32	-41,36	-123,74	281,9	-143,17	0,2200	0,2096	0,2182	0,0056
1	28	19,32	-40,84	-124,06	281,98	-143,42	0,2195	0,2096	0,2178	0,0053
1	30	19,32	-40,31	-124,39	282,06	-143,67	0,2189	0,2095	0,2174	0,0050
1	32	19,32	-39,79	-124,71	282,14	-143,92	0,2183	0,2095	0,2171	0,0048
1	34	19,32	-39,26	-125,03	282,22	-144,18	0,2178	0,2094	0,2167	0,0045
1	36	19,32	-38,73	-125,35	282,3	-144,43	0,2172	0,2093	0,2163	0,0043
1	38	19,32	-38,2	-125,67	282,38	-144,68	0,2166	0,2093	0,2159	0,0041
1	40	19,32	-37,68	-125,99	282,46	-144,94	0,2161	0,2092	0,2155	0,0038
1	42	19,32	-37,15	-126,31	282,54	-145,19	0,2155	0,2092	0,2152	0,0036
1	44	19,32	-36,62	-126,62	282,62	-145,44	0,2150	0,2091	0,2148	0,0034
1	46	19,32	-36,08	-126,94	282,69	-145,7	0,2145	0,2090	0,2144	0,0031
1	48	19,32	-35,55	-127,25	282,77	-145,95	0,2140	0,2090	0,2141	0,0029

1	50	19,32	-35,02	-127,57	282,85	-146,2	0,2134	0,2089	0,2137	0,0027
1	52	19,32	-34,48	-127,88	282,92	-146,45	0,2129	0,2089	0,2133	0,0025
1	54	19,32	-33,95	-128,2	283	-146,71	0,2124	0,2088	0,2129	0,0022
1	56	19,32	-33,41	-128,51	283,08	-146,96	0,2119	0,2088	0,2126	0,0020
1	58	19,32	-32,88	-128,82	283,15	-147,21	0,2113	0,2087	0,2122	0,0018
2	0	19,32	-32,34	-129,13	283,23	-147,46	0,2108	0,2086	0,2119	0,0016
2	2	19,32	-31,8	-129,44	283,3	-147,72	0,2103	0,2086	0,2115	0,0015
2	4	19,32	-31,26	-129,75	283,37	-147,97	0,2098	0,2085	0,2111	0,0013
2	6	19,32	-30,72	-130,06	283,45	-148,22	0,2093	0,2085	0,2108	0,0012
2	8	19,32	-30,18	-130,37	283,52	-148,47	0,2088	0,2084	0,2104	0,0010
2	10	19,32	-29,64	-130,67	283,59	-148,73	0,2084	0,2084	0,2101	0,0010
2	12	19,32	-29,1	-130,98	283,67	-148,98	0,2079	0,2083	0,2097	0,0010
2	14	19,32	-28,56	-131,29	283,74	-149,23	0,2074	0,2083	0,2093	0,0010
2	16	19,32	-28,01	-131,59	283,81	-149,48	0,2069	0,2082	0,2090	0,0011
2	18	19,32	-27,47	-131,89	283,88	-149,74	0,2064	0,2082	0,2086	0,0012
2	20	19,32	-26,92	-132,2	283,95	-149,99	0,2059	0,2081	0,2083	0,0013
2	22	19,32	-26,38	-132,5	284,02	-150,24	0,2055	0,2081	0,2079	0,0015
2	24	19,32	-25,83	-132,8	284,09	-150,49	0,2050	0,2080	0,2076	0,0016
2	26	19,32	-25,29	-133,1	284,16	-150,74	0,2046	0,2080	0,2073	0,0018
2	28	19,32	-24,74	-133,4	284,23	-151	0,2041	0,2079	0,2069	0,0020
2	30	19,32	-24,19	-133,7	284,3	-151,25	0,2036	0,2079	0,2066	0,0022
2	32	19,32	-23,64	-134	284,37	-151,5	0,2032	0,2078	0,2062	0,0024
2	34	19,32	-23,09	-134,29	284,43	-151,75	0,2027	0,2078	0,2059	0,0025
2	36	19,32	-22,54	-134,59	284,5	-152	0,2023	0,2077	0,2055	0,0027
2	38	19,32	-21,99	-134,89	284,57	-152,26	0,2018	0,2077	0,2052	0,0029
2	40	19,32	-21,44	-135,18	284,63	-152,51	0,2014	0,2076	0,2048	0,0031
2	42	19,33	-20,89	-135,47	284,7	-152,76	0,2010	0,2076	0,2045	0,0033
2	44	19,33	-20,34	-135,77	284,76	-153,01	0,2005	0,2075	0,2042	0,0035
2	46	19,33	-19,79	-136,06	284,83	-153,26	0,2001	0,2075	0,2038	0,0037
2	48	19,33	-19,23	-136,35	284,89	-153,51	0,1997	0,2074	0,2035	0,0039
2	50	19,33	-18,68	-136,64	284,96	-153,77	0,1993	0,2074	0,2032	0,0041
2	52	19,33	-18,13	-136,93	285,02	-154,02	0,1988	0,2073	0,2028	0,0043
2	54	19,33	-17,57	-137,22	285,09	-154,27	0,1984	0,2073	0,2025	0,0044
2	56	19,33	-17,02	-137,51	285,15	-154,52	0,1980	0,2072	0,2022	0,0046
2	58	19,33	-16,46	-137,8	285,21	-154,77	0,1976	0,2072	0,2019	0,0048
3	0	19,33	-15,91	-138,08	285,27	-155,02	0,1972	0,2072	0,2015	0,0050
3	2	19,33	-15,35	-138,37	285,34	-155,27	0,1968	0,2071	0,2012	0,0052
3	4	19,33	-14,8	-138,65	285,4	-155,53	0,1964	0,2071	0,2009	0,0054
3	6	19,33	-14,24	-138,94	285,46	-155,78	0,1960	0,2070	0,2005	0,0056
3	8	19,33	-13,68	-139,22	285,52	-156,03	0,1956	0,2070	0,2002	0,0057
3	10	19,33	-13,13	-139,5	285,58	-156,28	0,1952	0,2069	0,1999	0,0059
3	12	19,33	-12,57	-139,78	285,64	-156,53	0,1948	0,2069	0,1996	0,0061
3	14	19,33	-12,01	-140,06	285,7	-156,78	0,1944	0,2068	0,1993	0,0063
3	16	19,33	-11,45	-140,34	285,76	-157,03	0,1940	0,2068	0,1989	0,0065
3	18	19,33	-10,9	-140,62	285,81	-157,28	0,1936	0,2068	0,1986	0,0066
3	20	19,33	-10,34	-140,9	285,87	-157,53	0,1932	0,2067	0,1983	0,0068
3	22	19,33	-9,78	-141,18	285,93	-157,79	0,1928	0,2067	0,1980	0,0070
3	24	19,33	-9,22	-141,45	285,99	-158,04	0,1925	0,2066	0,1977	0,0072
3	26	19,33	-8,66	-141,73	286,04	-158,29	0,1921	0,2066	0,1974	0,0073
3	28	19,33	-8,1	-142	286,1	-158,54	0,1917	0,2066	0,1971	0,0075

3	30 19,33	-7,54	-142,28	286,16 -158,79	0,1914	0,2065	0,1967	0,0077
3	32 19,33	-6,98	-142,55	286,21 -159,04	0,1910	0,2065	0,1964	0,0079
3	34 19,33	-6,42	-142,82	286,27 -159,29	0,1906	0,2064	0,1961	0,0080
3	36 19,33	-5,86	-143,09	286,32 -159,54	0,1903	0,2064	0,1958	0,0082
3	38 19,33	-5,3	-143,36	286,37 -159,79	0,1899	0,2064	0,1955	0,0084
3	40 19,33	-4,74	-143,63	286,43 -160,04	0,1896	0,2063	0,1952	0,0085
3	42 19,33	-4,18	-143,9	286,48 -160,29	0,1892	0,2063	0,1949	0,0087
3	44 19,33	-3,62	-144,17	286,53 -160,54	0,1888	0,2062	0,1946	0,0089
3	46 19,33	-3,06	-144,43	286,59 -160,79	0,1885	0,2062	0,1943	0,0090
3	48 19,33	-2,5	-144,7	286,64 -161,04	0,1882	0,2062	0,1940	0,0092
3	50 19,33	-1,94	-144,96	286,69 -161,3	0,1878	0,2061	0,1937	0,0094
3	52 19,33	-1,37	-145,23	286,74 -161,55	0,1875	0,2061	0,1934	0,0095
3	54 19,33	-0,81	-145,49	286,79 -161,8	0,1871	0,2061	0,1931	0,0097
3	56 19,33	-0,25	-145,75	286,84 -162,05	0,1868	0,2060	0,1928	0,0098
3	58 19,33	0,31	-146,01	286,89 -162,3	0,1865	0,2060	0,1925	0,0100
4	0 19,33	0,87	-146,27	286,94 -162,55	0,1861	0,2059	0,1922	0,0102

Il concetto su cui si basa questo metodo è quello di usare i satelliti di Giove come lancette di un grande orologio siderale che fornisce il tempo universale (UT).

Dunque, per individuare l'ora del meridiano di Greenwich, nella quale i satelliti di Giove erano nelle stesse posizioni osservate a Firenze alle 4.08 am, dobbiamo cercare la riga in cui i rapporti fra la posizione di ogni satellite, misurata manualmente, e quella delle effemeridi, coincidono.

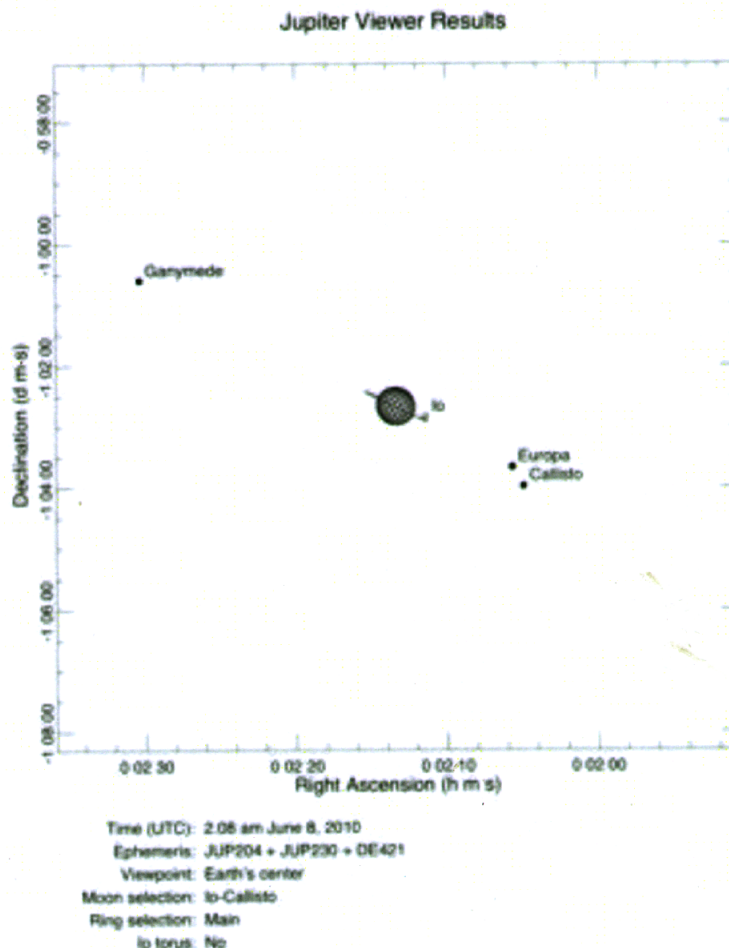
Ovviamente questa riga non si troverà mai, poiché per quanto la misura manuale possa essere precisa, il disturbo della foto è troppo elevato.

Si utilizza infatti il metodo della "deviazione standard" (ultima colonna a destra), che quantifica quanto una serie di numeri differiscano tra loro.

La minima deviazione è stata individuata nelle righe evidenziate.

Dunque l'ora al meridiano di Greenwich nella quale i satelliti si trovavano pressoché nelle medesime posizioni osservate da Firenze, varia dalle 2.08 am alle 2.14 am.

Possiamo verificare visivamente questo dato, calcolando una immagine teorica:



La stessa cosa può essere verificata costruendo un grafico che illustra la posizione dei satelliti in funzione del tempo, durante tutto il giorno 8 Giugno 2010.

Si può notare come in prossimità delle 2.00 am (riga rossa) le posizioni coincidono approssimativamente con quelle calcolate e teorizzate:

Sapendo quindi, l'ora in cui ho scattato la foto a Firenze, posso ricondurre la differenza di longitudine ad una differenza di ora.

Es.: $4.08 - 2.08 = 2.00$ h.
 $4.08 - 2.10 = 1.58$ h.
 $4.08 - 2.12 = 1.56$ h.
 $4.08 - 2.14 = 1.54$ h.

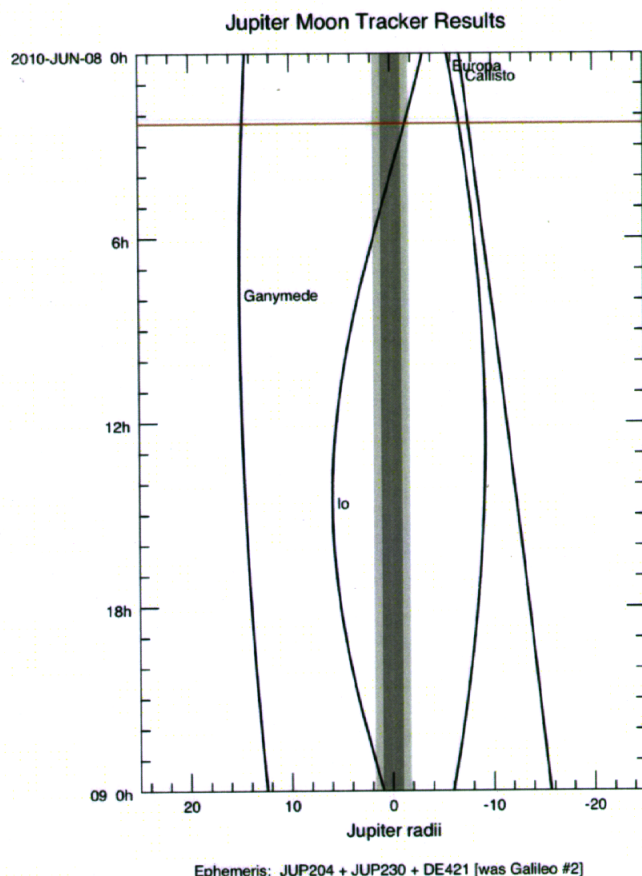
Il risultato che ci aspettavamo coincide parzialmente, l'errore oscilla intorno ai 6 min., questo è il derivato della modesta qualità della foto.

Intercorrono infatti due ore di differenza, nel sistema dei fusi orari, fra Greenwich e Firenze.

Un'ora infatti è data dal meridiano di riferimento per l'ora Italiana (15° est), l'altra ora di scarto è dovuta all'ora legale.

In realtà la longitudine del punto di osservazione non è precisamente quella del meridiano di riferimento italiano ma bensì $11^\circ 15' 13.28''$ E.

Per ottenere la misura effettiva della longitudine avrei dovuto conoscere l'ora media solare del punto di osservazione. Gli orologi in tutta Italia sono regolati con un'ora di scarto dal mezzogiorno di Greenwich, dunque, calcolando la longitudine, essa sarà 15° che è proprio l'angolo che in un'ora compie la Terra nel suo moto di rotazione.



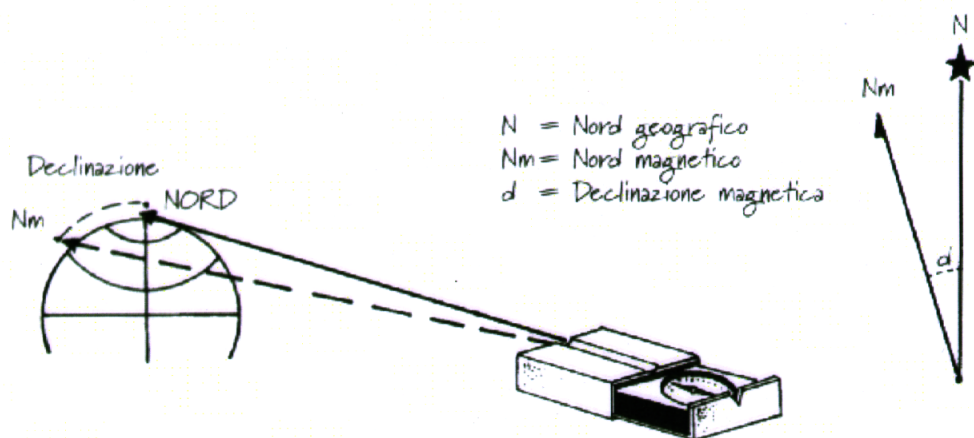
Generated by the Jupiter Tracker Tool, PDS Rings Node, Wed Jun 9 14:29:28 2010



La declinazione magnetica

Fra le grandissime scoperte di Colombo, ci fu anche quella della declinazione magnetica, ovvero la deviazione dal Nord geografico delle linee di forza del campo magnetico terrestre lungo cui si orienta l'ago della bussola; essendo la deviazione non costante sulla Terra, l'astronomo inglese Edmund Halley, pensò che essa potesse servire per ricavare la posizione approssimata della nave. Nominato capitano di una nave, la Paramore, attraversò l'Oceano Atlantico con lo scopo di confrontare le posizioni ottenute con la bussola con quelle ottenute dalle tabelle dei satelliti di Giove (preparate da Cassini). Per ciascuna posizione avrebbe dovuto, poi, misurare l'ampiezza della declinazione magnetica.

Le misure di Halley, purtroppo, dimostrarono che il metodo non era applicabile se non a qualche caso particolare, perché il fenomeno della declinazione magnetica cambia, anche se lentamente nel tempo, rendendo inutilizzabili, dopo qualche anno, le carte prodotte.



In basso parte della carta delle declinazioni magnetiche preparata da E.Halley nel 1701.



Altre, e molteplici, furono le idee per risolvere il problema delle longitudini, che però, per la loro stravaganza e la loro inefficacia, tralascierò di trattare.

Il problema delle longitudini fu l'assillo delle menti più eccelse, e ci fu addirittura chi giunse a considerare ogni tentativo un'autentica pazzia.

Per comprendere meglio quanto questo fu sentito fra l'intelligenza dell'epoca, per la sua insolubilità, basti considerare la sua presenza nella letteratura e nell'arte:

L'esploratore Samuel Champlain (1567-1635), fondatore della città di Montreal, ebbe a dire " *Dio non ha permesso all'uomo l'uso delle longitudini!* "

Nel 1726 lo scrittore inglese Jonatan Swift fa dire a Gulliver, protagonista del suo romanzo, che sono solo tre le cose impossibili per l'uomo: *il moto perpetuo, la medicina universale e la soluzione del problema delle longitudini.*

Ancora nel 1735 William Hogarth in una sua famosa tela satirica rappresenta una scena di manicomio con la presenza di vari ammalati di mente e, tra questi, uno che si sforza di risolvere il problema della longitudine.



Un altro aneddoto che può forse far capire l'importanza della determinazione del punto nave è quello del disastro delle isole Scilly; infatti, nella notte del 22 Ottobre 1707, quattro navi da guerra britanniche, per la mancanza di visibilità e nella convinzione generale di essere in acque profonde, al sicuro da ogni possibile pericolo, urtarono sulle coste delle isole Scilly, portando negli abissi migliaia di uomini. I calcoli erano sbagliati.



Successivamente a questo disastro, nel 1714, il Parlamento inglese decise di dare una risposta a questo gravoso problema che tormentava mercanti e marinai; fu istituito infatti il primo ente di ricerca pubblica, il Comitato per la Longitudine (Board of Longitudes), con lo scopo di stimolare l'ingegno inglese e anche straniero. Esso, infatti, offriva come premio 20.000 sterline a chi fosse riuscito a risolvere il problema con un errore inferiore a mezzo grado di cerchio massimo (60 miglie marine) e premi

minori a chi avesse contribuito, in modo costruttivo, alla risoluzione.

Il premio fu vinto nel 1759 da John Harrison, il quale, dopo molti tentativi, riuscì a costruire un orologio da tasca l'H4 (1,45 chilogrammi e diametro di 13 centimetri).

Infatti, questo orologio, che poteva essere comodamente portato su una nave, una volta tarato con l'ora locale del luogo di partenza, poteva servire per confrontare questa ultima con l'ora solare del luogo in cui la nave si trovava, dando finalmente una soluzione a quello che si pensava essere un problema irrisolvibile.

