

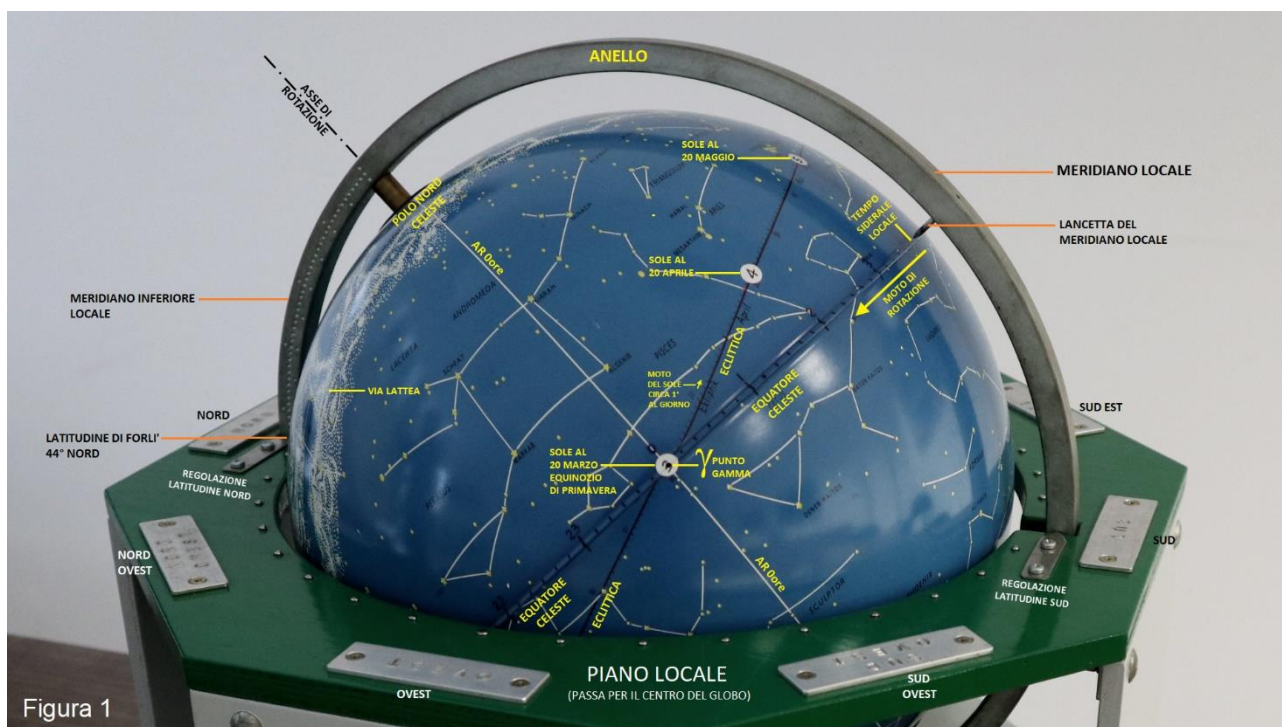
Un orologio siderale

di Valerio Versari

Il tempo civile è il tempo solare, regolato dal Sole. Il giorno è suddiviso in 24 ore e viene mantenuto in fase con il ciclo giornaliero del Sole, o meglio del Sole medio. Le ore 12 (mezzogiorno) sono allineate con i passaggi regolari del Sole medio al meridiano. Il Sole medio è un Sole ipotetico che passa al meridiano ogni 24 ore precise, mentre il Sole vero nei suoi passaggi al meridiano durante l'anno accumula anticipi e ritardi fino a un quarto d'ora. Il Sole vero sarebbe regolare se l'asse di rotazione terrestre fosse perpendicolare al piano orbitale della Terra e la forma dell'orbita fosse circolare anziché ellittica. La distinzione tra Sole medio e Sole vero la indico solo dove serve, dove invece complica soltanto la trattazione non la indico, anche perché la questione si chiarisce poco dopo.

Le ore 12 corrispondono al passaggio del Sole medio al meridiano celeste solo per la longitudine centrale del fuso orario che per l'Italia è il meridiano geografico 15° Est di Greenwich. Per una località italiana qualsiasi ad ogni grado in longitudine di differenza verso Est corrisponde un anticipo di 4 minuti, verso Ovest un equivalente ritardo. Supponiamo per ora che la nostra località sia esattamente sul meridiano geografico 15° Est. Quando il Sole medio passa al meridiano celeste sono le ore 12, mezzogiorno. Si intende sempre dell'orario solare, non di quello legale dove il mezzogiorno è spostato alle ore 13.

Il tempo siderale invece è relativo alla sfera celeste: più precisamente al "punto gamma". Questo punto si trova sull'intersezione dell'eclittica nella fase ascendente con l'equatore celeste e segna l'origine, lo zero, per i sistemi di riferimento della sfera celeste: equatoriale (ascensione retta o AR 0 ore); eclittico (longitudine eclittica 0°). Il punto gamma è il principale riferimento della sfera celeste. Un giorno siderale è una rotazione completa, compresa tra due passaggi consecutivi al meridiano, del punto gamma. Quando il Sole vero attraversa il punto gamma abbiamo l'equinozio di Primavera.



Esaminiamo il problema sul globo celeste, figura 1. Nel modello l'anello rappresenta il meridiano celeste che è la metà dell'anello, da polo a polo, con al centro la lancetta del meridiano che indica il tempo siderale sull'equatore celeste (l'AR passante al meridiano). Il punto gamma rispetto alle stelle si sposta di circa $1,4^\circ$ al secolo a causa della precessione

degli equinozi, ma per noi il principale riferimento della sfera celeste è il punto gamma, non le stelle. Il punto gamma ha longitudine eclittica 0° , mentre il Sole si sposta lungo l'eclittica. Il 20 marzo il Sole passa per il punto gamma, il 20 aprile ha longitudine eclittica 30° e il 20 maggio di 60° : circa 1° al giorno, 30° al mese, 360° all'anno. Il moto del Sole rispetto all'equatore celeste è ascendente in Inverno e Primavera, e discendente in Estate e Autunno, ma è sempre moto diretto che va da Ovest verso Est. La sfera celeste ruota da Est verso Ovest, quindi il moto del Sole è in direzione opposta alla rotazione della sfera celeste. Possiamo dire che il Sole, nei suoi passaggi al meridiano, ogni giorno fa un passo indietro di circa 1° . Il 20 marzo, equinozio di Primavera, il Sole e il punto gamma passano insieme al meridiano (supponendo che l'equinozio avvenga proprio in quell'istante). Al successivo passaggio al meridiano, passa prima il punto gamma facendo segnare il tempo di 23ore 56min 3,9sec (un giorno siderale di 24ore siderali), mentre il Sole è staccato di circa 1° e passa al meridiano con il tempo di 24ore (un giorno civile), 3min 56,1sec dopo il punto gamma. È una gara inconsueta dove si avvantaggia quello che sta fermo. Un anno dopo il Sole ripassa sul punto gamma, il Sole è staccato di un intero giro e viene doppiato dal punto gamma. Il punto gamma ha registrato 366,25 passaggi al meridiano (giorni siderali), mentre il Sole esattamente uno in meno, cioè 365,25 (giorni civili).

Il Sole medio al meridiano fa scattare le ore 12 del tempo civile, mentre il punto gamma al meridiano fa scattare le ore 0 del tempo siderale. All'equinozio d'Autunno però il Sole ha AR 12 ore, così Sole e AR 12 ore passano insieme al meridiano scandendo entrambi le ore 12 dei rispettivi tempi: tempo civile e tempo siderale sono allineati. Al solstizio d'Inverno il tempo siderale, che guadagna circa 4 minuti al giorno, è in anticipo di 6 ore, all'equinozio di Primavera è in anticipo di 12 ore, al solstizio d'Estate è in anticipo di 18 ore, all'equinozio d'Autunno successivo è in anticipo di 24 ore: il tempo siderale con un giorno siderale in più si riallinea con il tempo civile. Non è vero esattamente vediamo perché.

Il tempo civile, come il Sole medio, e il tempo siderale, come la rotazione terrestre, scorrono in modo lineare e così anche il loro sfasamento. Gli sfasamenti di 6 - 12 - 18 - 24 ore tra tempo civile e tempo siderale corrispondono a periodi proporzionali di $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$ - 1 anno. Il Sole vero invece non ha un moto perfettamente lineare e così le stagioni hanno durate un po' diverse tra loro: Autunno 89,86 giorni, Inverno 88,98, Primavera 92,74 giorni, Estate 93,66 (mediamente 91,31). Gli sfasamenti di 6 - 12 - 18 - 24 ore non possono quindi coincidere con equinozi e solstizi, ma capiteranno solo in prossimità di questi. Un ulteriore sfasamento è dovuto al fatto che consideriamo il tempo siderale locale mentre il tempo civile non è quello locale, ma quello del fuso orario. Una differenza di 3° rispetto alla longitudine centrale del fuso orario, ad esempio, comporta uno sfasamento di circa 3 giorni, che può sommarsi o sottrarsi al precedente sfasamento.

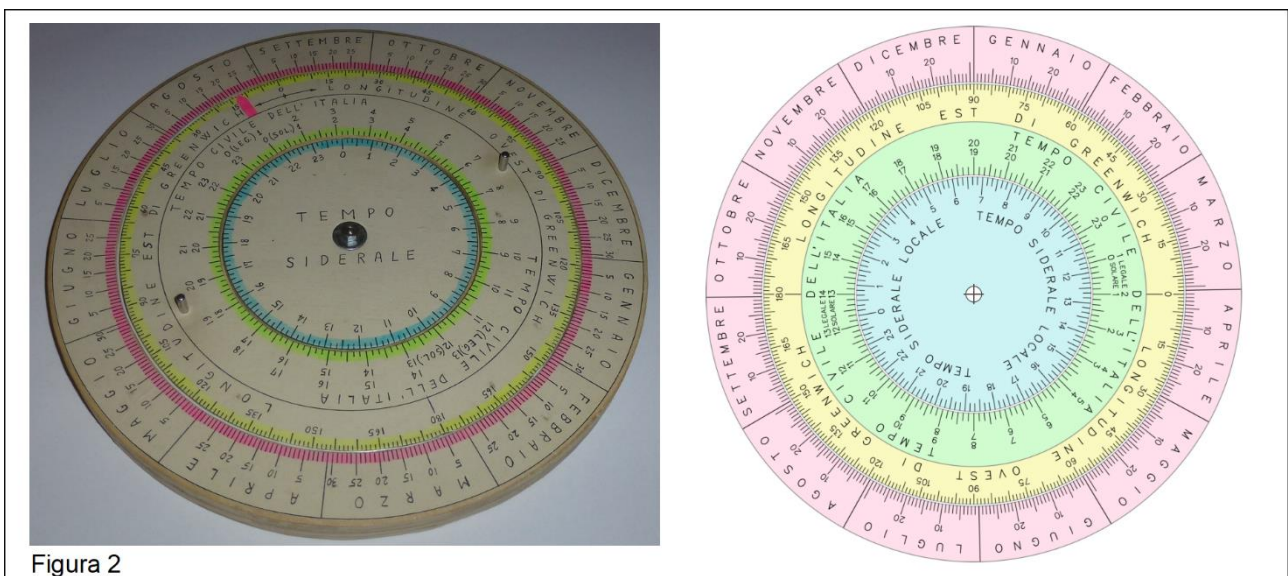
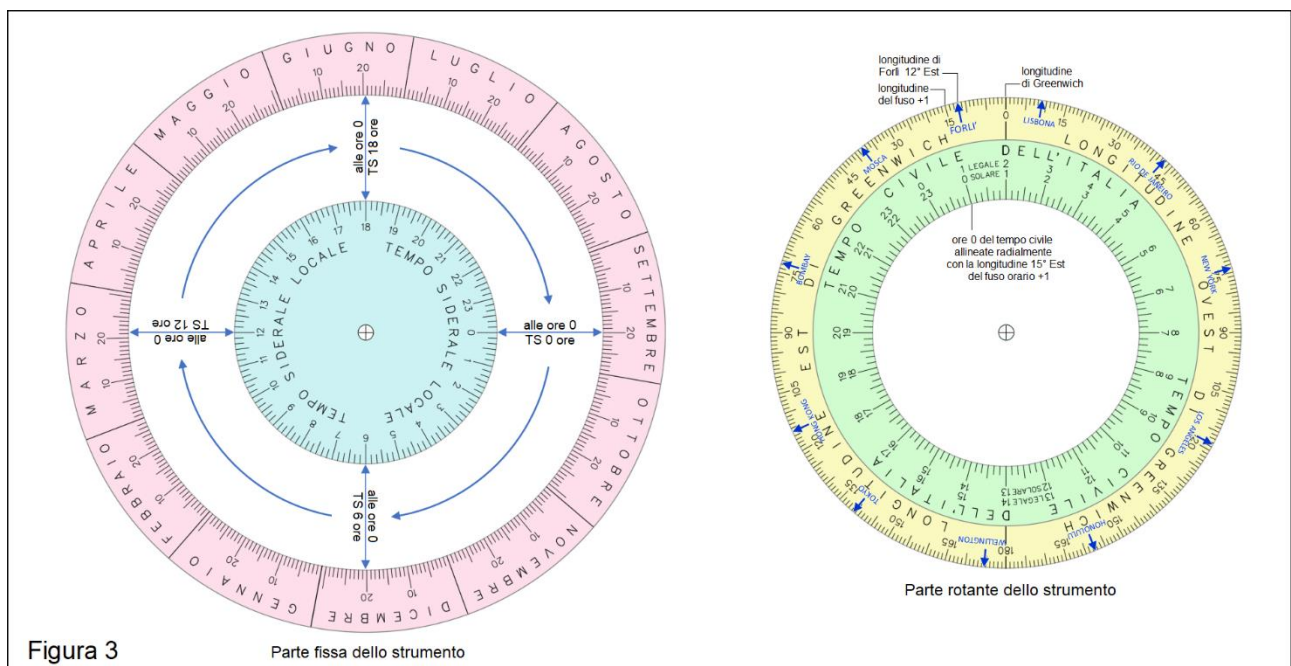


Figura 2

Ora vediamo l'orologio siderale, figura 2: la mia vecchia realizzazione pratica disegnata a matita e poi fotocopiata per renderla indelebile, e il mio più recente disegno digitale che sono riuscito a realizzare con "LibreCAD 2d" un programma gratuito per il disegno tecnico in due dimensioni. L'orologio siderale è un regolo circolare con il quale combiniamo longitudine locale, data, ora del tempo civile, per ottenere il tempo siderale locale.

Ci sono 4 scale, partendo da quella più esterna: 1) la scala del calendario con una tacca per ogni giorno dell'anno; 2) la scala della longitudine dove va posta una lancetta sulla longitudine della nostra località e volendo anche su longitudini di altre località che ci possono interessare; 3) la scala del tempo civile con le ore 0 solari del tempo civile allineate alla longitudine 15° Est di Greenwich; 4) la scala del tempo siderale locale.

Per maggiore chiarezza vediamo la parte fissa e la parte rotante separate, figura 3.



Nella parte fissa abbiamo la scala del calendario e quella del tempo siderale locale. A ciascuna data corrisponde in senso radiale il tempo siderale locale del meridiano geografico 15° Est, alle ore 0 (solari) del proprio fuso orario +1 (quello dell'Italia). Nella parte rotante abbiamo le scale della longitudine e del tempo civile. La longitudine 15° Est corrisponde in senso radiale alle ore 0 (solari) del nostro tempo civile.

Quando ruotiamo la longitudine 15° Est di fronte a una data mettiamo di fronte le ore 0 solari del tempo civile con il corrispondente tempo siderale locale (figura 3). La scala del tempo civile e la scala del tempo siderale locale sono così in fase per quella data: di fronte a qualsiasi ora del tempo civile possiamo leggere la corrispondente ora del tempo siderale locale e viceversa. Ripetendo la stessa operazione con le longitudini di Forlì, di Tokyo, di New York, ecc. otterremo la reciproca corrispondenza tra tempo civile dell'Italia (fuso orario +1) con i tempi siderali locali di Forlì, di Tokyo, di New York, ecc..

La scala del calendario è suddivisa in 365,25 giorni con il 28 Febbraio di 1,25 giorni, perché così corrisponde all'anno medio del ciclo dei 3 anni ordinari e quello bisestile. Questa scala e quella del tempo siderale devono stare tra loro in una fase precisa. Prendiamo come riferimento l'inizio dell'anno (il confine tra Dicembre e Gennaio) al quale deve corrispondere un istante preciso del tempo siderale (figura 4 e tabella successiva). I valori sono calcolati per l'ora solare del fuso orario +1 e sono relativi a periodi di 4 anni. Come si vede aumentano di 7-8 secondi ogni quadriennio. È un problema del ciclo quadriennale (3 anni ordinari e uno bisestile) che dà una durata media dell'anno di 365,25 giorni, mentre in realtà la durata vera

dell'anno è con buona approssimazione di 365,2422 giorni. Il calendario gregoriano prevede una correzione di 3 aggiustamenti ogni 400 anni. I fine secolo non divisibili per 400 (1900, 2100, 2200...) anziché bisestili sono ordinari, quelli divisibili per 400 (1600, 2000, 2400...) rimangono bisestili. Questo serve per tenere l'equinozio di Primavera oscillante intorno al 21 Marzo (da un giorno prima a un giorno dopo). Dal 2096 al 2104 ci saranno 7 anni ordinari consecutivi, non ci sarà il 29 Febbraio 2100. Questo avrà effetto anche sul tempo siderale: gli ultimi 3 valori della tabella risultano arretrati di circa 4 minuti. Il tempo siderale infatti viene penalizzato proprio di quei circa 4 minuti dalla soppressione del 29 Febbraio 2100.

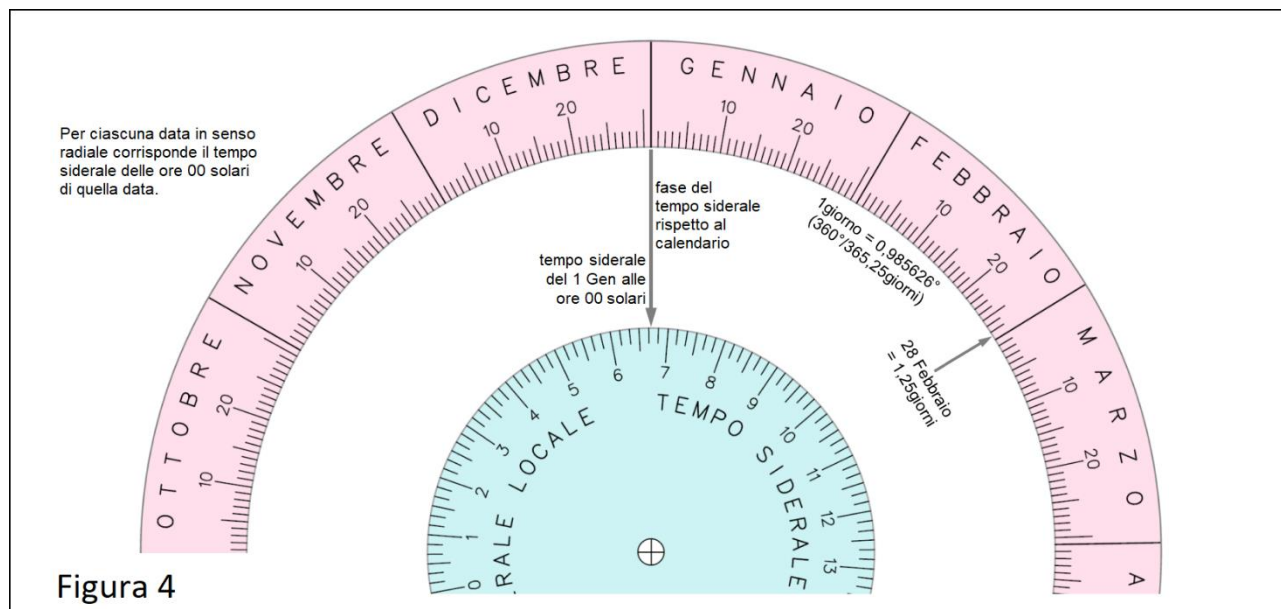
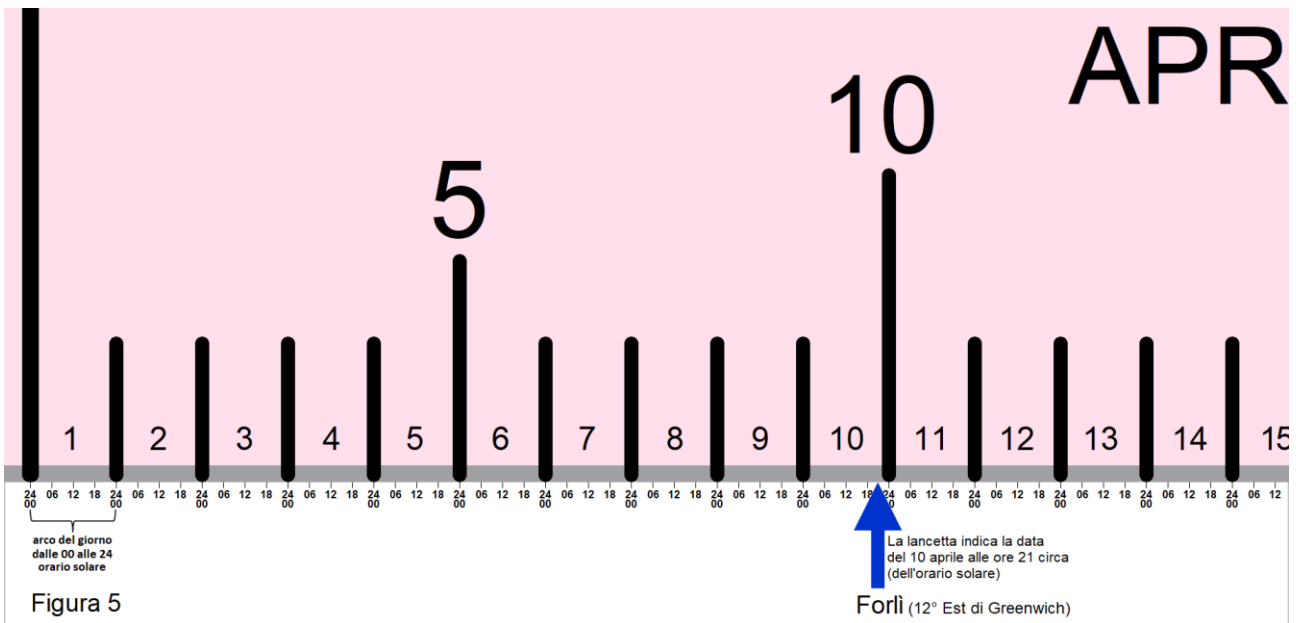


Figura 4

Fase calendario (DIC GEN) → tempo siderale per il fuso orario +1								
Periodo	TS	Periodo	TS	Periodo	TS	Periodo	TS	
2001-2004	06:41:16	2029-2032	06:42:07	2057-2060	06:42:59	2085-2088	06:43:51	
2005-2008	06:41:23	2033-2036	06:42:15	2061-2064	06:43:07	2089-2092	06:43:58	
2009-2012	06:41:31	2037-2040	06:42:22	2065-2068	06:43:14	2093-2096	06:44:06	
2013-2016	06:41:38	2041-2044	06:42:30	2069-2072	06:43:21	2097-2100	06:44:13	
2017-2020	06:41:45	2045-2048	06:42:37	2073-2076	06:43:29	2101-2104	06:40:24	
2021-2024	06:41:53	2049-2052	06:42:44	2077-2080	06:43:36	2105-2108	06:40:31	
2025-2028	06:42:00	2053-2056	06:42:52	2081-2084	06:43:44	2109-2112	06:40:39	

Un'ultima considerazione sulla scala del calendario. Sono gli spazi a rappresentare l'intero arco del giorno dalle ore 0 alle ore 24, mentre le tacche indicano solo l'istante finale del giorno, le ore 24 dell'orario solare (per tutti i mesi dell'anno). Il giorno è quindi lo spazio che precede la tacca (figura 5). Quando con la lancetta della longitudine locale si indica una data, si indica grosso modo anche l'ora: a $\frac{1}{4}$ dello spazio sono le 6, a $\frac{1}{2}$ dello spazio le 12, a $\frac{3}{4}$ dello spazio le 18, sulla tacca le 24. L'orologio siderale procede con continuità e non a scatti di un giorno, per cui la fase tra tempo civile dell'Italia (fuso orario +1) e tempo siderale locale è centrata sulla parte del giorno indicata dalla lancetta della longitudine locale. Siccome gli spazi sono abbastanza piccoli, in pratica è una questione quasi trascurabile.



≈ ≈ ≈ ≈ ≈

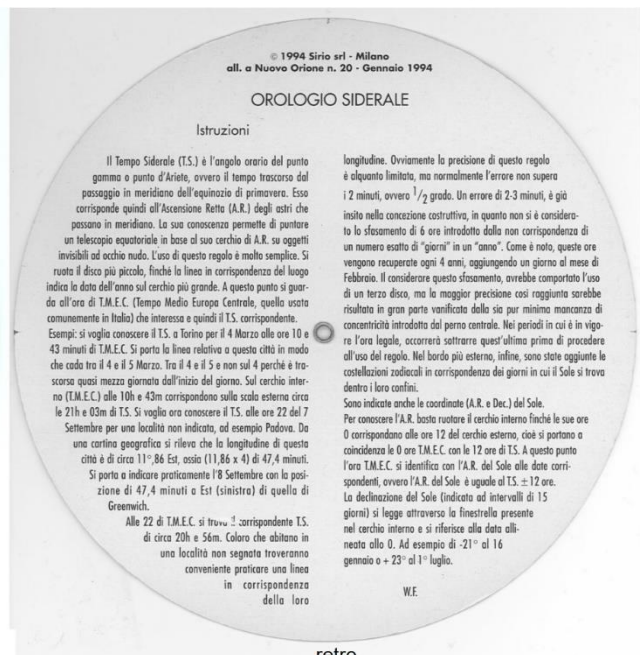
Nel gennaio 1994 in edicola ho visto che insieme alla rivista astronomica Nuovo Orione c'era questo inserto curioso (figura 6), e così l'ho acquistata. Poi ho capito che questo orologio siderale era perfetto per mettere a punto il mio globo celeste sul tempo siderale locale. Qualche anno dopo l'ho rielaborato come descritto sopra separando le scale "calendario – tempo siderale" e "tempo civile – longitudine", e l'ho realizzato di diametro un po' più grande.

L'orologio siderale di Nuovo Orione (allegato a Nuovo Orione n. 20 - Gennaio 1994)



Figura 6

fronte



retro