

PREMESSA: Cenni sulla sfera celeste

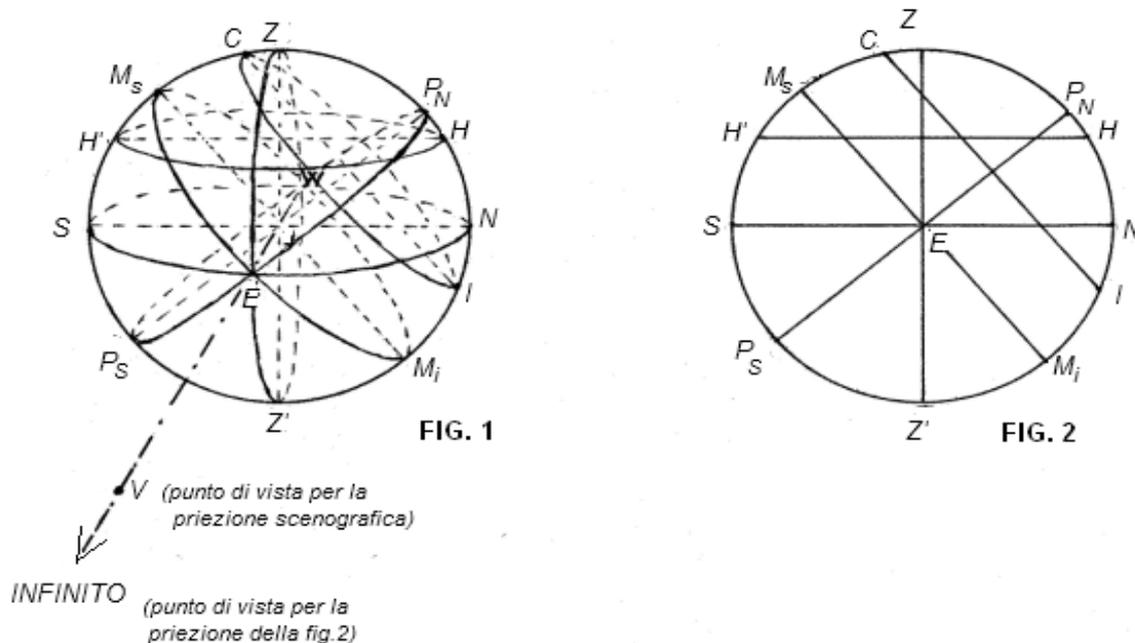
► La **sfera celeste** viene usualmente rappresentata con disegni indicativi, considerando il piano di disegno (foglio, lavagna, ...) coincidente col piano meridiano dell'osservatore.

Questi disegni, detti **proiezioni scenografiche**, sono paragonabili a quelli che si otterrebbero proiettando la sfera celeste sul piano meridiano dell'osservatore, avendo considerato per punto di vista un prefissato punto V ad una certa distanza finita dal piano suddetto.

Si rileva che con queste figure, non potendo né fissare, né rilevare ampiezze di archi o di angoli (ad eccezione di quelli che si misurano sul circolo meridiano), non si possono né posizionare con esattezza astri di cui se ne conoscono le coordinate, né rilevare queste ultime di astri a priori, su di essa, fissati.

Al fine di poter fissare o rilevare, con l'esattezza a meno di mezzo grado, coordinate di astri, ci serviremo di una particolare proiezione detta **proiezione ortografica meridiana**.

Essa consiste nel considerare all'infinito il punto di vista V , il quale appartiene al prolungamento del diametro $E-W$ della sfera celeste, verso *Est* oppure verso *West*, dal quale si proiettano sul piano meridiano rispettivamente l'emisfero orientale oppure l'emisfero occidentale.



Pertanto in questa proiezione abbiamo:

a) il **meridiano dell'osservatore** è rappresentato fedelmente da una circonferenza, come nella proiezione scenografica;

b) l'**orizzonte vero**, l'**equatore celeste**, il **primo verticale**, il **primo orario** (e qualunque altro circolo massimo passante per i punti cardini E e W) sono rappresentati da diametri del circolo meridiano dell'osservatore che è il **piano di proiezione**;

c) Per questa ultima ragione, si ha:

- gli **almicantarati** sono rappresentati da **corde** del circolo meridiano dell'osservatore, normali al diametro ZZ' che rappresenta il **primo verticale**,

- i **paralleli di declinazione**, sono rappresentati da **corde** del circolo meridiano dell'osservatore, normali al diametro PP' che rappresenta il **primo orario**.

1. Costruzione della proiezione ortografica meridiana

Dopo aver tracciato il circolo meridiano dell'osservatore, di raggio arbitrario, avente centro nel punto cardine E od W , a seconda che si debba rappresentare l'emisfero orientale o l'emisfero occidentale, si tracciano:

- il diametro SN che è la traccia dell'**orizzonte vero** (od astronomico),
- il diametro ZZ' che è la traccia del **primo verticale**.

Osservazione. I due diametri SN e ZZ' risultano, tra loro, perpendicolari.

In funzione della latitudine φ dell'osservatore (*latitudine osservatore = altezza polo elevato*) si riporta, a partire dal punto cardine omonimo al polo elevato, sul circolo meridiano, un arco diretto verso lo zenit (Z), pari all'ampiezza della latitudine φ dell'osservatore; l'altro estremo di questo arco è la posizione del polo elevato (in figura 2 il polo elevato è P_N , avendo considerato l'osservatore in latitudine nord).

Si tracciano ora:

- il diametro $P_N P_S$ che è la traccia del **primo orario**,
- il diametro $M_S M_i$ che è la traccia dell'**equatore celeste**.

Le corde che rappresentano

- gli **almicantarati** si tracciano in funzione delle altezze degli astri;
- i **paralleli di declinazione** si tracciano in funzione delle declinazioni degli astri;

in particolare:

- un **almicantarato** si traccia come segue:

sul circolo meridiano dell'osservatore, dal punto cardine N (o dal punto cardine S), si riporta, verso lo zenit (astro visibile), un arco di ampiezza h ; dall'altro estremo di questo arco si traccia, parallelamente alla traccia dell'orizzonte, una corda del circolo meridiano dell'osservatore; questa è il diametro di quel almicantarato;

- un **parallelo di declinazione** si traccia come segue:

sul circolo meridiano dell'osservatore, dal mezzo cielo superiore M_S (o dal mezzo cielo inferiore M_i), si riporta, verso il polo omonimo della declinazione, un arco di ampiezza δ ; dall'altro estremo di questo arco si traccia, parallelamente alla traccia dell'equatore, una corda del circolo meridiano dell'osservatore; questa è il diametro di quel parallelo di declinazione.

Osservazione 1. Le corde considerate nei punti a) e b), essendo corde della circonferenza meridiana, ma, nello stesso tempo, anche diametri di circonferenze minori, le chiameremo **corde-diametri**.

Osservazione 2.

- Le misure delle declinazioni δ (o delle distanze polari p) e le misure delle altezze h (o delle distanze zenitali z) si effettuano direttamente sul circolo meridiano dell'osservatore;
- per le misure degli angoli al polo \widehat{P} (o degli angoli orari t) e per le misure degli angoli azimutali \widehat{Z} (o degli azimut a) necessitano i **ribaltamenti delle semicirconferenze** le cui tracce sono le suddette **corde-diametri** e precisamente

rispettivamente delle tracce dei paralleli di declinazione e delle tracce degli almicantrat.

2. Ribaltamento di una corda

Per ribaltare una semicirconferenza (almicantrat o parallelo di declinazione), si centra il compasso, avente apertura uguale al raggio della circonferenza considerata, nel punto medio M del diametro-corda considerata e si descrive una semicirconferenza dalla parte opposta al centro del circolo meridiano dell'osservatore (Fig. 3).

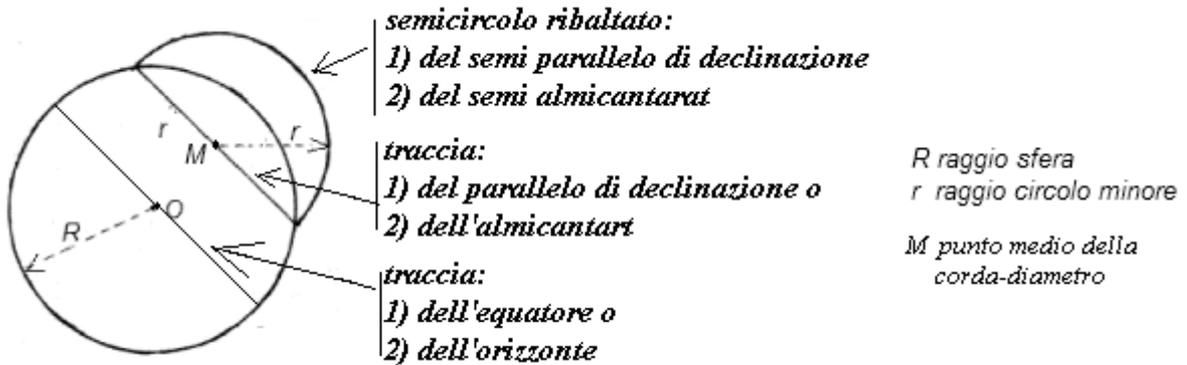


Fig. 3

Pertanto, ribaltare un almicantrat o parallelo di declinazione, significa, dopo averlo immaginato perpendicolare al foglio di disegno (come in realtà è) farlo ruotare di 90° attorno al suo diametro-corda, fino a sovrapporsi al piano del foglio, ovvero al piano del meridiano dell'osservatore.

3. Posa di un astro, note le sue coordinate altazimutali \hat{z} e h

- Si effettua il ribaltamento dell'almicantrat (Fig. 4) corrispondente al valore noto h ;

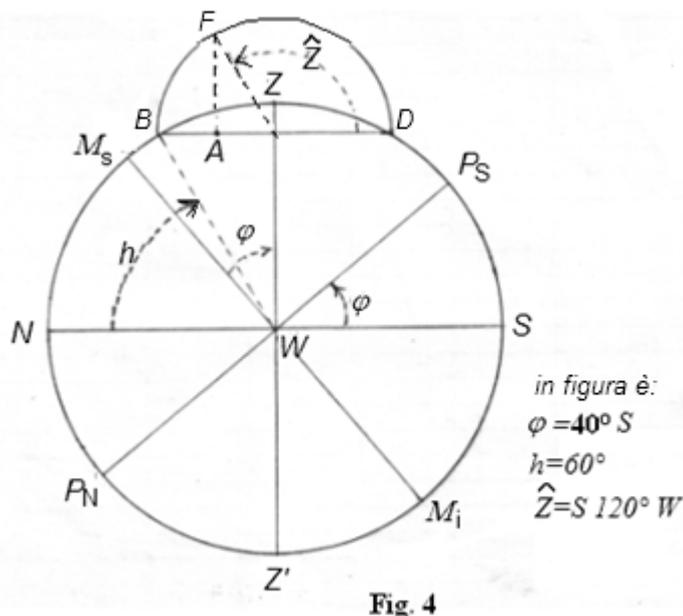


Fig. 4

- si riporta sulla semicirconferenza ribaltata, a partire dall'estremo della corda-diametro più vicino al polo elevato, l'arco di ampiezza \hat{Z} (in fig.4, il verso è segnato dalla freccia);
- dall'altro estremo di questo arco si traccia la perpendicolare alla corda-diametro considerata;
- il piede di detta perpendicolare, sulla corda-diametro, rappresenta la **posizione dell'astro A** sulla proiezione ortografica equatoriale.

4. Posa di un astro, note le sue coordinate orarie \hat{P} e δ

- Si effettua il ribaltamento del parallelo di declinazione (Fig. 5) corrispondente al valore noto δ ,

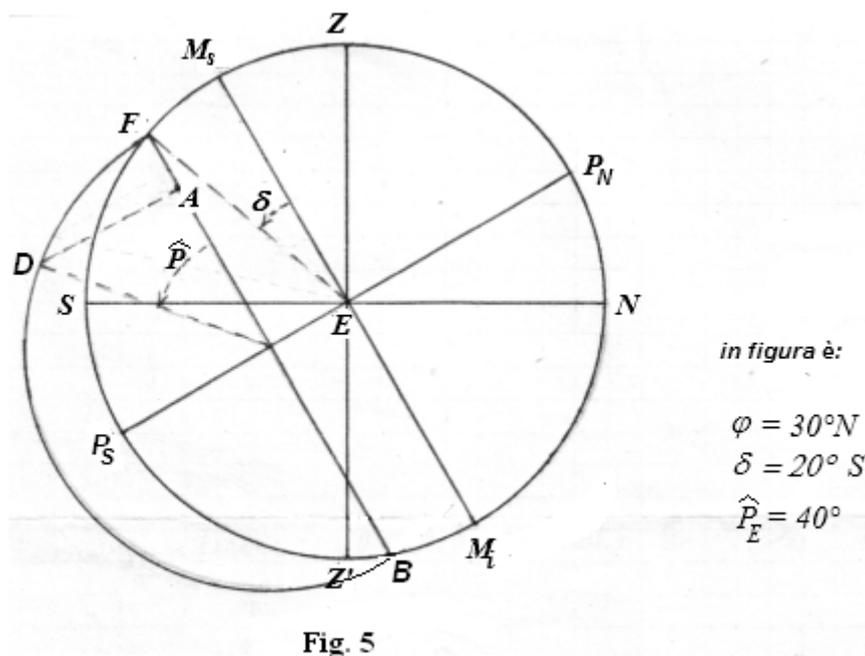


Fig. 5

- si riporta sulla semicirconferenza ribaltata, a partire dall'estremo F della corda-diametro più vicino al mezzo cielo superiore M_s , l'arco di ampiezza \hat{P} (in fig.5 è l'arco FD);
- dal punto D si traccia la perpendicolare alla corda-diametro considerata;
- il piede A di detta perpendicolare, sulla corda-diametro, rappresenta la **posizione dell'astro** sulla proiezione ortografica equatoriale.

5. Determinazione delle coordinate \hat{Z} e h

Sia A (sulla proiezione ortografica equatoriale) la posizione assegnata dell'astro (Fig. 4);

al fine della determinazione dell'altezza h , si opera come segue:

- si traccia, per esso, parallelamente all'orizzonte, la corda-diametro BD dell'almicantarato;
- si considera, sul circolo meridiano dell'osservatore, l'arco NB (o SD) compreso tra il diametro dell'orizzonte e la corda-diametro considerata;

- si legge (con un goniometro) la misura dell' arco NB ; essa è la misura dell'altezza h dell'astro A ;

successivamente, al fine di determinare l'angolo azimutale \widehat{Z} , si opera come segue:

- si ribalta la corda-diametro considerata (traccia dell'almicantarato dell'astro A);
- dal punto A si traccia, perpendicolarmente alla corda-diametro, una semiretta fino ad intersecare la semicirconferenza ribaltata nel punto F ;
- su quest'ultima si considera l'arco compreso tra F e l'estremo più vicino al punto cardine omonimo alla latitudine dell'osservatore (arco DE);
- si legge (con un goniometro) la misura dell' arco DF ; essa è la misura dell'angolo azimutale \widehat{Z} dell'astro A .

Nel nostro caso l'angolo azimutale \widehat{Z} ha:

- 1) prefisso (primo nome) S ovvero lo stesso nome della latitudine,
- 2) suffisso (secondo nome) W ovvero lo stesso dell'emisfero di appartenenza dell'astro.

6. Determinazione delle coordinate \widehat{P} e δ

Sia A (sulla proiezione ortografica equatoriale) la posizione assegnata dell'astro (Fig. 5);

al fine della determinazione della declinazione δ , si opera come segue:

- si traccia, per esso, parallelamente all'equatore, la corda-diametro BD del parallelo di declinazione;
- si considera, sul circolo meridiano dell'osservatore, l'arco $M_s F$ (o $M_i B$) compreso tra il diametro dell'equatore e la corda-diametro considerata;
- si legge (con un goniometro) la misura dell' arco $M_s F$; essa è la misura dell'altezza δ dell'astro A ;
-

successivamente, al fine di determinare l'angolo azimutale \widehat{P} , si opera come segue:

- si ribalta la corda-diametro considerata (traccia del parallelo di declinazione dell'astro A);
- dal punto A si traccia, perpendicolarmente alla corda-diametro, una semiretta fino ad intersecare la semicirconferenza ribaltata nel punto D ;
- su quest'ultima si considera l'arco compreso tra D e l'estremo più vicino al mezzo cielo superiore M_s (arco $M_s F$);
- si legge (con un goniometro) la misura dell' arco $M_s F$; essa è la misura dell'angolo al polo \widehat{P} dell'astro A .

Nel nostro caso l'angolo al polo \widehat{P} ha suffisso E , perché l'astro appartiene all'emisfero orientale.:

Osservazione. La misura esatta dell'angolo azimutale \widehat{Z} (ovviamente approssimate al mezzo grado in virtù dello strumento usato per la misurazione: il *goniometro*) che si riporta o si rileva sull'almicantarato ribaltato, è giustificata dal fatto che in quella rotazione di 90° , vengono mantenute fedelmente le ampiezze della sezioni rette degli angoli diedri formati da piani verticali (in particolare tra il piano verticale dell'astro e il piano verticale del polo elevato).

Analogamente per la misura dell'angolo al polo \widehat{P} che si riporta o si rileva sul parallelo di declinazione ribaltato perché in esso vengono mantenute fedelmente le ampiezze della sezioni rette

degli angoli diedri formati da piani orari (in particolare tra il piano orario dell'astro e il piano orario dell'osservatore).

7. Uso della proiezione ortografica

Questa proiezione consente di risolvere il problema della trasformazione di coordinate locali, ovvero permette, per un osservatore in latitudine nota φ , il passaggio:

- dalle coordinate altazimutali \widehat{Z} e h alle simultanee coordinate orarie \widehat{P} e δ ;
- dalle coordinate orarie \widehat{P} e δ alle simultanee coordinate altazimutali \widehat{Z} e h .

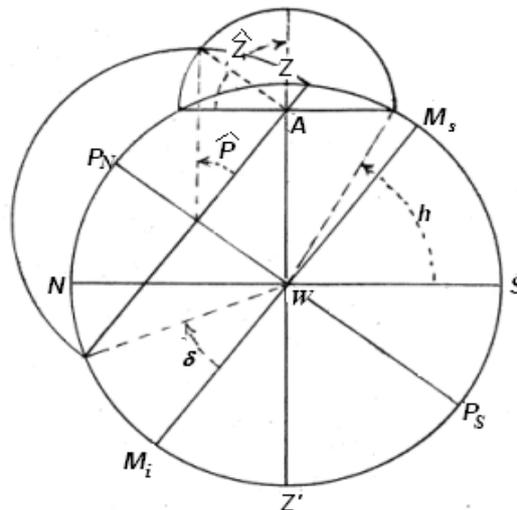
ESEMPIO 1.

Per un osservatore in latitudine $\varphi = 37^\circ N$, fissare sulla proiezione ortografica la posizione dell'astro di azimut $a = 270^\circ$ e di distanza zenitale $z = 30^\circ$; successivamente ricavare graficamente le coordinate simultanee orarie.

Soluzione.

All'azimut $a = 270^\circ$ corrisponde l'angolo azimutale $\widehat{Z} = N 90^\circ W$.

Alla distanza zenitale $z = 30^\circ$ corrisponde l'altezza $h = 60^\circ$.



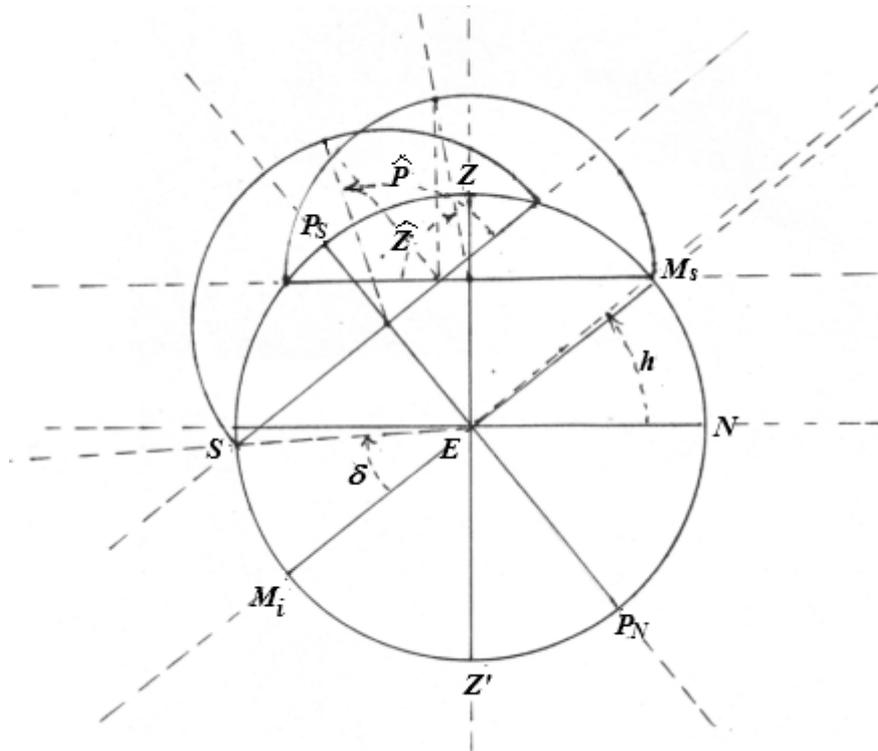
Dal grafico, seguendo le precedenti istruzioni, rileviamo $\delta = 31^\circ 30'$ e $\widehat{P} = 36^\circ W$.

ESEMPIO 2.

Per un osservatore in latitudine $\varphi = 52^\circ N$, fissare sulla proiezione ortografica la posizione dell'astro di angolo orario $t = 290^\circ$ e di declinazione $\delta = 35^\circ S$; successivamente ricavare graficamente le coordinate simultanee altazimutali.

Soluzione.

All'angolo orario $t = 290^\circ$ corrisponde $\widehat{P} = (360^\circ - 290^\circ) E = 70^\circ E$.



Dal grafico si desumono le coordinate altazimutali $h = 38^\circ 30'$ e $\hat{Z} = S 80^\circ E$.

8. Uso “pratico” della proiezione ortografica

La trasformazione ortografica, nel caso della trasformazione dalle coordinate altazimutali \hat{Z} e h alle simultanee coordinate orarie \hat{P} e δ , può essere utilizzata al fine della *identificazione di astri incogniti*.

ESEMPIO .

Verso le $19^h 00^m$ locali del 24 marzo dell'anno..., nel punto stimato $\varphi_s = 42^\circ 50' N$, $\lambda_s = 08^\circ 45' E$, a bordo di una nave, si osservano:

- Astro X : $T_c = 06^h 03^m 01^s$, $h_o = 51^\circ 49'$, $a = 237^\circ$
- Astro Y : $T_c = 06^h 05^m 04^s$, $h_o = 27^\circ 21'$, $a = 135^\circ$.

Determinare gli astri incogniti, essendo lo stato assoluto del cronometro assoluto del cronometro $k = -1^m 14^s$.

Soluzione.

- a) determinazione dell'ora media approssimata e della data di Greenwich:

$$\begin{array}{rcl}
t_m \text{ appr.} & = & 19^h 00^m \quad \text{del 24 marzo 20_} \\
- \lambda_{\text{appr.}}^{(+)} & = & - 1^h \\
\hline
T_m \text{ appr.} & = & 18^h 00 \quad \text{del 24 marzo 20_}
\end{array}$$

b) determinazione dell'ora media esatta di osservazione

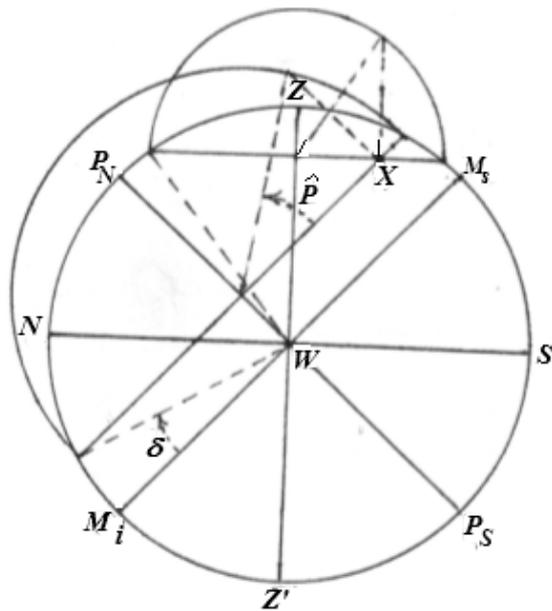
$$\begin{array}{rcl}
\text{astro } X & & \text{astro } Y \\
T_e = 18^h 03^m 01^s & & T_e = 18^h 05^m 04^s \\
+ k = - 1^m 14^s & & + k = - 1^m 14^s \\
\hline
T_m = 18^h 01^m 47^s & & T_m = 18^h 03^m 50^s
\end{array}$$

c) Determinazione del tempo sidereo t_s mediante le effemeridi di quel determinato anno 20__.

$$\begin{array}{rcl}
\text{astro } X & & \text{astro } Y \\
T_{S0} = 92^\circ 16' .1 & & T_{S0} = 92^\circ 16' .1 \\
I_s = 26' .8 & & I_s = 57' .7 \\
\lambda_s = 08^\circ 45' & & \lambda_s = 08^\circ 45' \\
\hline
t_s = 101^\circ 27' .9 & & t_s = 101^\circ 58' .8
\end{array}$$

d) Determinazione, mediante la proiezione ortografica, delle coordinate orarie

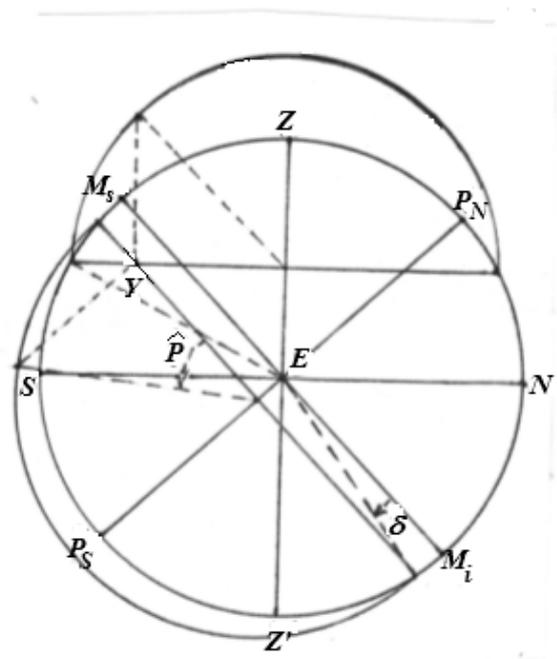
Dai grafici rileviamo:



$$\delta_X = 16^\circ N$$

$$\widehat{P}_X = 33^\circ W$$

$$t_X = \widehat{P}_X = 33^\circ$$



$$\delta_Y = 8^\circ S$$

$$\widehat{P}_Y = 40^\circ E$$

$$t_Y = 360^\circ - \widehat{P}_Y = 320^\circ$$

e) Determinazione della coascensione retta:

$$\begin{array}{r} \text{astro } X \\ t_{*X} = 33^\circ \quad (+360^\circ) \\ - t_s = 101^\circ 27'.9 \\ \hline \text{co}\alpha_X = 291^\circ 32'.1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{astro } Y \\ t_{*Y} = 320^\circ \\ - t_s = 101^\circ 58'.8 \\ \hline \text{co}\alpha_Y = 218^\circ 01'.2 \end{array}$$

Mediante le coordinate **uranografiche** (declinazione e coascensione retta):

- dalle tabelle riportate nelle effemeridi nautiche, oppure,
 - dalle carte del cielo stellato,
- ricaviamo:

astro $X = Aldebaran$

astro $Y = Alphard$

