

PUBBLICAZIONI
DELL'ASSOCIAZIONE ASTRONOMICA
ETTORE MAJORANA

La montatura altitude-altitude (alt-alt)

parole chiave: montatura, altitude-altitude, alt-alt, altazimutale, rotazione di campo

Sommario

Si riporta l'analisi di una montatura in configurazione altitude-altitude (alt-alt) prospettandone i vantaggi costruttivi ed astronomici in specie per ciò che concerne l'accessibilità allo zenit, generalmente preclusa ad una montatura altazimutale.

La montatura altitude-altitude (alt-alt)

Enrico F. Macchia*, Massimo Fiorucci†

Indice

1	La montatura altitude-altitude (alt-alt)	1
2	Analisi della montatura	3
2.1	Rotazione di campo	5
2.2	Frequenza di risonanza	6
2.3	Asse di allineamento di una montatura alt-alt	6
2.4	Estrazione del fuoco	7
2.5	La cella	7
2.6	Motorizzazioni	7
3	Montatura altazimutale e alt-alt a confronto	7
4	Conclusioni	10

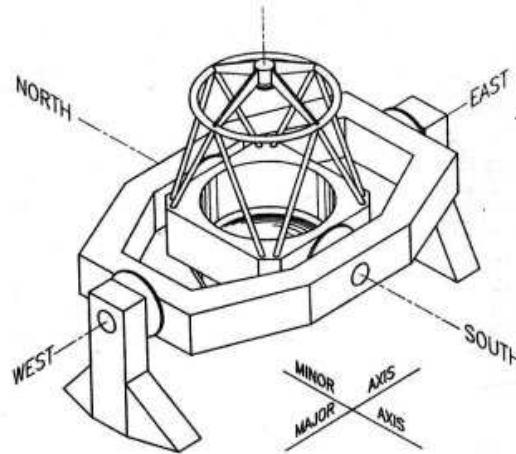


Figura 1: Montatura alt-alt, da Richardson

1 La montatura altitude-altitude (alt-alt)

La montatura altitude-altitude, d'ora in poi indicata alt-alt secondo la terminologia proposta dal Richardson [6], deriva dalla montatura inglese e costituisce un'evoluzione della montatura alta-

*Associazione Astronomica E. Majorana

†Osservatorio di Perugia, Dipartimento di Fisica, Via Pascoli, Perugia, Italia

zimutale, risolvendone due dettagli: uno d'ordine costruttivo-meccanico ed uno di area osservativa utile.

Il primo dettaglio (meccanico) può essere identificato nell'*innesto* dell'asse alla forcella. Questo rappresenta in effetti nelle montature altazimutali un serio problema, dal momento che esistono severi limiti costruttivi nel lavorare un asse di notevole diametro. Possiamo dire che, a seconda delle masse in gioco, se si vuole costruire una montatura seria, e non un giocattolo inservibile, occorre un asse di circa 500 mm di diametro per un telescopio della classe un metro, con peso complessivo di quasi due tonnellate per il solo asse! E questo a prescindere dai discorsi se l'asse debba essere pieno, cavo, con eventuale conicità interna (diametro minore verso terra) per un ottimale scarico gravitazionale delle masse.

L'attacco dell'asse alla forcella è forse il tallone d'achille delle montature equatoriali ed altazimutali.¹

Per quanto l'innesto sulla forcella possa essere irrobustito con lamiera di forma triangolare di notevole spessore (10-20 mm) disposta a raggiera perpendicolarmente intorno all'asse stesso, e per quanto questa lamiera giunga quasi sempre sino a 3/4 della lunghezza della forcella, rimangono tuttavia irrisolti non indifferenti problemi di flessione alle estremità di questa, proprio cioè nei punti di *maggior gravità* che devono sopportare l'intero carico della meccanica del tubo ottico, là dove l'asse non lavora, perché le masse vengono scaricate ai due estremi della forcella.

E sono le difficoltà connesse a questo particolare costruttivo (crescenti con il dimensionamento strumentale) che hanno portato negli ultimi tempi a creare telescopi le cui forcelle poggiano, anziché su un asse, su un altro disco tramite l'interposizione di rulli rotanti o cuscinetti idraulici: all'asse centrale (che comunque esiste) è lasciata in questo caso la funzione residuale di centraggio strumentale e, talvolta, di movimentazione.

Il problema è stato risolto in passato sostituendo l'asse con un cono fatto di lamiera di notevole spessore, in cui il diametro maggiore coincide con quello della forcella, e quello minore con il diametro dell'asse che s'inserisce nel cuscinetto reggispinta di base.² Inoltre la montatura altazimutale richiede sull'asse di azimuth cuscinetti di dimensioni più che generose. Il metro e mezzo portato a compimento anni fa da parte dell'Osservatorio di Napoli Capodimonte, il TT1, usa per l'asse di azimuth un cuscinetto del diametro superiore al metro: soltanto il costo di questo particolare è superiore ai 30.000 euro!

Nella montatura alt-alt il peso intero strumentale viene redistribuito fra due assi in linea, e quindi i cuscinetti risultano sottodimensionati rispetto all'altazimutale: secondo una prima approssimazione *empirica*, le dimensioni strutturali (ed i relativi carichi radiali degli stessi), possono essere ottenuti tramite una semplice divisione per due: al posto di un cuscinetto, ad esempio, di 300 mm di diametro interno, due da 150 mm sono più che sufficienti. Se il risparmio non apparisse evidente, si consideri che per *sostenere* un asse di azimuth di 300 mm di diametro, occorrono almeno due cuscinetti di tale diametro: uno radiale ed uno di spinta (:quest'ultimo con capacità di sopportazione di pesi dell'ordine di circa 9-10 tonnellate) dal prezzo non inferiore ai 6000 euro di lire l'uno.

Il secondo dettaglio risolto concerne l'inaccessibilità da parte della montatura altazimutale allo zenith che vedremo meglio appresso. Fin qui, sommariamente, in via di primo approccio, le positività della montatura alt-alt.

Ma, in conseguenza della legge di natura secondo cui si paga sempre un prezzo per un vantaggio, ci sono alcuni inconvenienti che la montatura alt-alt presenta rispetto all'altazimutale classica, che possono essere così riassunti:

- *Le dimensioni strumentali crescono notevolmente, si perde la compattezza dell'altazimutale, e crescono di conseguenza le dimensioni della cupola*
- *La montatura va orientata (in effetti, questo è un non problema)*
- *Le motorizzazioni aumentano di numero (vedi appresso).*

¹Di tale punto critico fu ben conscio R. Porter quando progettò la montatura equatoriale per il 5 metri di Monte Palomar allorché dovette modificare per quell'enorme massa la montatura inglese inventandone una del tutto nuova.

²Tale è il caso del telescopio da m. 3,5 *Apache Point Observatory* situato nei pressi di Alamogordo, New Mexico.

2 Analisi della montatura

Negli ultimi vent'anni l'evoluzione dei telescopi ha toccato campi di studio ampiamente trascurati sino all'immediato dopoguerra.

Si è assistito infatti alla nascita di vere e proprie tipologie di studi che presentano tutte una caratteristica peculiare: quella di dover essere fra loro interagibili. Così, lo studio del seeing ha portato alla nascita delle ottiche attive ed adattive, ad una trasformazione senza pari nello studio delle celle primarie e secondarie degli specchi, allo studio di nuove montature più adatte alle ampliate dimensioni strumentali.

La montatura alt-alt s'inserisce di diritto in questa rivoluzione strumentale che ha scardinato la non scritta regola, da tutti rispettata sino alla prima metà di questo secolo, secondo la quale un buon telescopio deve essere innanzi tutto un equatoriale.

Ma per qualche oscuro *ascientifico* motivo la montatura alt-alt si è fermata per lungo tempo all'ipotesi di progettazione e poco più che esercizio teorico, tanto è vero che la bibliografia³ in materia è assai scarna.⁴

Soltanto recentemente si sta assistendo ad un fiorire di questa montatura.

A seguire immagini di questi strumenti, per quanto è stato possibile reperire, qui descritti:

- Il **GONG** acronimo di *Global Oscillation Network Group*, una serie di telescopi solari operanti negli USA ed in altri stati finalizzati alla sismologia solare ed allo studio della struttura interna del Sole, equipaggiati di un obiettivo di modeste dimensioni (100 mm), costituenti una rete che tiene sotto controllo il Sole sul pianeta;
- il **CAT** dell'ESO, uno strumento da m. 1,4;
- l'**ASM**, anch'esso dell'ESO, acronimo di *Astronomical Site Monitor*, un telescopio da 350 mm di supporto al VLT usato per il monitoraggio ambientale del seeing;
- **Debris**, una camera Schmidt da 300 mm usata dalla NASA per l'inseguimento satellitare;
- il radiotelescopio di **Molonglo** in Australia,
- l'**ARCT** operativo in Canada e denominato IRT;
- un telescopio recentemente (1999) entrato in funzione a **Campo Imperatore**: in quest'ultimo caso si tratta di una montatura costruita per ospitare quattro strumenti da un metro per lo studio dell'effetto Cerenkov, un caso però in cui non sono richieste grandi precisioni strumentali.

In un primo approccio sistematico la montatura alt-alt si presenta dunque come una montatura inglese il cui asse principale, anziché essere orientato verso il polo celeste, è parallelo al suolo ed è orientato, supponiamo, lungo la direttrice Est-Ovest.

Il secondo asse giacerà allora ovviamente sulla direttrice Nord-Sud: di conseguenza, la montatura presenta un asse rivolto verso lo zenith quando il telescopio si trova in posizione di 90° rispetto alla forcella (la culla maggiore su cui declina il telescopio).

³Si ringrazia la Dr.ssa Monica Ferrarini dell'Università di Bologna prodiga di materiali all'inizio della ricerca.

⁴La montatura è stata discussa per la prima volta nel 1965 da G. Sisson e (soprattutto) S. Vasilevskis nel corso del XXVII Symposium organizzato dalla IAU nel 1966 (Edizioni Academic Press). Citazioni si trovano anche in A. Meinel, *Astronomical Telescope*, in *Applied Optics and Engineering*, vol. 5, 1969, e in Roger A. W. et al., *PASP*, vol. 100, pagg. 626/634, 1988. Di fondamentale importanza è un articolo pubblicato nelle *SPIE*, vol. 1236, pag. 897/903, 1990, da parte di E. H. Richardson et al. (il disegno di apertura dell'articolo è tratto dal lavoro dell'Autore). Sisson fa anche menzione di un lavoro di Bruce Rule (non reperito) riferito alla progettazione completa in configurazione alt-alt, di un telescopio da 150 pollici (Simposio cit., pag. 108). In un lavoro di P. B. Felgett, pubblicato sulle *Occasional Notes della Royal Astronomical Society* nella seconda metà degli anni '50, vengono discussi, avanti l'avvento dei sistemi computerizzati, assieme ai problemi di servo meccanismo dei telescopi alcune interessanti peculiarità di questa montatura.



Figura 2: Il Gong



Figura 3: Il telescopio canadese ARCT



Figura 4: l'ASM all'ESO



Figura 5: Il telescopio Debris

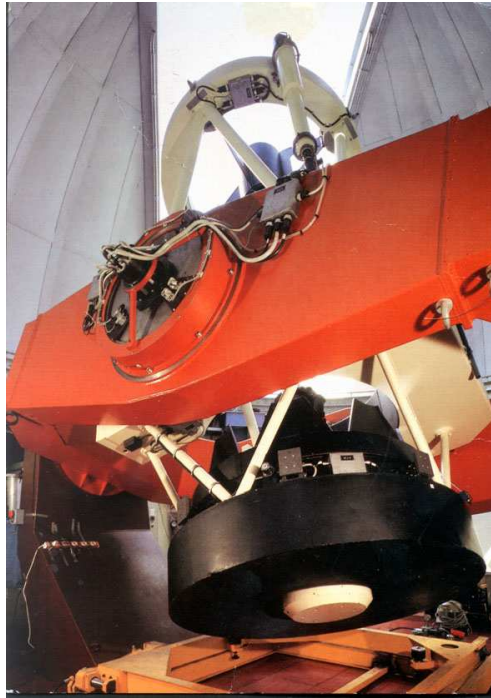


Figura 6: Il telescopio CAT dell'ESO: si noti la somiglianza con il disegno di Richardson in apertura

Il vantaggio principale di questa montatura, rispetto all'altazimutale, risiede nella possibilità di operare allo zenith, là dove gli effetti negativi della turbolenza, del seeing, dell'assenza di trasparenza, . . . sono più ridotti, e dove la ricerca è più proficua di buoni dati: tale possibilità è preclusa alla montatura altazimutale.

2.1 Rotazione di campo

Un telescopio altazimutale non può inseguire oggetti allo zenith per via del fatto che la derotazione di campo richiederebbe una velocità assai elevata e variabile. Uno strumento, quale uno spettrografo, od anche un CCD⁵, collocato al fuoco d'uscita, richiederebbe allora una velocità così notevole e incostante che nessun software e nessuna meccanica sarebbe in grado di pilotarlo con successo.

Metteremo a confronto, per mezzo di grafici, queste due montature, in modo da derivarne le specifiche tecniche e di mettere in evidenza i vantaggi dell'alt-alt. Limitiamoci per ora a rilevare un solo particolare preliminare: anche se nella montatura in questione vi è un maggiore ingombro strumentale, questo è (almeno in parte) compensato da una velocità derotativa di campo molto bassa (con possibilità quindi di far ruotare strumenti anche di notevole peso e non indifferente massa quali spettrografi).

Tale velocità è addirittura *uguale a zero* quando lo strumento lavora in prossimità dell'equatore celeste, in quanto in quest'ultimo caso opera come un telescopio *pseudoequatoriale*, poichè il suo asse minore, in questo caso, si trova a giacere esattamente parallelo all'all'asse terrestre.⁶

La rotazione di campo è invece notevole agli *orizzonti*: in questo caso la velocità di derotazione di campo richiesta è (sarebbe) eccessiva. Si è detto "sarebbe" e si capisce facilmente perché: assai di rado, tranne nel caso di osservazioni cometarie, si fanno osservazioni agli orizzonti, dal momento che la polluzione luminosa, le masse d'aria, il seeing, l'assenza di trasparenza, la turbolenza, . . . si presentano come determinanti fattori per impedire l'osservazione scientifica.

⁵Nel caso di acquisizione d'immagini di breve sequenza temporale (qualche minuto) per fotometria si può ignorare la rotazione del campo, che acquista rilevanza solo in spettrografia, in questa montatura come nell'altazimutale.

⁶Con ciò s'intende significare precisamente che è la *declinazione strumentale* a giacere sul piano dell'equatore

Se in prossimità dell'equatore la velocità derotativa è addirittura eguale a zero, per campi osservativi siti in prossimità del meridiano, alle altre declinazioni, le velocità di derotazione rimangono estremamente basse, raggiungendo un massimo di $15^\circ/\text{ora}$, proprio in singolare coincidenza con il tempo siderale, in prossimità del Polo.

La velocità derotativa è assai modesta allo zenith: $5^\circ/\text{ora}$ per l'asse minore e $0,04^\circ/\text{ora}$ all'asse maggiore. Anche se queste stime sono state condotte per lo studio di un telescopio operante alla latitudine di 20° , sono tuttavia di per sè sufficientemente esaustive dei vantaggi che presenta questa montatura almeno dal punto di vista della derotazione di campo.

2.2 Frequenza di risonanza

Un ulteriore vantaggio, tutt'altro che trascurabile, è rappresentato dalla bassa frequenza di risonanza strumentale complessiva.

È noto che nel progettare una montatura per un telescopio, bisogna tener conto del ruolo svolto dalla frequenza di risonanza strumentale, affinché quando lo strumento è sotto sollecitazione meccanica per via delle movimentazioni, queste, sommandosi, non producano vibrazioni strumentali. Inoltre va considerato che gli encoder che leggono la posizione del telescopio, se in grado di apprezzare il centesimo di grado, non leggono soltanto la posizione, ma anche le vibrazioni strumentali ed impegnano quindi, se la frequenza di risonanza non è ben calcolata, maggiore tempo a *smorzarsi* ed a leggere l'esatta posizione angolare. Tanto più è richiesta una frequenza di risonanza alta, tanto più la massa metallica deve essere robusta ed esente da vibrazioni, al fine di evitare il *fastidio* cui si accennava ora.

In una montatura altazimutale, le rotazioni, e soprattutto le accelerazioni e le decelerazioni, richiedono un'alta frequenza di risonanza per avere una pronta risposta strumentale, nella montatura alt-alt non v'è bisogno di avere a disposizione una meccanica strumentale costruita per sopportare alte frequenze di risonanza, dal momento che le *velocità* (oraria, di declinazione e di rotazione di campo) si mantengono notevolmente basse, paragonabili, da questo punto di vista, a quelle di una montatura equatoriale.

Tanto per spiegarci con un esempio, ognuno dei quattro telescopi da 8 metri dell'ESO è stato costruito per una frequenza di risonanza di 10 Hz. Un telescopio delle stesse dimensioni strutturali, in montatura alt-alt, necessiterebbe al contrario di una frequenza di risonanza di soli 3,5-4 Hz al massimo.

Al tutto va aggiunta ancora l'ulteriore considerazione, già dedotta prima, che la migliore performance strumentale è allo zenith (là dove in effetti serve) e non all'orizzonte (come nella montatura altazimutale). *Meccanicamente* parlando, il vantaggio, di avere l'asse principale parallelo al terreno, comporta le seguenti conseguenze:

- *innanzi tutto lo stress meccanico è uniforme per l'intera escursione strumentale a prescindere dalla declinazione con cui lo strumento lavora*
- *secondariamente non sono richiesti cuscinetti od assi di particolari dimensioni in quanto il peso è diviso fra due assi*
- *discende dal primo punto che la frequenza di risonanza è molto bassa*

2.3 Asse di allineamento di una montatura alt-alt

Al pari di una montatura altazimutale, la montatura alt-alt (teoricamente) può essere posizionata in qualsivoglia modo, il che vuol dire che tale montatura può non essere orientata. Ma, come osservò giustamente Vasilevskis[3], non c'è motivo *to make use of this freedom*, e vengono presi in considerazione unicamente due allineamenti: Nord-Sud ed Est-Ovest. Queste le caratteristiche dei due allineamenti:

- l'allineamento Nord-Sud è consigliato soltanto per determinate ricerche, del tipo asteroidali, quando l'accesso alla zona polare è considerato come privilegiato rispetto a tutti gli altri,

o quando si vogliono *abbattere* (vale soprattutto per le nostre latitudini) gli effetti della rotazione di campo.

- l'allineamento Est-Ovest è invece preso in considerazione in tutti gli altri casi, specie per ricerche effettuate allo zenith od in prossimità, e quando non sia richiesta una eccessiva declinazione Nord-Sud.

L'handicap rappresentato dal fatto che il tubo ottico non può scendere sotto una certa declinazione (25-30 gradi sull'orizzonte) per l'impedimento naturale rappresentato dalla culla principale⁷ non rappresenta un problema, perché osservazioni comprese tra la linea dell'orizzonte e + 25-30 gradi non hanno senso.

2.4 Estrazione del fuoco

Quanto al fuoco, esso viene solitamente estratto dall'asse maggiore facendo così lavorare lo strumento in configurazione Nasmyth, e questo comporta il *disturbo* della necessità di un'ulteriore motorizzazione sullo specchio terziario M3, prima della motorizzazione per la derotazione di campo. La motorizzazione di M3 è necessaria per mantenere costante l'estrazione del fuoco dall'asse principale, quello parallelo al suolo. Infatti se lo strumento lavora allo zenith, con M3 posizionato a 45°, il fuoco fuoriesce naturalmente dall'asse maggiore, ma come lo strumento muta la posizione δ , poniamo di 20° rispetto alla posizione originaria descritta, occorre muovere geometricamente M3 per consentire al fuoco di uscire dall'asse maggiore.

2.5 La cella

In una montatura alt-alt la cella d'alloggio dello specchio primario deve essere circolare e simmetrica perché, diversamente dalla montatura altazimutale, lo specchio subisce gravità in ogni direzione. Nei moderni telescopi questo problema è risolto dall'ottica attiva. Nei piccoli strumenti (intorno ai 60 cm.) si può risolvere il problema aumentando i punti di sostegno dello specchio primario.

2.6 Motorizzazioni

Se usato in configurazione Nasmyth, salgono dunque a quattro le motorizzazioni richieste contro le due dell'equatoriale e le tre dell'altazimutale classico. Tale problema (quarta movimentazione) non si pone ovviamente se si usa la montatura alt-alt per un telescopio in configurazione Newton, Cassegrain o Ritchey-Crethien in configurazione Cassegrain, con il fuoco che fuoriesce dalla culla del tubo ottico, e se si preleva il fuoco, anziché dall'asse principale, dall'asse secondario di declinazione: in quest'ultimo caso sorgono però ovvi problemi di bilanciamento non indifferenti. E si noti che si parla di moti, nel senso che quelle elencate sono le movimentazioni che devono essere introdotte a seconda della configurazione scelta.

Se invece parliamo più propriamente di motorizzazioni, dobbiamo considerare che sull'asse maggiore, solitamente Est-Ovest, per telescopi di non indifferente dimensioni vanno introdotte due motorizzazioni, ciascuna per asse, per ridurre il fenomeno della torsione strumentale, e lo stesso può richiedersi per la declinazione. È stata forse questa la circostanza che per lungo tempo ha tenuto gli astronomi lontano da questo tipo di montatura.

3 Montatura altazimutale e alt-alt a confronto

Esaminiamo servendoci di grafici le movimentazioni necessarie per un telescopio in montatura altazimutale e per uno in montatura alt-alt.

Iniziamo l'esame tenendo conto delle movimentazioni richieste.

⁷a meno che non si realizzi una montatura "aperta" a ferro di cavallo con il tubo che ottico che si piega a 90°.

Esse, per entrambe le montature, sono basilarmente tre: due per inseguire l'astro ed una terza per operare la derotazione di campo: mentre le due movimentazioni (rotazioni) principali sono proporzionali alla lunghezza focale strumentale, la terza movimentazione (derotazione) è proporzionale alla distanza della stella osservata dall'asse del piano focale.

Le figure e la tabella 2 sono tratte dall'opera citata di Vasilevskis, e sono relative ad un telescopio operante alla latitudine di $32^{\circ},5$.

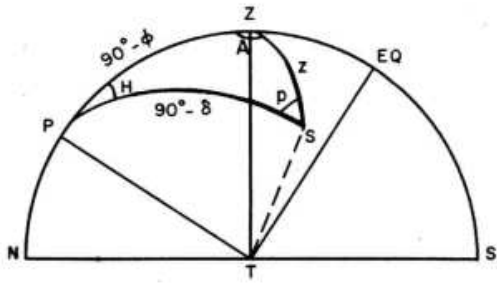


Figura 7: altazimutale

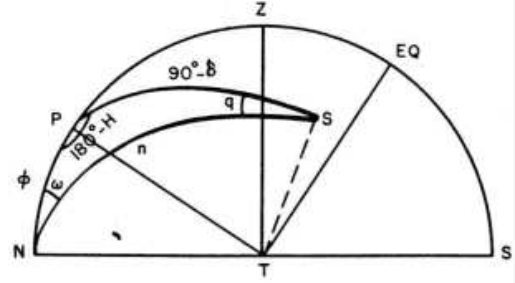


Figura 8: alt-alt con allineamento Nord-Sud

Montatura altazimutale	Montatura alt-alt
$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos H$	$\cos n = \cos \varphi \sin \delta - \sin \varphi \cos \delta \cos H$
$\tan A = \sin H / (\cos \varphi \tan \delta - \sin \varphi \cos H)$	$\tan \omega = \sin H / (\sin \varphi \tan \delta + \cos \varphi \cos H)$
$\tan p = \sin H / (\tan \varphi \cos \delta - \sin \delta \cos H)$	$\tan q = \sin H / (\cot \varphi \cos \delta + \sin \delta \cos H)$
$dz/dH = \cos \delta \sin p$	$dn/dH = -\cos \delta \sin q$
$dA/dH = -\cos \delta \cos p / \sin z$	$d\omega/dH = \cos \delta \cos q / \sin n$
$dp/dH = -\cos \varphi \cos A / \sin z$	$dq/dH = \sin \varphi \cos \omega / \sin n$

Tabella 1: Formule per derivare le coordinate e triangolo parallattico

Le fig. 7 ed 8 mostrano (per una montatura altazimutale e per una montatura alt-alt), il triangolo sferico e danno le formule per ricavare le coordinate orizzontali e l'angolo parallattico nonché la velocità di mutamento di queste quantità.

Le fig. 9 e 10 mostrano invece i *contorni* delle eguali velocità in azimuth in unità di tempo siderale per una montatura altazimutale e per una montatura alt-alt.

La fig. 9 indica che un'area in prossimità dello zenith è preclusa alle osservazioni nell'uso di una montatura altazimutale.

I grafici (figure 10 e 12) sono invece in funzione del diverso allineamento della montatura alt-alt, oltrechè in relazione, per confronto, con le figure 8 ed 11 della montatura altazimutale.

δ	H:0	4 ^m	8 ^m	12 ^m	16 ^m	20 ^m
20°	4.3	4.3	4.3	4.2	4.0	3.9
25°	6.9	6.9	6.6	6.2	5.7	5.2
30°	19.9	17.8	13.6	9.8	7.1	5.3
31°	32.7	24.8	14.5	8.6	5.6	3.9
32°	97.2	25.4	8.1	3.9	2.3	1.6
33°	96.1	24.9	7.6	3.4	1.8	1.1
34°	31.7	24.1	14.0	8.1	5.1	3.4
35°	18.8	16.9	12.9	89.3	6.6	4.8
40°	5.9	5.8	5.6	5.3	4.9	4.5
45°	3.3	3.3	3.2	3.1	3.1	3.0

Tabella 2: dA/dH per $\varphi = 32^{\circ},5$ Tassi velocità per un'area prossima alla zenith

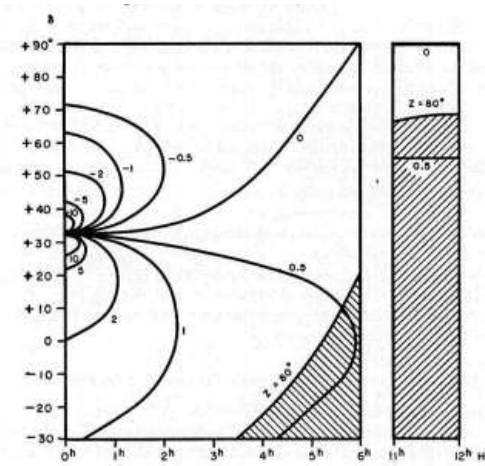


Figura 9: dA/dH per $\varphi = 32^\circ.5$

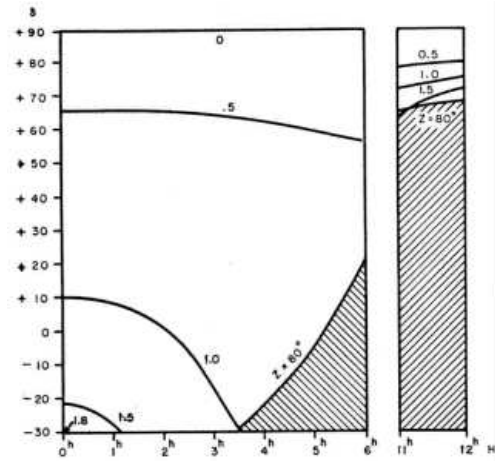


Figura 10: alt-alt (alt-alt, allineamento Nord-Sud dw/dH per $\varphi = 32^\circ.5$

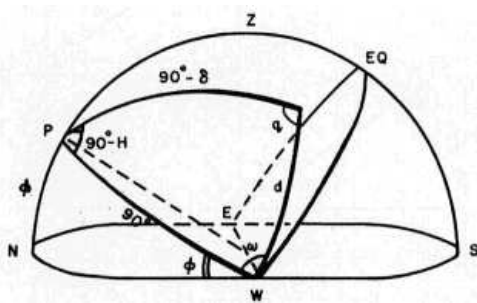


Figura 11: altazimutale, allineamento Nord-Sud dw/dH per $\varphi = 32^\circ.5$

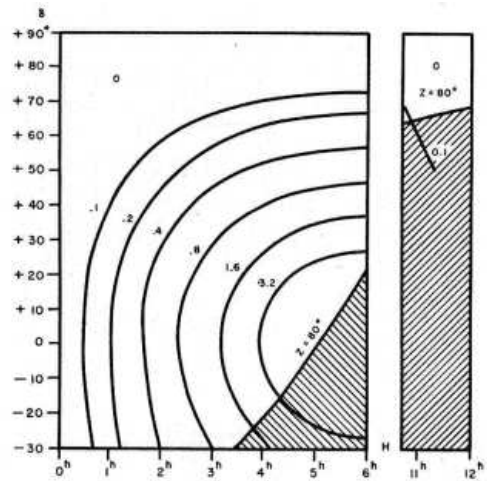


Figura 12: altazimutale, allineamento Nord-Sud dw/dH per $\varphi = 32^\circ.5$

Triangolo parallattico	Montatura alt-alt Est-Ovest
$\cos q = \sin \delta \tan H$	$dd/dH = -\cos \delta \sin q$
$d\omega/dH = -(\cos \delta \cos d / \sin^2)$	$dq/dH = -\sin \delta / \sin^2 d$

Tabella 3: Formule per derivare le coordinate e triangolo parallattico

Esaminiamo i due soli tipi d'orientamento della forcella ammessi logicamente: Nord-Sud ed Est-Ovest e vediamo come la derotazione di campo subisca sensibili variazioni a secondo del tipo d'allineamento usato.

Per una forcella orientata Nord-Sud (sempre alla latitudine considerata) si osservino le figg. 8 e 10. Esse corrispondono, relativamente, alle figg. 7) e 9) per una montatura altazimutale, ed appare subito evidente sia dalla *composizione* del triangolo parallattico, sia dal grafico posto sotto di esso che il tasso di rotazione della forcella è molto basso e non causa alcuna difficoltà nella movimentazione del telescopio. Si presti attenzione al fatto che mentre secondo il grafico di fig. 3, per sole due ore, le velocità cambiano da 10 a 0,5, in un telescopio in montatura alt-alt, in tre ore le velocità mutano da 1,8 a 1,0 e le curve sono inoltre ampie, a significare che non si verificano bruschi e repentini mutamenti di velocità.

Per una forcella orientata lungo l'asse Est-Ovest, si osservino le figure 9 e 10. Queste riportano ancora (a sinistra) il triangolo parallattico e le formule derivate per la conversione delle coordinate, mentre a destra sono ancora riportate in grafico le velocità con i relativi tassi di variabilità.

Osserviamo questa volta, considerando un segmento di tre ore, che il mutamento di velocità è da 0,1 a 0,8. Verifichiamo quindi ancora che è assai basso il tasso di velocità di rotazione della forcella. Le sole aree teoriche inaccessibili, in questo caso, riguardano due segmenti centrati nei punti Est ed Ovest.

L'orientamento di questa montatura lungo la direttrice Est-Ovest presenta la possibilità di poter usare M3 in configurazione coudè per osservare tutte le stelle sopra l'orizzonte. Si noti che in questo caso, il fatto va rimarcato, che la sola area inaccessibile allo strumento concerne due segmenti di cielo centrati ai punti Est ed Ovest, ma questo è un ostacolo abbastanza relativo perché le stelle possono poi essere osservate -nel loro normale percorso celeste- tra questi segmenti.

Va comunque specificato che l'allineamento di una montatura deve essere scelto non solo in funzione dei risultati che si vogliono ottenere preferendo un allineamento anziché un altro, bensì anche tenendo conto della latitudine del luogo al fine di ridurre la rotazione di campo.

I grafici che seguono (elaborati per una latitudine di 42,5°) mostrano come alle nostre latitudini sia preferibile un allineamento Nord-Sud rispetto ad uno Est-Ovest per ridurre la rotazione di campo.⁸

Com'è evidente il tasso di rotazione di campo è quasi insignificante per un allineamento Nord-Sud: la *linearità* della curva per declinazioni intorno ai 60° rende la derotazione pressoché nulla. In una montatura allineata Est-Ovest la rotazione di campo (sempre alle nostre latitudini) è più accentuata, ma le curve si presentano sempre come molto costanti, talché uno spettrografo può lavorare tranquillamente senza brusche accelerazioni o decelerazioni. Per contro si può rilevare come in una montatura altazimutale le curve vadano incontro a repentini quanto bruschi cambiamenti, costringendo un eventuale spettrografo (od anche un CCD) a seguire coerentemente e quasi istantaneamente simili cambi di velocità.

4 Conclusioni

Dal punto di vista meccanico, la costruzione di un telescopio in montatura alt-alt presenta vantaggi non trascurabili rispetto ad una costruzione classica equatoriale od ad una altazimutale:

⁸I grafici sono generati con un software creato da M. Fiorucci operativo sotto piattaforma windows, ed impostato per una latitudine di default di 43,5°. L'algoritmo di calcolo è stato messo a punto partendo dalle formule di Vasilevskis. Il software (graph.zip) è scaricabile al sito dell'Associazione <http://www.astronomiainumbria.org/pubblicazioni/graph.zip>. Per ogni processo è generato un file.

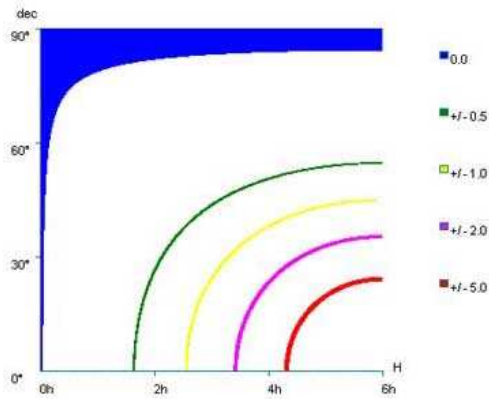


Figura 13: alt-alt, allineamento Est-Ovest

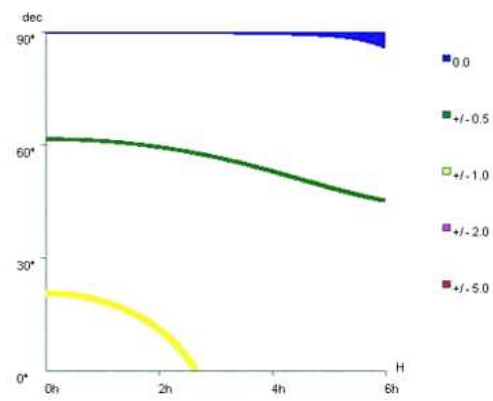


Figura 14: alt-alt, allineamento Nord-Sud

in aggiunta essa è assai più facilmente affrontabile a livello amatoriale rispetto ad una montatura equatoriale od ad una altazimutale.

Rispetto alla montatura equatoriale evita di avere a che fare con masse sbilanciate che pongono lo strumento fuori dal proprio centro di gravità naturale costringendo a surdimensionare gli assi (in specie quello di azimuth), al fine di evitare flessioni. Da questo punto di vista essa presenta lo stesso vantaggio dell'altazimutale di avere le masse concentrate in un solo punto con più soddisfacente distribuzione delle forze, ma, in aggiunta, le masse in gioco vengono distribuite su due punti anziché su uno solo, e questo se comporta un problema di allineamento di assi che diventa sempre più difficile quanto più crescono le dimensioni strumentali, rende tuttavia lo strumento più stabile perché esso non lavora più su un cuscinetto di spinta che deve sopportare l'intero carico strumentale, ma su due cuscinetti radiali su cui si distribuisce l'intera massa.

Dal punto di vista della rotazione di campo il problema è quasi inesistente considerando il software e l'elettronica a disposizione.

Quanto all'ingombro strumentale (dimensioni della cupola) pur se maggiore di quello di un altazimutale, è inferiore tuttavia ad un equatoriale, e questo senza considerare che oggi si tende a costruire *ripari* per telescopi *ripari* che non siano necessariamente in muratura, come è, ad esempio, il caso del VLT o del pur piccolo ASM mostrato in queste pagine.

Per una simile montatura, credo che la migliore configurazione possibile, funzionale ed economica sia quella del tetto scorrevole, con riparo dello strumento del tipo che potremmo definire, con termine improprio ma efficace, *a casetta*. Una volta scelto l'allineamento della cupola (e quindi dello strumento) Est-Ovest o Nord-Sud, si dovrà avere cura unicamente di consentire allo strumento

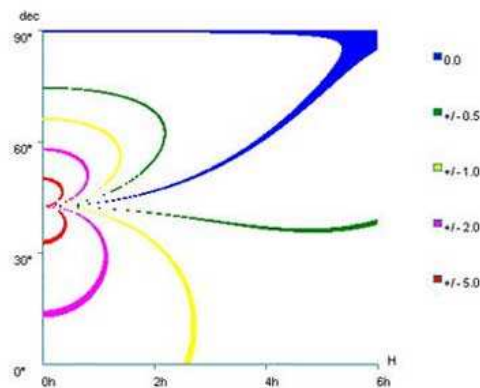


Figura 15: Altazimutale

di leggere l'orizzonte, qualora s'intenda comunque usarlo in prossimità di questo per determinate ricerche.

Diversamente, qualora ci si accontenti di operare 25/30° gradi sopra l'orizzonte, si potranno restringere le pareti laterali in modo da avere una cupola più compatta.

Per strumenti di notevoli dimensioni, una cella simmetrica (vedi sopra 2.5) reequilibra lo specchio e rende più facilmente adattabili le ottiche attive. Il fatto che lo specchio, a differenza dell'al-tazimutale punti in ogni direzione e non si limiti a *declinare* non si caratterizza come un eccessivo problema, essendo già stato questo aspetto affrontato e risolto nelle montature equatoriali sin dai tempi in cui nelle celle di questi strumenti si usavano le leve astatiche.⁹

Riferimenti bibliografici

- [1] M. Trueblood, R. Genet, *Telescope Control*, Willman-Bell, 1997
- [2] G. Sisson, S. Vasilevskis, *IAU, XXVII Symposium*, Parte III, *Telescope design*, pagg. 107, 113/117; Academic Press, 1996
- [3] S. Vasilevskis, *On the flexure of Fork-Mounted Telescopes Astronomical Journal*, 67, 7, settembre 1962
- [4] A. Meinel, *Astronomical telescope*, in *Applied Optics and Engineering*, vol. 5, 1969
- [5] A. W. Roger et al., *PASP*, vol. 100, pagg. 626/634, 1988
- [6] E. H. Richardson et al., *Altitude-altitude (alt-alt) mounting for an 8-metre telescope*, SPIE, vol. 1236 *Advanced Technology Optical Telescopes IV*, 1990, pagg. 897/903
- [7] P. B. Felget, *Servo-mechanisms and the design of large telescope*, *Occasional Notes of the Royal Astronomical Society*, 195... edizione sconosciuta

⁹Il file in formato pdf (assieme all'eseguibile graph in forma zip può essere scaricato a questo indirizzo:
<http://www.astronomiainumbria.org/publicazioni/OTPT001.pdf>

Indice analitico

altazimutale. Montatura -, 2, 6, 7, 10, 12
Apache Point Observatory, 2
Applied Optics and Engineering, 3
ARCT, 3
ASM, 3, 11
Astronomical Site Monitor, 3

Campo Imperatore, 3
Cassegrain. Telescopio -, 7
CAT, 3
CCD, 5, 10
cella, 7, 12
Cerenkov. Effetto, 3
coudè, 10
cupola, 11

Debris, 3
derotazione, 6
derotazione di campo, 5

encoder, 6
equatoriale. Montatura -, 2, 11
ESO, 3, 6

Felgett P. B., 3
frequenza di risonanza, 6

GONG, 3

IAU, 3
IRT, 3

Meinel A., 3
Molonglo, 3

NASA, 3
Nasmyt. configurazione -, 7
Newton. Telescopio -, 7

Palomar. Monte - , 2
Porter R., 2

Richardson E. H., 1, 3
Ritchey. Telescopio -, 7
Roger A. W., 3
rotazione di campo, 5, 10
Royal Astronomical Society, 3
Rule B., 3

seeing, 3, 5
Sisson G., 3
SPIE, 3

trasparenza, 5
TT1, 2
turbolenza, 5
turbolenza , 5

Vasilevskis S., 3, 6, 10
VLT, 3, 11

zenith, 5