

SULLE VARIAZIONI DI AZIMUT DIPENDENTI DAL MOVIMENTO DEL POLO OSSERVATE NEGLI ANNI 1963-1965

Nota di EDOARDO PROVERBIO (*)
(*Osservatorio Astronomico di Brera-Milano*)

SUMMARY. — The polhody determination by latitude observations has hitherto supplied very important contributions for the study of the periodic and secular motion of the pole. Nevertheless the possibility to set forth and analyze the pole motion by observations of different kind, that is, by time and azimuth determinations, must be attentively held in due consideration.

In 1947-48 N. K. Abold (5) proposed to organize an international service for studying the polar motion by azimuth observations and some years later P. J. Melchior took up again this proposition on the basis of azimuth observations carried out in the years 1951-52 and 53-54 utilising a meridian mark in the open air. This condition seems to be very important as eliminates every effects of refractive cause (6-8).

Nevertheless, as shown in some very interesting observations carried out at Poltava (10), the azimuth of the meridian marks is subject to periodic and secular variations, when the marks are displaced on geologically non stable ground.

The azimuth observations carried out at the Brera-Milan Observatory confirm these considerations. In these observations has been utilized a meridian mark in the open air constituted by a sodium vapour cold-cathode discharge lamp placed on the building wall, about 1080 m from the Brera Observatory.

In the reduction calculus the correction of the observed azimuths for several stars (about 70% of all the stars) has been determined with a process of internal compensation (Table III).

The following difference between astronomical azimuth deduced from polar and equatorial reference stars has been besides found,

$$k_{oss}^{(equ)} - k_{oss}^{(pol)} = + 0^s.044 .$$

In Fig. 4 the runnings of polar variations observed by azimuth determinations (solid line) and calculated by I.P.M.S. polar co-ordinates (dotted line) are given.

These results seem to confirm the possibility to organize continual observations of astronomical azimuth, by qualified observational programs. It is emphasized that observations of equatorial stars and clock stars from Observatories placed at distances of 90° among themselves would allow to determine the polar co-ordinates with proper accuracy.

(*) Ricevuta il 14 dicembre 1967.

RIASSUNTO. — La determinazione della polodia per mezzo di osservazioni di latitudine ha fornito importanti contributi allo studio dei movimenti periodici e secolari del polo. Tuttavia, la possibilità di determinare e analizzare il moto del polo partendo da osservazioni di tipo diverso, cioè da osservazioni di tempo o di azimut deve essere attentamente studiata e presa in considerazione.

Nel 1947-8 M. K. Abold (5), e successivamente P. J. Melchior hanno suggerito l'opportunità di effettuare osservazioni continuate di azimut presso i servizi orari, studiando opportunamente la dislocazione delle mire.

L'utilizzazione di mire meridiane poste in aria libera sembra condizionare favorevolmente l'eliminazione di molti effetti di cause refrazionali (6-8). Anche la stabilità geologica del terreno può avere importanti effetti sulle variazioni di azimut che devono essere attentamente studiati come mostrano le osservazioni condotte recentemente a Poltava (10).

Le osservazioni di azimut effettuate a Milano utilizzando una mira meridiana posta in aria libera confermano le precedenti considerazioni. Nella riduzione di queste osservazioni è stata introdotta una compensazione interna partendo dalla determinazione delle correzioni degli azimut osservati per circa 70% delle stelle.

È stato inoltre determinata la correzione da apportare agli azimut dedotti da osservazioni di stelle circumpolari per ridurli al sistema degli azimut delle stelle equatoriali, tale correzione risulta,

$$k_{oss}^{(equ)} - k_{oss}^{(pol)} = + 0^s.044$$

La variazione degli azimut corretti risulta in ottimo accordo con quella calcolata utilizzando le coordinate del polo fornite dal I.P.M.S. (fig. 4).

Questi risultati sembrano confermare la possibilità che presso i servizi orari che utilizzano nelle osservazioni di tempo strumenti meridiani, le osservazioni di azimut possono essere utilizzate, assieme a quelle di tempo per il calcolo diretto della polodia.

INTRODUZIONE.

Lo studio del movimento dell'asse di istantanea rotazione sopra la superficie terrestre e delle sue componenti periodiche e secolari presenta, come è noto, un crescente interesse che dipende dalla sua influenza sulla determinazione delle coordinate terrestri astronomiche, ma si può soprattutto correlare al recente sviluppo delle ricerche fisiche sulla costituzione interna della terra e più in generale allo studio del moto di rotazione della terra.

La determinazione della polodia per mezzo di osservazioni di latitudine effettuate nelle stazioni internazionali e più recentemente in numerose stazioni libere costituisce senza dubbio un contributo fondamentale allo studio ed alla risoluzione di questo problema. Tuttavia, come si sa, le osservazioni di latitudine sono alterate dagli effetti di fenomeni di natura non polare (errori di chiusura, termine Z di KIMURA) le cui cause non sono ancora note con certezza. Per questa ragione la possibilità di mettere in evidenza e di analizzare il movimento del polo con osservazioni di diversa natura e cioè con osservazioni di tempo e di azimut, deve essere, in linea di principio, attentamente presa in considerazione.

L'introduzione di orologi a quarzo e successivamente l'impiego di scale di tempo fisico nelle determinazioni astronomiche di tempo ha già praticamente dimostrato la possibilità e la convenienza di utilizzare le osservazioni di tempo per la determinazione del moto del polo (1). Attualmente infatti il procedimento di calcolo delle coordinate del polo e della scala di tempo *UT* 1 utilizzato dal B.I.H. è basato sull'impiego contemporaneo di osservazioni di tempo e di latitudine (2).

Variazioni di azimut imputabili allo spostamento del polo dopo i tentativi infruttuosi di BESSEL (1820-1821), furono messe in evidenza verso la fine del secolo scorso (3) ed i primi anni del 1900 (4). Ed è soprattutto per merito della scuola russa di PULKOVO che queste ricerche sono state ulteriormente sviluppate.

Sulla base dell'esperienza accumulata in circa mezzo secolo di osservazioni, nel 1947-48 W. K. ABOLD propose l'organizzazione di un servizio di osservazioni sistematiche di variazioni di azimut a livello internazionale con compiti simili al servizio internazionale delle latitudini (5).

Qualche anno dopo la proposta è stata ripresa da P. J. MELCHIOR (6-8) sulla base di osservazioni di azimut effettuate nel 1951-52 e 1953-54. I risultati delle osservazioni di MELCHIOR sono particolarmente interessanti poiché mostrano che con l'impiego di una piccola mira situata in aria libera le variazioni non polari, ivi comprese quelle dipendenti da eventuali spostamenti della mira, risultano dell'ordine di grandezza di quelle che si manifestano nelle osservazioni di latitudine.

In realtà l'osservazione sistematica di variazione di azimut presenta notevoli vantaggi teorici, come è stato mostrato da P. J. MELCHIOR (7), non solo per lo studio del moto del polo ma, come è stato accennato, per la possibilità di fornire una eventuale interpretazione alle variazioni non polari delle osservazioni di latitudine. Inoltre, come più avanti diremo, la possibilità di impiegare uno stesso programma stellare per un tempo indeterminato costituisce un ulteriore vantaggio poiché viene ad eliminare praticamente l'influenza degli errori di catalogo.

La causa principale delle difficoltà ad accettare i risultati delle osservazioni di azimut per lo studio del moto del polo è dovuta al fatto che, quantunque in linea teorica le osservazioni di azimut risultino particolarmente semplici, l'analisi critica dei risultati delle osservazioni ha generalmente manifestato fenomeni di deriva e di variazione stagionale delle variazioni stesse imputabili a spostamenti della mira e difficilmente separabili dagli effetti del movimento del polo, in particolare dalla componente annuale e dagli errori personali - strumentali.

Nel 1958 venne organizzato dall'Osservatorio di Poltava, sotto la direzione di N. A. POPOV, un complesso ed interessante programma di osservazioni di azimut allo scopo di studiare con un certo rigore il fenomeno dell'effettivo spostamento (assoluto e relativo) di alcune mire meridiane (9), tra le quali una è stata posta in aria libera.

I primi risultati di queste ricerche sembrano confermare tuttavia l'esistenza, nelle osservazioni di Poltava, di variazioni stagionali anche per la mira posta in aria libera (10). È tuttavia nostra opinione, confermata dal materiale di osservazione che sarà qui discusso, che il problema delle variazioni del pilastro o del sostegno della mira sia esclusivamente legato a fattori di carattere locale, in par-

ticolare a movimenti e cedimenti nel terreno su cui è appoggiato il pilastro, soprattutto nel periodo di assestamento che può peraltro durare parecchi anni.

Questa opinione è stata d'altra parte chiaramente espressa anche da H. Spencer Jones in occasione della Assemblea Generale della U.G.G.I. a Roma (11).

I DATI DI OSSERVAZIONE

La mira meridiana utilizzata per la determinazione delle variazioni di azimut e costituita da una lampada al sodio Philips tipo SO da 140 W contenuta in un involucro metallico munito di una piccola fessura verticale. La mira è situata, *in aria libera*, nella direzione Nord sul meridiano dell'Osservatorio di Brera in Milano ad una distanza di circa 1080 m dal centro del pilastro dello strumento dei passaggi Ap 100 (punto fondamentale della rete delle longitudini italiane) utilizzato nelle osservazioni di tempo e di azimut. L'involucro metallico contenente la lampada è fissato solidamente ad un appoggio in ferro murato sulla parete esterna di un edificio adibito ad abitazione al quale si accede da Via C. de Cristoforis, 10. La mira è situata ad un'altezza di circa 25 m dal suolo all'ultimo piano dell'edificio stesso e cioè circa 3 m al disotto dell'orizzonte della sommità del pilastro di osservazione (12).

La determinazione dell'azimut a della mira rispetto al meridiano strumentale è stata effettuata per mezzo della formula approssimata,

$$(1) \quad a^{(s)} = \frac{1}{2} (f_W - f_E) R^{(s)},$$

nella quale $f_{W,E}$ rappresentano le medie di cinque letture effettuate sul tamburo del micrometro impersonale nelle due posizioni dello strumento ($W = \text{West}$, $E = \text{Est}$) durante la collimazione della mira, mentre $R^{(s)} = 6^s.650$ è il valore del passo del micrometro utilizzato. Le collimazioni, in numero variabile da 2 a 6 per sera, con una media di circa 3 sono state eseguite prevalentemente prima o subito dopo l'osservazione delle stelle di riferimento.

Nella (1) è stato possibile trascurare i termini dipendenti dall'inclinazione dello strumento e dall'altezza h della mira sull'orizzonte strumentale risultando $h = 0^{\circ}.17$ mentre l'inclinazione strumentale è stata sempre inferiore a $0^{\circ}.1$.

Per quanto riguarda l'azimut strumentale k_{oss} esso è stato dedotto dall'osservazione di una stella di *riferimento*, circumpolare od equatoriale, rispetto ad un certo numero (da 15 a 20) di stelle *orarie* circumzenitali nel corso delle normali osservazioni di tempo e calcolato utilizzando il metodo di riduzione della « polare » applicato alla formula di MAYER (13).

Secondo la convenzione utilizzata nella riduzione delle osservazioni di tempo gli azimut sono contati negativamente da Sud verso Ovest. L'azimut istantaneo osservato A della mira risulta quindi,

$$A^{(s)} = a^{(s)} + k_{oss}^{(s)}.$$

Chiamando $\overline{A}^{(s)}$ l'azimut medio convenzionale della mira (azimut calcolato) l'azimut strumentale calcolato $k_{cal}^{(s)}$ risulta

$$k_{cal}^{(s)} = \overline{A}^{(s)} - a^{(s)} = \overline{A}^{(s)} - A^{(s)} + k_{oss}^{(s)},$$

ne consegue per l'azimut istantaneo della mira la relazione

$$(2) \quad *A^{(s)} = \overline{A}^{(s)} - \frac{1}{15} (y \cos \lambda - x \sin \lambda) \sec \varphi$$

Nella tabella IV sono date le differenze,

$$(3) \quad \Delta A = A^{(s)} - \overline{A}^{(s)} = k_{oss}^{(s)} - k_{cal}^{(s)},$$

dedotte direttamente dal materiale di osservazione e relative a ciascuna stella di riferimento (l'asterisco in alto indica che la stella è una circumpolare osservata in culminazione superiore, quello in basso indica che la stella è stata osservata in culminazione inferiore mentre l'assenza di asterisco caratterizza le stelle di riferimento equatoriali). I singoli valori ΔA sono stati suddivisi in gruppi, come appare dalla stessa tabella IV, ed il criterio con cui tali gruppi sono stati costituiti è stato quello di avere gruppi con numero di stelle dello stesso ordine di grandezza compatibilmente con l'esigenza di raggruppare valori ΔA determinati in periodi più o meno equivalenti come durata.

Prima di passare al calcolo del valore medio delle quantità ΔA contenute in ciascun gruppo alle stesse quantità sono state apportate alcune correzioni necessarie per rendere omogeneo l'intero materiale osservato. I valori ΔA dedotti dalla (3) sono infatti affetti da errori sistematici e accidentali che dipendono dalle variazioni, reali o apparenti, della giacitura dei piani contenenti la direzione della mira e la direzione della stella di riferimento osservata.

Data l'impossibilità di conoscere a priori gli errori dipendenti dalle variazioni della direzione della mira le uniche correzioni apportate sono quelle dipendenti dagli errori personali e strumentali (comprendendo in questi ultimi anche gli errori di catalogo). In un primo calcolo le correzioni sono state dedotte dai risultati di una ricerca, in corso di elaborazione, riguardante l'influenza degli errori personali e strumentali nella determinazione di azimut, che ha fornito per il valore degli azimut strumentali dedotti dalle osservazioni di stelle di riferimento circumpolari ed equatoriali la relazione (provvisoria):

$$k_{oss}^{(equ)} - k_{oss}^{(pol)} = + 0^s.072 ;$$

questo stesso valore è stato utilizzato per correggere i valori ΔA delle stelle circumpolari in modo da ridurle al sistema delle stelle equatoriali. Per le stelle circumpolari rapide ($\delta < 80$) la correzione apportata ai valori Δa è stata invece $+ 0^s.040$, infine oltre alla correzione di $+ 72$ ms, per la stella N 22, tratta dalle effemeridi russe, è stata aggiunta una correzione di $+ 12$ ms per ridurla al sistema personale-strumentale del catalogo FK4 (14).

Le medie di gruppo $\Delta \bar{A}_1$ dei singoli valori ΔA corretti utilizzando le correzioni sopra indicate sono date nella tabella I. Nella figura 1 sono rappresentati invece i valori $-\Delta \bar{A}_1$ (cerchietti pieni) che rappresentano le variazioni polari dell'azimut della mira. Il valore medio convenzionale di questo azimut è stato preso eguale a $+2^{\circ}.815$ (valore convenzionale utilizzato per tutte le riduzioni). Nel maggio 1964, in seguito ad operazioni di manutenzione la mira ha subito una leggera deviazione angolare che è stata calcolata in $+27 \text{ ms} = 0''.405$. Tenendo conto del nuovo valore $+2^{\circ}.842$ dell'azimut convenzionale della mira è stato possibile raccordare i valori delle variazioni polari dell'azimut per tutto il periodo 1963-1965.

TABELLA I

Data	$\Delta \bar{A}_1$ (0. ^s 001)	$\Delta \bar{A}_2$ (0. ^s 001)	n	Data	$\Delta \bar{A}_1$ (0. ^s 001)	$\Delta \bar{A}_2$ (0. ^s 001)	n
01 02 63	+ 24	- 38	18	31 01 64	- 25	- 58	14
06 03 63	+ 22	- 47	10	27 03 64	+ 5	- 55	17
09 04 63	+ 44	- 31	10	08 07 64	+ 37	- 34	10
08 05 63	+ 31	- 41	10	01 10 64	+ 41	- 29	13
01 06 63	+ 53	- 30	11	16 12 64	+ 42	- 13	13
26 06 63	+ 37	- 28	10	18 02 65	+ 21	- 18	8
23 08 63	+ 62	- 2	10	24 04 65	+ 24	- 40	16
30 09 63	+ 52	- 27	18	08 07 65	+ 20	- 39	12
18 10 63	+ 40	- 38	16	15 09 65	+ 31	- 25	26
16 11 63	+ 31	- 19	8	22 11 65	+ 32	- 25	13

L'andamento delle quantità $\Delta \bar{A}_1$ rappresentato in Fig. 1 (tratto continuo) presenta notevoli sfasamenti e variazioni in ampiezza se paragonato con la variazione polare dell'azimut della mira calcolata mediante la nota relazione:

$$\Delta A^{(o)} = \frac{1}{15} (y \cos \lambda - x \sin \lambda) \sec \varphi,$$

nella quale i valori delle coordinate del polo x e y sono quelle pubblicate nei Rapporti annuali del I.P.M.S.

I valori $\Delta A^{(o)}$ e l'andamento di questi valori per il periodo 1963-1965 sono dati rispettivamente nella tabella III e nella Fig. 4 (linea a tratto).

Allo scopo di migliorare i risultati determinati nel modo in precedenza esposto si è proceduto ad una più accurata ricerca delle correzioni da apportare alle quantità osservate ΔA . L'analisi di questi risultati porta infatti alla conclusione che è possibile, utilizzando il materiale della tabella IV, determinare non solo un più attendibile valore della differenza $k_{oss}^{(pol)} - k_{oss}^{(ean)}$ ma ottenere, per buona parte delle stelle osservate, valori sufficientemente attendibili delle variazioni necessarie per eliminare buona parte degli errori sistematici personali e strumentali delle quantità ΔA osservate.

Sono state eseguite perciò le medie aritmetiche ${}^* \delta A(i)^{(n)}$ degli $n(i)$ valori,

$${}^* \delta A = \Delta A + \Delta A^{(o)} - A^{(s)} - {}^* A^{(s)},$$

relativi ad ogni singola stella i , nell'ipotesi che, per un certo valore di n adeguatamente grande, gli errori accidentali di osservazione subiscano una sufficiente autocompensazione.

Nella Fig. 2 sono rappresentati in funzione di $n(i)$ i valori medi $\Delta A(i)^{(n)}$

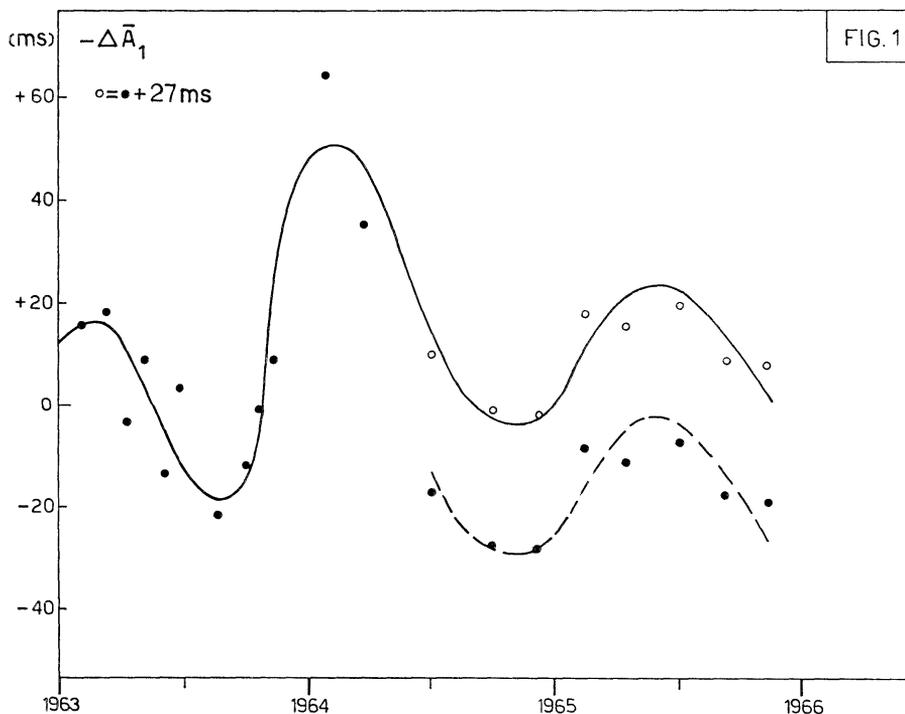


Fig. 1 - Variazioni di azimut dedotte dalle osservazioni non corrette.

relativi ad ogni singola stella i . L'evidente esistenza di una correlazione fra $\Delta A(i)^{(n)}$ ed $n(i)$ mostra che, statisticamente, a piccoli valori di n corrisponde una probabilità modesta che le quantità $\Delta A(i)^{(n)}$ siano scevre da errori accidentali. Solo per $n \geq 5 \div 7$ sembra che i valori $\Delta A(i)^{(n)}$ rappresentino con sufficiente rigore gli errori sistematici insiti nei valori $\Delta A(i)$.

Nella tabella III sono indicate le correzioni δA (di segno contrario ai valori ${}^* \delta A$) da applicare ai valori ΔA della tabella IV. Tali correzioni sono state calcolate per tutte le stelle per cui $n \geq 5$, che rappresentano circa il 70% di tutto il materiale disponibile.

Gli errori ${}^* \delta A$ sono pure riportati in diagramma, in funzione della declinazione, nella Fig. 3, nella quale l'area di ciascun cerchietto è proporzionale al peso e cioè al numero $n(i)$ di valori considerati per ciascuna stella i . Quantunque la

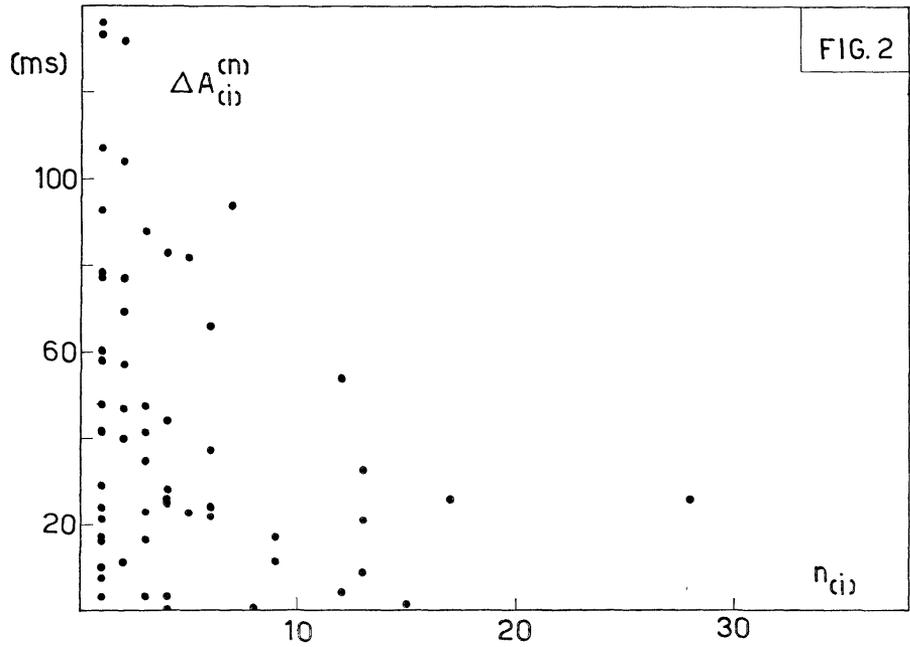


Fig. 2 - Correlazione fra le quantità $\Delta A_{(i)}^{(n)}$ ed $n_{(i)}$

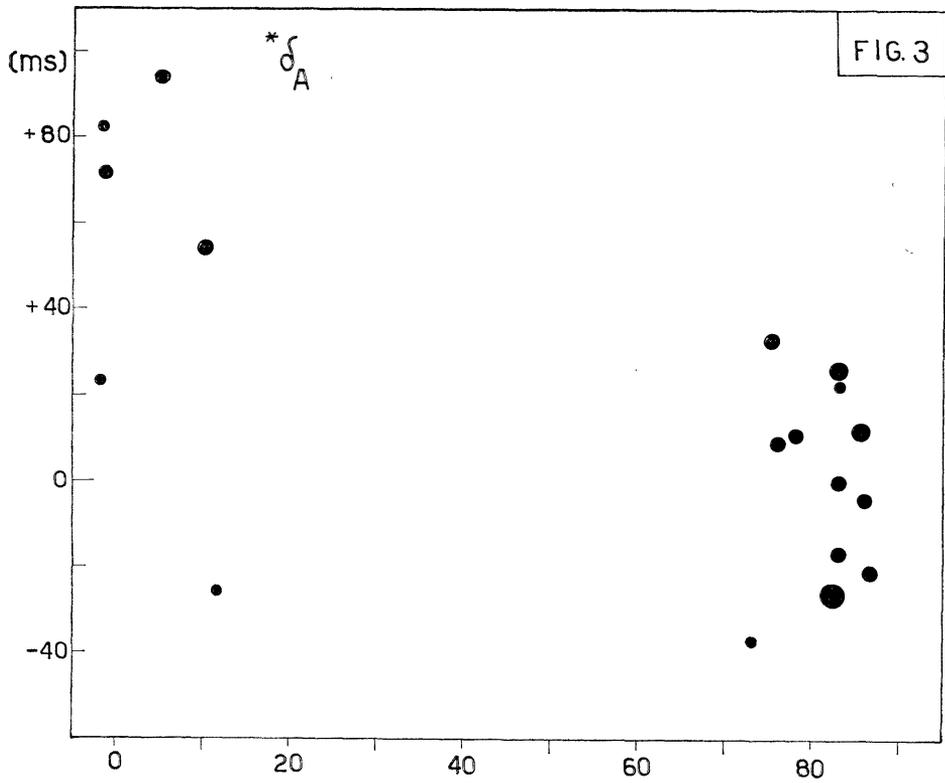


Fig. 3 - Correzioni $*\delta A = A^{(s)} - *A^{(s)}$ dedotte dal materiale di osservazione.

distribuzione dei valori $*\delta A$ confermi l'esistenza di una differenza sistematica fra gli azimut determinati con l'osservazione di stelle di *referimento* polari od equatoriali, differenza che risulta in questo caso,

$$k_{oss}^{(equ)} - k_{oss}^{(pol)} = + 0^s.044$$

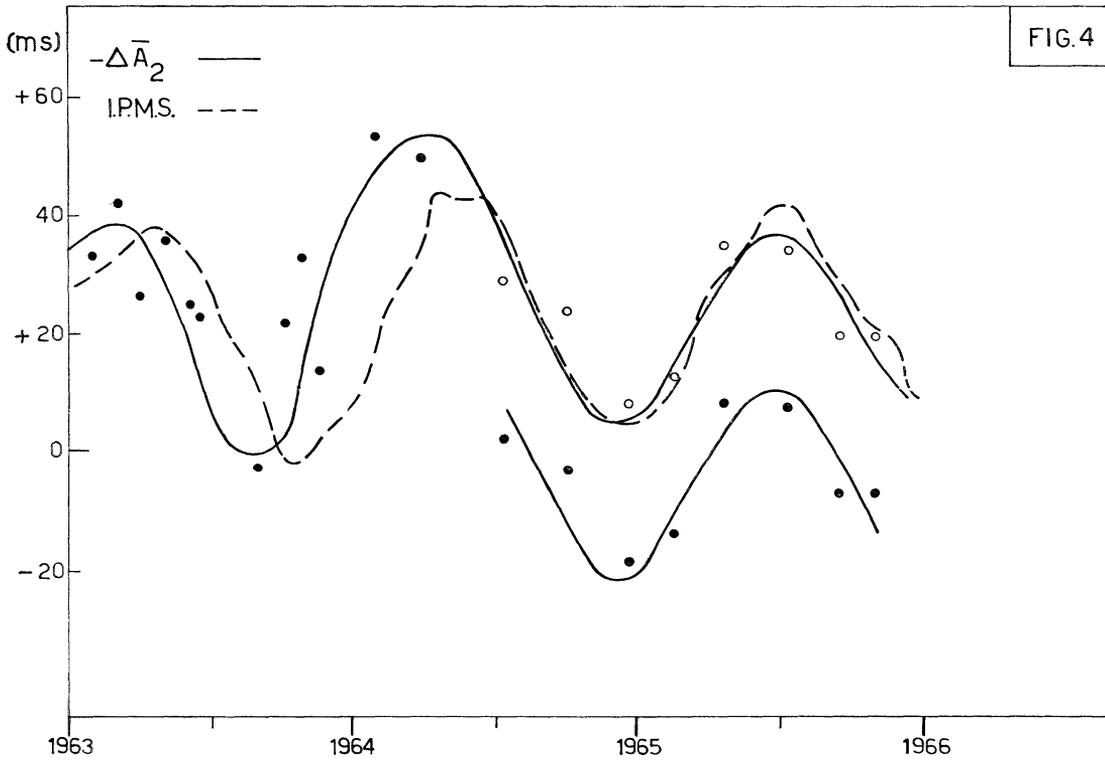


Fig. 4 - Variazioni degli azimut osservati corretti (linea tratteggiata) e variazioni polari dell'azimut calcolate con i dati del I.P.M.S.

dai soli dati della tabella III (considerando tutti i valori $*\delta A$ disponibili si ottiene invece $+ 0^s.052$), tuttavia, è evidente che la dispersione dei valori $*\delta A$ (e δA) è tale da non giustificare, come è stato fatto nei primi calcoli di riduzione, l'impiego di valori mediati ottenuti dal confronto di tutte le polari con tutte le equatoriali.

Correggendo le quantità ΔA della tabella IV con i valori δA (tabella III) si ottengono i valori medi di gruppo $\Delta \bar{A}_2$ riportati nella tabella I mentre nel diagramma di Fig. 4 sono riportati i valori $-\Delta \bar{A}_2$ (cerchietti pieni).

In questo diagramma i cerchietti vuoti sono stati ottenuti tenendo conto delle variazioni dell'azimut convenzionale della mira da $+ 2^s.815$ a $+ 2^s.842$. Inoltre al fine di fare coincidere lo *zero* della scala dei valori $-\Delta \bar{A}_2$ con lo *zero*

TABELLA II

Data	$\Delta A(^{\circ})$	$\Delta \bar{A}_2(^1)$	Mi-IPMS (0. ^o 001)	Scarti ridotti (0. ^o 01)
1963				
.056	+ 28	+ 35	+ 7	+ 5
.139	+ 31	+ 38	+ 7	+ 5
.222	+ 35	+ 38	+ 3	+ 2
.306	+ 38	+ 35	- 3	- 2
.389	+ 36	+ 27	- 9	- 7
.472	+ 31	+ 17	- 14	- 10
.556	+ 21	+ 5	- 16	- 11
.639	+ 14	± 0	- 14	- 10
.722	+ 5	± 0	- 5	- 3
.806	- 2	+ 8	+ 10	+ 7
.889	+ 3	+ 27	+ 24	+ 17
.972	+ 6	+ 38	+ 32	+ 23
1964				
.056	+ 12	+ 45	+ 33	+ 23
.139	+ 25	+ 49	+ 26	+ 17
.222	+ 32	+ 53	+ 21	+ 15
.306	+ 44	+ 54	+ 10	- 7
.389	+ 43	+ 49	+ 6	+ 4
.472	+ 43	+ 43	± 0	± 0
.556	+ 35	+ 35	± 0	± 0
.639	+ 25	+ 25	± 0	± 0
.722	+ 18	+ 18	± 0	± 0
.806	+ 10	+ 10	± 0	± 0
.889	+ 6	+ 6	± 0	± 0
.972	+ 4	+ 4	± 0	± 0
1965				
.056	+ 6	+ 7	+ 1	+ 1
.139	+ 10	+ 10	± 0	± 0
.222	+ 21	+ 23	+ 2	+ 1
.306	+ 29	+ 29	± 0	± 0
.389	+ 34	+ 31	- 3	- 2
.472	+ 41	+ 37	- 4	- 3
.556	+ 42	+ 40	- 2	- 1
.639	+ 36	+ 33	- 3	- 2
.722	+ 30	+ 26	- 4	- 3
.806	+ 24	+ 20	- 4	- 3
.889	+ 20	+ 18	- 2	- 1
.972	+ 10			

della scala delle variazioni polari nel sistema *IPMS* a tutti i valori $-\Delta \bar{A}_2$ è stata apportata la correzione di $-5 \text{ ms} = 0''.075$.

Con questa ultima correzione di omogeneizzazione il valore medio convenzionale dell'azimut della mira risulta:

$$\bar{A}_1 = + 2^{\text{s}}.810 \quad (\text{fino al marzo 1963}),$$

$$\bar{A}_2 = + 2^{\text{s}}.837 \quad (\text{dal maggio 1965}).$$

TABELLA III

FK4 (i) _{pol}	δA	n(i)	FK4 (i) _{pol}	δA	n(i)	FK4 (i) _{equ}	δA	n(i)
908	- 6	15	1650	- 26	17	1480	- 71	6
913	+ 21	13	395	- 9	13	800	- 94	7
1494	- 33	13	524	- 11	9	772	- 54	12
N 22	+ 26	28	87	+ 37	6	1598	- 82	5
911	- 17	9	1648	+ 4	12	842	- 23	5
915	\pm 0	8	1644	- 22	6	194	+ 24	6

Il confronto fra i valori delle variazioni polari dedotti dalle coordinate del polo nel sistema IPMS (diagramma di Fig. 4 a tratto) e quelli calcolati sulla base delle osservazioni di azimut della mira meridiana (diagramma di Fig. 4 a linea piena) ci appare più che soddisfacente. Il confronto mostra un ottimo accordo fra le due curve dal maggio 1963, prima di questa data le due curve sembrano invece presentare uno sfasamento di circa 50° .

Nella tabella II sono stati riportati i valori interpolati $\Delta \bar{A}_2^{(1)}$ delle variazioni polari osservate, la differenza di questi valori rispetto alle variazioni calcolate nel sistema IPMS, e, nell'ultima colonna, i valori degli scarti ridotti (divisi per $\sec \varphi = 1.42$ ed espressi in secondi di arco). Questi scarti risultano dello stesso ordine di quelli che si ottengono nelle stazioni di latitudine.

CONCLUSIONI.

I risultati ottenuti dalle osservazioni di azimut effettuate all'Osservatorio di Brera sembrano confermare le conclusioni di P. J. Melchior (8) sulla possibilità di ridurre notevolmente gli effetti refrazionali locali (effetto camera) mediante l'uso di piccole mire *in aria libera*. Per quanto riguarda invece la stabilità del pilastrino o del supporto è indispensabile a nostro parere che quest'ultimo sia dislocato in zone convenientemente protette da perturbazioni locali ed appoggiato su terreno particolarmente stabile dal punto di vista geologico. Se queste due condizioni sono soddisfatte in misura sufficiente pensiamo che non vi possono essere dubbi sulla possibilità di utilizzare con grandi vantaggi, pratici e teorici, le osservazioni di azimut nello studio del moto del polo. Queste condizioni sembrano soddisfatte per la mira meridiana Nord dell'Osservatorio di Brera a causa della particolare stabilità dell'edificio, notevolmente esteso, al quale la mira stessa, come si è detto, è stata ancorata.

È necessario infine tenere conto dell'esigenza di ridurre in qualche modo i dati di osservazione ad un sistema sufficientemente omogeneo per quanto riguarda gli errori di catalogo e gli errori personali e strumentali.

TABELLA IV

Data	FK4	Δ A	Data	FK4	Δ A	Data	FK4	Δ A
1963			1963			1963		
14 01	1635*	- 77	20 05	524*	- 23	09 10	N 22*	- 92
22	908*	- 87	20	524*	- 17	09	772	+ 41
25	908*	- 25	21	906*	- 107	09	1648*	- 61
25	913*	- 109	21	906*	- 81	11	1598	+ 64
28	913*	- 34	27	906*	- 64	14	842	+ 1
28	695*	- 84	27	524*	+ 07	14	911*	- 87
29	908*	- 33	12 06	915*	- 37	14	1650*	+ 41
29	908*	- 56	12	908*	+ 64	21	1598	+ 95
29	913*	- 130	17	87*	- 22	22	395*	- 32
31	908*	- 53	17	915*	+ 16	22	1650*	+ 42
31	908*	- 60	17	908*	+ 13	22	1642*	+ 7
01 02	908*	+ 92				22	842	- 27
01	695*	+ 5				23	395*	- 67
01	913*	- 93	19 06	915*	+ 3	23	1650*	+ 36
05	N 22*	+ 20	19	908*	- 54	29	1598	+ 44
05	N 22*	\pm 0	19	908*	- 67	29	395*	- 62
25	1494*	- 47	19	908*	- 61			
25	N 22*	- 39	25	87*	- 125	06 11	842	+ 5
			25	915*	- 17	06	1614	+ 150
			25	908*	- 13	07	1650*	- 30
			26	87*	- 111	21	1524	- 19
26 02	1494*	- 85	01 08	912*	+ 67	22	1022	- 61
26	N 22*	- 7	01	1638*	+ 28	22	65	+ 47
27	1494*	- 40				23	123	+ 54
27	N 22*	- 178				23	1111	+ 35
27	N 22*	- 145	05 08	912*	- 5			
27	N 22*	- 125	19	1494*	+ 41			
01 03	N 22*	+ 7	19	1494*	+ 88			
01	N 22*	- 35	21	1494*	- 38	1964		
28	1578*	- 14	23	1494*	+ 37	08 01	1645*	- 5
28	913*	+ 46	23	1494*	- 57	23	194	- 15
			26	1480	- 3	23	246	+ 7
			26	1494*	+ 50	04 02	194	- 62
01 04	911*	+ 6	13 09	800	+ 86	07	154	- 43
02	915*	- 27	13	1580	+ 138	07	194	- 70
02	915*	- 60				07	913*	- 75
02	911*	- 17				07	246	- 48
02	911*	- 44	17 09	N 22*	- 66	07	1170	- 28
03	915*	- 51	21	N 22*	- 26	10	289	- 88
03	912*	+ 32	21	N 22*	+ 14	10	1181	- 12
08	911*	+ 9	23	772	+ 79	10	204	- 9
29	390*	- 62	23	1648*	- 27	10	1181	- 66
29	1650*	- 36	26	1648*	- 15	12	N 22*	- 79
			27	N 22*	- 42			
			27	1648*	+ 4			
			28	N 22*	- 27			
30 04	395*	- 37	28	772	+ 3	02 03	289	- 4
30	1642*	- 70	28	800	+ 15	02	304	- 111
06 05	1642*	+ 12	28	1648*	- 31	02	N 22*	- 40
07	395*	\pm 0	28	1648*	- 78	02	N 22*	- 47
07	1650*	\pm 0	05 10	N 22*	- 126	10	N 22*	- 92
08	395*	+ 47	05	772	+ 157	10	1181	+ 79
08	1650*	- 99	07	772	+ 13	13	N 22*	- 81
08	1650*	- 92	07	1648*	+ 13	13	1181	+ 60
17	524*	- 19	08	772	- 17	23	N 22*	- 46
17	524*	- 33	08	1648*	- 105			

TABELLA IV - (cont.)

Data	FK4	ΔA	Data	FK4	ΔA	Data	FK4	ΔA
1964			1965			1965		
23 03	334	- 48	21 01	194	+ 69	06 09	1480	+ 48
23	911*	- 85	21	913*	+ 26	06	1494*	- 8
08 04	1250	+ 34	22	913*	+ 12	07	1480	+ 56
10	915*	- 84	25	194	- 79	07	1480	+ 69
10	1240*	- 34	25	913*	- 24	07	1494*	+ 45
10	1274	- 15	25	246	+ 67	07	1511	+ 77
13	1297	- 61				13	1494	+ 90
14	395*	- 52	03 02	154	+ 31	13	1494	+ 70
14	395*	- 32	03	913*	- 12	13	1524	+ 29
			03	194*	+ 25	17	772	+ 39
01 07	1644*	+ 43	08	913*	- 71	17	772	+ 58
01	585	+ 11	09	908	+ 45	17	800	+ 68
02	1644*	- 41	09	194	- 31	17	1648*	+ 66
02	585	+ 95	09	913*	- 1	20	N 22*	- 8
07	605	+ 32	29 03	911*	+ 43	20	N 22*	- 15
13	1433	+ 57				20	772	+ 70
14	1433	+ 83	09 04	1578	+ 5	20	800	+ 66
23	912*	+ 55	09	911*	+ 52	20	1648*	- 43
23	695*	- 21	12	395*	+ 22	21	N 22*	- 90
			16	395*	- 23	21	772	+ 35
07 09	1524	- 164	16	395*	- 23	21	800	+ 71
08	1524	+ 85	16	395*	- 23	21	1648*	- 21
09	1639*	- 34	16	1650*	- 6	24	N 22*	+ 7
29	772	+ 103	27	395*	+ 35	24	772	+ 77
05 10	N 22*	- 7	27	1650*	- 32	24	800	+ 90
06	N 22*	- 42	27	1650*	- 46	24	1648*	- 38
06	800	+ 134	30	395*	+ 17			
14	772	+ 98	03 05	1650*	+ 48	25 10	1644*	+ 24
14	1648*	+ 68	03	1297	- 11	26	1644*	- 56
20	842	+ 83	03	1650*	- 19	15 11	1010	+ 57
20	1598	+ 112	03	1650*	- 25	15	65	+ 30
20	1650*	- 8	12	1650*	+ 97	03 12	1037	+ 67
21	1598	+ 76	12	1650*	+ 71	03	65	+ 12
						03	524*	- 49
02 11	842	+ 38	15 06	87*	- 75	10	1037	+ 26
02	1650*	+ 78	15	908*	- 30	10	524*	+ 19
04 12	N 1*	+ 17	18	87*	- 55	10	524*	+ 19
04	1643*	+ 97	18	87*	- 49	13	107*	+ 38
29	1646*	- 1	06 07	1644*	- 31	13	123*	+ 83
29	524*	- 20	06	1644*	- 11	13	111	- 3
			08	605	+ 19			
1965			12	633	+ 62			
04 01	1635*	- 43	12	695*	+ 70			
05	1645*	- 24	13	633	+ 119			
			26	1480	+ 79			
			27	1480	- 9			

Riteniamo a questo proposito che solo procedimenti analitici, come quelli utilizzati in questa ricerca, applicati statisticamente ad un materiale di osservazione convenientemente esteso, possano portare alla determinazione di correzioni degli azimut osservati sufficientemente rigorose.

Per ciò che concerne la omogeneizzazione dei vari gruppi di azimut osservati, a causa di variazioni di azimut dipendenti dagli errori di catalogo non individuali, o da cause locali esterne, l'applicazione di un *metodo a catena* come quello proposto da P. J. Melchior può risultare notevolmente efficace, anche per le applicazioni teoriche (8).

Naturalmente la scelta di un'opportuno programma di osservazione deve stare alla base di qualsiasi ricerca di questo tipo. L'analisi critica delle passate osservazioni di azimut ha permesso di trarre, a nostro avviso, utili indicazioni per migliorare notevolmente le osservazioni stesse utilizzando per la determinazione di azimut *stelle equatoriali*.

La migliore precisione nella conoscenza delle posizioni di stelle equatoriali e la possibilità di osservare un grande numero di queste stelle permette, entro latitudini comprese fra 30° e 60° di ridurre notevolmente gli errori delle osservazioni astronomiche, quando si impiegano strumenti meridiani fissi.

Inoltre anche se, come pare (10), l'impiego di mire meridiane poste a distanze relativamente lunghe non sembrano diminuire proporzionalmente l'influenza degli errori accidentali di osservazione, queste ultime possono tuttavia ridurre l'effetto delle variazioni sistematiche della direzione della mira a lungo periodo.

È da tenere presente che nelle determinazioni di azimut assoluti è possibile impiegare *uno stesso programma stellare* per un tempo indeterminato.

Sembra quindi attualmente possibile ed utile abbinare, per lo studio del moto del polo e della sua variazione secolare, alle osservazioni di latitudine anche quelle di tempo e di azimut.

È importante sottolineare il fatto che utilizzando una coppia di stazioni il problema dello studio del moto del polo risulta teoricamente determinato.

Nel caso più generale, osservazioni di tempo e di azimut o di latitudine, condotte da due stazioni poste a distanza di circa 90° , fornirebbero utile materiale per la soluzione di questi problemi.

Notiamo incidentalmente che per l'impiego di un medesimo programma stellare di osservazione di latitudini è necessario che le due stazioni si trovino (a meno di qualche minuto d'arco) sullo stesso parallelo, mentre per le determinazioni di tempo le due stazioni possono invece differire anche di parecchi gradi di latitudine.

Nessuna condizione è infine posta per la coppia di stazioni che effettuano osservazioni di azimut.

Sotto questo aspetto le osservazioni di *tempo e di azimut offrono quindi maggior possibilità* che non le osservazioni di latitudine, soprattutto per lo studio del moto secolare del polo.

In questo quadro sarebbe quindi auspicabile per lo studio del moto del polo:

(a) che presso un grande numero di Osservatori astronomici vengano con-

dotte contemporaneamente osservazioni di latitudine, di tempo e di azimut assoluto con strumenti e programmi appropriati.

L'Osservatorio di Milano effettua dal 1961 queste osservazioni.

(b) Che, sia per le osservazioni di latitudine che per quelle di tempo e di azimut, le stazioni libere interessate si accoppiassero tra loro in modo che ciascuna coppia risulti separata in longitudine di circa 90° .

In tal modo per ciascuna coppia di stazioni sarebbero verificate le condizioni di optimum per la determinazione delle coordinate istantanee del polo.

BIBLIOGRAFIA

- (1) STOYKO A., *Comp. rend Acad. Sc.*, t. 242, 1956.
- (2) GUINOT B., « *Complementary report* » del B.I.H., Comm. 31 I.A.U., Praga 1967.
- (3) SOKOLOV A., *Astron. Nachr.* N. 1366, 1893.
- (4) STROOBANT P., *Ann. Astron. Obs. R. de Belg. Bruxelles*, 1904.
- (5) ABOLD W. K., *AJ USSR*, XXV, 5, 1947.
- (5) ABOLD W. K., *AJ USSR*, XXIV, 1, 1947.
- (6) MELCHIOR P. J., *Comm. Obs. R. de Belg.*, N. 50, 1952.
- (7) MELCHIOR P. J., *Mon. Obs. R. de Belg.* N. 3, 1954.
- (8) MELCHIOR P. J., *Rapport a l'Ass. Int. de Geod.* (U.G.G.I.), Rome, 1964.
- (9) POPOV N. S., *Trydj 14-j Astrom. Konf. SSSR*, 1959.
- (10) TZAPOVA A. P., *Izmenyaemost' shirot* (Seriya « *Astronomiya i astrofizika* »), 1957.
- (11) *Bull. Geod.* N° 38 (4), 1955.
- (12) PROVERBIO E., *Comm. Ital. Comm. Inter. Geof., Pubb. « 1GC »*, N. 39, 1965.
- (13) PROVERBIO E., *Mem. S.A.I.t.*, Vol. XXIX (4), 1958.
- (14) PROVERBIO E., CHLISTOVSKY F., *Mem. S.A.I.t.*, XXXVII (2), 1966.

