

La Storia: Finzione o Scienza?

C R O N O L O G I A

3

di Anatoly T. Fomenko

testo tradotto liberamente in italiano dal CESARE Claudio dell'Orda

PARTE 1

La datazione dell'Almagesto

di A. T. Fomenko, V. V. Kalashnikov,
G. V. Nosovskij

I tentativi senza successo di datare l'*Almagesto*. I motivi dei fallimenti. Il nostro nuovo approccio e un breve resoconto dei nostri risultati.

1. Il tentativo di datare l'*Almagesto* attraverso il confronto con i cataloghi calcolati che riflettono il moto delle stelle più veloci.

1.1. Il confronto tra il catalogo dell'*Almagesto* e i cataloghi calcolati.

Nel Capitolo 1 abbiamo descritto l'algoritmo per ricalcolare le posizioni moderne degli oggetti celesti indietro "nel passato". Quindi, ciò che abbiamo a disposizione al momento è il catalogo dell'*Almagesto* compilato nelle coordinate dell'eclittica in un'epoca sconosciuta t_A e l'insieme $\{K(t)\}$ dei cataloghi stellari calcolati. Riflettono la situazione effettiva sulla sfera celeste che abbiamo calcolato per un determinato momento t . Proviamo a determinare il valore desiderato della data t_A , ossia l'epoca in cui fu compilato il catalogo dell'*Almagesto*. Inizieremo con la seguente idea che sembra abbastanza semplice e proveremo a confrontare le posizioni delle singole stelle dell'*Almagesto* con le loro posizioni nei cataloghi calcolati $K(t)$; dopodiché cercheremo di selezionare il valore t^* per la valutazione della data t_A , in modo che i dati dell'*Almagesto* corrispondano nel miglior modo possibile a quelli contenuti nel catalogo $K(t^*)$.

Ci asterremo dall'entrare nei dettagli sui criteri di qualità di quel genere di corrispondenze e ci limiteremo semplicemente a definire il significato di "confrontare l'*Almagesto* al catalogo $K(t)$ con un dato valore t ". Quello che implica è selezionare le stesse coordinate dal catalogo $K(t)$ e dall'*Almagesto*. Il confronto in questione fa sì che l'anno t serva per la presunta datazione delle osservazioni su cui si basa il catalogo dell'*Almagesto*. Pertanto, al fine di confrontare le coordinate delle stelle dell'*Almagesto* con le rispettive coordinate nel catalogo calcolato, si deve impostare l'eclittica dell'*Almagesto* sullo stesso piano dell'eclittica del catalogo calcolato $K(t)$.

Tuttavia, questa sovrapposizione consentirà solo un confronto latitudinale, mentre noi abbiamo bisogno di confrontare anche le longitudini stellari. In altre parole, dovremo sovrapporre l'atlante stellare dell'*Almagesto* su quello vero per l'epoca t , supponendo che t sia il tempo effettivo di quando l'autore dell'*Almagesto* eseguì le sue osservazioni. Perciò bisogna segnare il punto dell'equinozio primaverile per l'epoca t sull'eclittica dell'*Almagesto*. Questo punto dovrà essere selezionato in modo tale che la media degli errori relativi alla longitudine per le stelle zodiacali dell'*Almagesto* sia uguale a zero. Tenete presente che per il nostro confronto con la longitudine delle stelle rilevanti nel catalogo $K(t)$, stiamo usando la tabella delle identificazioni tradizionali delle stelle dell'*Almagesto* con la moderna carta astrale riportata in [1339]. Non è un compito formidabile selezionare il punto dell'equinozio. Come è noto (vedere [1040] e [1339]) $t = 18,4$ ossia corrisponde all'arco o segno dell'Ariete sull'eclittica dell'*Almagesto* per il 60 d.C., muovendosi alla velocità di circa 49,8" per ogni anno t , ovvero la velocità di precessione.

Non possiamo eludere del tutto gli errori, nella nostra scelta del punto dell'equinozio primaverile sull'eclittica dell'*Almagesto* con il metodo sopra indicato, che è statisticamente ottimale. La sua completa evasione sarebbe raggiunta se noi confrontassimo semplicemente le latitudini stellari

senza prendere in considerazione le longitudini. Questo è ciò che faremo di seguito, nei Capitoli 3-5. Analizzeremo separatamente le latitudini e le longitudini. Le considerazioni riportate in questo paragrafo sono di carattere preliminare.

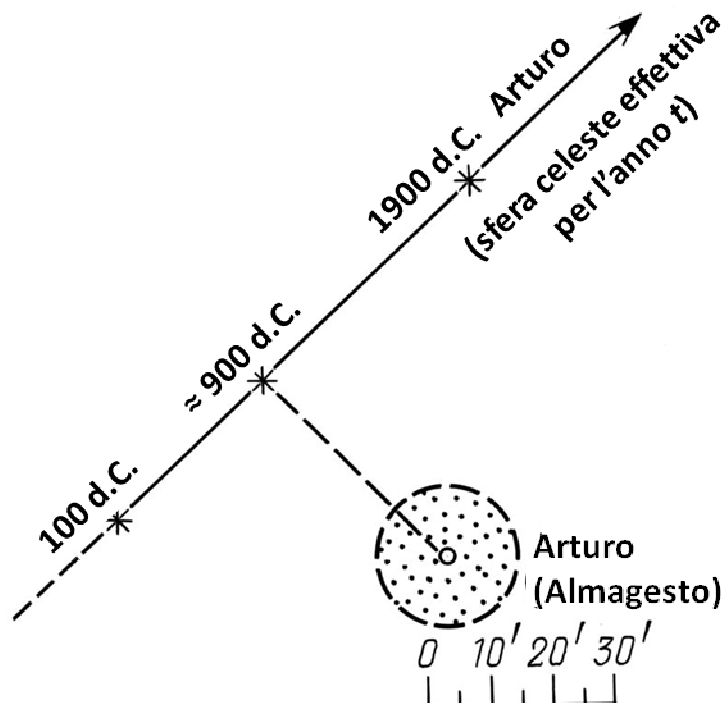


Figura 3.1. Il moto della vera stella Arturo rispetto alla sua posizione specificata nell'Almagesto. Questo grafico non spiega l'errore sistematico commesso da Tolomeo, né lo compensa.

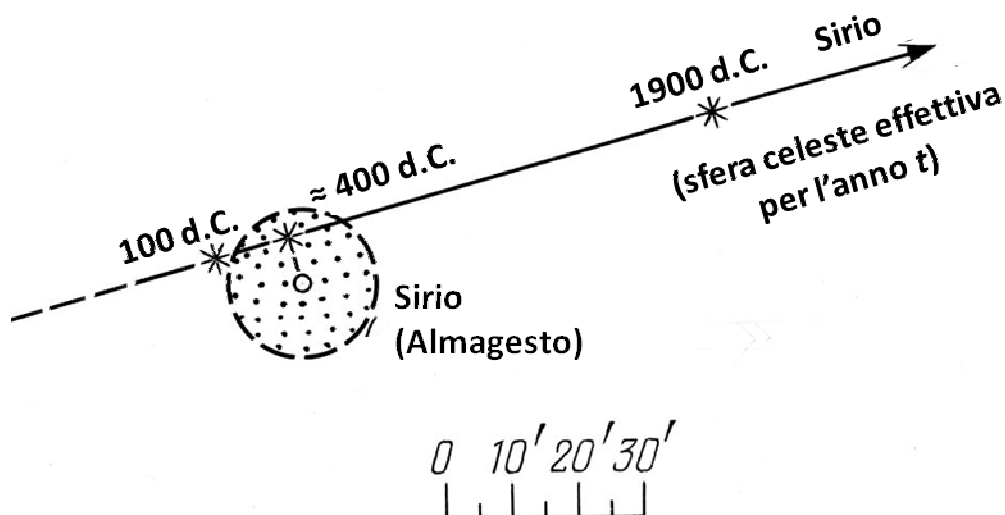


Figura 3.2. Il moto della vera stella Sirio rispetto alla sua posizione specificata nell'Almagesto. Questo grafico non spiega l'errore sistematico commesso da Tolomeo, né lo compensa.

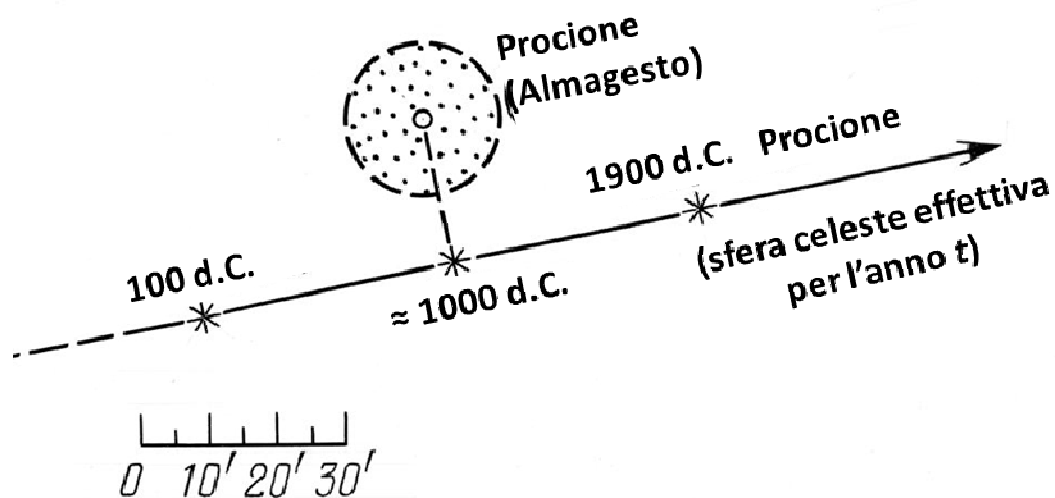


Figura 3.3. Il moto della vera stella Procione rispetto alla sua posizione specificata nell'*Almagesto*. Questo grafico non spiega l'errore sistematico commesso da Tolomeo, né lo compensa.

1.2. Il tentativo di datare il catalogo dell'*Almagesto* con i moti propri delle singole stelle.

Per il confronto scegliamo le nove delle stelle più veloci indicate nell'*Almagesto* secondo [1339]. Si tratta delle stelle la cui velocità di moto proprio supera 1" all'anno. L'elenco è il seguente:

- α Cent (969) - 4.08" all'anno,
- σ^2 Eri (779) - 3,68" all'anno,
- α Boo (110) = Arturo - 2.28" all'anno,
- τ Cet (732) - 1,92" all'anno,
- α CMa (818) = Sirio - 1.33" all'anno,
- γ Ser (265) - 1,32" all'anno,
- ι Per (196) - 1,27" all'anno,
- α CMi (848) = Procione - 1.25" all'anno,
- η Cas (180) - 1.22" all'anno.

Tutte queste stelle sono contenute nell'*Almagesto* in conformità alle identificazioni tradizionali ([1339]). I numeri dati a loro da Bailey nella numerazione seriale dell'*Almagesto*, sono tra parentesi. Rappresentiamo ciascuna di queste stelle dell'*Almagesto* come un cerchio senza ombreggiature, vedere le **Figure** dalla 3.1 alla 3.8. Abbiamo deciso di omettere α Centauri, dal momento che le coordinate di questa stella che si trova lontano a sud, nell'*Almagesto* vengono date con un gigantesco errore di 8 gradi. Nella **Figura 3.4**, a parte la stella 779 dell'*Almagesto*, si possono anche vedere le stelle vicine 778 e 780 e le traiettorie delle stelle reali numerate 1332, 1362 e 1363 nel catalogo ([1197]). Per cui, rimangono otto stelle. Ora consideriamo le piccole aree limitrofe di ognuna di queste otto stelle nell'atlante stellare di Tolomeo. Utilizzeremo le coordinate stellari indicate nell'*Almagesto*. Ognuna di queste aree contiene una delle otto stelle veloci elencate sopra. Inoltre, condividiamo l'opinione di [1339] che Tolomeo osservò effettivamente tutte le otto stelle e che queste sono davvero presenti nel suo catalogo.

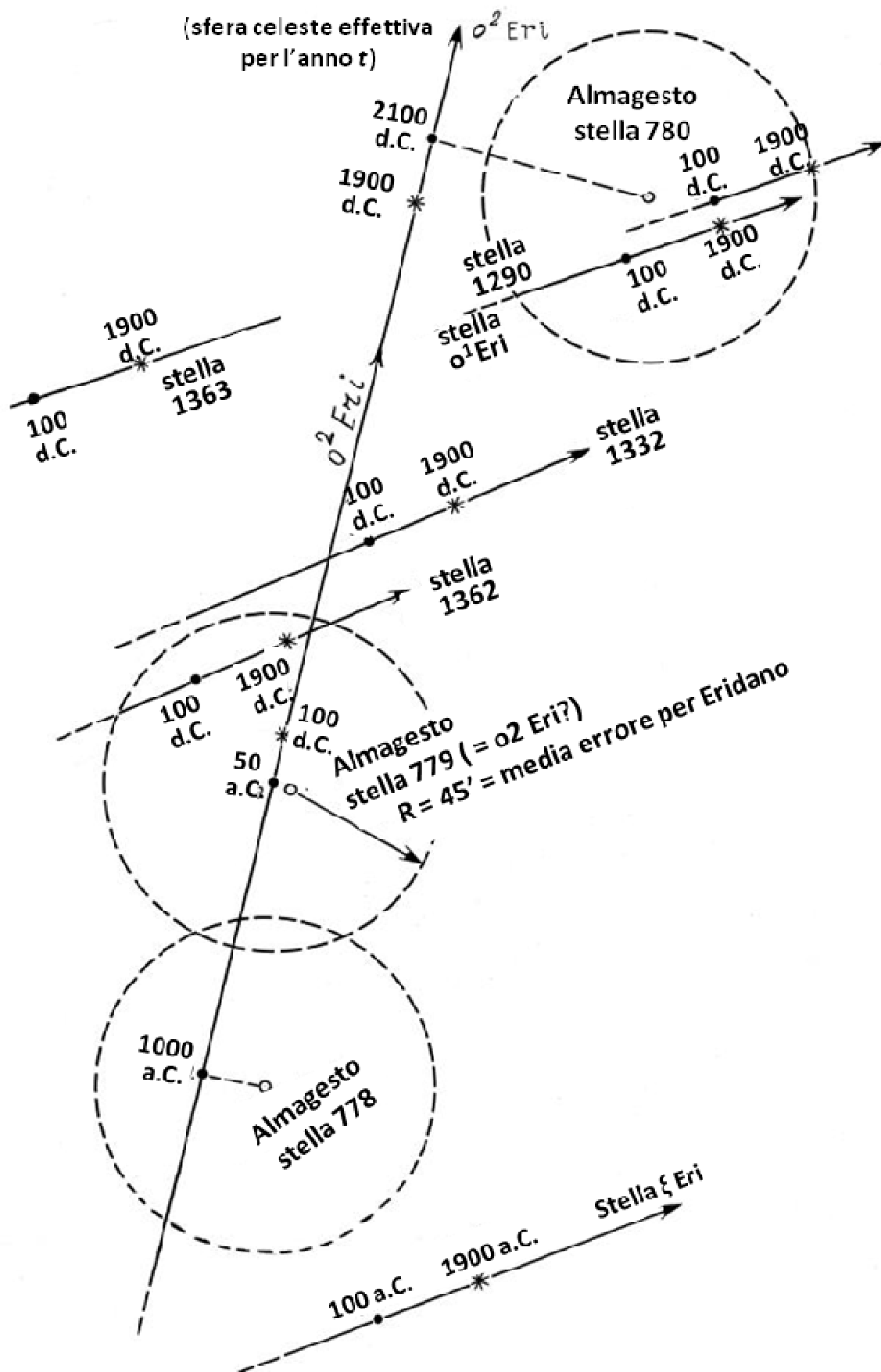


Figura 3.4. Il moto delle vere stelle α^2 Eri ed ξ Eri rispetto ai dati dell'Almagesto. Questo grafico non spiega l'errore sistematico commesso da Tolomeo, né lo compensa. I numeri delle stelle sono stati presi da un catalogo moderno ([1197]).

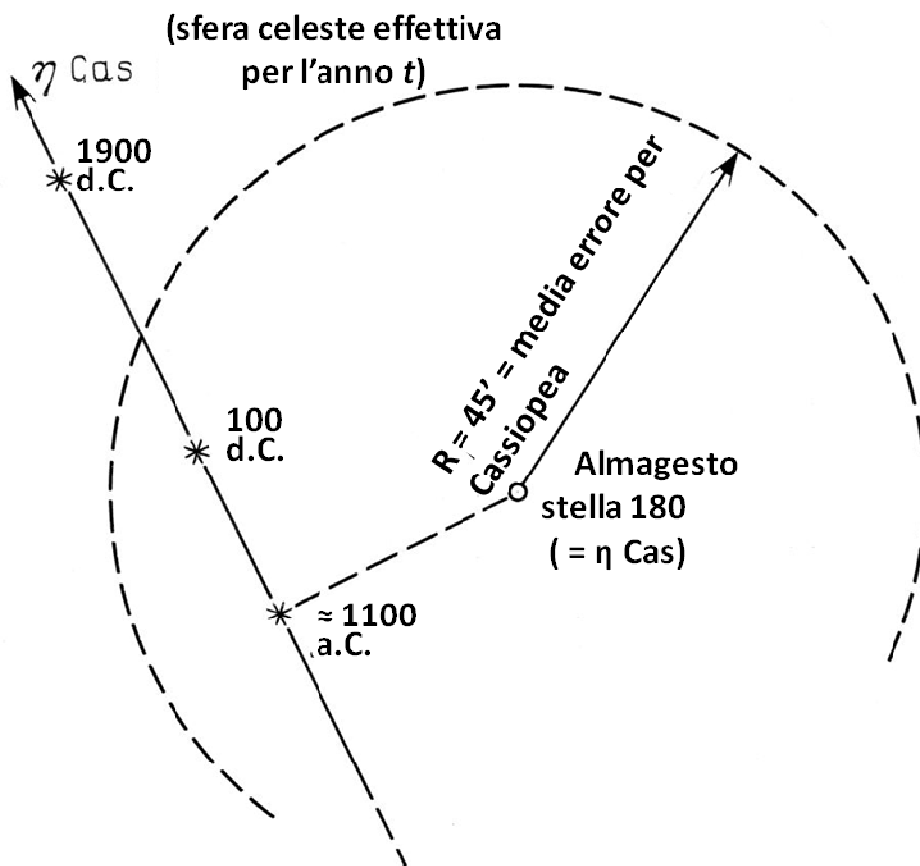


Figura 3.5. Il moto della vera stella η Cas rispetto alla sua posizione specificata nell'Almagesto. Questo grafico non spiega l'errore sistematico commesso da Tolomeo, né lo compensa.

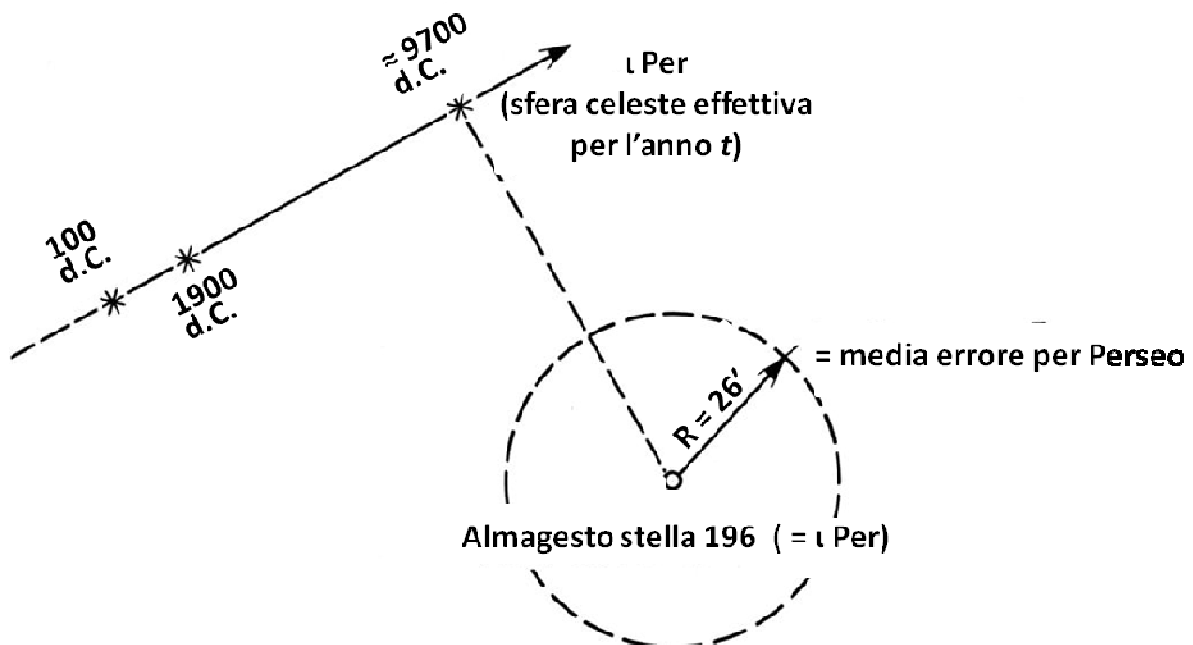


Figura 3.6. Il moto della vera stella ι Per rispetto alla sua posizione specificata nell'Almagesto. Questo grafico non spiega l'errore sistematico commesso da Tolomeo, né lo compensa.

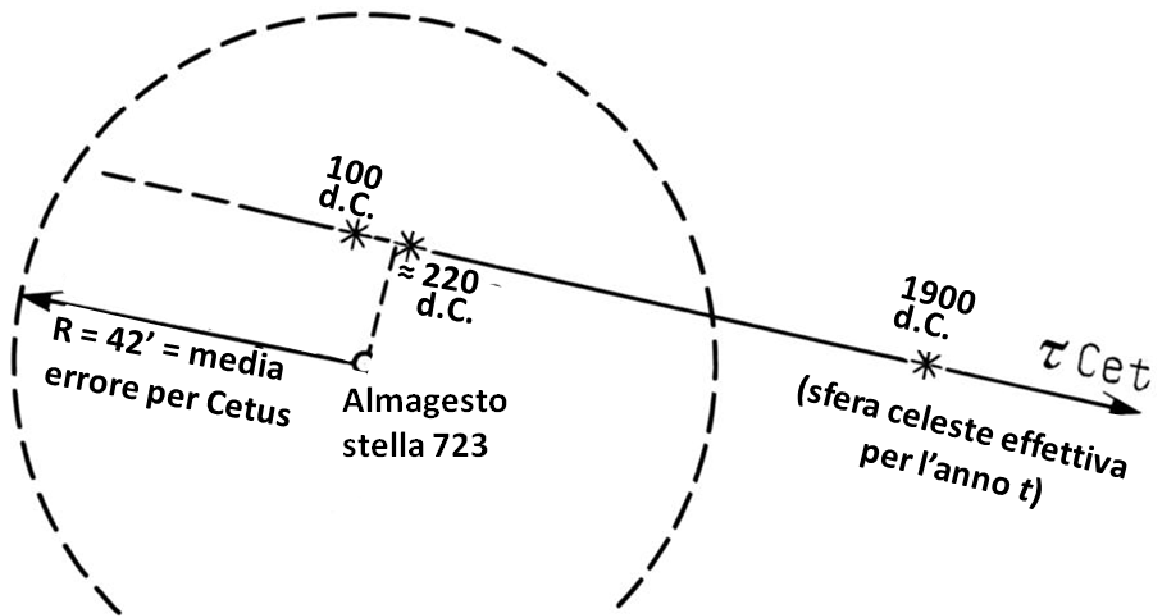


Figura 3.7. Il moto della vera stella τ Cet rispetto alla sua posizione specificata nell'Almagesto. Questo grafico non spiega l'errore sistematico commesso da Tolomeo, né lo compensa.

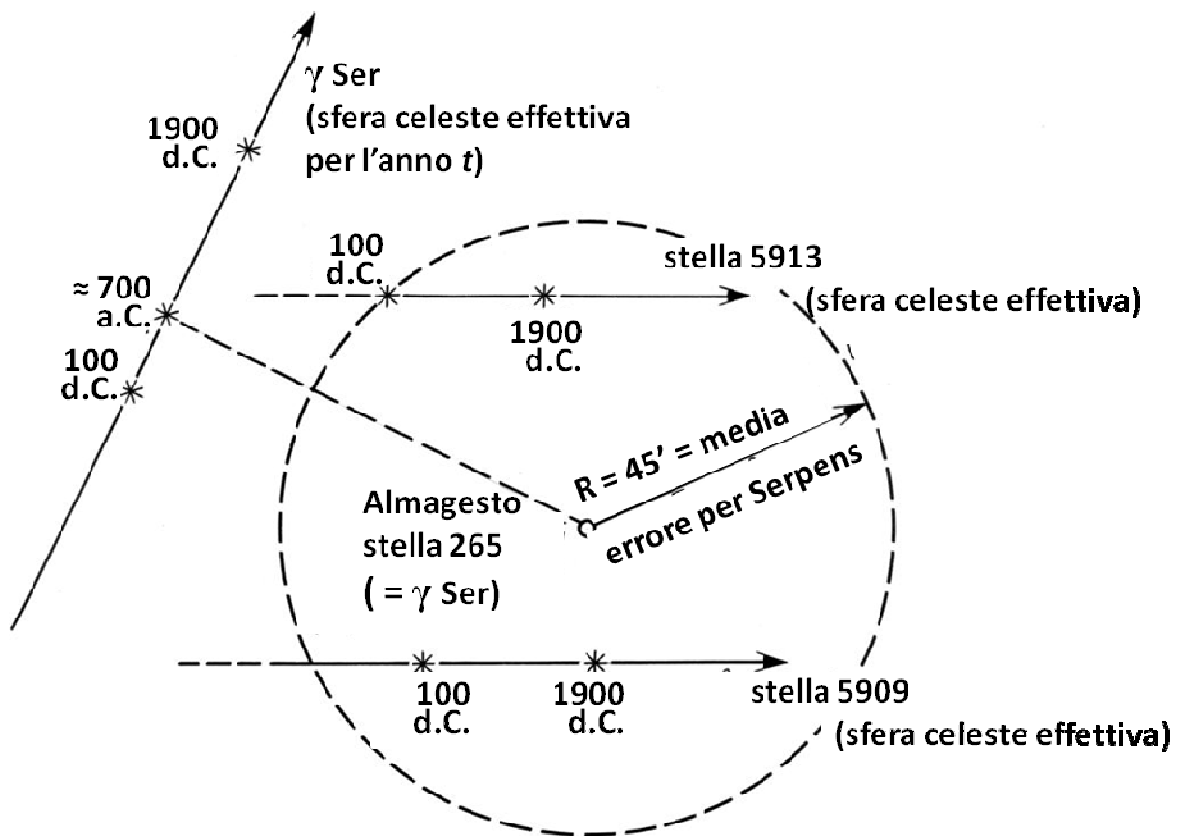


Figura 3.8. Il moto della vera stella γ Ser rispetto alla sua posizione specificata nell'Almagesto. Questo grafico non spiega l'errore sistematico commesso da Tolomeo, né lo compensa. I numeri delle stelle sono stati presi da un catalogo moderno ([1197]).

Ora sovrapponiamo l'atlante stellare compilato dal catalogo calcolato $K(t)$, che riflette lo stato della vera sfera celeste per l'epoca t , sull'atlante stellare di Tolomeo compilato dall'*Almagesto*; utilizzeremo il metodo sopra descritto ed eseguiremo questa procedura per ogni epoca t . Ora disegneremo le nostre otto stelle veloci in mezzo alle stelle dell'*Almagesto*.

Il metodo per la sovrapposizione dell'atlante calcolato $K(t)$ sull'atlante di Tolomeo, dipende dalla scelta dell'epoca t . Inoltre, ciascuna delle otto stelle veloci cambia posizione in relazione alle altre stelle prese dal catalogo calcolato $K(t)$ con un'alterazione di t . Quindi, il modo in cui queste stelle saranno rappresentate sull'atlante di Tolomeo dipenderà anche dall'epoca t . Mostreremo anche le otto nuove traiettorie sull'atlante di Tolomeo che corrispondono allo spostamento delle nostre otto stelle veloci dopo l'alterazione di t . Queste traiettorie si possono vedere nelle **Figure** dalla **3.1** alla **3.8**. Sottolineiamo che non stiamo ancora tenendo conto dell'errore sistematico nelle posizioni stellari, che abbiamo scoperto fu fatto dal compilatore dell'*Almagesto*. Più avanti descriveremo dettagliatamente la storia di questo errore.

Quali sono i periodi t che stiamo prendendo in considerazione, ora che le vere stelle veloci sono molto vicine a come furono rappresentate sull'atlante di Tolomeo?

In linea generale, questi momenti variano da stella a stella. Per le otto stelle sopra elencate, li segneremo con t_1, t_2, \dots, t_8 . Se si dovesse scoprire che tutti i valori di t_i ($1 \leq i \leq 8$), o che almeno molti di loro si rivelassero essere vicini l'uno all'altro, così come il valore medio di t^* , questo sarebbe un forte argomento a favore della teoria che il periodo effettivo delle osservazioni dell'autore dell'*Almagesto* è prossimo a t^* .

Tuttavia, non sembra proprio essere il caso. Infatti, i valori t_i sono stati sparsi caoticamente nell'intervallo temporale $-70 \leq t \leq 30$, ovvero il 1000 a.C. - 9000 d.C.! Lo spettro è davvero troppo grande. Abbiamo riportato i risultati nella TABELLA 3.1 per renderli più illustrativi. Il fatto che le singole datazioni siano state distribuite in tutto questo enorme arco temporale, non è affatto una sorpresa. La questione è che ciascuna delle otto stelle messe a confronto è stata rappresentata nell'*Almagesto* con un errore piuttosto grave.

L'idea di una possibile percentuale di questo errore per una singola stella può essere ottenuta dalla declinazione media dell'arco nella costellazione di cui fa parte la stella in questione. Tramite la declinazione dell'arco riusciamo a comprendere il divario tra la posizione della stella nell'*Almagesto* e la sua vera posizione calcolata. A rigor di termini, l'errore medio indicato dipende dalla presunta datazione dell'*Almagesto*, per esempio a causa dei veri moti delle stelle. Tuttavia, sulla sfera celeste le stelle sono per la maggior parte quasi immobili. Sembra che la percentuale di questo errore medio dipenda solo marginalmente dall'epoca in cui furono calcolate le coordinate stellari. Il livello di precisione che ci interessa, ci permette di ignorare questa dipendenza.

Per poter calcolare la percentuale media dell'errore, abbiamo usato la tabella di confronto che contiene le posizioni delle stelle nell'*Almagesto*, insieme al loro vere posizioni per il 130 a.C. che abbiamo trovato nel lavoro di Peters e Knobel ([1339]), cioè quelle calcolate per l'epoca del "antico" Ipparco. Disegniamo il "cerchio di precisione" attorno al punto che rappresenta una delle stelle veloci dell'*Almagesto*, il cui raggio sarà uguale al tasso medio dell'errore per la costellazione che contiene la stella in questione, vedere le **Figure** dalla **3.4** alla **3.8**. La proiezione di questo cerchio sulla traiettoria della stella calcolata che riflette il moto di una stella veloce effettiva attraverso la sfera celeste, ci darà un'idea della possibile percentuale di errore pertinente alla datazione individuale t_i della stella in questione rispetto alla data reale della compilazione del catalogo. Vogliamo inoltre sottolineare che gli errori di misurazione di una singola stella di cui non sappiamo nulla, possono differire drasticamente dalla percentuale media dell'errore. Il raggio del "cerchio di precisione" per Arturo, Procione, Sirio e le altre stelle denominate fu scelto pari a $10'$, ovvero il valore della scala graduata del catalogo dell'*Almagesto*. Vedere le **Figure** **3.1**, **3.2** e **3.3**.

TABELLA 3.1. <i>Le datazioni approssimative del catalogo dell'Almagesto per i moti propri delle otto stelle più veloci osservabili ad occhio nudo.</i>		
<i>Nome della stella</i>	<i>Le datazioni vicine all'epoca di osservazione della stella nell'Almagesto</i>	<i>La distanza minima per le stelle dell'Almagesto.</i>
Arturo = α Boo	900 d.C.	40'
Sirio = α CMa	400 d.C.	10'
Procione = α CMi	1000 d.C.	20'
σ^2 Eri	50 d.C.	5'
η Cas	1100 a.C.	40'
ι Per	9700 d.C.	70'
τ Cet	220 d.C.	15'
γ Ser	700 d.C.	80'

1.3. Perché la datazione dell'*Almagesto* attraverso i moti delle singole stelle ci ha dato dei risultati non affidabili?

La domanda che sorge inevitabilmente a questo proposito è se i risultati ottenuti con l'uso di una più delle otto stelle sopra elencate sono affidabili. In tal caso, sarà questa la stella o le stelle che dovremo usare allo scopo di valutare e datare la ricerca di Tolomeo, rifiutando così tutti quei dati che si basano su quelle stelle che non sono abbastanza affidabili? E' una cosa ovvia usare quelle stelle le cui coordinate sono le più corrette nell'*Almagesto*. Ma come si scelgono?

In alcune opere fu suggerito di valutare la precisione delle misurazioni di Tolomeo per ciascuna delle stelle in questione, basando il nostro giudizio sull'arco di discrepanza calcolato per una data stella, in altre parole l'ultima colonna della tabella riportata. Ad esempio, l'implicazione sarebbe che le coordinate della stella σ^2 Eri furono misurate da Tolomeo con una precisione di 5', mentre quelle di Arturo con una precisione di 40'. Questo è esattamente ciò che fecero gli autori di [273] Y. N. Yefremov e Y. D. Pavlovskaya. Cercarono di datare l'*Almagesto* per mezzo dei moti propri e lavorarono nello specifico con lo stesso elenco di 9 stelle. Questo approccio produsse una datazione che si avvicinava a quella di Scaligero: il 50 a.C., vedere la TABELLA 3.1. Valutare la possibilità che questa datazione sia errata è un problema separato che considereremo di seguito. Facendo un breve salto in avanti, vi diremo semplicemente che in [273] il possibile tasso di errore del metodo di Yefremov e Pavlovskaya è stato valutato come perfettamente irrealistico.

Questo approccio ci porta immediatamente alla seguente serie di domande. La prima riguarda l'assurda situazione in cui tutte e tre le stelle di prima magnitudine tra le nove, vale a dire Arturo, Sirio e Procione (quelle che nel catalogo hanno un nome proprio) sono state misurate da Tolomeo molto grossolanamente, con tassi di errore che si avvicinavano a un grado intero. Eppure la stella σ^2 Eri che è fioca e poco visibile, per qualche motivo venne misurata con la massima precisione e con una discrepanza pari a soli 5'! Vi spieghiamo che secondo le misurazioni moderne, la magnitudine di questa stella è pari solo a 4,5, il che significa che è molto fioca.

Tutto ciò è davvero molto bizzarro. Quelle stelle luminose e famose come Arturo, Procione, Regolo e Spiga, sono state usate da Tolomeo nella sua ricerca come dei punti di controllo, o perlomeno le loro coordinate furono misurate con la massima cura e precisione. La loro eccezionale importanza per l'antica astronomia si riflette nel fatto che nell'*Almagesto* hanno un nome proprio. Ci sono anche dei paragrafi speciali dell'*Almagesto* che si occupano delle misurazioni di alcune di loro. Pertanto,

la precisione di calcolo delle loro coordinate deve essere stata davvero molto elevata (vedi [968], ad esempio). Allo stesso tempo, non c'è niente di rilevante sulla stella α^2 Eri. Non si riesce a distinguerla dalle stelle che la circondano, essendo anch'esse molto fioche.

Inoltre, la stella tradizionalmente associata a α^2 Eri viene semplicemente descritta nell'*Almagesto* come una “stella media”. Pertanto, dopo aver dato un'occhiata alla **Figura 3.4**, siamo giustificati a porci un'altra domanda perplessa. Perché la stella 779 dell'*Almagesto* potrebbe essere identificata con α^2 Eri? È perfettamente chiaro che questa è una conclusione a cui si può arrivare solo nel caso in cui le coordinate della vera stella α^2 Eri e quelle della stella 779 dell'*Almagesto* siano correlate tra loro in modo ottimale: ad esempio, meglio di quelle tra α^2 Eri e la stella 778. Tuttavia, a causa della velocità significativa del moto proprio di α^2 Eri, ciò implica chiaramente che la sua identificazione con qualsiasi stella dell'*Almagesto*, dipende considerevolmente dall'epoca in cui dateremo l'*Almagesto*.

Ad esempio, se sapessimo che l'*Almagesto* fu scritto nel 1000 a.C., potremmo identificare α^2 Eri con la stella 778 dell'*Almagesto* e quindi “datare” con successo l'opera all'anno 1000 a.C., a giudicare dalla minima distanza possibile tra α^2 Eri e la stella 778, che servirebbe da “prova del fuoco” per la nostra datazione a priori.

A proposito, questa identificazione crea una concorrenza tra le coordinate di α^2 Eri e l'*Almagesto*, persino meglio della versione tradizionale, come si vede chiaramente nella **Figura 3.4**. Per esempio, se ipotizzassimo che l'*Almagesto* fu scritto nel 1500 d.C., ovvero nel XVI secolo, potremmo identificare la stella α^2 Eri con la stella 780 dell'*Almagesto* e datarla alla fine del Medioevo o persino in una “epoca futura”, vedere la **Figura 3.4**.

È ovvio che le riflessioni di questo tipo portano a un circolo vizioso. La datazione delle osservazioni basate sul moto proprio della stella necessita dell'identificazione affidabile di detta stella come contenuta nell'*Almagesto*, indipendentemente dalla sua presunta datazione.

Tuttavia, anche se dovessimo trascurare α^2 Eri, non potremmo comunque utilizzare le restanti otto stelle veloci per una datazione sicura. La dispersione delle datazioni è troppo grande per tutte le stelle differenti. Persino le datazioni fatte con le stelle di prima magnitudine tra le otto stelle in fase di studio (Arturo, Procione e Sirio) sono sparse nell'arco di 600 anni, tra il 400 d.C. e 1000 d.C., vedi la TABELLA 3.1.

Inoltre, non bisogna dimenticarsi che le datazioni dedotte in quel modo (900 d.C. per Arturo) rappresentano solo i momenti in cui le posizioni reali delle stelle sono molto vicine a quelle fornite nel catalogo dell'*Almagesto*.

Inoltre, è necessario specificare gli intervalli di tempo che circondano queste datazioni, i cui valori di deviazione rientrerebbero in un intervallo conforme ai requisiti di precisione.

La gravità della situazione è così grande che se usassimo i valori medi per valutare quanto precisamente sono state misurate le stelle nell'*Almagesto*, commetteremo un errore a priori, in quanto non sappiamo nulla dei singoli errori commessi da Tolomeo nella misurazione delle stelle in questione.

Formuliamo il seguente corollario:

1. Ai fini della datazione, prima di poter usare le coordinate di una stella separata come indicate nell'*Almagesto*, bisogna assicurarsi che l'identificazione della stella in questione come una stella osservata sull'odierna sfera celeste, non dipenda da una presunta datazione dell'*Almagesto*, poiché ci condurrebbe di nuovo a un circolo vizioso.

2. Persino per le stelle più veloci, gli spostamenti dovuti ai moti propri sono abbastanza piccoli nella misura in cui è interessato l'intervallo del periodo storico (vedi le **Figure dalla 3.1 alla 3.8**). Pertanto, per la datazione occorre scegliere quelle stelle le cui posizioni nell'*Almagesto* sono state

misurate con sufficiente precisione. Una stella che si sposta solamente di 2" in un anno, nell'arco di un secolo si sposterà di soli 3,3'.

Pertanto, se per la datazione dell'*Almagesto* volessimo utilizzare una singola stella veloce con un intervallo di precisione di circa 300 anni, dovremmo essere certi che la precisione della posizione di questa stella come indicata nell'*Almagesto*, non superi un tasso di discrepanza di 10'. Secondo le stime dei ricercatori, la precisione effettiva dell'*Almagesto* in linea generale è molto più bassa ([1339]).

Le stelle il cui tasso di discrepanza nella precisione delle coordinate supera i 20', sono inutili ai nostri scopi. L'intervallo di datazione minimo è di 1200 anni, se vogliamo usare quelle stelle a scopi di datazione.

Questo problema sarà considerato più nei dettagli di seguito (vedere i Capitoli 5 e 6).

2. Il tentativo di datare il catalogo dell'*Almagesto* attraverso un aggregato di stelle veloci e denominate, messe a confronto con i cataloghi calcolati.

2.1. Il criterio è quello di attenersi alla scelta delle stelle per scopi di datazione.

Nel paragrafo 1 abbiamo dimostrato che il confronto dell'*Almagesto* con i cataloghi calcolati $K(t)$ per mezzo delle otto stelle più veloci, non ci consente di indicare un valore t^* che corredi nel miglior modo possibile l'*Almagesto* con il catalogo $K(t^*)$. Per ogni stella, il valore di $t^* = t^*_i$ è unico e differisce in modo significativo dai valori delle altre stelle. L'intervallo di dispersione per le diverse stelle è pari a diversi millenni. Pertanto, anche l'approccio sopra descritto è troppo approssimativo e non ci dà dei risultati sostanziali.

Tuttavia, potrebbe essere che una volta che abbiamo creato il campione, questo includa molto più che otto stelle, per cui dovremo elaborare un insieme di dati individuali $\{t^*_i\}$ la cui parte più grande cadrà in un intervallo di tempo piuttosto breve. In fin dei conti sarebbe sufficiente anche un intervallo di circa 500 anni; in questo caso avremmo una sorta di opportunità di ottenere le informazioni riguardanti la data effettiva della ricerca di Tolomeo (t_A). A parte questo, se riuscissimo a rendere il campione più inclusivo, questo potrebbe consentirci di utilizzare i metodi della matematica statistica per stimare il valore di t_A .

Quali altre stelle si dovrebbero includere nel campione? È chiaro che per la datazione si adattano solo le stelle veloci e misurate relativamente bene. Questi due criteri, la velocità del moto proprio e la precisione dei dati nell'*Almagesto*, in linea generale si completano a vicenda, poiché più veloce è la stella, maggiore sarà l'errore che potremmo fare con le sue coordinate nell'*Almagesto*, senza influenzare la datazione della stella in questione.

Queste considerazioni ci portano alla scelta delle seguenti stelle, per il confronto dell'*Almagesto* con i cataloghi calcolati $K(t)$.

- 1) Le stelle che si muovono abbastanza velocemente. Scegliamo 0,5" come soglia di velocità annuale pertinente a una singola coordinata equatoriale di almeno α_{1900} e δ_{1900} per l'epoca del 1900 d.C., vedi la TABELLA 1.1).
- 2) Le stelle "famoso" o con un nome, oppure le stelle che hanno già dei vecchi nomi propri (cfr. la TABELLA P1.2 nell'Appendice 1).

Naturalmente, le stelle denominate potrebbero aver ricevuto il nome già prima della creazione dell'*Almagesto*, cosa che sembra essere vera per molte stelle. Però, in primo luogo è improbabile che i nomi delle stelle siano stati dimenticati con l'età, anche se possono davvero essere stati alterati. In altre parole, le stelle con nome dell'epoca di Tolomeo sono rimaste tali fino ai giorni nostri. In secondo luogo, il fatto che una determinata stella abbia ricevuto un nome proprio, ci dice che è stata caricata di un significato particolare dalla vecchia astronomia. Sarebbe quindi di per sé implicito dire che Tolomeo prestò maggiore attenzione alle stelle con nome che alle altre e la cosa si manifesta particolarmente da una misurazione più precisa.

Scegliamo l'intervallo $0 \leq t \leq 30$ come l'intervallo temporale a priori per la nostra ricerca (cioè, dal 1100 a.C. al 1900 d.C.). Tenete presente che la lettera t si riferisce al tempo contato a ritroso in secoli, a partire dal 1900 d.C.

2.2. Il sistema del “intervallo di prossimità” applicato a certe stelle veloci o con nome.

Uniamo gli elenchi delle stelle veloci e con nome dalle TABELLE P1.1 e P1.2 (dall'Appendice 1) per studiarli insieme. Sceglieremo quelle stelle dalle moltissime che secondo [1339] si trovano nell'*Almagesto*. L'elenco risultante sarà composto da circa 80 stelle. Calcoleremo la traiettoria di ogni stella di questo elenco nella griglia delle coordinate dell'*Almagesto*, come abbiamo fatto nel paragrafo 1 per le otto stelle più veloci.

Per essere sicuri di segnarle per questo scopo, abbiamo fissato un certo valore t come datazione presunta e calcolato la posizione di ciascuna stella per l'epoca t nelle coordinate eclittiche dell'epoca. Questa posizione può essere rappresentata con un punto sull'atlante stellare di Tolomeo, ovvero l'atlante costruito dal catalogo dell'*Almagesto*, supponendo che sia stato compilato nell'epoca t . Modificando il valore della presunta datazione all'interno dell'intervallo storico oggetto di studio, faremo muovere la stella, o il punto, lungo l'atlante di Tolomeo e attraverso le stelle dell'*Almagesto*. Come il tempo t si modifica, la stella calcolata i si muoverà attraverso le stelle dell'*Almagesto* (il moto proprio della stella e i lievi spostamenti dell'eclittica che avvengono nel corso del tempo). La distanza tra il punto o stella calcolata e la stella dell'*Almagesto*, che a sua volta cambia e viene identificata.

Le identificazioni corrispondono a [1339]. Le distanze sulla sfera celeste vennero misurate sull'arco geodetico che collega le stelle. Tenete presente che le linee geodetiche sulla sfera, ovvero la linea delle lunghezze brevi locali, sono gli archi delle grandi circonferenze o sezioni piane che attraversano il centro della sfera. Queste distanze sulle sfere sono chiamate distanze dell'arco; ci riferiremo semplicemente a loro con il termine di “distanze”.

Mettiamo che la distanza tra le stelle sia minima per il periodo $t^* = t_i$. Abbiamo doppiato il momento t^* , le “datazioni individuali” di una determinata stella nel paragrafo 1. Quando t si discosta dal valore t^* in entrambe le direzioni, la distanza tra la stella effettiva calcolata e la sua rappresentazione nell'*Almagesto* inizia a crescere.

Consideriamo l'intervallo di datazione $[t^*_1, t^*_2] = [t_{i1}, t_{i2}]$ dove la distanza in questione che non supera i 30' corrisponde a ogni stella con il numero i nell'elenco. Questo intervallo può effettivamente essere vuoto, che sarà il caso se la distanza tra la stella calcolata e la rispettiva stella dell'*Almagesto* superasse i 30' per il momento t . Il centro dell'intervallo sarà definito dal valore t^* . Vedere la **Figura 3.9**.

Il limite di 30' per la distanza dell'arco tra la stella dell'*Almagesto* e la corrispondente stella calcolata, è stato scelto con l'obiettivo di far rimanere dentro la maggior parte delle stelle dell'*Almagesto*. Infatti, se dovessimo considerare il tasso medio quadratico dell'errore nella distanza dell'arco, affinché le stelle dell'*Almagesto* superino i 40' (che coincide con la ricerca condotta in

[1339] e [614]), più della metà delle stelle dell'*Almagesto* sarebbero rappresentate con un tasso di precisione di circa 30'.

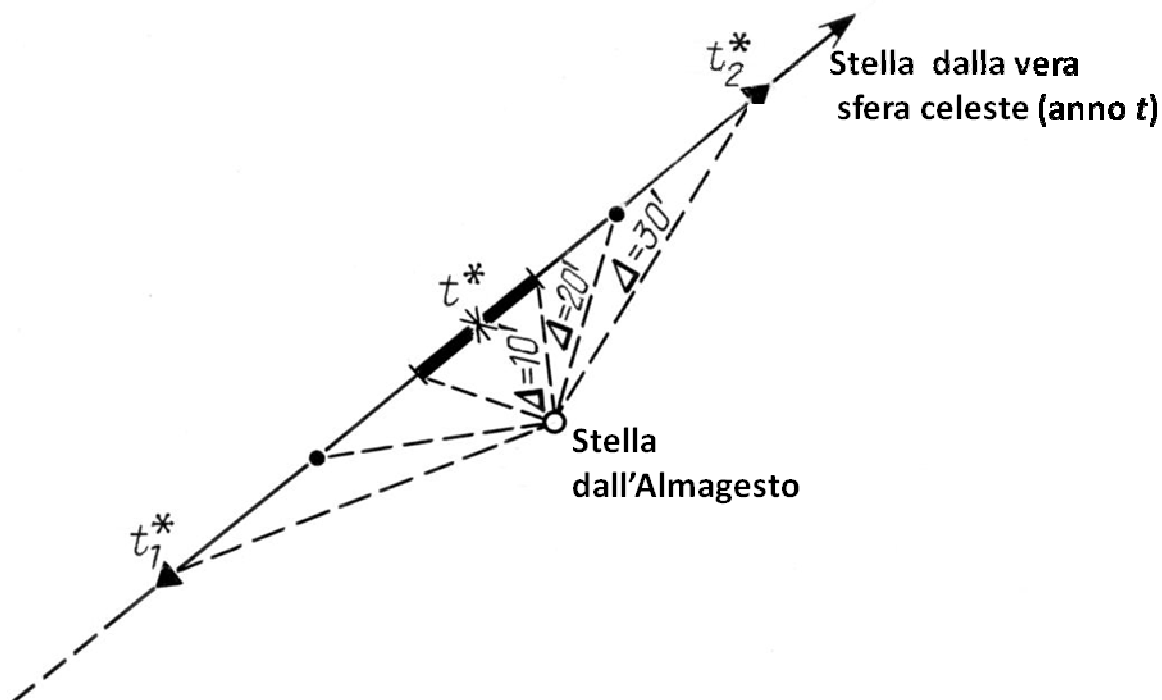


Figura 3.9. Il moto di una stella effettiva vicino alla posizione specificata per essa nell'*Almagesto*.

Ci stiamo basando sulle ipotesi della normale distribuzione degli errori e dell'indipendenza dell'errore, prese per le singole stelle. A causa della natura approssimativa del nostro discorso, le possibili discrepanze rispetto a queste presunzioni potrebbero non influire sui nostri corollari.

L'insieme degli intervalli che calcoleremo in questo modo, ossia gli “intervalli di prossimità”, li potete vedere nella **Figura 3.10**. Quello che vediamo qui è l'inizio dell'asse temporale con $t = 0$, ossia il 1900 d.C. e la fine con $t = 30$, ovvero il 1100 a.C. Ogni intervallo ha un centro definito dalla datazione ottimale per una data stella. Segniamo anche i punti per cui la distanza tra la “stella dell'*Almagesto*”, ossia la posizione fornita nell'*Almagesto* e la stella calcolata, saranno pari a 10' e 20' (vedi la **Figura 3.9**). Le linee che rappresentano le distanze sotto i 10' sono più spesse, come si vede nella **Figura 3.10**. Le estremità degli intervalli sono contrassegnate da frecce quando rimangono all'interno del grafico.

Molte delle stelle nel nostro elenco di quelle veloci e di quelle con nome, non hanno un intervallo corrispondente nella **Figura 3.10**. Ciò potrebbe implicare che l'intervallo in questione è:

- 1) Nel complesso inesistente (nei casi in cui la distanza tra la stella dell'*Almagesto* e la stella calcolata rimanga maggiore di 30').
- 2) Non riesce ad attraversare l'intervallo a priori $0 \leq t \leq 30$ ed è situato oltre l'area del grafico.
- 3) Copre completamente l'intervallo a priori.

In quest'ultimo caso, le coordinate della stella devono essere misurate con sufficiente precisione per l'intervallo di 30'; tuttavia, non è possibile datare le osservazioni nell'intervallo tra il 1100 a.C. e il 1900 d.C. tramite le posizioni di tali stelle, poiché il loro moto è troppo lento.

Forniamo il numero di Bailey delle stelle dell'*Almagesto*, per le quali gli intervalli di prossimità di 30 minuti coprono l'intero intervallo $0 \leq t \leq 30$ dato a priori (vedi [1339] e [1024]). Si trattano delle stelle con i numeri 35, 36, 163, 197, 222, 316, 318, 375 e 768.

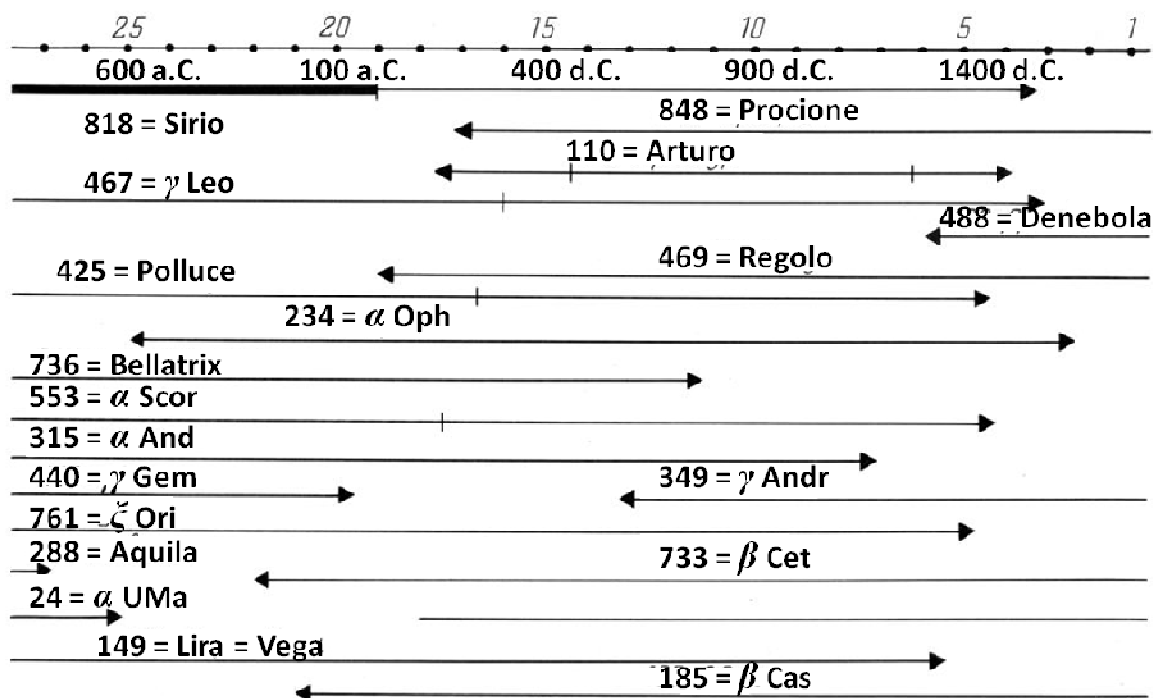


Figura 3.10. Gli intervalli di massima prossimità tra stelle mobili visibilmente veloci o con un nome proprio e le corrispondenti posizioni specificate nell'*Almagesto*.

Per molte stelle vengono forniti solo gli intervalli parziali. Ciò accade quando una parte dell'intervallo si trova all'esterno dell'intervallo a priori $0 \leq t \leq 30$ e quindi non può essere raffigurato nella **Figura 3.10**.

Accanto a ciascun intervallo viene visualizzato il numero della corrispondente stella dell'*Almagesto* nella numerazione di Bailey. Il nome della stella moderna identificata come un'attuale stella dell'*Almagesto*, come pure il suo nome speciale (in caso ne abbia uno), viene riportato accanto al segno di uguale.

Nella **Figura 3.12** raffiguriamo un grafico simile per le latitudini; il momento $t = 18$ è rappresentato da una linea tratteggiata e sta per la datazione di Scaligero dell'*Almagesto* (intorno al 100 d.C.).

2.3. E' impossibile datare l'*Almagesto* con il metodo che suggerisce di utilizzare le distanze d'arco delle singole stelle.

La **Figura 3.10** ci dice in modo molto esplicito che i valori del periodo t che appartengono simultaneamente a tutti gli intervalli di "massima prossimità", non esistono. Alziamo la soglia di precisione che è iniziata con il valore di 30' scelto in precedenza, al fine di ottenere i valori desiderati di t . Gli intervalli visti nella **Figura 3.10** crescono rispettivamente, con le frecce che indicano la direzione della crescita. Ad un certo punto, tutti gli intervalli devono iniziare a intersecarsi. Vediamo qual è il valore di t e il valore della soglia di precisione che sono necessari affinché si verifichi la prima intersezione. E' venuto fuori il valore $t \approx 12$, ossia intorno al 700 d.C., con una soglia di precisione di circa 60', ovvero un grado. Se continuassimo ad alzare la soglia di precisione, l'intervallo di intersezione aumenterebbe in entrambe le direzioni dal punto $t = 12$.

Tuttavia, non possiamo considerare il punto $t = 12$ (il 700 d.C.) come stima sufficientemente affidabile della data in cui l'autore del catalogo dell'*Almagesto* realizzò le sue osservazioni, dal momento che l'intersezione di tutti gli intervalli di “massima prossimità” della **Figura 3.10** avvengono con una soglia di precisione di 1 grado, il che implica l'esistenza in questo insieme delle stelle dell'*Almagesto* misurate malamente. L'errore nella stima della loro posizione contenuto nell'*Almagesto*, equivale come minimo a un grado.

Inoltre, se volessimo stimare la precisione delle coordinate stellari partendo dal basso con l'aiuto di un errore medio quadratico dell'arco nel punto ottimale $t = 12$, dovremmo aumentare il valore del tasso di accettabilità dell'errore (o soglia di precisione) di oltre 2 gradi. Tuttavia, quel valore della soglia di precisione farà in modo che l'intersezione dell'intervallo accettabile di “massima prossimità” copra l'intero periodo tra il 500 a.C. e il tempo presente (vedi la **Figura 3.10**). Questo corollario ha un interesse scientifico pari a zero, poiché è perfettamente comprensibile che l'*Almagesto* venne creato da qualche parte in questo vasto periodo.

Inoltre, la stessa datazione del 700 d.C. è piuttosto instabile nel seguente senso. Un'alterazione nell'insieme delle stelle in studio (che ovviamente è stato scelto piuttosto arbitrariamente) può spostare piuttosto significativamente il periodo di datazione. È chiaro che una situazione del genere rende nulle tutte le affermazioni riguardo una deduzione affidabile della data di compilazione del catalogo dell'*Almagesto*.

2.4. E' impossibile datare l'*Almagesto* con il metodo che suggerisce di basarsi sulle discrepanze latitudinali delle singole stelle.

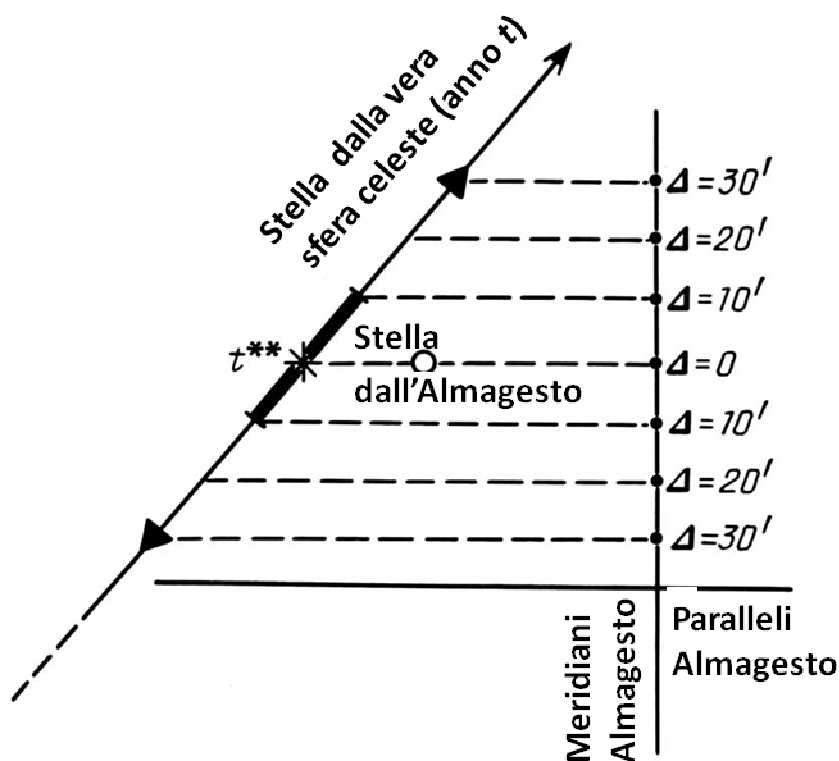


Figura 3.11. La discrepanza latitudinale tra la stella vera calcolata e la sua posizione specificata nell'*Almagesto*.

Consideriamo un altro metodo per calcolare gli intervalli di massima prossimità per le stelle dell'*Almagesto* dalla nostra lista delle stelle veloci e con nome. Questo metodo è simile a quello descritto in precedenza; la differenza è che questa volta la distanza tra la stella dell'*Almagesto* e la corrispondente stella calcolata, è composta dalla discrepanza latitudinale e non dai segmenti dell'arco. Per discrepanza latitudinale intendiamo la proiezione della lunghezza dell'intervallo che collega queste due stelle sulla griglia dei meridiani nelle coordinate dell'*Almagesto* (vedi la **Figura 3.11**). La scelta della discrepanza latitudinale (al posto di quella longitudinale, per esempio) è scaturita dalle seguenti considerazioni: in primo luogo, è risaputo che le latitudini delle stelle dell'*Almagesto* sono più precise delle longitudini (vedi [1339], per esempio, così come il Capitolo 2 del presente libro). In secondo luogo, la discrepanza latitudinale non dipende da come posizioniamo, in termini di longitudini, l'*Almagesto* in relazione al catalogo calcolato $K(t)$, vedi il Capitolo 1. Pertanto, riusciremo a evitare di commettere ulteriori errori che possano derivare sia dalla giustapposizione che dalla possibile scelta arbitraria del punto iniziale di riferimento longitudinale (vedi Capitolo 1).

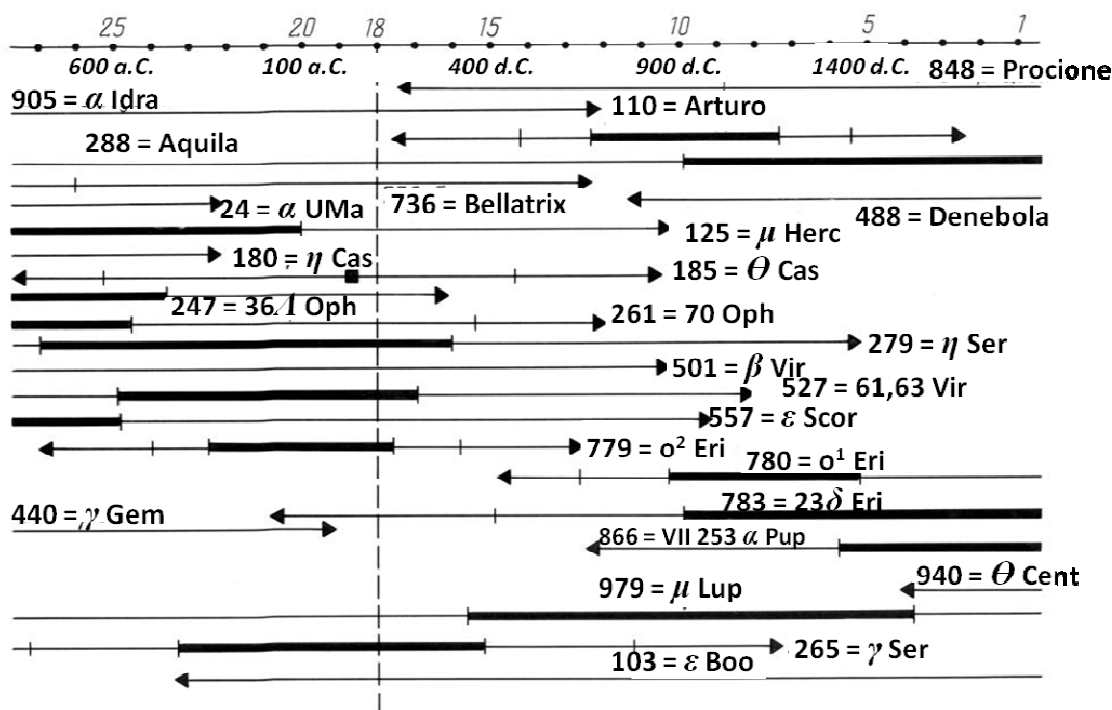


Figura 3.12. Gli intervalli di “massima prossimità latitudinale” tra stelle mobili visibilmente veloci o con un nome proprio e le corrispondenti “stelle dell'*Almagesto*”.

Nella **Figura 3.12** possiamo vedere l'intervallo di massima prossimità risultante nel caso in cui la discrepanza latitudinale rappresenti la distanza. Ancora una volta, gli intervalli di prossimità che coprono l'intero intervallo $0 \leq t \leq 30$, ovvero dal 1100 a.C. al 1900 d.C., sono assenti dal grafico. I numeri delle stelle dell'*Almagesto* per le quali gli intervalli di prossimità latitudinali di 30 minuti coprono completamente l'intervallo $0 \leq t \leq 30$, sono i seguenti: 1, 35, 36, 78, 111, 149, 163, 189, 222, 234, 287, 288, 315, 316, 318, 349, 375, 393, 410, 411, 424, 467, 469, 510, 713, 733, 760, 761, 768, 812 e 818.

Il confronto tra la **Figura 3.12** e la **Figura 3.10** dimostra che le longitudini delle stelle dell'*Almagesto* sotto esame sono davvero molto più precise delle loro posizioni sulla sfera celeste definite sia dalla latitudine che dalla longitudine. Questo è esattamente il motivo per cui si vedono più intervalli nella **Figura 3.12** che nella **Figura 3.10**, in quanto rappresentano una maggior quantità di stelle.

Gli intervalli di massima prossimità per tutte le stelle nella **Figura 3.12**, a parte due stelle nel Centauro (935 = 2g Cent e 940 = 5θ Cent), iniziano a intersecarsi nel livello $t = 12$, ossia circa il

700 d.C., con una soglia di precisione latitudinale pari a 40'. Questo è un po' meglio rispetto al valore di 60' che abbiamo ottenuto nel caso precedente, ma non ancora abbastanza preciso. Siamo arrivati di nuovo alla datazione del 700 d.C. circa, ma come nel caso precedente non possiamo considerare affidabile questo risultato a causa delle considerazioni sopra riportate; perciò, questo metodo di datazione del catalogo non ci fornisce dei risultati tangibili.

In linea generale, a prescindere dal fatto che la transizione dalla discrepanza dell'arco alla discrepanza latitudinale ci aiuta in qualche modo a correggere gli errori dell'*Almagesto* e quindi ci consente di formulare corollari statistici più precisi, gli intervalli risultanti per le possibili datazioni rimangono troppo grandi. Coprono l'intero periodo del $4 \leq t \leq 20$, ovvero dal 100 a.C. al 1500 d.C. Questi intervalli non ci forniscono informazioni utili in merito alla data delle osservazioni di Tolomeo.

3. Il tentativo di datare il catalogo dell'*Almagesto* attraverso il moto delle stelle individuali rispetto agli oggetti nelle loro immediate vicinanze.

3.1. La geometria variabile delle configurazioni stellari che si vedono sullo sfondo delle “stelle immobili”.

Nei paragrafi 1 e 2 abbiamo cercato di datare il catalogo con dei metodi approssimativi basati sulle varie configurazioni stellari che si sono alterate nel tempo a causa dei moti propri delle singole stelle che ne fanno parte. Abbiamo considerato individualmente ogni stella della configurazione, confrontando la sua posizione calcolata a quella fornita nell'*Almagesto*. Per confrontare tutte queste posizioni abbiamo dovuto usare la teoria di Newcomb che descrive il moto del sistema delle coordinate dell'eclittica utilizzato nell'*Almagesto*, che nel corso del tempo attraversa la “sfera delle stelle immobili”.

Vediamo quali risultati possiamo ottenere dal metodo di datazione dell'*Almagesto* che non utilizza la teoria di Newcomb. L'idea alla base di questo metodo è semplice. Non si devono confrontare le posizioni delle singole stelle sulla “vera” carta astrale calcolata teoricamente per le loro posizioni nell'*Almagesto*, ma piuttosto la geometria delle configurazioni stellari (che cambiano a causa dei moti propri delle stelle) con le configurazioni prese dal catalogo dell'*Almagesto*. L'unica cosa di cui abbiamo bisogno per questo confronto è la conoscenza dei valori di velocità del moto proprio delle singole stelle, non la teoria di Newcomb.

Sebbene gli errori risultanti dalla teoria di Newcomb siano piuttosto piccoli (molti ordini più piccoli del grado di valore del catalogo dell'*Almagesto*), dal punto di vista del calcolo lo studio delle configurazioni è molto più semplice in questo modo.

Oggigiorno i moti propri delle stelle vengono misurati con grande precisione, con l'aiuto delle osservazioni telescopiche ([1144] e [1197]). I valori dei moti propri delle stelle e la tabella che identifica le stelle dell'*Almagesto* con le loro controparti nelle moderne carte astrali, costituiscono gli unici dati che dobbiamo usare in questo caso. La tabella di identificazione è stata presa in prestito da [1339]; abbiamo ommesso i casi ambigui indicati in essa.

3.2. Le stelle scelte per l'esperimento.

Continueremo a confrontare le posizioni di tutte le singole stelle che si muovono velocemente sulla vera carta stellare, con le loro posizioni specificate nell'*Almagesto*. Tuttavia, ora confronteremo le posizioni delle stelle sulla vera carta astrale e nell'*Almagesto* per un certo insieme di stelle

referenziali. Per questo insieme abbiamo scelto sia le stelle con nome (Aldebaran, Scheat, ecc...) che quelle che spiccano sicuramente per luminosità tra le stelle che le circondano. Abbiamo escluso dall'elenco delle stelle referenziali quelle stelle le cui coordinate potrebbero essere state influenzate per mezzo della rifrazione. Sono state scelte complessivamente 45 stelle, tra cui quelle visibilmente mobili come Arturo, Sirio, Procione, Capella, Aquila = Altair, Denebola, Caph e Regolo. Pertanto, la posizione di una stella mobile sulla sfera celeste effettiva viene determinata in riferimento a una base mobile. L'immagine risultante cambia a seconda della presunta datazione e viene confrontata con la rispettiva immagine riflessa nell'*Almagesto*.

Come misura della deviazione prendiamo la discrepanza media di configurazione delle distanze dell'arco stellare:

$$\bar{\Delta}_i(t) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (\rho_{real}(S_i, O_j, t) - \rho_{Alm}(S_i, O_j)).$$

N indica la quantità delle stelle referenziali, $\rho_{real}(S_i, O_j, t)$ è la distanza dell'arco tra la stella S_i e la stella referenziale O_j sulla vera sfera celeste dell'epoca t . Inoltre, $\rho_{Alm}(S_i, O_j)$ è la distanza dell'arco tra la stella S_i e la stella dell'*Almagesto* O_j . Il momento temporale t_i quando il valore di $\bar{\Delta}_i(t)$ raggiungerà il suo minimo, sarà indicato come la datazione singola dalla stella in questione. Se i valori t_i delle datazioni singole per tutte le stelle veloci del catalogo dell'*Almagesto*, o almeno la loro maggioranza, cade in un intervallo di tempo sufficientemente breve, detto intervallo dovrebbe includere la vera data t_A delle osservazioni di Tolomeo, o essere situato nelle sue immediate vicinanze. Tuttavia, il vero status quo sembra essere completamente diverso.

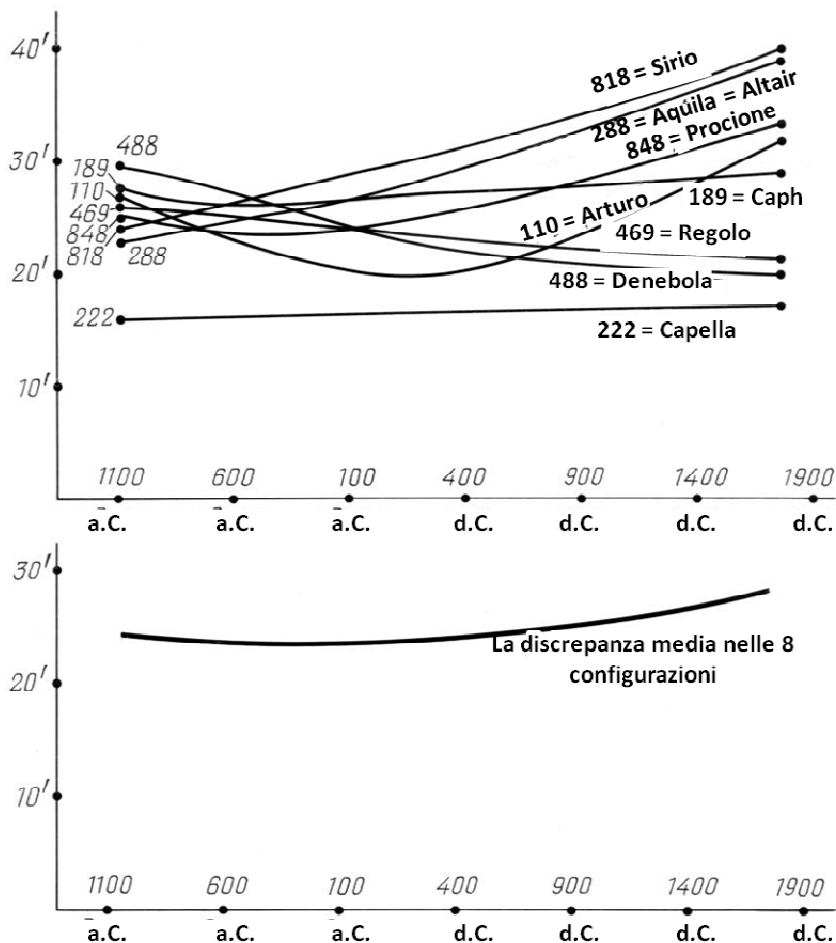


Figura 3.13. Le singole discrepanze per le stelle mobili e la discrepanza media nelle otto configurazioni. E' ovvio che non si possono trarre delle conclusioni definitive.

3.3. Il comportamento delle discrepanze singole e la discrepanza media.

Abbiamo studiato il comportamento delle discrepanze $\bar{\Delta}_i(t)$ per le otto stelle veloci contenute nel catalogo dell'*Almagesto*, ovvero Capella (il numero di Bailey = 222), Arturo (110), Aquila = Altair (288), Denebola (488), Regolo (469), Sirio (818), Procione (848) e Caph (189).

Abbiamo deliberatamente scelto le più “famose” e le più brillanti tra le stelle veloci dell'*Almagesto*, e ommesso quelle fioche. Come sottolineato sopra, nell'*Almagesto* le coordinate delle stelle più fioche possono essere rappresentate in modo molto impreciso. Pertanto, la loro inclusione nel campione potrebbe rendere molto più ampio l'intervallo di dispersione delle singole datazioni.

La **Figura 3.13** mostra i grafici delle singole discrepanze per le stelle veloci indicate con $\bar{\Delta}_i(t)$ come funzioni di t , e il grafico medio per tutte queste stelle. Sfortunatamente, nell'intero intervallo di tempo tra il 1100 a.C. e il 1900 d.C., questo grafico risulta essere piuttosto uniforme. (vedi la **Figura 3.13**).

3.4. Il risultato negativo dell'esperimento.

Il nostro rifiuto di usare la teoria di Newcomb non conduce alla concentrazione delle diverse datazioni per le singole stelle sull'asse temporale. L'implicazione è che i motivi di una così vasta gamma di singole datazioni non sono correlati al metodo di conversione applicato alle coordinate della sfera celeste, ma piuttosto si riferiscono alla bassa precisione delle coordinate fornita dal catalogo datato, dalla possibile eterogeneità del catalogo, ecc... Quest'ultimo potrebbe essere causato dalle diverse posizioni dell'eclittica durante le misurazioni eseguite nei diversi osservatori, che producono differenti errori sistematici per i vari gruppi di stelle.

Nel paragrafo 5 del presente capitolo analizzeremo le coordinate delle stelle dell'*Almagesto* e la struttura generale del catalogo dell'*Almagesto*, per scoprire tutti i fattori che potrebbero causarlo.

4. L'analisi dei numerosi sforzi sbagliati riguardo la datazione dell'*Almagesto* attraverso i moti propri delle stelle

4.1. Molti errori non sono stati prodotti da fenomeni astronomici, ma derivano dall'errata applicazione dei metodi forniti dalla matematica statistica.

Analizziamo i tentativi di alcuni autori di datare l'*Almagesto* con i moti propri delle stelle.

Gli articoli degli astronomi Y. N. Yefremov e Y. D. Pavlovskaya ([273] e [274]) sono stati scritti in riferimento alle nostre pubblicazioni; rappresentano il tentativo di confermare la datazione scaligeriana del catalogo stellare dell'*Almagesto* tramite il moto proprio delle stelle. Il corollario formulato in [273] è il seguente. Il catalogo dell'*Almagesto* può essere datato agli inizi dell'era dopo Cristo per mezzo del moto proprio delle stelle e con una soglia di precisione di ± 100 anni. Gli autori arrivano fino a nominare la data del 13 d.C. ± 100 anni.

In [274], che è una pubblicazione più approfondita, gli autori formulano il loro corollario con maggiore cautela: “Il catalogo stellare dell'*Almagesto* è già stato osservato nell'antichità; molto probabilmente da Ipparco. È comunque possibile che le stelle più luminose furono osservate dallo stesso Tolomeo. Una sorta di argomentazione a supporto di questo la si può trovare nel fatto che le epoche che abbiamo ottenuto per Arturo e Sirio, le due stelle di prima magnitudine presenti nel nostro campione, sono di 2-4 secoli più recenti delle restanti stelle” ([274], pagine 189-190).

Tuttavia, i contenuti effettivi di [273] e [274] non implicano un tale corollario. Seguiamo brevemente i modelli di ragionamento di Y. N. Yefremov e Y. D. Pavlovskaya usando la loro pubblicazione più estesa ([274]), sebbene tutto ciò che diremo farà riferimento anche al loro precedente lavoro ([273]). Vi facciamo notare che Y. N. Yefremov non ha mai pubblicato testi scientifici su questo argomento prima delle menzionate opere ([273] e [274]) nel 1987 e nel 1989. Tuttavia, alcuni dei suoi articoli più popolari sono apparsi nei giornali e nelle riviste letterarie. Occorre inoltre dire che entrambe le sue pubblicazioni ([273] e [274]) contengono degli errori che abbiamo segnalato all'autore nel nostro libro [METODI 3]: 2, pagine 99-103. Sarebbe opportuno che il signor Yefremov corregga questi errori prima che i risultati della sua ricerca vengano pubblicati sulla stampa popolare. Inoltre, riteniamo che questi errori non possano essere corretti, in particolare a causa delle datazioni sbagliate fornite da Y. N. Yefremov, vedi di seguito.

La datazione dei cataloghi stellari con il metodo descritto in [273] e [274] si basa sul confronto delle configurazioni stellari che cambiano nel corso di tempo, con le rispettive configurazioni indicate nell'*Almagesto*. Abbiamo scoperto che il ruolo principale nel cambio della configurazione viene svolto da una sola stella contenuta al suo interno, la più veloce (“il gruppo di Arturo”, “il gruppo di τ Cet”, ecc...). Useremo la stessa terminologia.

La datazione di un catalogo per mezzo di una singola configurazione dovrebbe essere quella per cui l'insieme delle distanze a due a due tra le stelle della configurazione che cambia, è il più vicino all'insieme delle distanze indicate nell'*Almagesto*. La prossimità viene definita con il senso quadratico medio.

Ovviamente, come conseguenza ciò che si ottiene è una certa approssimazione della data in cui Tolomeo o chiunque sia stato il compilatore del catalogo dell'*Almagesto* stavano facendo delle osservazioni, non la data effettiva. Uno si potrebbe chiedere: quali sono i possibili tassi di discrepanza di tale approssimazione? Non c'è una risposta concreta a questa domanda in [274].

La discussione sulla questione dei tassi di discrepanza per le datazioni risultanti viene esclusa a favore del riferimento al grafico delle dipendenze della discrepanza media quadratica tra le serie di distanze a due a due nell'*Almagesto* come pure sulla vera sfera celeste e la presunta datazione delle osservazioni condotte dall'autore del catalogo dell'*Almagesto*. Ci viene detto che “l'epoca T_0 può essere stimata con sufficiente fiducia, il minimo della funzione $\overline{\Delta r^2}(t)$ è drastico e profondo” ([274], pagina 183). Tuttavia, l'illustrazione a cui si riferiscono gli autori di [274] (pagina 185, ill. 3) implica che l'alterazione della presunta datazione di 1000 anni altera il valore della discrepanza

media quadratica $\sqrt{\Delta r^2(t)}$ di un mero 13' al massimo per tutte le configurazioni, tranne un solo gruppo, quello di α^2 Eri. Di seguito parleremo ulteriormente di questo gruppo.

Vediamo quanto è davvero significativa la deviazione di 13' dalla discrepanza quadratica media per la situazione considerata da Y. N. Yefremov e Y. D. Pavlovskaya. Il valore del grado di scala dell'*Almagesto* è pari a 10', mentre la soglia effettiva di precisione delle stelle nell'*Almagesto*, stimata come discrepanza quadratica media dell'arco, è uguale a circa 30' (vedere [1339] e [614]). Se volessimo basare le nostre stime sui moti propri delle stelle studiate, ciò implicherebbe che la stima della precisione secondo il metodo offerto in [274], che si basa sulla minima discrepanza di configurazione quadratica media, debba consentire al valore di questa discrepanza di fluttuare all'interno di un intervallo maggiore di 13', circa 20'-30'. Questo porta a intervalli di datazione di 2-3 millenni. In altre parole, il possibile tasso di discrepanza per le date citate in [274] è uguale a 1000-1500 anni. Di seguito potete vedere ulteriori dettagli riguardanti la precisione del metodo correlato in [273] e [274]. Tuttavia, datando le osservazioni eseguite dal compilatore dell'*Almagesto* con una precisione così bassa, non ci consente di distinguere l'epoca di Tolomeo dalla nostra, figuriamoci le datazioni di Scaligero delle rispettive vite di Ipparco (II secolo a.C.) e Tolomeo (II secolo d.C.).

Questo risultato ha un valore scientifico pari a zero. In ogni caso, è ovvio che l'*Almagesto* fu creato negli ultimi due millenni.

Pertanto, questo errore, così come gli errori realizzati dagli autori in questione che ne conseguono, è di natura matematica e non astronomica. I metodi della matematica statistica sono stati usati male, se non del tutto ignorati. Le affermazioni fatte da Y. N. Yefremov in riferimento alla presunta “alta precisione” dei suoi metodi non resistono alle critiche più semplici. È molto singolare che, dopo tutti questi anni, Y. N. Yefremov continui a insistere pubblicamente sulla veridicità dei suoi risultati errati nel campo della datazione dell'*Almagesto*: la situazione rimane come descritta sopra. Stiamo parlando dei suoi numerosi discorsi pubblici e delle pubblicazioni su riviste e giornali popolari orientati al grande pubblico.

4.2. Nelle opere di Y. N. Yefremov, i dati riguardanti la datazione dell'*Almagesto* sono stati ritoccati in modo che si adattassero al risultato desiderato.

Y. N. Yefremov e Y. D. Pavlovskaya in [274] affermano che il metodo di datazione del catalogo stellare da loro offerto è stato testato su tre cataloghi datati in modo veritiero, vale a dire i cataloghi di Ulugbek, Tycho Brahe ed Hevelius, e che l'applicazione del metodo in questione a tutti e tre i cataloghi ha dato un risultato incredibilmente preciso. Le date in cui furono compilati i cataloghi di Tycho Brahe sono state “ritoccate” con una soglia di precisione di 30-40 anni, mentre il catalogo di Ulugbek, il meno preciso dei tre, fu datato con una precisione sbalorditiva di ± 3 anni!

Tuttavia, non si può trascurare la circostanza allarmante che ciascuna di queste datazioni sia stata calcolata per mezzo della sua configurazione stellare, vale a dire che le datazioni dei cataloghi di Tycho Brahe ed Hevelius sono state ottenute dai gruppi di Arturo, mentre la datazione del catalogo di Ulugbek deriva dai dati ottenuti dal gruppo di τ Cet. Le altre configurazioni stellari per ciascuno dei tre cataloghi in questione non sono state affatto prese in considerazione. Perché mai? Risponderemo prontamente a questa domanda.

Inoltre, il risultato principale di Y. N. Yefremov e Y. D. Pavlovskaya in merito alla datazione dell'*Almagesto* è stato di fatto ottenuto da una sola e solitaria configurazione: il gruppo σ^2 Eri, sebbene abbiano formalmente affermato di aver studiato 13 configurazioni. L'analisi delle datazioni che è scaturita per tutti e tre i cataloghi, dimostra che in ciascun caso la scelta della vera configurazione stellare utilizzata per la datazione del catalogo è stata condizionata dalla datazione scaligeriana di detto catalogo, di cui gli autori di [273] e [274] stavano cercando di provarne la veridicità. In altre parole, in [274] Y. N. Yefremov e Y. D. Pavlovskaya scelsero per ciascun catalogo quelle configurazioni stellari che meglio concordavano con la datazione di Scaligero della compilazione del catalogo. Questo “metodo” è un semplice adattamento dei risultati della ricerca in modo tale che corrispondano ai valori desiderati noti a priori.

Tutto ciò rende totalmente privi di sostanza i risultati rivendicati in [273] e [274]. Questi risultati sono errati e quindi non possono confermare le datazioni di Scaligero dei vecchi cataloghi stellari.

4.3. Il circolo vizioso nelle datazioni dell'*Almagesto* per mezzo del moto della stella σ^2 Eri.

Analizziamo più nei dettagli la datazione dell'*Almagesto* per mezzo del gruppo di σ^2 Eri, come viene offerta nelle opere di Y. N. Yefremov ([273] e [274]), poiché è su questa datazione che Y. N. Yefremov basa di fatto le sue conclusioni.

Abbiamo già parlato della stella σ^2 Eri in precedenza, nel paragrafo 1. Tenete presente che la sua identificazione come una delle stelle dell'*Almagesto* dipende in gran parte dalla presunta datazione del catalogo. In altre parole, la risposta alla domanda su “chi sia chi nell'*Almagesto*”, o in altre

parole, se la stella σ^2 della costellazione di Eridano sia stata o meno rappresentata nell'*Almagesto* e se così fosse con quale nome, varia in misura eccezionale come cambia la datazione nota a priori del catalogo.

Ricordiamo ai lettori che la stella σ^2 Eri si muove abbastanza velocemente, per cui la sua posizione celeste cambia. Nel corso del suo moto viene identificata consecutivamente con diverse stelle dell'*Almagesto*, vale a dire le tre che si trovano nell'intervallo storico degli ultimi 2.500 anni. La numerazione di Bailey di queste stelle dell'*Almagesto* è la seguente: 778, 779 e 780. La stella 779 viene tradizionalmente identificata con σ^2 Eri (vedi [1339]) per il semplice fatto che all'inizio della nuova era la stella σ^2 Eri occupava una posizione vicina a quella della stella 779 sull'atlante stellare dell'*Almagesto*.

Tuttavia, ciò che abbiamo davanti è chiaramente un'implicazione del fatto che l'*Almagesto* sia stato datato approssimativamente all'inizio della nuova era. Se non dovessimo fare delle supposizioni in riferimento alla datazione dell'*Almagesto*, troveremmo immediatamente altri candidati che potremmo identificare con la stella in movimento σ^2 Eri. Ad esempio, nell'intervallo del 900-1900 d.C., la stella che corrisponde alla posizione reale di σ^2 Eri è la 780. D'altro canto, la stella 779 dell'*Almagesto* non rimane senza identità neanche in questo caso, poiché può essere correttamente identificata con la stella 98 Heis (vedi [1339], pagina 117). Inoltre, questa stella venne identificata proprio così anche dall'astronomo Pierce, vedi [1339].

Dobbiamo sottolineare che la stella σ^2 della costellazione di Eridano è piuttosto fioca, come quelle che la circondano. Le loro magnitudini vanno da 4,2 a 6,3. Pertanto, l'unico modo per identificarle come stelle dell'*Almagesto* è il confronto delle coordinate. La luminosità di queste stelle è all'incirca la stessa e le descrizioni verbali di Tolomeo sulle stelle in questa parte di Eridano sono laconiche ed estremamente vaghe. Pertanto, è impossibile avere un'identificazione affidabile di queste stelle con qualsiasi altra caratteristica all'infuori delle coordinate. La “prova” che σ^2 Eri sia stata identificata in modo veritiero come una stella del catalogo dell'*Almagesto*, come citato in [274], si basa sulle ultime identificazioni delle stelle dell'*Almagesto* o, in alternativa, sulla datazione del catalogo al II secolo d.C. L'uso di tale “prova” per le datazioni indipendenti, ovviamente ci conduce a un circolo vizioso.

Pertanto, ciò che vediamo nelle opere di Y. N. Yefremov e dei suoi coautori ([273] e [274]) è che l'assunto che l'*Almagesto* sia stato compilato agli inizi della nuova era, è stato utilizzato come base per il corollario che l'*Almagesto* risale al 13 d.C. \pm 100 anni. Questo è il circolo vizioso di cui stiamo parlando.

4.4. Gli errori di Y. N. Yefremov nella stima di precisione della datazione dell' *Almagesto* per mezzo di Arturo.

Passiamo ora ad Arturo, la seconda e l'ultima stella discussa nel lavoro di Y. N. Yefremov e Y. D. Pavlovskaya ([273]). L'identificazione di Arturo nell'*Almagesto* è inequivocabile. La prima datazione dell'*Almagesto* tramite il moto proprio in cui ci imbattiamo [273] è il 250 d.C. Dopodiché gli autori hanno “adattato” questa datazione e sono giunti al 310 d.C. \pm 360 anni, data calcolata da una delle configurazioni. Parleremo di questo “adattamento” più avanti.

L'incertezza dei risultati pubblicati in [273] e [274] è stata anche commentata da altri autori. M. Y. Shevchenko, per esempio, in riferimento a [273] osserva giustamente che “il catalogo risale al I secolo avanti Cristo; tuttavia, la precisione e quindi la veridicità di questo risultato ancora oggi lascia molto a desiderare”, pagina 184 di [968].

Alcune semplici considerazioni consentono una stima facile della vera precisione su cui è basato il principio guida del metodo (come riferito in [273]). Infatti, la posizione nell'*Almagesto* di una data stella in movimento viene determinata in relazione ad alcune stelle nelle sue vicinanze ([273]): nel

caso di Arturo con il “gruppo di Arturo”. Il gruppo di Arturo contiene 11 stelle. La posizione di Arturo in relazione a questo gruppo viene utilizzata per la stima della sua posizione sulla carta stellare calcolata teoricamente a ritroso per l'epoca t . Queste posizioni vengono poi confrontate tra loro.

Tutte le stelle dell'*Almagesto* sono state misurate con un qualche tipo di errore. Questo vale sicuramente per i “gruppi” di stelle, in particolare per tutte le stelle del gruppo di Arturo. Tuttavia, ipotizziamo temporaneamente che le misurazioni delle stelle nelle vicinanze di Arturo furono eseguite con una precisione ideale. Anche in questo caso, il tasso di errore riguardo la posizione di Arturo nell'*Almagesto* non può essere inferiore a 10' da qualsiasi coordinata, poiché questo è il grado di valore della scala delle coordinate nel catalogo stellare dell'*Almagesto*. In realtà, questo tasso deve essere aumentato a causa delle coordinate imprecise delle stelle in un determinato gruppo.

Questo porta a un errore nella distanza dell'arco di circa 14', secondo [273]. Se il possibile tasso di errore per ciascuna delle coordinate fosse uguale a 10', secondo il teorema di Pitagora l'ipotenusa dovrebbe essere pari a 14'. La velocità del moto proprio di Arturo è di circa 2" all'anno. Pertanto, Arturo copre una distanza di 14' in circa 420 anni. Questa è solo una stima approssimativa riguardo la precisione del “metodo”.

In realtà, la precisione effettiva della posizione di Arturo nell'*Almagesto* potrebbe avere un tasso di errore che supera sostanzialmente i 14' e le stelle fioche nelle sue vicinanze potrebbero essere misurate con ancor meno precisione. Ciò a cui ci stiamo riferendo ora è naturalmente l'errore nella distanza dell'arco. Come vedremo di seguito, la latitudine di Arturo è stata misurata con sufficiente precisione nell'*Almagesto*. Tuttavia, non è così per la sua longitudine (vedi la ricerca di Robert Newton in [614], per esempio). Inoltre, non ci sono ragioni per supporre che Tolomeo misurò con precisione un qualsiasi gruppo di stelle fioche. Pertanto, la vera precisione del “metodo” descritto in [273] è molto peggio di 420 anni. Per cui, l'intervallo delle possibili datazioni dell'*Almagesto* ottenuto con questo metodo è noto a priori per essere maggiore del 200 a.C. - 700 d.C.

Commentiamo ora l'errore casuale nel metodo di modellamento offerto in [273] e [274] per stimare la precisione della risultante datazione. Per esempio, questo “metodo” portò Y. N. Yefremov alla conclusione che la sua datazione dell'*Almagesto* al 300 d.C. circa, avesse una precisione di ± 300 -400 anni (vedere [273], pagina 311 e [274], pagina 181).

Ai fini della datazione, in [273] e in [274] è stato usato il metodo dei minimi quadrati. I calcoli elementari citati sopra dimostrano che la precisione di questo metodo deve essere stimata secondo il tasso del singolo errore pertinente alla posizione della stella in questione nell'*Almagesto*, diviso per la velocità del suo moto proprio.

Y. N. Yefremov utilizza il metodo di modulazione casuale degli errori dell'*Almagesto* per aumentare la precisione del suo metodo. La precisione del metodo di modellamento che lui suggerisce (le molteplici perturbazioni delle coordinate stellari dell'*Almagesto* risultanti dall'applicazione di un valore casuale “comparabile” alla precisione del catalogo) non è stata stimata da nessuna parte nelle sue opere. Tuttavia, questo metodo funzionerà solo se i risultati di queste perturbazioni casuali faranno avvicinare le coordinate stellari dell'*Almagesto* a quelli reali con una probabilità “distintiva”. Tuttavia, a causa dell'effetto del singolo errore menzionato sopra, la probabilità di tale coincidenza con l'area delle coordinate effettive sarà molto bassa. Ad ogni modo, questa probabilità deve essere stimata; in [274] non c'è un solo accenno a tale stima. In linea generale, dal punto di vista della matematica statistica i metodi offerti dagli autori di [273] e [274] fanno acqua da tutte le parti.

Il “metodo di modellamento della datazione” offerto da Y. N. Yefremov può essere formulato nel seguente modo. Prima si deve considerare la certa vicinanza di una stella veloce, Arturo per esempio. Quindi, si deve usare il metodo dei minimi quadrati per determinare la data che ci dà la

minima discrepanza media quadratica della distanza reciproca delle stelle dell'*Almagesto* dall'insieme degli stessi valori nella configurazione stellare effettiva che si altera nel tempo. Questa datazione è usata per stimare la data reale in cui fu compilato il catalogo, che è sconosciuta. Yefremov identifica questa datazione con T_0 .

Inoltre, il minimo risultante dalla discrepanza media quadratica, per qualche motivo viene dichiarato essere la stima della dispersione dell'errore locale nel catalogo dell'*Almagesto*. Yefremov ci dice piuttosto chiaramente che “raggruppando la stessa quantità n di stelle in modi diversi, otterremo il numero di stime $\varepsilon_{\lambda,\beta}$ che non sono indipendenti. Pertanto, al posto di calcolare la media sceglieremo il valore massimo che sarà considerato come la stima dell'errore locale per la determinazione delle coordinate nel catalogo dell'*Almagesto*” ([273], pagina 311). E' lecito chiedersi il perché. In primo luogo, l'errore locale dell'*Almagesto* deve essere stimato separatamente, che è necessario per comprendere qual è il livello minimo di variazione che possiamo tollerare al fine di ottenere in modo affidabile la datazione reale della compilazione del catalogo. Quando Y. N. Yefremov prende il valore minimo effettivo per la stima della dispersione, è praticamente incapace di consentire la minima variazione.

In secondo luogo, il volume del campione utilizzato per la media del valore in questione è troppo piccolo (circa 5-6 osservazioni indipendenti) e non consente di prendere in considerazione la stima di Y. N. Yefremov come abbastanza precisa. L'errore locale deve essere stimato con una quantità maggiore di stelle.

Inoltre, Y. N. Yefremov modella le perturbazioni casuali delle coordinate di Tolomeo usando come base il tasso “stimato” di errore locale. Scrive che “la conoscenza del tasso di errore $\varepsilon_{\lambda,\beta}$ per ciascun gruppo rende possibile condurre un esperimento numerico per poter studiare in che modo la stima di T_0 venga influenzata dagli errori casuali nelle coordinate. Modelliamo le correzioni delle coordinate stellari dal catalogo dell'*Almagesto*, considerando che queste correzioni devono essere distribuite normalmente con una media di zero e l'errore quadratico medio $\varepsilon_{\lambda,\beta}$ per ciascun gruppo, quindi calcolare il rispettivo valore di T_0 . Dopo aver ripetuto la procedura 100 volte, possiamo costruire un grafico di distribuzione per le stime risultanti di T_0 ” ([273], pagina 312). Yefremov continua a dirci che “l'intervallo comune per tutti i gruppi con gli errori quadratici medi per le epoche \bar{T}_0 prese in considerazione, è il I secolo a.C.” ([273], pagina 313). Yefremov fa anche la seguente affermazione sbalorditiva: “il tasso di probabilità che il valore casuale di T_0 superi 900 è pari a 0,2 e riguardo a un gruppo ha la massima dispersione. Pertanto, è improbabile che il catalogo dell'*Almagesto* sia una contraffazione medievale” ([274], pagine 188-189). Per cui, a quanto pare Yefremov presume che la data media debba essere abbastanza vicina alla sua “data \bar{T}_0 modellata casualmente”, stimando questa vicinanza “tenendo conto degli errori medi quadratici calcolati in precedenza” ([273], pagina 313).

Questo approccio è totalmente delirante. È ovvio che ciò che Yefremov dice essere la data media modellata T_0 , è semplicemente la sua stima iniziale di T_0 con l'aggiunta casuale di qualche perturbazione. Per quanto riguarda la distribuzione delle date modellate, quella che viene fuori è una dispersione casuale con il centro pari a T_0 per un dato gruppo. Yefremov è dell'opinione che la data effettiva deve essere vicina al centro di questa dispersione, in altre parole che le perturbazioni casuali da lui introdotte hanno una certa reale probabilità di coprire le vere posizioni delle stelle di Tolomeo. In altre parole, spera che il suo modellamento annulli casualmente gli errori di Tolomeo, stimando come vera la loro probabilità. Questo è il significato esatto del passaggio citato sopra, dove Yefremov ci dice che una datazione post 900 d.C. può essere raggiunta solo nel corso di questo modellamento con “il tasso di probabilità minimo dello 0,2”. E' dell'opinione che ciò renda altamente improbabile la datazione medievale dell'*Almagesto*.

Tuttavia, bisogna tenere presente che la sua iniziale datazione T_0 , che raggruppa le datazioni modellate, differisce dalla data effettiva per un certo valore. Come abbiamo dimostrato in precedenza con dei semplici calcoli, il valore di questo spostamento può essere abbastanza grande.

Nel caso di Arturo, il suo valore più basso possibile è 420 anni, vedi sopra. Tale spostamento viene definito dall'errore singolo di Tolomeo nella stima delle coordinate di una determinata stella, così come dagli errori singoli per le stelle del gruppo scelto. Inoltre, i nostri calcoli dimostrano che il valore in questione dipende ampiamente dalla scelta del gruppo. Pertanto, alcuni errori singoli sono già inerenti al valore T_0 , probabilmente quelli gravi. Quando Yefremov “modella” i suoi errori aggiuntivi per i gruppi di stelle, li distribuisce già attorno a una certa datazione che potrebbe essere spostata lateralmente in misura sostanziale. Tuttavia, nel suo riferimento ai grafici delle distribuzioni modellate, Y. N. Yefremov sembra presumere che la datazione effettiva debba essere situata in ogni caso vicino al centro di queste distribuzioni, almeno entro un certo intervallo di confidenza con il rapporto di probabilità di 0,8, poiché considera troppo bassa la probabilità di 0,2.

Questo non è vero. La stima semplice sopra citata dimostra che la data effettiva è abbastanza lontana dal centro della distribuzione modellata (per esempio, questo intervallo supera i 420 anni per Arturo, vedi sopra). Allo stesso tempo, l'intervallo di dispersione delle date modellate attorno a una data spostata, potrebbero non essere affatto grande. Il fatto è che Yefremov ha preso il valore irragionevolmente basso dell'errore medio quadratico ottenuto dal valore minimo della parabola per questo modello, e per qualche ragione non ha effettuato delle stime specifiche di questo errore.

A parte questo, è abbastanza facile stimare che persino se si volesse modellare la correzione delle coordinate di una singola stella, la probabilità di tornare alla sua vera posizione sarebbe in linea di massima molto piccola. Questo viene confermato dal seguente semplice calcolo. Supponiamo che l'errore singolo di Tolomeo per una determinata stella sia pari a 45 gradi d'arco. Questi errori sono tipici nell'*Almagesto*: un buon numero di stelle che contiene sono state misurate molto male ([1339]). Ribadiamo che ci stiamo riferendo all'errore dell'arco. Come dimostreremo di seguito, gli errori della latitudine sono molto più piccoli.

Se applicassimo i calcoli sopra riportati ad Arturo, per esempio, l'implicazione sarebbe che per modellare una datazione effettiva che differirebbe dall'originale di 400 anni al massimo, bisognerebbe “centrare” l'intervallo di 14 minuti attorno alla posizione effettiva della stella (a condizione che le stelle del gruppo siano già cadute nelle posizioni necessarie e non influenzino troppo la datazione). La massima probabilità che il valore rientri in questo spazio di 14 minuti da una posizione spostata di 45', può essere stimata come la probabilità che cada nel settore ombreggiato della **Figura 3.13a**.

Se dovessimo considerare la probabilità che un punto perturbato situato nel raggio di 60' dal punto A sia pari a 1, finiremmo per avere una probabilità di 0,1 che la sua posizione si trovi nel settore ombreggiato. Per cui, anche in questo caso ideale il tasso di probabilità di ottenere casualmente la datazione necessaria, non la data corretta, ma piuttosto una che non differisca da essa di oltre 400 anni, sarebbe pari a 0,1. Tuttavia, Y. N. Yefremov è dell'opinione che la soglia di probabilità di 0,2 sia già sufficiente per rifiutare come improbabile una datazione post 900 d.C.

Gli autori di [274] affermano che i risultati dei calcoli eseguiti per le altre stelle veloci (che per qualche motivo non sono stati citati nel loro lavoro) confermano le conclusioni fatte nello studio di Arturo e α^2 Eridano. Tuttavia, questa affermazione non corrisponde alla realtà.

Forniamo un solo esempio ma evidente. Tra le stelle veloci che sono state analizzate dagli autori di [273] e [274] troviamo Procione, una stella molto famosa nell'astronomia medievale. La nostra ricerca (vedi il paragrafo 1, per esempio) dimostra che il metodo di Yefremov deve aver portato alla datazione del X secolo d.C. circa grazie a Procione, che contraddirebbe palesemente le sue conclusioni. Per qualche motivo misterioso, in [273] non si dice assolutamente nulla dei risultati per la stella Procione.

Infine, il “metodo” descritto in [273] e [274] è ampiamente dipendente dalla scelta del contingente del gruppo per la stella veloce oggetto di studio. Abbiamo verificato in che modo il risultato della datazione da parte del gruppo Arturo, varia a seconda della scelta delle diverse stelle per questo

gruppo. Abbiamo scoperto che quando cambiamo il contingente del gruppo, la datazione di Arturo può variare dallo 0 d.C. fino al 1000 d.C., vale a dire che i risultati possono fluttuare in uno spazio di mille anni. E' proprio questa circostanza che invalida completamente il metodo offerto da Y. N. Yefremov.

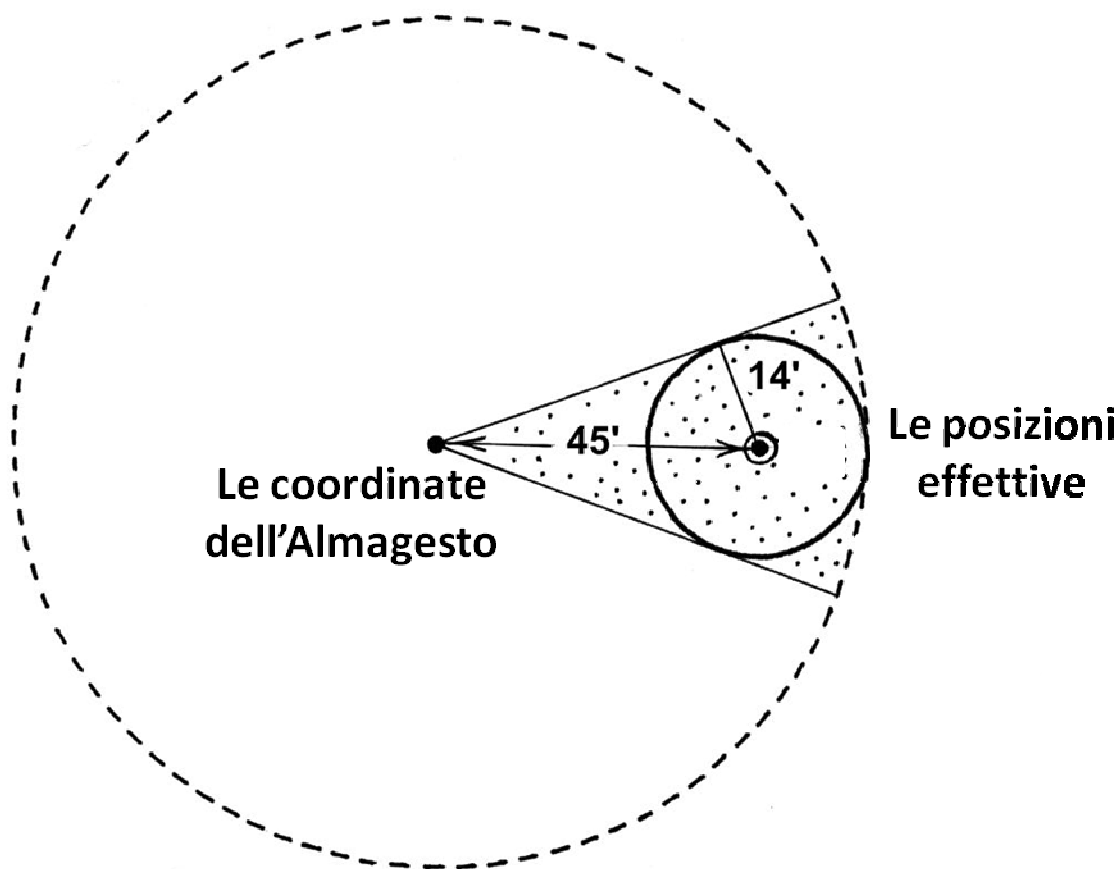


Figura 3.13a.

COROLLARI:

1. Il risultato della datazione dell'*Almagesto* attraverso i moti propri delle stelle, sostenuto da Y. N. Yefremov e Y. D. Pavlovskaya in [273] e [274], si basa su aria fritta. Inoltre, alcune delle considerazioni che si trovano nei loro lavori sopracitati, contengono un “circolo vizioso”.
2. Se dovessimo privare le opere in questione ([273] e [274]) da tutte queste considerazioni “circolari”, la “discrepanza” che finiremmo per ottenere non sarebbe in contraddizione con la nostra datazione, vedi più avanti.
3. Le posizioni di Y. N. Yefremov e Y. D. Pavlovskaya riguardo le stime di precisione del loro metodo (e il modello di correzione dell'*Almagesto*) che si vedono in [273] e [274], a nostro avviso sono matematicamente ignoranti e prive di significato.
4. Per qualche “ragione sconosciuta”, gli autori di [273] e [274] non hanno preso in considerazione Procione, la quale offre una datazione palesemente anti scaligeriana.

Il lavoro di Y. N. Yefremov e Y. D. Pavlovskaya ([273]) è stato pubblicato nel 1987 sulla *Doklady Akademii Nauk SSSR*. Abbiamo sottolineato gli errori contenuti in [273] e [274] nei nostri articoli [350] e [355] pubblicati sulla *Doklady Akademii Nauk SSSR* rispettivamente nel 1989 e nel 1990. A parte questo, ci siamo rivolti personalmente a Y. N. Yefremov criticando i suoi errori presso il

seminario ospitato dall'Istituto di Storia della Tecnica e delle Scienze Naturali nel 1989. Yefremov non ha fatto nulla per correggere gli errori in questione; inoltre, fugge da tutti i tentativi di discutere l'argomento.

4.5. La stima di precisione errata dei calcoli astronomici: un altro esempio.

Consideriamo un'altra pubblicazione che affronta il problema della datazione dell'*Almagesto* ([179]). I suoi autori, Y. S. Goloubtsova e Y. A. Zavenyagin, fanno riferimento a Galley riportando che nel tempo trascorso tra Tolomeo e Galley (fino al 1690, quando fu creato il catalogo stellare di Flamsteed), Arturo si è spostata nella direzione della Vergine di 1,1 gradi. Dopo aver confrontato questo dato con il valore dello spostamento annuale di Arturo (2,285"), la Goloubtsova e Zavenyagin eseguono il seguente semplice calcolo, scrivendo che "se lo dovessimo dividere 1,1 gradi per i 2, 285 secondi angolari per anno, finiremmo per ottenere 1733 anni. Alla fine, una volta sottratto 1733 da 1690 (ovvero l'anno in cui fu compilato il catalogo di Flamsteed), arriveremmo alla conclusione che il catalogo dell'*Almagesto* fu compilato nel 43 a.C. Il tasso di errore della discrepanza per le coordinate delle stelle vicine è molto più piccolo dell'errore delle coordinate effettive, poiché la sottrazione rimuove l'errore sistematico. Pertanto, il tasso medio di errore nelle posizioni delle stelle luminose in relazione a quelle vicine, nell'*Almagesto* non supera gli 0,1 gradi [? - autore]. L'implicazione è che il possibile tasso di errore della datazione non superi i 150 anni" ([179], pagina 75).

Pertanto, se gli autori di [273] hanno datato il catalogo al 250 d.C. per mezzo di Arturo (persino dopo aver eseguito il loro "adattamento" al 310 d.C., la stima di precisione è pari a ± 360 anni), gli autori di [179] eseguono un unico e solo calcolo aritmetico e datano l'*Almagesto* al 43 d.C., sempre tramite Arturo, con un tasso di precisione molto maggiore di ± 150 anni.

Tuttavia, il testo citato sopra e preso da [179] è orientato a un lettore che non si preoccuperà mai di controllare la vera configurazione stellare sulla sfera celeste. I calcoli degli autori di [179] sono basati sulla tacita implicazione che il vettore movimento dell'odierna Arturo è diretto esattamente alla sua posizione nell'*Almagesto*. Se fosse davvero così, i loro calcoli avrebbero dietro una sorta di ragionamento. Tuttavia, questo non sembra essere il caso. Nella **Figura 3.1** si vede la vera direzione del moto di Arturo in relazione alla sua posizione come specificata nell'*Almagesto*.

Si può chiaramente vedere che Arturo si sposta visibilmente "a fianco" della sua posizione nell'*Almagesto*. Pertanto, non è il valore di 1,1 gradi che deve essere diviso per 2", come hanno fatto gli autori di [179] per qualche motivo, ma uno molto più piccolo che produrrà la datazione del 900 d.C. circa, anche se con un possibile tasso di errore significativo dovuto alla natura approssimativa del metodo stesso. Sopra potete vedere le nostre considerazioni sulla precisione di questo metodo.

Quindi, datare l'*Almagesto* al 43 d.C. con un possibile tasso di discrepanza di ± 150 anni, come affermano di avere fatto Y. S. Goloubtsova e Y. A. Zavenyagin, è completamente fuori discussione.

Vi facciamo anche notare che il "concetto" stesso che sta dietro a [179], il quale implica che gli errori casuali nell'*Almagesto* sono il risultato del moto proprio delle stelle, è perfettamente sbagliato. La sua assurdità diventerebbe più evidente se dovessimo considerare gli esempi delle stelle che si muovono lentamente, che sono quasi immobili. La divisione di un errore diverso da zero nell'*Almagesto* sulla posizione di una stella, potrebbe produrre una qualsiasi datazione "infinitamente antica" delle osservazioni.

L'affermazione fatta dagli autori di [179] i quali dicono che l'errore sulle posizioni delle stelle luminose nell'*Almagesto* non supera gli 0,1 gradi, o i 6', non si basa su nulla. Perché 6' e non 2' o 15'? Dopo aver detto tutto sul problema della stima di precisione delle coordinate stellari nell'*Almagesto*, riteniamo superfluo approfondire questo problema.

Gli autori di [179] non hanno limitato le loro ricerche allo studio di Arturo e al suo comportamento. Hanno anche tentato di datare il catalogo con un'altra famosa stella “veloce”: Procione. Citiamo: “Otterremo un risultato simile una volta che dateremo l'*Almagesto* con il moto proprio di Procione, vale a dire che il catalogo dell'*Almagesto* fu compilato nel 330 a.C., con un possibile tasso di errore di ± 300 anni ... La datazione di Procione serve per corroborare la datazione perfettamente indipendente di Arturo e ci portano entrambi negli ultimi secoli prima della nuova era” ([179], pagine 75-76).

Tuttavia, proprio come avevano fatto nel caso di Arturo, per qualche motivo gli autori non tennero conto della direzione del moto di Procione. Vediamo che “datazione” otterremmo se dovessimo usare il loro “metodo” per i nostri calcoli precisi che prendono in considerazione le posizioni stellari effettive. Si scopre che la vera traiettoria del moto di Procione è tale che la datazione approssimativa di Procione è il X secolo d.C., non prima (vedere il paragrafo 1). Inutile dire che il problema della precisione di questa datazione resta ancora in piedi.

4.6. La “analisi secondaria” della datazione dell’*Almagesto* nella rivista *Samoobrazovaniye (Autodidattica)*.

Nel primo numero del 1999 della rivista moscovita *Samoobrazovaniye* ([263]) troviamo una pubblicazione di A. S. Doubrovskiy, N. N. Nepeyvoda e Y. A. Chikanov intitolata *A proposito della cronologia dell'Almagesto di Tolomeo*. Un'analisi matematica e metodologica secondaria che si occupa in particolare della nostra datazione dell'*Almagesto* attraverso i moti propri delle stelle.

Sfortunatamente, gli autori di [263] non sono riusciti a familiarizzare con le necessarie questioni astronomiche e quindi sono arrivati alla falsa conclusione che la datazione dell'*Almagesto* attraverso i moti propri delle stelle è in linea di massima inaffidabile, in quanto si sa poco e male delle velocità dei moti propri delle stelle, che presumibilmente riflettono le grandi controversie che si possono trovare nella letteratura astronomica.

Inoltre, in [263] abbiamo trovato una tabella comparativa dei moti propri tratta dal *Astronomicheskij Yezhegodnik (L'Annuario Astronomico)* e dal catalogo di [1197]. Ad esempio, il lettore viene invitato a confrontare i valori contenuti rispettivamente in entrambi i cataloghi (-0.1098; -0.2001) e (-1.155; -1.998). Queste sono le velocità del moto proprio di Arturo.

A questo proposito gli autori di [263] ci dicono esattamente quanto segue: “Per quanto riguarda l'analisi del moto della stella “veloce”, dobbiamo sottolineare che i dati relativi alla velocità stellare presi dal catalogo dal gruppo di Fomenko ... [seguito da un riferimento al catalogo delle stelle luminose (1197) - autore] differiscono considerevolmente da quelli contenuti nel *Astronomicheskij Yezhegodnik*” ([263], pagina 23).

Dopo aver citato questa considerevole tabella a pagina 24 di [263], gli autori giungono alla seguente conclusione: “Come si può vedere dalla tabella, stimare l'età del catalogo secondo i moti propri delle stelle è un'attività più che dubbia e che non regge alle critiche”. Tuttavia, i componenti del vettore velocità che vengono confrontati in questa tabella non solo sono stati forniti da sistemi di coordinate differenti, ma anche in unità di misure diverse! Questo è facile da osservare dall'esempio sopra: in un caso abbiamo a che fare con il sistema delle coordinate equatoriali per l'epoca del 2000 d.C., mentre nell'altro con il sistema delle coordinate equatoriali per l'epoca del 1900 d.C. Questi sistemi di coordinate differiscono l'uno dall'altro. L'esempio sopra dimostra un'incongruenza nella scala. Secondo il teorema di Pitagora, i componenti del vettore velocità forniti per Arturo sono sufficienti per il calcolo della lunghezza di detto vettore, il quale sarà già indipendente dal sistema delle coordinate. Tuttavia, nel primo caso è dieci volte più piccola che nel secondo e deriva dal fatto che i differenti cataloghi utilizzano delle diverse grandezze di moti propri. In un caso, l'unità di misura utilizzata è uguale a 1/1000 di secondo all'anno, mentre nell'altro è 1 secondo per secolo. Le unità differiscono di un fattore dieci.

Non è necessario fare dei commenti qui. E' ovvio che prima di suggerire al lettore di confrontare diversi valori di qualsiasi tipo, detti valori devono essere indicati nella stessa grandezza.

Ci asteniamo dal discutere i tentativi degli autori di datare l'*Almagesto* ([263]); diciamo semplicemente che siamo dell'opinione che la datazione dell'*Almagesto* deve essere preceduta da uno studio approfondito di alcune questioni piuttosto complesse da parte del ricercatore. La cosa richiede molto tempo e sforzo, persino per un esperto qualificato.

5. Conclusioni e indicazioni per ulteriori studi. Il nostro approccio e una breve sinossi dei nostri risultati principali.

5.1. I tre problemi con cui ci si deve confrontare: l'identificazione delle stelle dell'*Almagesto*, la definizione della natura dei possibili errori e l'analisi della precisione del catalogo.

I paragrafi 1-3 contengono i resoconti di numerosi tentativi di datare l'*Almagesto* sulla base del materiale numerico contenuto nel catalogo stellare di Tolomeo. Tutti questi tentativi si sono rivelati inutili. Ne abbiamo discusso così nei dettagli per due ragioni: in primo luogo, il lettore può avere un'idea migliore di quanto sia veramente complessa la datazione "autosufficiente" del catalogo stellare, vale a dire quel tipo di datazione che si basa solo sul materiale numerico del catalogo. In secondo luogo, abbiamo voluto fornire alcune basi per far crescere le questioni che affronteremo più dettagliatamente in seguito.

Il corollario principale a cui arriviamo nella fase attuale è il seguente. La datazione dell'*Almagesto* richiede una meticolosa analisi preliminare del catalogo. Questa analisi deve riguardare i seguenti problemi.

1. Identificare le stelle dell'*Almagesto* con quelle osservabili sulla sfera celeste contemporanea. Nel paragrafo 1 abbiamo dimostrato che questo problema non ha sempre una soluzione inequivocabile; inoltre, la soluzione in questione potrebbe dipendere dalla presunta datazione del catalogo. Pertanto, prima di poter procedere con la datazione, dobbiamo trovare e rifiutare tutti i casi di dubbia identificazione delle stelle dell'*Almagesto* con loro odierne controparti.
2. La natura dei possibili errori contenuti nel catalogo dell'*Almagesto*. I tassi di errore nelle caratteristiche delle coordinate stellari per l'*Almagesto* portano alla conclusione che la datazione del catalogo non può essere stimata con più precisione sull'intervallo storico basato sui moti propri delle stelle. Tuttavia, se riuscissimo a scoprire la componente sistematica negli errori sulle posizioni delle stelle dell'*Almagesto*, questa affermazione diventerebbe in linea di massima falsa. In questo caso potremmo avere un'opportunità per compensarla, aumentando così la precisione del catalogo che a sua volta potrebbe permetterci di datarlo a prescindere dall'errore in questione.
3. La precisione del catalogo dell'*Almagesto* ottenuta attraverso diversi sottoinsiemi stellari. L'obiettivo di questa analisi è la scelta del gruppo stellare dell'*Almagesto* le cui coordinate devono essere state misurate da Tolomeo con un certo livello δ di precisione garantita. Una volta che riusciamo a individuare quel gruppo, questo definirà l'insieme delle possibili datazioni dell'*Almagesto*, vale a dire che renderebbe fattibili le datazioni che consentono di arrivare a un livello δ di precisione garantita per le stelle di questo gruppo. Se il risultante intervallo di datazione dovesse rivelarsi molto più breve dell'intervallo storico noto a priori, otterremmo delle informazioni pertinenti alla data di quando fu compilato il catalogo stellare dell'*Almagesto*. Questo concetto sarà usato più avanti (vedere i Capitoli 5-7).

Parliamo brevemente di ognuno dei tre problemi elencati sopra. Una loro interpretazione più dettagliata la potete trovare nei capitoli a seguire.

5.2. L'identificazione delle stelle dell'*Almagesto*.

C'è una quantità piuttosto grande di copie scritte a mano, come pure numerose versioni medievali stampate dell'*Almagesto*, dove le coordinate dell'eclittica delle singole stelle differiscono l'una dall'altra. La maggior parte di queste copie ed edizioni (sebbene non tutte) furono datate approssimativamente al 60 d.C. per mezzo della precessione. L'implicazione è che se si dovessero confrontare le longitudini stellari prese da una determinata copia dell'*Almagesto* con le longitudini stellari calcolate con precisione per il 60 d.C., il tasso medio di discrepanza sarebbe pari a zero. Tale confronto è possibile solo per il fatto che l'identificazione della maggior parte delle stelle dell'*Almagesto* con quelle dell'odierna sfera celeste, non lascia spazio a dubbi.

Il testo sorgente che abbiamo usato era il catalogo dell'*Almagesto* che contiene più di un migliaio di stelle, nella stessa forma esatta in cui viene riportato nell'opera fondamentale di K. Peters ed E. Knobel ([1339]). Nell'elenco delle stelle prese in esame sono state incluse numerose coordinate varianti prese da [1339]. Nella fase preliminare non abbiamo nemmeno dubitato della veridicità delle coordinate stellari dell'*Almagesto*, né dal fatto che fossero state ricavate dalle coordinate eclittiche riportate al 60 d.C. per via della precessione.

Come abbiamo già menzionato, [1339] contiene le identificazioni delle stelle dell'*Almagesto* con le odierne controparti. Tuttavia, abbiamo condotto il processo di identificazione partendo da zero per poter selezionare le stelle da analizzare, vedere il Capitolo 4. Per cui, le identificazioni contenute in [1339] sono state per la maggior parte confermate.

Tuttavia, abbiamo scoperto numerose stelle odierne che possono essere identificate con le diverse stelle dell'*Almagesto* per le epoche differenti di t . Come ad esempio σ^2 Eri e μ Cas. Queste stelle furono identificate in [1339] ipotizzando che le osservazioni di Tolomeo fossero condotte intorno all'inizio della nuova era. Non ha senso basare la datazione del catalogo dell'*Almagesto* sull'analisi di quelle stelle, perché finiremmo semplicemente in un circolo vizioso. Tutte queste stelle sono state escluse da ulteriori considerazioni.

Facciamo inoltre notare che le identificazioni e le coordinate delle stelle σ^2 Eri e μ Cas sono considerate dubbiose.

5.3. I vari tipi di errori nel catalogo.

Prima abbiamo dimostrato che il semplice confronto delle coordinate stellari calcolate con quelle contenute nel catalogo dell'*Almagesto*, non ci consente di stimare la datazione di quest'ultimo. Questo viene spiegato dagli enormi tassi di discrepanza insiti per la maggior parte nel catalogo dell'*Almagesto*. Pertanto, potremmo aver successo solo se analizzassimo meticolosamente gli errori dell'*Almagesto* di natura diversa.

Divideremo gli errori in tre tipi: gli errori di gruppo, gli errori casuali e i "refusi".

Sotto gli errori di gruppo comprendiamo le varie distorsioni dei dati risultanti dalle osservazioni o dai ricalcoli che portano allo spostamento di un gruppo di stelle in un gruppo celeste nel suo insieme.

Gli errori casuali hanno un carattere individuale e devono la loro esistenza alle osservazioni imprecise che per la maggior parte rientrano nel grado di valore dello strumento di misurazione. Un tratto distintivo di questi errori è che spostano ogni stella sulla sfera celeste per un valore casuale che ha una media pari a zero.

I refusi sono il prodotto di circostanze impreviste o sconosciute al compilatore: errori di copia, rifrazione, ecc... Influiscono anche sulle coordinate delle singole stelle e i loro valori sono di solito molto più grandi della scala di precisione dello strumento di misurazione. I refusi sono un tipo di errore piuttosto raro.

Il compito più importante è quello di definire e compensare gli errori di gruppo. I metodi più idonei saranno discussi nel Capitolo 5, dove oltre a fornire le formule necessarie per il loro calcolo, dimostreremo anche come determinare la precisione dei valori risultanti.

Le stime dei diversi tipi di errori nelle coordinate stellari dell'*Almagesto* sono trattate nel Capitolo 6. Abbiamo scoperto che le coordinate stellari indicate nell'*Almagesto* contengono di fatto dei significativi errori di gruppo che si manifestano attraverso gli spostamenti delle rispettive configurazioni stellari sulla sfera celeste.

I valori degli errori di gruppo possono infatti differire per i diversi gruppi stellari: ad esempio le costellazioni, da cui il loro nome. Tuttavia testimonieremo che per quanto riguarda le aree celesti abbastanza grandi, gli errori di gruppo dell'*Almagesto* e degli altri vecchi cataloghi stellari, queste coincidono per le varie costellazioni e sono pari al singolo errore per l'intera area. Ci riferiamo a quel tipo di errore come quello sistematico per un determinato catalogo e per una determinata area celeste.

Ciascun spostamento che definisce un errore di gruppo può essere descritto da tre parametri. Sceglieremo i seguenti errori di base in quanto tali, vedi la **Figura 1.1**, Capitolo 1.

L'errore τ nel punto dell'equinozio di primavera $Q(t_A)$, eseguito dall'osservatore nell'anno di osservazione t_A in direzione dell'eclittica. In altre parole, τ è la proiezione del punto dell'equinozio di primavera del catalogo dell'*Almagesto*, spostata lateralmente rispetto alla sua posizione effettiva sull'eclittica.

L'errore β nella posizione del punto $Q(t_A)$ nella direzione del meridiano, ovvero la proiezione del vettore errore sopra il meridiano dell'eclittica.

L'errore γ nell'angolo ε tra l'eclittica e l'equatore. Il cambiamento delle coordinate dell'eclittica di una stella fatto da terra dall'osservatore, deve essere preceduto dalla stima dell'angolo ε tra l'eclittica e l'equatore, a prescindere dal metodo di misurazione. Se l'osservatore ha commesso l'errore γ nella stima di detto angolo, l'eclittica del catalogo dovrà essere spostata per il valore di γ in relazione alla posizione dell'eclittica effettiva nell'anno di osservazione.

La possibilità che gli errori di gruppo possano essere inerenti all'*Almagesto*, è stata discussa da molti ricercatori; per esempio vedi [1339], [614] e [544]. Qui ci limitiamo semplicemente a citare le possibili ragioni dell'esistenza di tali errori.

L'errore τ potrebbe derivare dal fatto che l'osservatore o un successivo compilatore del catalogo, per qualche motivo ha "ritoccato" il catalogo per adattarlo a una datazione diversa da quella effettiva dell'osservazione. E' possibile che questa operazione sia servita per qualche fine metodologico: per esempio, conformare il catalogo a una data importante o ridondante. Avrebbe anche potuto essere usata per una deliberata distorsione della data effettiva di osservazione ([614]) o, in alternativa, potrebbe derivare dai cambiamenti nel punto iniziale del riferimento longitudinale. Abbiamo già dimostrato che gli astronomi antichi erano in grado contare la longitudine dai vari punti sull'eclittica. Il cambiamento del punto iniziale di riferimento porterebbe naturalmente all'aggiunta di qualche costante a tutte le longitudini dell'eclittica e quindi all'alterazione della "datazione" del catalogo, qualora fosse stato datato tramite la precessione longitudinale.

È comprensibile che la latitudine di una stella sia indipendente dall'errore τ . Questo crea delle coordinate latitudinali più affidabili, motivo per cui prenderemo in considerazione separatamente le

longitudini e le latitudini. La considerazione delle discrepanze latitudinali richiede solo due parametri per definire un errore di gruppo, per esempio β e γ .

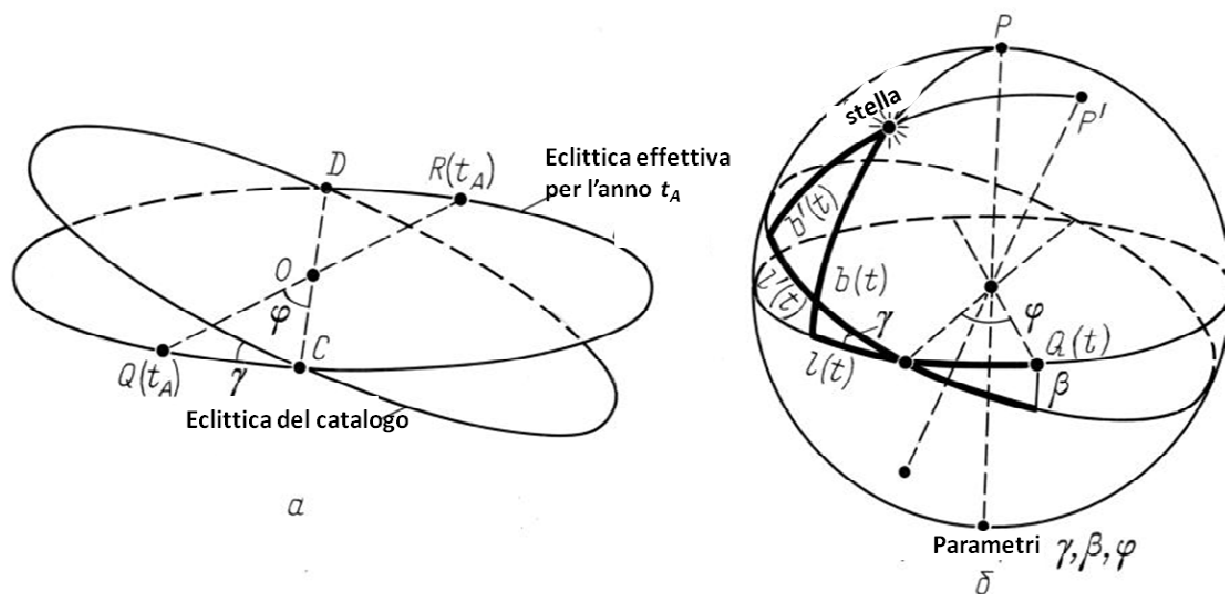


Figura 3.14. La specificazione dei parametri dell'errore sistematico nelle coordinate eclittiche delle stelle con l'aiuto dei parametri γ e ϕ , o γ e β . Nel presente esempio $\tau = 0$.

Cosa c'è dire sui valori di β e γ ? Le latitudini equatoriali delle stelle sono abbastanza facili da determinare con sufficiente semplicità e precisione dall'osservazione effettiva ([75]). Pertanto, ci si dovrebbe aspettare che l'errore β sia abbastanza piccolo per il momento dell'osservazione, a condizione che l'osservatore fosse abbastanza preciso. L'errore γ ha un carattere principalmente diverso. La determinazione della posizione dell'eclittica viene ottenuta dopo calcoli e osservazioni piuttosto complesse, vedere il Capitolo 1. Pertanto, il valore dell'errore γ potrebbe essere significativamente maggiore di quello dell'errore β .

Le opere [544] e [1339] contengono delle indicazioni sul fatto che l'errore sistematico γ è effettivamente inerente all'*Almagesto*. Inoltre, alcuni studiosi dell'*Almagesto* hanno stimato il valore di questo errore in circa 20'. I nostri calcoli lo confermano, vedere il Capitolo 6.

Utilizzeremo occasionalmente i parametri ϕ e γ al posto di β e γ , poiché sono più convenienti dal punto di vista del calcolo. Il loro significato viene chiarito nella **Figura 3.14**. Finché riguarda le discrepanze latitudinali, l'errore di gruppo si limita a un semplice spostamento del piano eclittico, che chiameremo "eclittica del catalogo". Si potrebbe definire come la disposizione reciproca del piano dell'eclittica effettiva e dell'eclittica del catalogo per l'epoca t_A di compilazione del catalogo, qualora si volesse fissare l'angolo ϕ tra l'asse dell'equinozio QR per l'epoca t_A e l'asse del piano di rotazione CD , oltre a fissare l'angolo piano γ tra i due piani dell'eclittica: quello vero e quello falso. In seguito definiremo i parametri della maggior parte degli errori di gruppo con i valori di ϕ e γ .

In linea di massima, il compilatore del catalogo potrebbe aver commesso diversi errori di gruppo durante lo studio delle diverse aree celesti. Le possibili ragioni includono lo strumento di raggiustamento, la scelta di un diverso punto di osservazione, ecc...

Nel Capitolo 2 abbiamo scoperto le sette parti del catalogo stellare dell'*Almagesto* che ovviamente sono distinte come viste sulla sfera celeste e differiscono per le loro caratteristiche di affidabilità nell'*Almagesto*, vedi la **Figura 2.14**. Nel Capitolo 6 vedremo che le stesse aree celesti nell'*Almagesto* differiscono anche per i valori degli errori di gruppo e le caratteristiche di precisione.

Per riassumere, si può dire che le ragioni dell'esistenza degli errori di gruppo e delle altre discrepanze elencate sopra servono solo a spiegare i possibili meccanismi della genesi dell'errore. I calcoli consentono la scoperta degli errori stessi, ma non ci dicono nulla di come e perché sono stati fatti: le possibili ragioni possono differire per quanto detto in precedenza.

5.4. La scoperta dell'errore sistematico nel catalogo dell'*Almagesto*. La sua compensazione conferma la correttezza del catalogo di precisione dichiarato.

Il vero momento t_A della compilazione del catalogo resta a noi sconosciuto. Pertanto, dovremmo calcolare i valori dei parametri $\gamma(t)$ e $\phi(t)$. Il metodo di calcolo è una combinazione tra il metodo del minimo quadratico e il problema della regressione sferica. Le sue proprietà di precisione saranno discusse nel Capitolo 5.

I risultati dei nostri calcoli possono essere rappresentati nei grafici $\gamma_{stat}(t)$ e $\phi_{stat}(t)$, vedi la **Figura 3.15**. Questi grafici furono costruiti dopo l'elaborazione delle coordinate stellari dell'*Almagesto* per le grandi aree celesti. L'indice "stat" indica che i valori corrispondenti sono stati edotti con i metodi statistici. In realtà sono delle stime dei parametri di discrepanza insiti nelle posizioni delle stelle dell'*Almagesto* e dimostrano che dette discrepanze sono uniformi per le numerosi grandi aree della sfera celeste. Le stime sono state fatte con l'assunto che il catalogo fu compilato nell'epoca t , per cui sono delle funzioni di t . Per l'errore in questione useremo il termine "errori sistematici", così come per i suoi componenti, i parametri $\gamma(t)$ e $\phi(t)$.

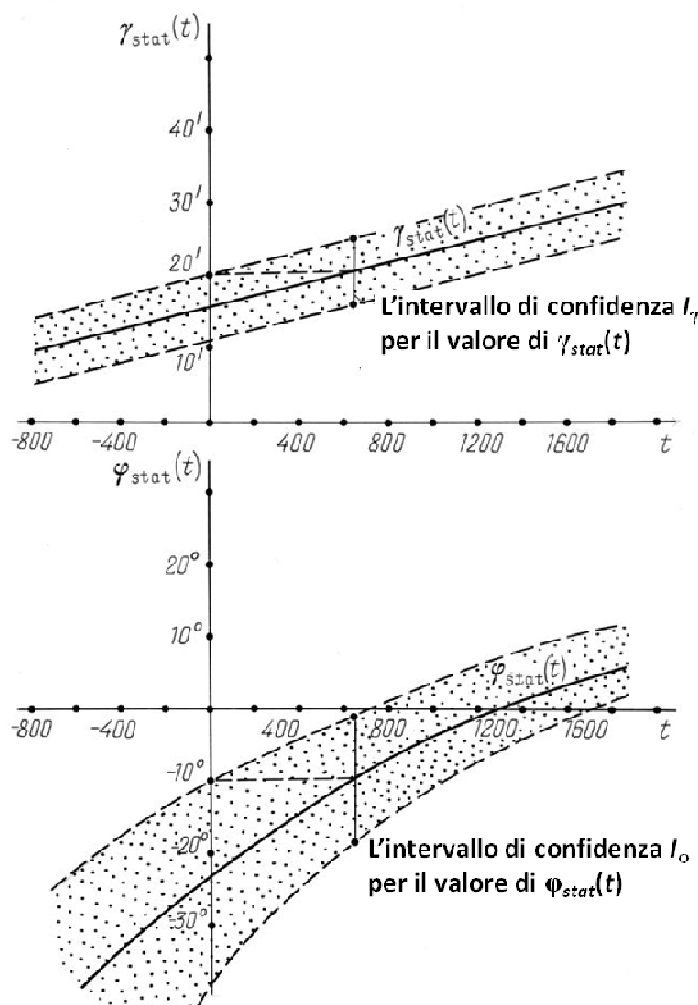


Figura 3.15. Il comportamento dei parametri $\gamma_{stat}(t)$ e $\phi_{stat}(t)$ nel corso del tempo.

Qual è la relazione tra questi errori e gli errori di gruppo? Se la grande area celeste in fase di studio fosse costituita da diverse costellazioni, gli errori sistematici scoperti con l'aiuto dei metodi statistici rappresenterebbero i valori medi degli errori di gruppo per le diverse costellazioni. Solo nel caso in cui tutti gli errori di gruppo fossero uguali l'un l'altro, coinciderebbero con i rispettivi errori sistematici.

Questo è l'unico caso in cui non dovremo differenziare la definizione di “errore di gruppo” ed “errore sistematico”.

Abbiamo costruito gli intervalli di confidenza I_γ e I_ϕ per i valori accettabili γ e ϕ attorno a ciascun valore di $\gamma_{stat}(t)$ e $\phi_{stat}(t)$. Vogliamo chiarire che γ_{stat} e ϕ_{stat} sono solo delle stime statistiche puntuali di parametri sconosciuti; questi definiscono l'errore sistematico commesso dal compilatore del catalogo e i valori di tali stime non sono affatto uguali ai valori degli effettivi parametri sconosciuti. Una volta costruiti gli intervalli di confidenza attorno alle stime puntuali calcolate γ_{stat} e ϕ_{stat} , possiamo affermare che i veri valori del parametro rientrano in questi intervalli con un dato grado di certezza.

Il metodo di costruzione degli intervalli di confidenza che è ampiamente usato nei problemi statistici, è descritto nel Capitolo 5. I risultati effettivi pertinenti all'*Almagesto* sono stati riportati nel Capitolo 6.

Abbiamo condotto l'analisi degli errori per tutte e sette le aree celesti dell'*Almagesto* scoperte in precedenza, dopo aver determinato i valori dei loro rispettivi errori sistematici, nonché i valori delle “rimanenti” discrepanze latitudinali medie quadratiche risultanti dalla compensazione degli errori sistematici condizionali che sono stati scoperti. Di conseguenza, ciò che abbiamo scoperto è che le aree A e $Zod A$ sono quelle che tra tutte sono state misurate con più precisione, vedi il Capitolo 6 e la TABELLA 2.3. A proposito, queste sono le aree in cui si trovano la maggior parte delle stelle dell'*Almagesto*. Un'altra scoperta è stata quella che dopo la compensazione dell'errore sistematico, più della metà delle stelle dall'area A è finita con un valore massimo di discrepanza latitudinale di 10' (vedi Capitolo 6). La percentuale di quelle stelle “misurate bene” è ancora più grande per l'area $Zod A$: il 63,7%. Pertanto, il tasso di precisione dichiarato di 10' è stato confermato per le latitudini della maggior parte delle stelle di un'area celeste piuttosto grande.

Il successivo problema che ci siamo trovati di fronte è la natura dei parametri scoperti γ_{stat} e ϕ_{stat} . È vero che i valori calcolati di γ_{stat} e ϕ_{stat} sono abbastanza vicini agli effettivi errori di gruppo per l'intero catalogo, o almeno per le stelle dall'area A ?

È del tutto possibile che il compilatore del catalogo abbia commesso dei singoli errori di gruppo per ciascuna costellazione; in questo caso, i valori che abbiamo calcolato di fatto rappresentano la somma delle varie medie degli errori di gruppo; il risultato di tali medie è diverso da zero a causa del numero relativamente piccolo delle costellazioni in generale.

Per rispondere a questa domanda, abbiamo considerato tutte le costellazioni zodiacali e i “dintorni” delle stelle più nominate. I calcoli hanno dimostrato che il valore di γ_{stat}^{ZodA} calcolato per l'area $Zod A$ si applica come minimo a tutte le costellazioni dall'area A .

In altre parole, γ_{stat}^{ZodA} dovrebbe essere considerato come il componente sistematico che colpisce tutte le stelle misurate bene dell'area celeste A , la quale contiene anche la maggior parte delle stelle con nome. Tuttavia, non possiamo dire nulla riguardo il valore di ϕ_{stat}^{ZodA} . È curioso che la conclusione sulla natura dei composti γ_{stat} e ϕ_{stat} possa servire come argomentazione a favore della teoria che le misurazioni delle coordinate per il catalogo dell'*Almagesto* sono state condotte con l'uso della sfera armillare. Vedere il Capitolo 6 per maggiori dettagli.

5.5. La compensazione degli errori sistematici rilevati nel catalogo ci dà l'occasione di datarlo.

La compensazione dell'errore sistematico che abbiamo scoperto ci ha permesso di ridurre la discrepanza latitudinale per l'area *Zod A* dell'*Almagesto*, da 17,7' a 12,8'. La cosa ci ha dato la possibilità di datare il catalogo.

Abbiamo già sottolineato che il tasso di precisione dichiarato di 10 minuti è stato infatti raggiunto per la maggior parte delle stelle del catalogo. La domanda che sorge qui è: nell'*Almagesto* c'è qualche stella per la quale il tasso di precisione dichiarato potrà essere garantito?

Sappiamo che durante la misurazione delle coordinate stellari l'osservatore utilizza sempre il sistema dei punti di riferimento sulla sfera celeste (ossia le stelle), vedere [968], per esempio. Questo metodo di misurazione è naturale ed è stato usato da tutti gli astronomi medievali. Tycho Brahe, per esempio, per le sue misurazioni ha usato 21 stelle referenziali ([1049]). Il sistema moderno dei punti di riferimento è costituito da diverse migliaia di stelle che vengono raccolte nei cosiddetti cataloghi fondamentali (vedere il catalogo FK4, ad esempio - [1144]). Nell'*Almagesto* viene indicato che Regolo e Spiga devono far parte di quelle stelle referenziali. Ci sono dei paragrafi speciali dell'*Almagesto* che sono dedicati alla misurazione delle loro coordinate.

Formuliamo il seguente assioma. Se la precisione dichiarata del catalogo venisse confermata, dovrebbe essere garantita per la maggior parte delle stelle referenziali del catalogo in questione.

Quali sono le stelle che avrebbero dovuto essere necessariamente incluse nel numero delle stelle referenziali dell'*Almagesto*? Innanzitutto, Tolomeo deve aver usato quelle delle stelle che sul catalogo hanno un nome proprio. Non ci sono molte stelle di quel genere, solo dodici. Formano davvero una base molto utile nella parte visibile del cielo. La loro lista completa è la seguente: Arturo, Regolo, Spiga, Previandematrix, Capella, Lira = Vega, Procione, Sirio, Antares, Aquila = Altair, Aselli e Canopo; dodici stelle complessivamente.

Tutte queste stelle sono luminose e chiaramente visibili in cielo. Ciò che è particolarmente importante ai fini della datazione è che alcune di essi hanno una velocità di moto proprio piuttosto elevata, ad esempio Arturo, Procione e Sirio. Alcune altre attraversano persino la sfera celeste in modo abbastanza visibile, vale a dire Regolo, Capella, Antares e Aquila = Altair.

Tuttavia, abbiamo dovuto escludere da un'immediata considerazione due delle dodici stelle, vale a dire Canopo e Previandematrix. Il motivo è che le coordinate di Tolomeo per Canopo erano fortemente influenzate dalla rifrazione e da un punto di vista statistico potevano essere considerate come dei "refusi"; per quanto riguarda Previandematrix, le coordinate iniziali di Tolomeo sono andate perse, per cui a oggi sono semplicemente sconosciute, vedi il Capitolo 2.

Sono state scartate altre due stelle (Sirio e Aquila o Altair) a causa del fatto che, come mostra la nostra analisi, l'errore sistematico è differente nel loro caso e il valore di detto errore non può essere determinato per queste due stelle. Pertanto, la datazione del catalogo dell'*Almagesto* è stata realizzata sulla base delle restanti 8 stelle con nome. La loro lista è la seguente:

Arturo, 16, α Boo, numero di Bailey dell'*Almagesto* 110;

Regolo, 32, α Leo, numero 469;

Spiga, 67, α Vir, numero 510;

Capella, 13, α Aur, numero 222;

Lira = Vega, 3, α Lyr, numero 149;

Procione, 10, α CMi, numero 848;

Antares, 21, α Sco, numero 553;

5.6. La datazione del catalogo dell'*Almagesto* per mezzo del moto delle sue otto stelle principali, dopo la rettifica dell'errore nel catalogo rilevato statisticamente

L'ipotesi proposta ci conduce all'implicazione che per l'epoca desiderata t_A della compilazione del catalogo, tutte e otto le stelle principali con nome dell'*Almagesto* devono avere una discrepanza latitudinale massima di $10'$.

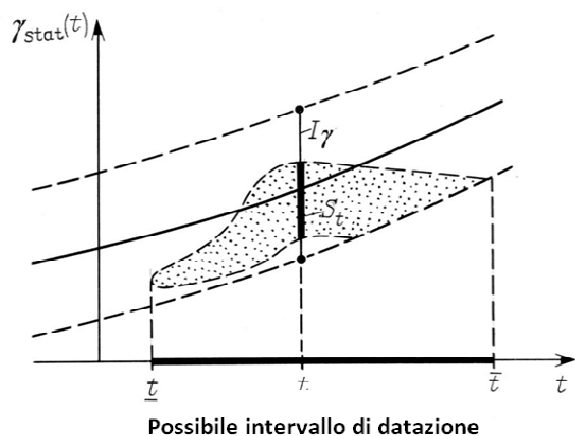


Figura 3.16. La datazione del catalogo dell'*Almagesto* con il metodo statistico.

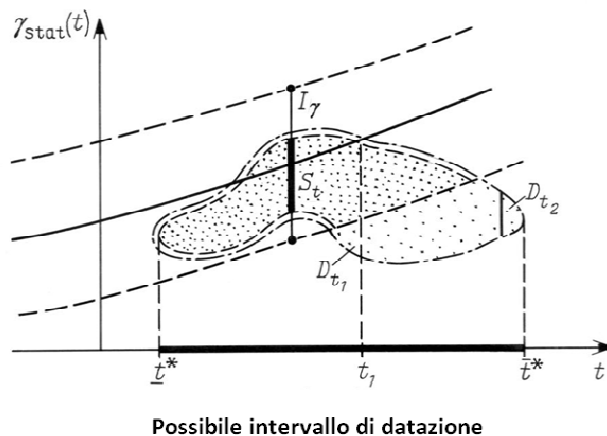


Figura 3.17. La datazione del catalogo dell'*Almagesto* con il metodo geometrico.

D'altra parte, sappiamo che il componente sistematico di discrepanza γ del catalogo deve cadere nell'intervallo di confidenza I_γ , costruito attorno alla stima statistica $\gamma_{stat}(t_A)$ per epoca t_A . Per cui siamo giunti a un metodo naturale di datazione.

Consideriamo l'intervallo di confidenza I_γ attorno a $\gamma_{stat}(t)$ con il valore di t ; il livello di confidenza viene fissato, quindi si seleziona un certo sottoinsieme S_t dai valori che cadono al suo interno, che compenserà il componente dell'errore sistematico γ e farà diventare inferiore a $10'$ la discrepanza latitudinale per tutte le otto stelle principali con nome, ovvero il grado di valore per la grandezza delle coordinate del catalogo dell'*Almagesto* con γ in S_t , vedere la **Figura 3.16**.

In linea generale, l'insieme S_t può essere vuoto. Mettiamo di trovare tutti i valori delle datazioni presunte t per le quali gli insiemi S_t non sono vuoti. Questi stessi valori devono essere compresi nel possibile intervallo di datazione, poiché per tutti le presunte datazioni t da questo intervallo, le latitudini di tutte e otto le stelle con nome vengono misurate con un tasso di precisione di $10'$.

Chiameremo la procedura di datazione descritta con il termine "statistica", poiché si basa sui valori di $\gamma_{stat}(t)$ scoperti con i metodi statistici. Una più esplicita descrizione di questa procedura sarà riportata di seguito nel Capitolo 7, a fianco di una discussione dettagliata sui risultati di datazione ottenuti.

Abbiamo scoperto che l'intervallo di datazione inizia nel 600 d.C. e termina nel 1300 a.C. Anche se la sua lunghezza è pari a 700 anni a causa della bassa precisione dell'*Almagesto*, questo intervallo si trova a una distanza considerevole dalla datazione scaligeriana della creazione dell'*Almagesto*.

5.7. La datazione del catalogo dell'*Almagesto* dal moto delle sue otto stelle principali con nome, con l'aiuto di un metodo geometrico indipendente.

Gli intervalli di confidenza utilizzati per la procedura statistica contenevano un determinato parametro scelto soggettivamente, vale a dire il livello di confidenza che rappresenta una probabilità così minima da poter essere ignorata nei corollari statistici. Quindi si può effettivamente discutere la questione che l'intervallo di datazione è dipendente dal livello di confidenza prescelto. Il nostro corollario che l'errore di gruppo per le 8 stelle con nome è pari all'errore sistematico per l'area *Zod A*, è anche di natura statistica e può quindi risultare errato. Da qui la questione di quanto più grande possa diventare l'intervallo se le aree di confidenza si espandessero indefinitamente.

CLAVDII
PTOLEMAEI PELUSIENSIS Alexandrini omnia quæ
extant opera, præter Geographiam, quam
non dissimili forma nuperrimè ædidimus: summa cura & diligentia castigata
ab Erasmo Osualdo Schreckenfuchsis, & ab eodem Hagoica in Al-
magestum præfatione, & fidelissimis in priores libros
annotationibus illustrata, quemadmo-
dum sequens pagina catalo-
go indicat.



B A S I L E Æ
Anno. 1551

Figura 3.18. Il frontespizio di un'edizione del 1551 dell'Almagesto. In effetti, la data scritta a mano "Anno 1551" è degna di nota; è probabile che il libro sia stato datato retrospettivamente nel XVII-XVIII secolo.

Daremo una risposta "geometrica" a questa domanda. Selezioniamo ancora una volta un momento fisso t come candidato per il periodo di datazione desiderato. Dopodiché definiremo l'insieme D_t di quei valori γ che girando alla volta dell'eclittica effettiva tramite l'angolo per l'epoca t , faranno in modo che la discrepanza latitudinale di tutte le 8 stelle con nome si conformi alla soglia dei 10

minuti con un valore certo del parametro ϕ , vedere la **Figura 3.17**. È ovvio che D_t contiene un sottoinsieme S_t qualunque sia il valore di t . Pertanto, scopriremo tutti i possibili valori di t per i quali le latitudini di tutte e 8 le stelle con nome non devono differire dalle rispettive latitudini stellari indicate nell'*Almagesto* di oltre 10', dopo una certa rotazione dell'eclittica.

Un fatto ancor più importante è che il possibile e massimo intervallo geometrico di datazione risultante coincide con l'intervallo scoperto per mezzo dei metodi statistici. Vedere il Capitolo 7 per maggiori dettagli.

Un altro fatto che dimostreremo nel Capitolo 7 è che il metodo di datazione proposto possiede una certa stabilità non influenzabile dalla variazione dell'ipotesi iniziale, dalla precisione dichiarata del catalogo, dalla riduzione o espansione della datazione contingente alle stelle referenziali e anche alla distorsione dello strumento per le misurazioni non lineari.

La fattibilità del nostro metodo è stata anche testata sui cataloghi stellari compilati artificialmente come risultanti dal modellamento degli errori casuali nelle coordinate stellari delle osservazioni. In tutti i casi, le “date di osservazione” definite nel modellamento concordano con i risultati della datazione per mezzo del nostro metodo.

A parte questo, il metodo di datazione da noi offerto è stato testato con successo su numerosi vecchi cataloghi famosi. Lo abbiamo usato per datare i cataloghi di Ulugbek, Al-Sufi, Tycho Brahe ed Hevelius. In tutti i casi, le datazioni tradizionalmente conosciute dei vecchi cataloghi stellari in studio sono stati confermate dai nostri metodi; il catalogo dell'*Almagesto* è l'unica eccezione. A quanto pare, questa potrebbe essere un'indicazione che la datazione tradizionale della vita di Tolomeo contiene un gigantesco errore di diversi secoli o addirittura di oltre un millennio. Vedere il capitolo 9 per maggiori dettagli.

Il nostro corollario principale è il seguente. Il catalogo stellare dell'*Almagesto* fu creato nell'intervallo tra il 600 d.C. e il 1300 d.C. La datazione di Scaligero del catalogo dell'*Almagesto* (II secolo d.C.) è stata dimostrata *ipso facto* gravemente errata.

Concluderemo questo capitolo citando il frontespizio di un'edizione del 1551 dell'*Almagesto* (vedere la **Figura 3.18**). È molto curioso che la data di pubblicazione sia stata scritta a mano, esattamente nello stesso posto della pagina in cui ci si aspetta di trovare la data stampata. È possibile che questa data sia stata scritta sul libro alla fine del XVII o addirittura del XVIII secolo, probabilmente con lo scopo di far credere che il libro sia stato pubblicato nel XVI secolo, mentre la sua vera data di pubblicazione è molto più recente.