



maree dovuto alla luna ed il sole di mezzanotte.

Ai suoi tempi si sapeva già che la terra è rotonda ed egli verificò che alla latitudine di 66° 5' nord il sole d'estate non tramonta.

Nei suoi commentari Ipparco fa un raffronto fra l'approccio teorico di Eudossio e quello di Pitea, pratico, scrivendo che Pitea aveva più conoscenze astronomiche di quel famoso astronomo e che a Marsiglia Pitea insegnava il vero sistema terrestre.

Sulle rive dell'oceano Pitea scopre le maree, soprattutto le grandi maree equinoziali. Da astronomo conosce ogni volta la fase e la posizione della luna e capisce che il ciclo delle maree è di 24 ore e 50 minuti. Luna e maree hanno 50 minuti di ritardo al giorno, cioè un ciclo di ritardo ogni mese lunare.

Ad ogni scalo Pitea prendeva a bordo dei piloti locali, conoscitori di coste e maree.

Ai tempi di Pitea le conoscenze astronomiche erano già progredite. Gli astronomi egizi e babilonesi avevano già elaborato un calendario solare preciso e quelli greci avevano acquisito le conoscenze di astronomia egizie e babilonesi grazie a Talete.

Gli astronomi greci immaginavano che oltre alla terra fossero sferici anche la luna, il sole ed i pianeti e sapevano che l'anno dura 365 giorni e  $\frac{1}{4}$  e che l'estate inizia al solstizio, *sol stat*, quando il sole è più alto nel cielo e la sua traiettoria resta la stessa per alcuni giorni.

Un astronomo greco, Euctemone, nel 430 a. C. aveva perfino scoperto che le quattro stagioni hanno durate ineguali. Si pensa che questo risultato fosse stato ottenuto utilizzando uno gnomone.

Pitea era un grande specialista dello gnomone misurava la durata delle stagioni, delimitava il mese zodiacale, stabiliva il calendario e dava l'ora ai suoi concittadini.

Anche a Roma c'era un sistema di osservazione solare simile a quello di Pitea a Marsiglia, era l'*horologium* di Augusto. Il suo obelisco del VI secolo a. C., portato a Roma dall'Egitto sotto Augusto, era rimasto intatto, ma la sua funzione astronomica era stata dimenticata. Durante degli scavi fatti nel 1979 è stato messo in luce il livello della terrazza di questo osservatorio, le gradazioni in bronzo e le iperboli incise nel suolo.

Scopo del viaggio di Pitea è stato forse quello di misurare la circonferenza della terra. Gli astronomi dell'epoca sapevano infatti che non era necessario un giro completo della terra per misurarne la circonferenza, ma che era sufficiente percorrere in direzione sud – nord un arco di alcuni gradi, fra due punti di cui si conosceva la latitudine, sullo stesso meridiano.

L'obliquità dell'eclittica in rapporto all'equatore era già stata scoperta nel VI secolo a. C. dall'astronomo greco Anassimandro e Pitea la misurò a Marsiglia, rilevando il dato più preciso di tutta l'antichità.

L'osservazione di Pitea è importante, perché dopo la sua epoca questo angolo è cambiato, con probabili conseguenze sul clima della terra.

Pitea misurò la latitudine di Marsiglia utilizzando il suo gnomone il giorno dell'equinozio.



Nei giorni degli equinozi un osservatore situato sull'equatore, a latitudine  $0^\circ$ , a mezzogiorno vede il sole sulla verticale, cioè' allo zenit.

Negli stessi giorni a Marsiglia, alla latitudine di  $43^\circ 18'$ , si vede il sole a  $46^\circ 42'$  al di sopra dell'orizzonte, cioè a  $43^\circ 18'$  dallo zenit, complemento a  $90^\circ$ .

E' questa posizione del sole alto sull'orizzonte per  $46^\circ 42'$  che Pitea ha misurato con il suo gnomone il giorno dell'equinozio, ricavando, per differenza a  $90^\circ$ , la latitudine di Marsiglia.

Pitea ha dedicato molto tempo alla costruzione del suo osservatorio, da cui dipendeva la precisione delle sue osservazioni.

Un importante elemento dell'osservatorio era lo gnomone, che i greci conoscevano dal VI secolo a. C. Erodoto dice che ne avevano imparato l'uso dai babilonesi.

Pitea fece erigere uno gnomone alto una decina di metri e ne controllò la verticalità. Quindi controllò l'orizzontalità del piano su cui era posto, lungo 60 metri da est a ovest e largo 30 metri da nord a sud.

Per tracciare la linea meridiana, Pitea utilizzò il metodo usato dagli egizi per orientare le piramidi secondo i punti cardinali. Individuò due posizioni simmetriche del sole, quando è alla stessa altezza sull'orizzonte, con un semplice metodo che non richiede strumenti.

In un momento della mattina Pitea segnò con A la posizione dell'estremità dell'ombra dello gnomone. Nel corso della mattinata la lunghezza di questa ombra diminuì per poi cominciare ad

aumentare. Nel pomeriggio Pitea osservò l'allungamento dell'ombra e quando la vide uguale a quella rilevata al mattino ne segnò con B l'estremità.

La linea congiungente A e B è la direzione est – ovest e la sua perpendicolare è la linea meridiana nord – sud che dà l'ora del vero mezzogiorno quando il sole è sul meridiano locale.

Pitea poteva individuare questa linea tracciandone una tra il centro della linea A – B e la base dello gnomone, oppure usando la dimostrazione di Pitagora, secondo cui si può costruire un triangolo rettangolo avente lati nel rapporto 3 – 4 – 5.

Condizioni meteorologiche permettendo, Pitea osservava il cielo ogni giorno dell'anno, individuando lo spostamento dell'estremità dell'ombra dello gnomone sul suolo. Le curve tracciate dall'estremità dell'ombra dello gnomone, ogni giorno diverse, erano il calendario di Pitea e gli permettevano di individuare i cambiamenti di stagione e i mesi zodiacali.

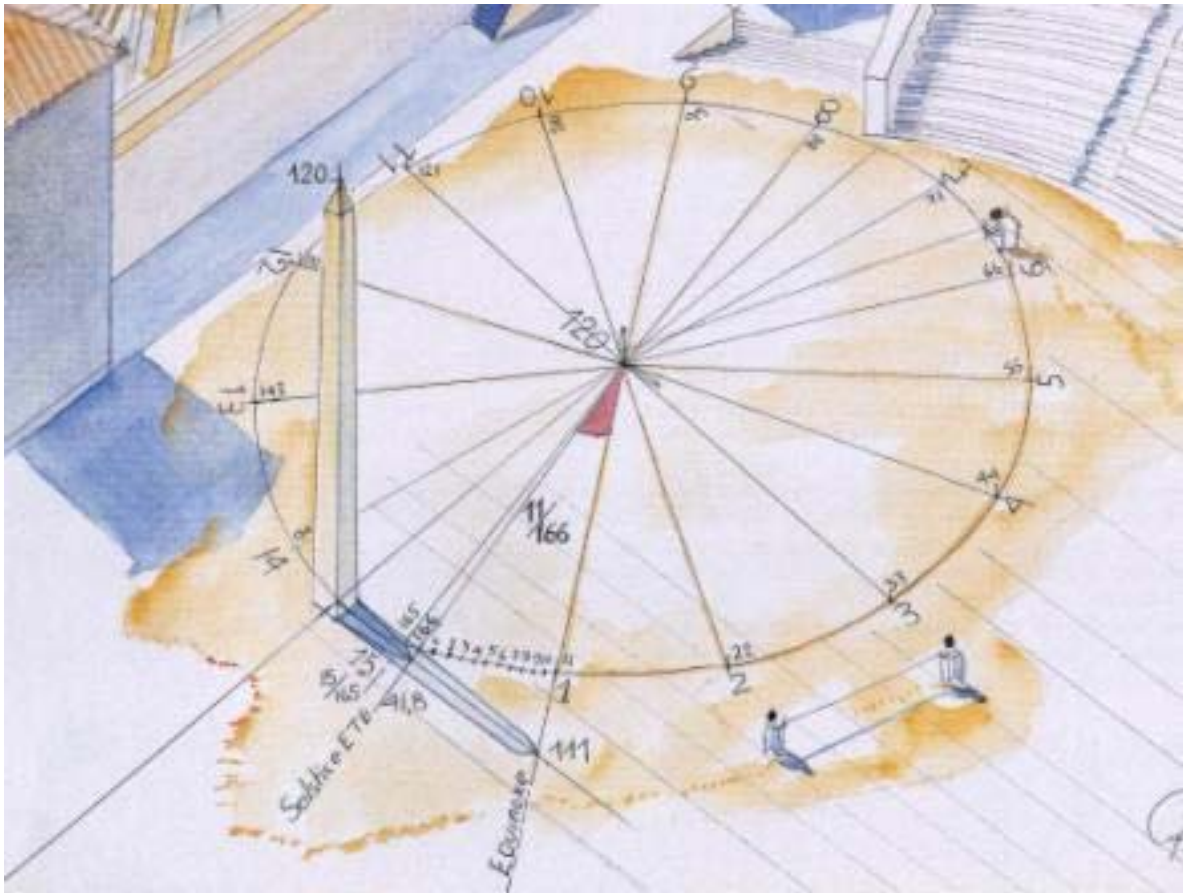
Egli infisse nelle lastre della terrazza dei marcatori di bronzo che segnavano la linea meridiana, la linea degli equinozi e quelle che delimitavano i mesi zodiacali ed osservò che all'epoca degli equinozi i giorni, o le notti, si allungavano rapidamente, mentre ai solstizi l'orbita del sole è stabile per diversi giorni, lo spostamento dell'ombra dello gnomone è impercettibile ed è difficile determinare esattamente la data.

Pitea osservò però che 15 giorni prima e 15 giorni dopo i solstizi lo spostamento dell'ombra è percettibile da un giorno all'altro e quindi, per simmetria, ricavò il giorno del solstizio dalla data media.

Per misurare l'obliquità dell'eclittica Pitea trasformò in gradi la differenza fra la lunghezza dell'ombra dello gnomone al solstizio estivo e quella agli equinozi.

Per farlo Pitea portò queste due lunghezze dal loro piano verticale sul piano orizzontale della terrazza, esprimendo l'ampiezza dell'angolo in frazioni di circonferenza. Tracciò al piede dello gnomone una linea perpendicolare alla linea meridiana e sulla sua parte ovest, ad una distanza dalla base dello gnomone pari all'altezza dello stesso, fissò il centro di un cerchio che tracciò sul suolo.

Unì poi con due linee il centro del cerchio ai due punti raggiunti dall'ombra dello gnomone al solstizio d'estate ed agli equinozi. Determinò così l'angolo che cercava, quello dell'obliquità dell'eclittica. Riportò questo angolo 15 volte sul cerchio, ma ebbe un piccolo residuo perché è leggermente inferiore a  $24^\circ$ . Allora riportò questo residuo 11 volte sull'angolo e 166 volte sul cerchio. L'obliquità dell'eclittica gli risultò quindi di  $11/166$ , cioè  $23^\circ 51'$ .



Alcuni dei dati rilevati da Pitea hanno un margine di errore perché egli non era a conoscenza del fenomeno della rifrazione atmosferica, che curva i raggi luminosi negli strati bassi dell'atmosfera.

Una delle scoperte di Pitea è stata l'individuazione del polo celeste, che un secolo dopo gli valse gli elogi del grande Ipparco.

Oggi, molto vicino al polo celeste c'è una stella polare attorno a cui si vedono girare tutte le altre stelle. Ma la presenza della stella polare è particolare della nostra epoca ed è un caso che l'asse della terra sia oggi diretto verso una stella, perché questa situazione è in evoluzione.

L'osservazione della posizione del polo celeste in rapporto ad alcune stelle circumpolari fatta da Pitea è molto importante, perché ci permette di conoscere la configurazione del cielo alla sua epoca, infatti, da allora, le coordinate delle stelle sono cambiate, o meglio, si è spostato l'asse terrestre.

Durante la notte le stelle vicine all'equatore celeste descrivono dei grandi archi di cerchio, mentre le costellazioni circumpolari, come le due orse, descrivono dei cerchi più piccoli. Pitea identificò le due o tre stelle più vicine al polo celeste, quelle che descrivono i cerchi più piccoli, ed individuò, al centro di questi piccoli cerchi, la posizione del polo celeste: punto immobile durante tutta la notte.

Per le osservazioni Pitea utilizzò la punta dello gnomone come punto fisso ed una griglia ad una decina di metri a sud di quello, su cui segnò i passaggi delle stelle circumpolari. I segni servirono per tracciare centri concentrici al cui centro era situato il polo celeste.

All'epoca di Pitea l'asse della terra era diretto verso una zona di cielo diversa da quella dell'attuale stella polare.



Due secoli più tardi sarà Ipparco che scoprirà la precessione degli equinozi osservando, durante una eclissi, che una certa stella si era spostata di diversi gradi, in rapporto alla direzione terra – luna – sole, dal tempo di un'altra osservazione fatta 150 anni prima dall'astronomo Timocaris.

Questo è un esempio dell'utilizzo di precedenti osservazioni del cielo, che si trovano anche in poemi come l'Odissea, dove nel libro V è scritto: “boote che tardi tramonta e l'orsa ... che ruota attorno ad un punto.”.

L'Odissea è stata scritta al più presto nell'VIII secolo a. C., ma è la trascrizione di una tradizione poetica orale che risale a centinaia d'anni prima.

Durante il suo viaggio Pitea si orientava di giorno con il sole e di notte con le costellazioni circumpolari e nessuno conosceva meglio di lui la posizione del polo celeste.

In ogni scalo importante Pitea poteva misurare l'altezza del sole al momento del suo passaggio sul meridiano e calcolare la latitudine. Egli doveva avere con sé uno strumento astronomico portatile, un modello ridotto del suo osservatorio di Marsiglia, che gli permetteva di valutare la progressione in latitudine.

Pitea è stato il primo studioso che ha attribuito alla luna la causa delle maree e che ha scoperto l'influenza delle fasi lunari sulle stesse.

Grazie agli scritti di Eratostene si sa che Pitea ha messo in relazione i movimenti della luna e i flussi e riflussi del mare.

Più tardi l'altro grande astronomo Posidonio spiegherà il perché delle grandi maree equinoziali e Plinio informerà sul ritardo delle maree in rapporto al passaggio della luna sul meridiano, menzionando anche lui l'estrema ampiezza delle maree osservata da Pitea nelle isole britanniche.

Pitea scoprì la sincronizzazione di luna e maree osservando il fenomeno in tre tempi.

La prima sera registrò la posizione di stelle e luna al momento del massimo di marea.

La seconda sera, alla stessa ora, le stelle sono nella stessa posizione, ma la luna è in ritardo come la marea, che non ha ancora finito di salire.

La stessa sera, 50 minuti più tardi, la luna ha raggiunto la posizione della vigilia, come il mare che è al massimo di marea.

Pitea correlò la posizione della luna ed il ciclo delle maree. Ci vogliono 24 ore e 50 minuti perché luna e maree effettuino il loro ciclo completo e ritrovino la stessa posizione della vigilia.



Pitea sapeva che la terra è rotonda, come Aristotele che, nel suo "Del cielo", spiega come si possa andare dalle Colonne d'Ercole alle Indie ed anche per Eratostene era possibile fare il giro della terra.

Pitea ha arricchito la geografia e la storia con i nomi di luoghi e di popoli e ha informato di avere osservato il fenomeno del sole di mezzanotte. Non ha invece informato sulla luna che non tramonta, detta "luna di mezzanotte", che si può osservare a diverse latitudini, secondo il ciclo di 18,6 anni.

Se Pitea avesse segnalato questo fenomeno e a quale latitudine l'aveva osservato, oggi si saprebbe

l'anno del suo viaggio.

In un'opera di Ipparco, oggi perduta, erano riportate queste osservazioni di Pitea, fortunatamente salvate da Strabone: “a 6300 stadi da Marsiglia, durante le giornate invernali, il sole non si leva che a 6 cubiti e a 9100 stadi da Marsiglia soltanto a 4 cubiti, a meno di 3 cubiti nelle regioni al di là”.

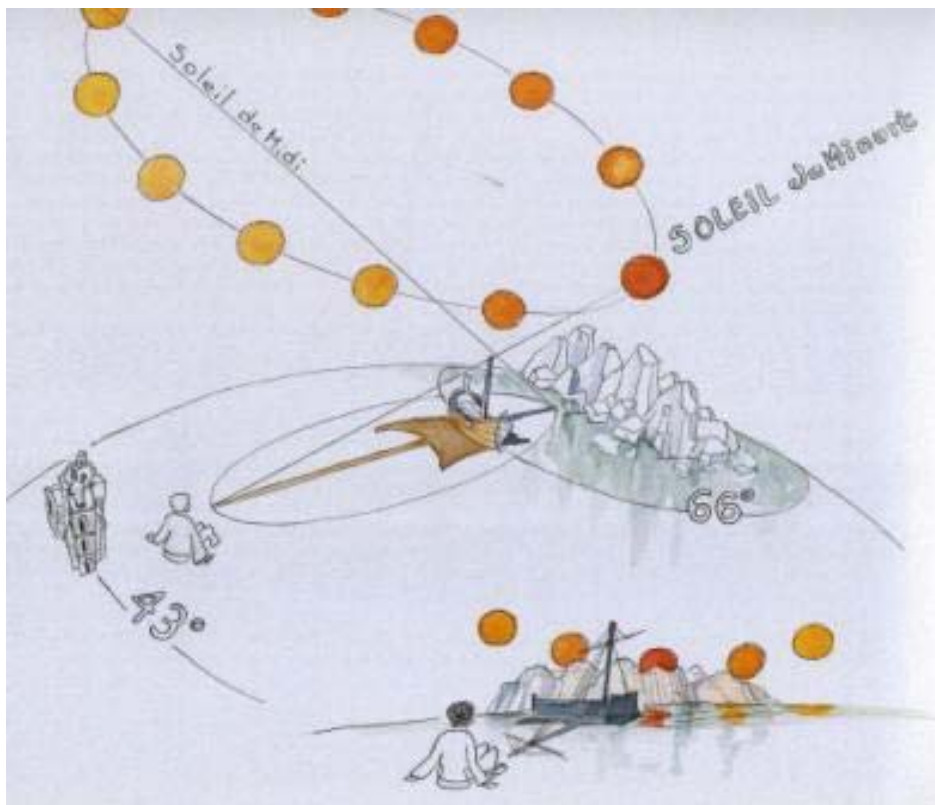
Il primo punto, con il sole a  $12^\circ$  al di sopra dell'orizzonte, corrisponde alla Penisola dello Jutland, a  $54^\circ$  di latitudine.

Il secondo punto, con il sole a  $8^\circ$  al di sopra dell'orizzonte, corrisponde al nord della Gran Bretagna, a  $58^\circ$  di latitudine.

Il terzo punto corrisponde alle Isole Shetland, a  $60^\circ 5'$  di latitudine.

E' provato che Pitea ha potuto raggiungere l'Islanda dall'estremità nord della Gran Bretagna, nei sei giorni di navigazione che ha dichiarato.

Il sole che non tramonta mai, lo spettacolare avvenimento descritto da Pitea, è stato riportato da numerosi autori greci e latini. Lungo le coste britanniche e gli arcipelaghi del nord, fino all'Islanda, i marinai di Marsiglia avevano visto che a mezzogiorno il sole culminava sempre più in basso e che alla sera tramontava prima verso nordovest e poi verso nord.



Pitea conosceva questi due effetti della maggiore latitudine che annotava ogni giorno sul suo giornale di bordo, a mezzogiorno l'altezza del sole sul meridiano e alla sera la direzione del suo tramonto.

Osservando notti sempre più corte, Pitea diede all'ora la sua misura moderna di  $1/24$  di giornata.

Ai tempi di Pitea babilonesi e greci dividevano in 12 ore il giorno e in 12 ore la notte e quindi,



d'estate avevano delle ore diurne più lunghe e delle ore notturne brevi, mentre d'inverno succedeva il contrario. Anche per questo motivo Pitea merita la più grande attenzione che, come già detto, egli ebbe per molti secoli da parte degli eruditi, fra cui l'astronomo Cleomede del I secolo a. C. che, nel suo trattato "Del movimento circolare dei corpi celesti" scrisse: "Relativamente all'isola chiamata Tule, dove si dice sia andato il filosofo Pitea di Marsiglia, sembra che l'intero cerchio descritto dal sole al solstizio estivo sia al disopra dell'orizzonte, di modo che in quei luoghi coincide con il grande cerchio circumpolare".

Le scoperte di Pitea nel Mar Baltico, spesso raccolte con l'intermediazione di altri eruditi greci, ci sono state trasmesse da Diodoro Siculo, Pomponio Mela e Plinio il Vecchio. Quest'ultimo dichiarò che tutto quello che sapeva sulle coste della Germania, al di là dell'Elba, lo doveva al navigatore astronomo di Marsiglia Pitea.

Nota: le immagini sono tratte dal volume "Pythéas" di H. Journès e Y. Georgellin, Olibri, 2000.