

Evoluzione dell'accuratezza degli strumenti nautici, dall'astrolabio al sestante



Rappresentazione pittorica del 1663 del grande quadrante di Tycho Brahe.

Nel tentativo di comprendere le leggi che regolano i fenomeni celesti, fin dall'antichità, astronomi e matematici cercarono di compiere osservazioni quanto più accurate e numerose possibili allo scopo ultimo di conoscere in anticipo i principali eventi celesti, dalle eclissi alle posizioni della Luna e dei pianeti per redigere calendari, a fini astrologici, ma anche geografici e nautici.

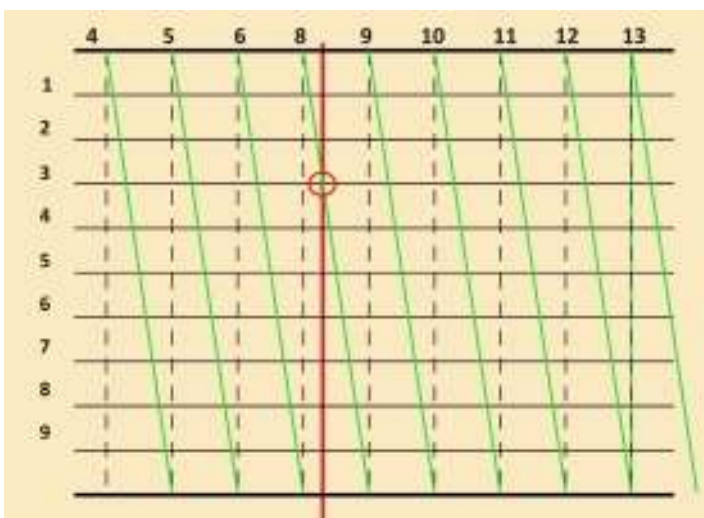
Per aumentare la risoluzione di lettura degli strumenti vennero utilizzati diversi artifici, ideati dagli stessi studiosi. Inizialmente ciò si otteneva con strumentazione fissa di grandi dimensioni, come i quadranti, le meridiane e gli orologi solari.

Un primo passo nell'aumentare la capacità risolutiva delle osservazioni avvenne sul finire del '500, quando gli astronomi adottarono quello che è noto come sistema diagonale, ideato molto tempo prima intorno alla metà del '300.

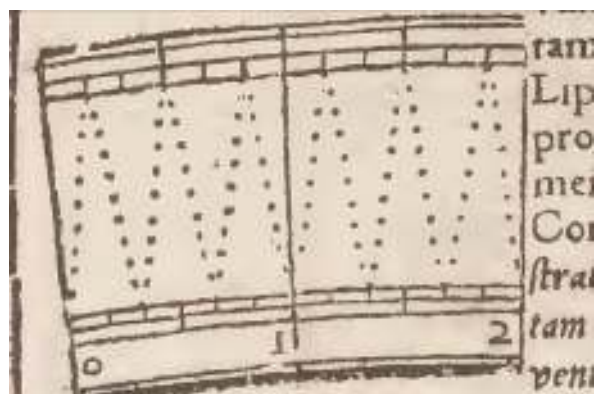
Si trattava di una semplice, ma altrettanto ingegnosa costruzione geometrica che veniva riportata sugli strumenti astronomici migliorandone anche l'accuratezza. Non sappiamo chi ebbe tale intuizione geometrica, si sa però che molti strumenti anche portatili ne erano forniti, come il bastone di Giacobbe.

Il principio, basato sul teorema di Talete, era quello di "amplificare" la lettura tra le tacche del regolo.

L'astronomo più noto che impiegò tale sistema nei suoi strumenti fu Tycho Brahe (1546-1601), l'ultimo astronomo a occhio nudo, molto attento al miglioramento dei suoi strumenti che gli



Esempio di scala diagonale: l'indice indica il valore 8,3 dove 8 è il valore della scala primaria e 3 il valore decimale, incrocio della diagonale con l'indice.



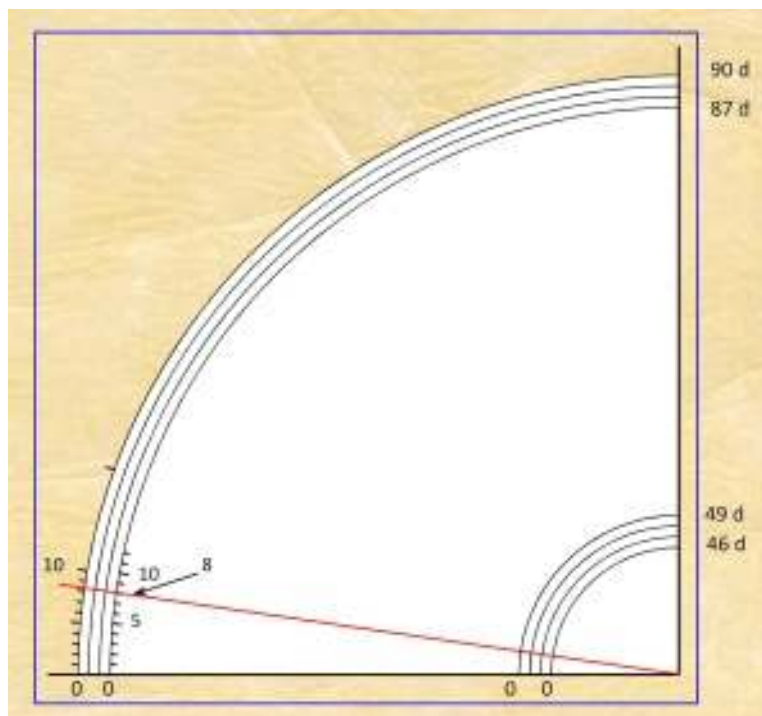
Le trasversali come riportato da Tycho Brahe in "Astronomiae Instauratae Mechanica" del 1602.

permise di ottenere osservazioni tanto accurate che furono impiegate da Giovanni Keplero (1571-1630) per ricavare le sue famose leggi.

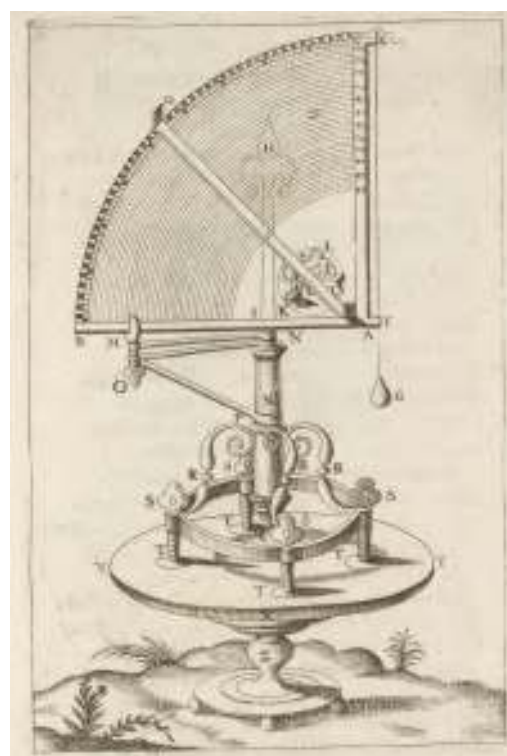
Intanto nel 1542 il matematico e cartografo portoghese Pedro Nunes (1492-1577) aveva ideato un nuovo metodo consistente in numerosi cerchi concentrici ognuno suddiviso 1 volta in meno rispetto a quello immediatamente più esterno. Con tale accorgimento l'alidada, l'indice di misura dell'angolo, durante la sua escursione lungo la scala, cade sempre su una divisione relativa ad un solo dei cerchi concentrici.

Nel disegno è riportato il tipico quadrante di 90°, il cui cerchio più esterno è suddiviso in unità ciascuna di 1°, su cui sono tracciate 44 circonferenze, la prima dotata di 89 divisioni, la seconda di 88 ... , l'ultima di 46.

Nell'esempio il raggio (corrispondente all'alidada) copre la divisione 8 del cerchio 87 per cui $a = 8 \times 90 / 87 = 8^{\circ},2759$ cioè $8^{\circ} 16' 33''$, valori che venivano dedotti da apposite tabelle.



Per una migliore comprensione del disegno sono state tracciate le sole circonferenze estreme.

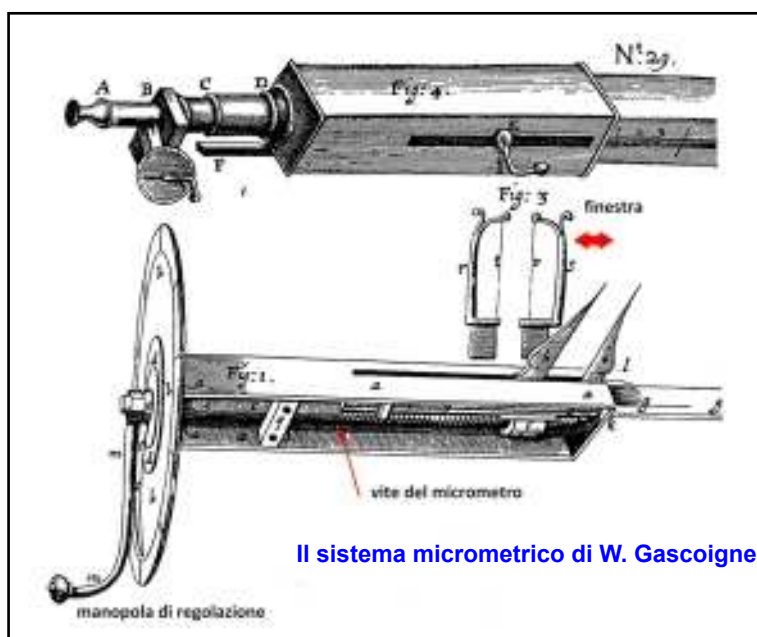


Anche tale sistema fu impiegato da Tycho Brahe: in "Astronomiae Instauratae Mechanica" del 1602.

Come si può immaginare il sistema di Nunes, per quanto ingegnoso, non era di uso immediato, soprattutto per gli strumenti nautici, e risentiva della scarsa precisione con cui venivano tracciate le circonferenze con le relative suddivisioni.

Un ulteriore progresso si ebbe nel 1630 ad opera dell'astronomo e costruttore di strumenti l'inglese William Gascoigne (1612-1644).

Mentre stava lavorando a un telescopio si accorse che un filo di ragnatela si era impigliato proprio nel punto focale dell'obiettivo fornendogli casualmente l'idea di poter inserire nello strumento un traguardo a croce utile a facilitarne il puntamento.



Il sistema micrometrico di W. Gascoigne.

Poco dopo realizza e pone nel fuoco una fessura verticale con la quale misurare il diametro apparente di un corpo celeste e per poterla regolare con la giusta precisione affida lo spostamento ad una vite che ad una rotazione completa avanza di un passo. Aveva così inventato la vite micrometrica.

Sarà poi l'astronomo francese Jean Picard (1620 – 1682) a montare per la prima volta su un quadrante un telescopio di puntamento corredato di traguardo a croce e micrometro.

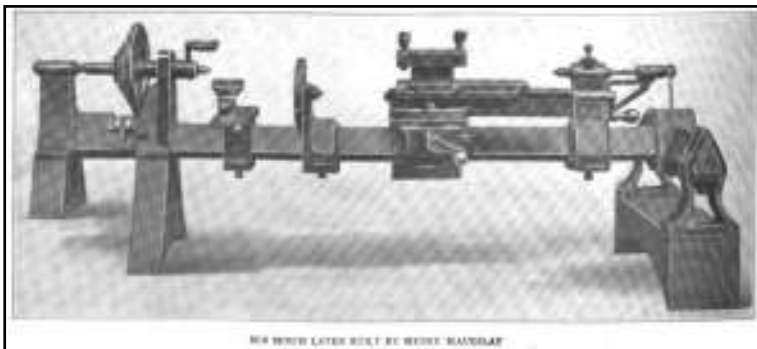
Altro passo nell'evoluzione dell'accuratezza si ebbe l'anno successivo con l'invenzione descritta dall'ingegnere militare francese Pierre Vernier (1580 -1637) nell'opera *Construction, l'usage et les propriétés du quadrant nouveau de mathématique*, pubblicata a Bruxelles e specificamente rivolta all'applicazione ai quadranti.

L'idea di Vernier consiste di un corsoio mobile, scorrevole a fianco della scala graduata principale, sul quale è incisa una seconda scala graduata di ampiezza complessiva pari ad una frazione di quella principale.

Il sistema, ancora oggi impiegato per strumenti meccanici quali calibri e sestanti, è chiamato nonio (probabilmente derivato dal nome latinizzato di Pedro Nunes, *Petrus Nonius*) in alcuni paesi tra cui l'Italia e la Germania, più propriamente è detto vernier (italianizzato in verniero, altro nome, meno diffuso, da noi attribuito al regolo mobile) nei paesi anglosassoni e in Francia.

Ma tutto ciò non era sufficiente a rendere più agevoli e precise le misure degli astri sulla volta celeste.

Un passo importante si ebbe con la nascita degli strumenti a riflessione a partire dagli anni Trenta del '700, con l'ottante prima e il sestante poi. Con la fine del '700, sotto la spinta delle innovazioni tecnologiche di



Uno dei primi torni per metalli realizzato a 26 anni dall'inglese Henry Maudslay (1771 – 1831), uno degli ingegni di maggiore inventiva del suo tempo. Il tornio rappresentò la macchina utensile più versatile consentendo la standardizzazione nelle lavorazioni meccaniche, a partire dalle filettature delle viti, e quindi l'intercambiabilità degli elementi di giunzione, migliorando notevolmente anche l'accuratezza degli strumenti

alla limitazione di quella fastidiosa aberrazione cromatica (un fenomeno legato alla diversa rifrazione delle componenti cromatiche della luce riscontrabile in una sfocatura di alcune parti delle immagini con presenza di fastidiosi contorni colorati) che per circa un secolo non si pensava di poter correggere, condizionati da un'errata concezione di Newton.



Un ottante con nonio e vite micrometrica.

Appunti sul nonio o verniero

Breve descrizione dell'uso:

Intendendo per divisione di una scala la più piccola unità di misura, quando lo 0 del nonio coincide con una divisione della scala primaria fissa, l'ultima divisione del nonio coincide con quella divisione della scala fissa distante un numero intero di divisioni $- 1$. In tale condizione nessun altro trattino del nonio coincide con un trattino della scala fissa.

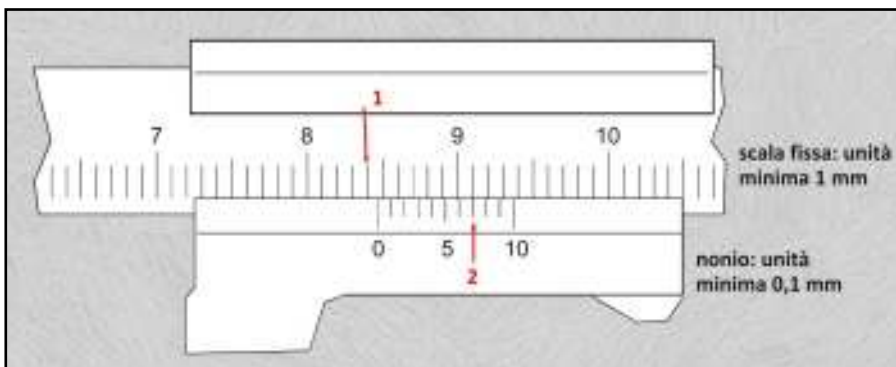
La misura si effettua sommando al numero intero delle unità lette sulla scala fissa, dalla parte opposta alla scala del nonio (a sinistra dello zero del nonio di un calibro, a destra per un sestante), tante unità del nonio quante sono le sue divisioni contate fino al punto in cui una di esse coincide esattamente con quella della scala fissa.

Si riportano tre esempi:

1) Calibro decimale – scala fissa \Rightarrow unità minima 1 mm; nonio \Rightarrow n. suddivisioni $N = 10$ (decimale) \Rightarrow unità minima rilevabile (unità scala principale/numero divisioni nonio) = $1\text{mm}/10 = 0,1\text{ mm}$ \Rightarrow ampiezza scala vernier = $10 - 1 = 9$ (vedere figura); in alternativa ampiezza $\Rightarrow 2 \times 10 - 1 = 19$ (decimale doppio in cui la scala del nonio è espansa al doppio per una maggiore visibilità);

2) Calibro ventesimale – scala fissa \Rightarrow unità minima 1 mm; nonio \Rightarrow n. suddivisioni $N = 20$ \Rightarrow unità minima rilevabile (unità scala principale/numero divisioni nonio) = $1\text{mm}/20 = 0,05\text{ mm}$ \Rightarrow ampiezza scala vernier = $20 - 1 = 19$; in alternativa ampiezza = $2 \times 20 - 1 = 39$ (ventesimale doppio);

3) Sestante - scala fissa in gradi \Rightarrow unità minima $10'$; nonio \Rightarrow n. suddivisioni $N = 60$ \Rightarrow unità minima rilevabile = $10'/60 = 10''$. - ampiezza scala nonio (scala doppia) $\Rightarrow 2 \times 60 - 1 = 119'$ corrispondente a $19^\circ 50'$ della scala fissa (vedere figura)



In 1 il valore letto sul regolo fisso è 84

In 2 (coincidenza delle divisioni dei due regoli) il valore del nonio è $7/10 = 0,7$

Il valore totale misurato dal calibro è $84 + 0,7 = 84,7$

In 1 il valore letto sul regolo fisso è $69^\circ 10'$

In 2 (coincidenza delle divisioni dei due regoli) il valore del nonio è $3' 20''$

Il valore totale misurato dal calibro è $69^\circ 13' 20''$

