

Lossodromie e marinai

Rhumb lines and seamen

ANDREA FAVRETTO, FRANCESCA KRASNA

Università di Trieste, afavretto@units.it; francesca.krasna@deams.units.it

Riassunto

L'oggetto di studio di questo contributo è la cartografia a supporto della navigazione in un contesto europeo, che va grosso modo dalla prima metà del XVI secolo alla seconda metà del secolo successivo. La carta di Mercatore, una delle idee più innovative e geniali del periodo e forse di tutta la cartografia, è stata al centro di questa analisi. Innumerevoli pubblicazioni sono già disponibili su tale argomento; si è però cercato di focalizzare la trattazione adottando un punto di vista diverso, attento alla navigazione e a chi ne era parte attiva (marinai, piloti e comandanti dei vascelli), ma anche al contesto storico-scientifico. In particolare, è stato messo in luce il contributo del matematico inglese Edward Wright, a cui si deve la forma matematica della carta di Mercatore (che, come è noto, non aveva spiegato come avesse costruito il suo planisfero).

Parole chiave

Navigazione, Mercatore, Wright, Lossodromie.

Abstract

This paper analyses nautical Cartography in a European context (from the first half of XVI century until the second half of the following one). We have focused on the Mercator map, one of the most innovative and ingenious achievement of the period and maybe of the whole Cartography. A rich literature on this topic is already available. However, we have tried to approach the issue from a different point of view, connected to seamen and to the historical/scientific context of the period. More precisely, we have investigated the contribution of the UK mathematician Edward Wright, who developed an accurate method of computation of the Mercator map. As it is well known, Mercator, in fact, neglected to explain his work.

Keywords

Navigation, Mercator, Wright, Rhumb-lines.

Introduzione

La proiezione di Mercatore è stata ed è tutt'oggi legata a filo doppio alla navigazione. Che il principale obiettivo, nella costruzione della sua proiezione, fosse stato quello di fornire un aiuto alla navigazione, è evidente da una celebre presentazione del cartografo fiammingo (Hall et al., 1878, pag. 180): "If you wish to sail from one port to another, here is a chart and a straight line on it, and if you follow carefully this line, you will certainly arrive at your port of destination". Al di là dei propositi di Mercatore, è universalmente riconosciuto che la sua proiezione gettò le basi della nuova cartografia nautica ed essa può essere considerata, insieme alla bussola, fra le grandi realizzazioni destinate a durare nei secoli. Se l'Antichità consegnò alla nautica la rosa dei venti e il Medio Evo la bussola, è indubbio che l'era moderna regalò ai marinai la carta di Mercatore (Capasso, 1994). Questa, come è noto, risale al 1569 ed è costituita da diciotto fogli separati, che insieme misuravano 202x124 cm. Una rivoluzione intellettuale di tale portata, per potersi diffondere ed essere apprezzata, doveva in primis essere compresa (soprattutto se si volevano disegnare mappe a maggior scala nella nuova proiezione). Mercatore però non svelò mai i suoi segreti, nel senso che non spiegò rigorosamente (in modo matematico) come avesse incrementato progressivamente la distanza dei paralleli allontanandosi dall'equatore¹. D'altra parte va anche considerato che all'epoca la produzione di carte era in bilico fra essere un'arte ed una scienza. Molto spesso i risultati di questa attività (peraltro una professione onorata e ben pagata), erano più apprezzati dagli scienziati che dai naviganti (Phillips-Birt, 1972). I cosiddetti "marinai pratici della marina minore" (Phillips-Birt, cit.), avevano sempre mostrato una certa indifferenza per le carte nautiche, anche molto dopo la tanto conclamata rivoluzione che la proiezione di Mercatore aveva portato². Ci sono infatti nella storia della marineria diver-

si esempi di vere e autentiche imprese compiute da abilissimi marinai, con una strumentazione a dir poco carente e conclusesi con degli inaspettati successi. Si pensi, ad esempio, alla traversata di William Bligh, il controverso comandante del famoso vascello *Bounty*, ammutinosi il 28 aprile 1789, poco prima di un'altra celebre rivolta (la Rivoluzione francese, iniziata il 5 maggio 1789). Si tratta indubbiamente di una delle più straordinarie imprese nella storia della navigazione, compiuta su una lancia di neppure 10 metri, sovraffollata da diciotto marinai (fedeli al comandante). Bligh riuscì a portare la scialuppa dalle isole degli Amici fino alla stazione olandese di Kupang, nell'isola di Timor, navigando in oceano aperto per 3618 miglia, con il solo aiuto di un sestante, di una bussola e di nessuna mappa (a parte quella nella sua mente che, evidentemente, fu sufficiente)³.

Bisogna attendere la fine del secolo, ovvero il 1599, anno della prima edizione di "Certain errors in Navigation", ad opera del matematico Edward Wright, per avere un chiaro metodo matematico di costruzione di una mappa che usasse la proiezione ideata da Mercatore. Wright aveva studiato lettere a Cambridge, proseguendo gli studi in Cosmografia matematica per la Navigazione con una borsa di studio (Monmonier, 2004). La sua esperienza diretta in mare, come reporter della spedizione del Duca di Cumberland nelle Azzorre, lo portarono a definire le carte nautiche del tempo: "un inestricabile labirinto di errori" (Parsons et al., 1939). Queste si caratterizzavano per la suddivisione di ciascun meridiano in intervalli uguali, ad opera dei vari paralleli di latitudine ed è interessante notare il fatto

relativo alla navigazione di un peschereccio, arrivato a Malta dal Mediterraneo orientale e qui requisito dalla Marina militare inglese nel 1915. Alla domanda di un ufficiale se sul peschereccio ci fossero state le carte nautiche dell'Ammiraglio inglese, come ausilio alla traversata dell'arcipelago greco, il comandante rispose che si era usata una vecchia Bibbia, di proprietà del secondo di bordo, con alcune belle carte alla fine del testo.

3 Per approfondire la vicenda del *Bounty*, si può vedere il volume collettaneo a cura di Marengo (1969), che comprende il resoconto del viaggio e dell'ammutinamento, già pubblicato dallo stesso Bligh nel 1792, i verbali del processo per corte marziale tenutosi contro dieci ammutinati nel 1792, uno scritto del fratello del capo della rivolta in difesa degli ammutinati e la risposta di Bligh; una sintesi della traversata di Bligh si può trovare nel più recente volume di Barrie, dedicato al sestante (2014) mentre la fonte più curiosa ed inusuale è indubbiamente la cronaca romanzata dell'evento, scritta da Jules Verne nel 1879 e tradotta in lingua italiana da Colli (edizione consultata: 1996).

1 Dalle sue parole, riportate da Snyder (1997, pag. 47): "Taking all this into consideration (si riferisce ad alcuni errori presenti nelle mappe marittime del tempo), we have somewhat increased the degrees of latitude toward each pole, in proportion to the increase of the parallels beyond the ratio they really have to the equator".

2 Nel libro di Phillips-Birt, dedicato nel 1972 alla storia della marineria, viene riportato (pag. 113), un emblematico esempio,

che la carta di Mercatore (con i suoi paralleli a latitudine crescente), fu pubblicata nel 1569, mentre la navigazione del giovane Wright con il Duca di Cumberland è temporalmente posteriore.

Questo lavoro approfondisce un periodo della cartografia che va grosso modo dalla prima metà del XVI secolo alla seconda metà del secolo successivo, analizzando però dal punto di vista della marineria. Quest'ultima fu in quei tempi un settore in turbolenta evoluzione, trainante per molte scienze e tecnologie, tra cui la cartografia (per chi volesse approfondire, fra i molti: Unger, 2010; Nordenskiöld, 1897; Klein, 2010). Quello che si andrà a presentare evidenzierà una certa inerzia della marineria ad aggiornare la strumentazione di bordo, essenziale per una navigazione consapevole. Ciò sia dal punto di vista dell'uso degli strumenti per capire la posizione del natante in mare, sia da quello dell'uso delle mappe per la navigazione. Nel periodo preso in considerazione, grandi problemi dovevano essere ancora risolti, uno su tutti: quello della longitudine del vascello in mare aperto, che, per venire risolto, dovrà aspettare il Longitude Act inglese del 1714 e la conseguente corsa al premio di 20.000 sterline⁴. Va però osservato che, anche se i marinai avessero avuto a disposizione il sestante ed il cronometro marino (e la conoscenza di come utilizzarli correttamente), segnare l'esatta posizione della nave su una mappa sbagliata (con tracciata una rotta altrettanto sbagliata verso la destinazione voluta), non avrebbe lo stesso garantito la sicurezza in mare. L'evoluzione delle mappe e quella della navigazione non erano insomma ancora strettamente collegate. Ciò era dovuto a molti fattori. Oltre alla ritrosia dei navigatori di fronte alle novità tecniche e scientifiche, va considerato il fatto che i vari studiosi erano cittadini di Stati in concorrenza commerciale fra loro (a volte anche in guerra aperta). Questo determinava una certa viscosità nel trasferimento delle informazioni che, come è noto, è la base per qualsiasi progresso scientifico.

Dopo un paragrafo dedicato alle caratteristiche delle mappe nautiche costruite prima di Mercatore (ma utiliz-

zate anche dopo), verrà approfondito il lavoro di Wright, a cui si deve la diffusione (seppur lenta) della carta di Mercatore in navigazione. Nelle conclusioni, si cercherà di utilizzare quanto presentato per sottolineare ancora una volta il fatto che il progresso scientifico sia un processo cumulativo, frutto del lavoro collettivo di molte menti in comunicazione fra loro, una sorta di sistema, che abbisogna del lavoro di tutte le sue componenti per funzionare bene. Inoltre, l'evoluzione del sistema (nella fattispecie: le carte nautiche), segue generalmente una traiettoria lenta e continua, quasi mai a balzi (discreta), anche a causa delle viscosità comunicative.

Mappe e navigazione prima di Mercatore

Le carte nautiche del tardo Medioevo non erano costruite sulla base di principi matematici: i punti in esse rappresentati rispettavano però distanze e direzioni reciproche (Capasso, cit.). I cosiddetti portolani, disegnati in scala, si basavano su nessuna proiezione (Shalowitz et al., 1969) ed erano destinati ai naviganti del Mediterraneo (dapprima) e, successivamente (dall'inizio del XIV secolo), ai marinai che percorrevano le acque dell'Atlantico, lungo le coste dell'Europa e dell'Africa occidentali. Per quanto riguarda la navigazione in oceano aperto, erano necessarie nuove tecniche, legate all'osservazione astronomica del sole e della stella polare, indispensabili per conoscere la latitudine dell'imbarcazione in mare (Cotter, 1977). Le carte medievali erano però caratterizzate dalla presenza di un reticolo sovrapposto ai luoghi, ottenuto dai raggi che uscivano da diverse rose dei venti, opportunamente posizionate sullo spazio mappa. In questo modo era possibile, per ogni rotta tracciata sulla carta, identificare il corrispettivo raggio parallelo, risalendo il quale fino alla rosa di appartenenza, si poteva determinare il valore della rotta da seguire con la bussola di bordo (Phillips-Birt, cit.). Come si è ricordato, i punti rappresentati sui portolani rispecchiavano direzioni e distanze piuttosto che coordinate numeriche derivanti dalla proiezione utilizzata. Con l'acquisizione, da parte dei piloti delle navi, di alcuni rudimenti di navigazione astronomica (soprattutto: la determinazione della latitudine in mare), fu però finalmente possibile graduare le carte nautiche

⁴ Come è noto, il longitude Act fu emesso l'otto luglio 1714, durante il Regno della Regina Anna. Tale atto stanziava ben 20.000 sterline a chi avesse trovato un metodo per calcolare la longitudine in mare di un vascello con un'approssimazione di mezzo grado. L'affascinante storia della longitudine in mare aperto è stata trattata in moltissimi testi. Un ottimo sunto, arricchito da una bibliografia di riferimento, è il volumetto di Dava Sobel (ed. it.: 1996).

con una scala di latitudine. Va però osservato che si trattava di una sovrapposizione realizzata ex post e non di una vera e propria integrazione (Monmonier, cit.). I portolani inoltre, date le loro caratteristiche costruttive, raramente rappresentavano ampie porzioni di territorio, per l'evidente impossibilità di mantenere le corrette distanze fra i luoghi e contemporaneamente un azimut corretto (Jones, 1924).

Fu il Principe Enrico di Aviz, detto il Navigatore, figlio di Re Giovanni I, che introdusse per i marinai delle imprese marittime portoghesi le cosiddette "carte piane" o "graduate", così denominate per le eguali graduazioni di longitudini e latitudini in esse presenti ed oggi generalmente conosciute come carte per proiezione cilindrica semplice o "plate carrée". Furono di origine portoghese dunque le prime carte nautiche con una scala graduata di longitudini, basate su una proiezione cilindrica. Si tratta delle cosiddette "carte piane quadrate", derivate dalle antiche carte tolemaiche, per l'appunto proiettando il modello sferico della Terra su di un cilindro tangente la sfera lungo l'equatore. Le nuove proiezioni cilindriche erano in grado di conservare e rappresentare su un piano sia le variazioni di latitudine dei paralleli che le variazioni di longitudine dei meridiani. I paralleli venivano rappresentati da rette perpendicolari ai meridiani, fra loro distanti quanto le lunghezze dei corrispondenti archi di meridiano sulla sfera (Capasso, cit.). Il procedimento era il seguente:

- si rappresentava l'equatore con una retta, disegnata su un piano, di misura $2\pi R$, ove R era il raggio della sfera ridotta che rappresentava la Terra;
- si disegnava un meridiano di riferimento per le longitudini, fedele alla scala dell'equatore (di misura πR) ed ortogonale alla retta rappresentante l'equatore;
- sul sistema di assi ortogonali così formato si riportavano le longitudini e le latitudini con una scala medesima, come se ci si trovasse su di una sfera, ove gli archi di equatore sono uguali a quelli di meridiano. In corrispondenza delle latitudini prese sulla proiezione del meridiano di riferimento si disegnavano le proiezioni degli altri paralleli, di medesima lunghezza dell'e-

quatore proiettato. In corrispondenza delle longitudini prese sulla proiezione dell'equatore, si disegnavano le proiezioni degli altri meridiani, di medesima lunghezza del meridiano di riferimento proiettato.

Il reticolato geografico era quindi formato da due sistemi di rette parallele, fra loro perpendicolari. Le distanze fra i paralleli erano così uguali a quelle fra i meridiani, la scala era vera lungo l'equatore e lungo ciascun meridiano proiettato mentre la deformazione in direzione est-ovest aumentava proporzionalmente alla secante della latitudine.

Come è noto, le carte piane difettavano di isognismo (ovvero: la conservazione sulla carta degli angoli della sfera), ma un altro grave problema era la loro errata valutazione delle distanze, che non teneva conto della latitudine via via che ci si allontanava dall'equatore (si veda fra i molti: Robinson et alii, 1995; Snyder, 1987). Da un punto di vista della navigazione, è interessante osservare una certa analogia fra l'organizzazione di paralleli e meridiani della carta piana e la cosiddetta navigazione per parallelo (Cotter, cit., Knox-Johnston, 2013). Tale tecnica di navigazione prevede lo spostamento dell'imbarcazione verso nord (o sud) fino ad arrivare alla latitudine del parallelo sul quale si trova l'obiettivo del viaggio, per poi dirigere a est (o ovest) fino al raggiungimento della meta.

A riprova dell'importanza del Portogallo nella navigazione del periodo, nel 1537 Pedro Nuñez, matematico e cosmografo portoghese propose la nozione di lossodromia ("rhumb line"), definita come la linea che forma un angolo costante con ciascun meridiano sulla superficie sferica della Terra (Leitao et al., 2014). Un vascello che mantiene una rotta costante si muove dunque lungo una lossodromia, tagliando i meridiani con lo stesso angolo. Poiché i meridiani non sono paralleli, la linea che li attraversa con uno stesso angolo non è una linea dritta ma una spirale logaritmica⁵ (Morgas et al., 2013), che termina la sua

5 La spirale logaritmica è stata descritta per la prima volta da Cartesio nel 1638. Successivamente, il matematico svizzero Jakob Bernoulli la definì "spira mirabilis" e dispose che fosse incisa sulla sua tomba, vicino alla frase "eadem mutata resurgo", riferita all'immortalità dell'anima che, seppure diversa, rinasce identica. Una spirale logaritmica, definita anche proporzionale, ha la caratteristica che ogni suo raggio vettore sia più ampio del

strada asintoticamente in uno dei due poli terrestri (il polo dipende dall'emisfero di partenza della linea e dal valore dell'angolo della lossodromia). Le lossodromie sarebbero diventate importanti in navigazione, data la convenienza di poter tenere la stessa rotta con una bussola durante tutto il viaggio in mare, per arrivare a destinazione (Snyder, 1997).

Ai tempi di Nuñez il concetto di funzione matematica non esisteva, essendo questo stato introdotto da Leibniz nel 1694 (Guerraggio, 2017). Ciò significa che a quei tempi, per fornire una descrizione accurata della relazione funzionale fra due grandezze (x – longitudine e y – latitudine), veniva costruita una tavola, riportante il corrispettivo valore della variabile indipendente (y), rispetto a ciascun valore di della variabile dipendente (x). Da qui l'importante ruolo che le cosiddette tavole delle lossodromie ("Table of Rhumbs") iniziarono ad avere in navigazione. Le tavole delle lossodromie si presentavano dunque come lunghe serie di coordinate in colonna (latitudini in corrispondenza di ciascuna longitudine), costruite per ciascuna delle sette classiche direzioni verso nord⁶: 11° 15'; 22° 30'; 33° 45'; 45°; 56° 15'; 67° 30'; 78° 45' (Leitao et al., cit., 2014). Dopo il 1537, in Europa furono prodotte e diffuse sicuramente due versioni:

- una calcolata dallo stesso Nuñez nel 1566 (si veda: l'opera edita nel 2008 e presente presso Portuguese Biblioteca Nacional; un'analisi su Lossodromia e Pedro Nuñez in lingua francese è quella di D'Hollander, 1990 e 2004);
- un'altra, a cura del matematico inglese John Dee⁷, datata 1558 e pubblicata nel suo "Canon

precedente, secondo una progressione geometrica. Ciò fa sì che la spirale non muti di forma mano a mano che cresce. Un'altra caratteristica della spirale logaritmica è l'asintoticità, poiché il suo centro, il polo, essendo un punto asintotico, non è mai raggiunto (si veda, fra i diversi, Boyer, 1980).

⁶ Sono gli angoli dei reticolati dei portolani, ottenuti disegnando un quadrato sulla mappa, appoggiando un goniometro su uno dei quattro angoli del quadrato e scomponendo l'angolo di 90 gradi a metà (si fissava una cordicella al vertice del goniometro) e, progressivamente, a metà di ciascuna delle parti ottenute (90°, 45°, 22.3°, 11.15°). Era il procedimento per disegnare la rosa dei venti a 16 direzioni.

⁷ Le connessioni fra Dee e Nuñez sono state investigate da Almeida nel 2012, che ricorda la grande influenza ed ammirazione di Dee per il matematico portoghese. Nella lettera dedicatoria del primo lavoro del matematico inglese, *Propaedeumata aphori-*

gubernaticus or an arithmetically resolution of the paradoxical compass" (così Dee aveva denominato le lossodromie, Almeida, 2012).

Le tavole di Nuñez e Dee erano state entrambe calcolate con metodi iterativi che utilizzavano piccoli triangoli sulla superficie sferica della Terra, lungo una lossodromia. Nuñez utilizzava piccoli triangoli sferici, sostituendo il piccolo segmento della lossodromia con il corrispettivo arco di cerchio massimo preso sulla sfera. Dee invece approssimava i piccoli triangoli sferici con triangoli piani. Naturalmente più i triangoli erano piccoli (in entrambi i casi), maggiormente accurati erano i risultati (Gaspar et al, 2014).

Intanto, già nel 1541 Mercatore aveva prodotto un globo con su disegnate lossodromie, non lasciando però alcuna indicazione di come avesse disegnato tali linee. Non è dato sapere se il cartografo fiammingo avesse avuto a disposizione tavole delle lossodromie⁸ (Leitao et al, 2014).

Dopo Mercatore

Nel 1569 Mercatore presentò la sua carta del mondo, denominata: "Nova et aucta orbis terrae descriptio ad usum navigantium emendate accomodata". Come è noto, si trattava di una mappa ove i paralleli, opportunamente disposti a latitudine crescente, assicuravano l'isognismo ma, soprattutto, di una carta che rappresentava le lossodromie come linee diritte (Monmonier, cit.).

Il fatto che Mercatore non avesse spiegato come avesse realizzato la sua innovativa e geniale idea fu sicuramente un fattore che ne limitò un'applicazione immediata in navigazione. Questo va sommato alla ricordata ritrosia dei marinai nei confronti delle carte e della strumentazione per la navigazione astronomica. Pare infatti che addirittura lo stesso Francis Drake,

(1558), Nuñez viene infatti definito da Dee come: "most learned and grave man who is the sole relic and ornament and prop of the mathematical arts among us" (Almeida, 2012, pag. 460). Va inoltre ricordato che Dee era venuto in contatto anche con il giovane Mercatore, durante la sua permanenza a Louvain, dal 1547 al 1549, con il quale aveva "piacevolmente filosofeggiato" (Almeida, 2012).

⁸ Un'ipotesi a tal riguardo (Leitao et al., cit.), è che le lossodromie fossero state disegnate direttamente sul globo, utilizzando piccole squadre di rame.

che aveva impiegato piloti portoghesi e spagnoli nella seconda metà del XVI secolo, avesse sperimentato l'ironia dei suoi marinai per l'uso delle "cartepecore" e degli strumenti atti a misurare l'altezza del sole sull'orizzonte (Taylor et al., 1962). La navigazione astronomica non faceva ancora parte della preparazione dei capitani e dei piloti, data la loro ignoranza in matematica. Per navigare in acque sconosciute era necessario (e sufficiente) avere una buona memoria per fissare le passate esperienze, riguardanti le maree, le correnti, la natura e la profondità dei fondali (Phillips-Birt, cit.). L'uso generalizzato della proiezione di Mercatore, insieme a più accurate osservazioni astronomiche, arrivò non prima del 1630, grazie al matematico Edward Wright (Jones, 1924).

Wright nacque a Gaverston (contea di Norfolk, UK) nel 1558. Per i suoi studi accademici fu mandato a Cambridge, ove fece una veloce e proficua carriera (BA – Bachelor of Arts nel 1581, MA – Master Degree nel 1584, Fellowship dal 1587 al 1596). Come già ricordato, lo spunto per il lavoro di Wright, dedicato alla correzione degli errori nelle carte nautiche dell'epoca ("Certain Errors in Navigation"), fu certamente l'esperienza diretta in mare dell'Autore, in occasione della spedizione del Duca di Cumberland nelle Azzorre.

La prima edizione del lavoro (1599), ebbe alcuni problemi di plagio da parte di una precedente mappa (World Mercator map – 1598), di Jodocus Hondius. Hondius era un cartografo fiammingo, che visse a Londra per un periodo antecedente al 1593, ove ebbe dei contatti con Wright e poté esaminare una bozza di "Certain Errors". Tale bozza molto probabilmente lo "ispirò" nel disegno della sua mappa del 1598, fatto che infastidì notevolmente Wright (Hooker, 1993; Parsons et al., 1939).

Il lavoro di Wright fu subito acclamato come un vero e proprio capolavoro matematico e scientifico ed ebbe un'importanza fondamentale per la navigazione: finalmente fu rivelata la forma matematica della carta di Mercatore del 1569, non rivelata dal cartografo fiammingo. Questa importante scoperta, di fatto rese possibile la diffusione di mappe con la proiezione di Mercatore, che poterono in questo modo essere disegnate più facilmente, seguendo le informazioni fornite da Wright. Non va sminuito in alcun modo il genio del cartografo fiammingo, cui va l'importante merito di essere stato il

primo a rappresentare le lossodromie, tanto utili ai navigatori, come rette su un piano. Fu un'idea assolutamente geniale, che ancora oggi è giustamente attribuita a Mercatore, ma è importante collocarla in un corretto quadro di riferimento temporale, ricordando anche i contributi di chi lavorò prima e dopo.

Il metodo di Wright per costruire un'accurata mappa di Mercatore partiva dall'idea del cartografo fiammingo di posizionare i paralleli a distanze crescenti, così incrementando i gradi di latitudine in direzione dei poli della sfera (mentre i meridiani, posizionati perpendicolari all'equatore, paralleli l'uno all'altro, erano ugualmente spazati). Wright aveva quindi pensato di incrementare la distanza sulla carta di un parallelo dall'equatore, utilizzando un fattore pari alla secante della latitudine θ del parallelo stesso ($\sec \theta$).

Tale scelta venne giustificata prendendo ad esempio una porzione cuneiforme della sfera, rappresentante la Terra (Fig. 1 - Rickey et al., 1980). Ove:

- la distanza AB si trova sull'equatore
- C rappresenta il centro della sfera
- T rappresenta il polo nord
- Il parallelo a latitudine θ è anch'esso un cerchio (come l'equatore), che ha P come suo centro e che include in esso l'arco MN (compreso fra i meridiani AT e BT)

Da ciò si ricava:

- BC e NP sono paralleli
- l'angolo PNC = θ
- BC = NC (entrambi sono raggi della sfera)

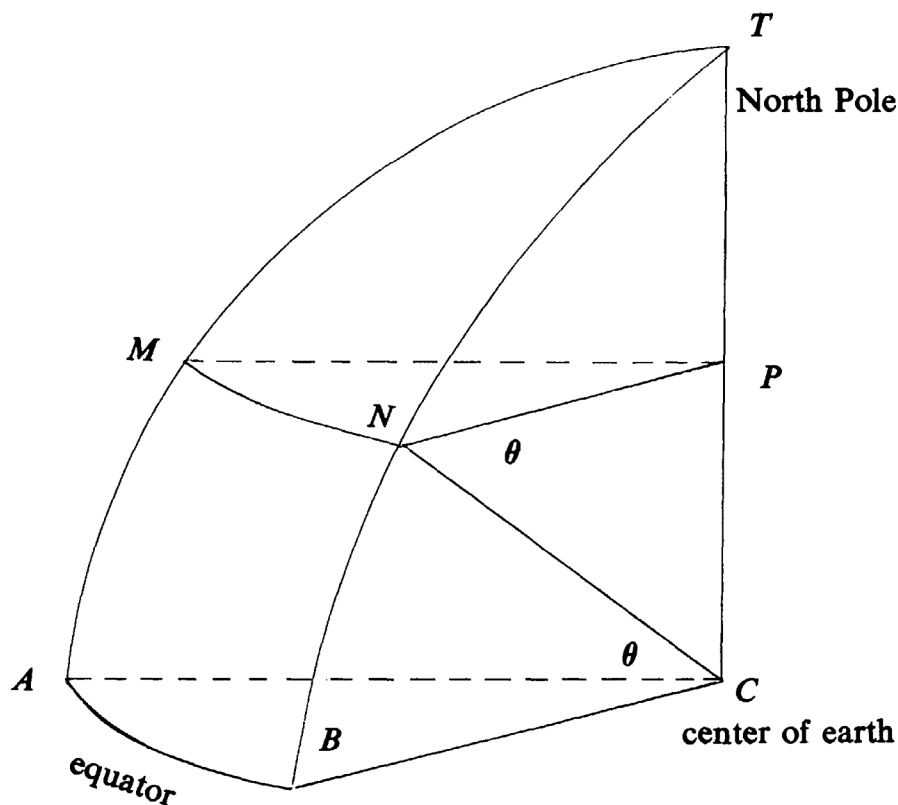
Essendo quindi i triangoli ABC e MNP simili, ne deriva che:

- $AB/MN = BC/NP = NC/NP = \sec \theta$ ⁹
- Da cui:
- $AB = MN \sec \theta$

Quindi, quando MN viene disegnato sulla mappa, deve essere stirato orizzontalmente, moltiplicandolo di un fattore pari a $\sec \theta$.

⁹ In un triangolo rettangolo la secante è il rapporto fra l'ipotenusa (NC) ed il cateto adiacente (NP).

Figura 1. Porzione cuneiforme della sfera. Stiramento orizzontale dell'arco di parallelo (latitudine θ) sulla mappa (si veda il testo). Fonte: Rickey et al., 1980.



Siccome poi si vuole costruire una mappa isogona, questa dovrà essere stirata anche verticalmente (oltre che orizzontalmente, come visto sopra), utilizzando lo stesso fattore ($\sec \theta$).

Wright procedette al calcolo delle distanze dall'equatore sulla carta per latitudini che si incrementavano di un minuto alla volta, sommando il prodotto della secante dell'angolo di latitudine per l'incremento unitario del minuto ("by perpetual addition of the Secantes answerable to the latitudes of each point").

I risultati delle operazioni furono infine riportati su delle tavole ("Table of meridional parts"¹⁰), in grado quindi di convertire le varie latitudini (θ) in distanze (y)

¹⁰ Le distanze dall'equatore alle varie latitudini furono chiamate parti meridionali ("Meridional Parts") mentre le tavole riportanti le liste di dette distanze: Tavole delle parti meridionali ("Table of Meridional Parts").

dall'equatore, utilizzando i valori della secante¹¹ ($\sec \theta$ - Lewi, 2006). Citando ancora Wright: "...we may make a table which shall shew the sections and points of latitude in the meridians of the nautical planisphaere: by which sections, the parallels are to be drawne" (Wright, 1599, pag. 12).

La fig. 2 mostra la prima pagina delle tavole di Wright. La seconda riga sotto l'intestazione riporta il grado di riferimento delle colonne sottostanti. Le colonne suddividono ciascun grado in minuti. Per ciascun minuto ci sono due valori (due sotto-colonne per ciascun grado): la prima riporta il valore della parte meridionale corrispondente al grado di riferimento (colonna) e al minuto di riferimento (riga); la seconda riporta la differenza fra due consecutive parti meridionali.

¹¹ I valori di $\sec \theta$ erano disponibili all'epoca di Wright sotto forma di tavole trigonometriche (Rheticus, 1551).

Figura 2. Prima pagina delle tavole delle parti meridionali di Wright (si veda il testo). Fonte: Wright, 1657.

14		A Table of Latitudes &c.							
0	0 Degr.	Equal parts	Difference	1 Degr.	Difference	2 Degr.	Difference	3 Degr.	Difference
	of a Merid.	of equ. par.	of a Merid.	of equ. par.	of a Merid.	of equ. par.	of a Merid.	of equ. par.	of a Merid.
0	00.000	10.000	600.012	10.001	1.200.196	10.006	1.800.749	10.013	
1	10.000	10.000	610.013	10.001	1.210.202	10.006	1.810.762	10.014	
2	20.000	10.000	620.014	10.001	1.220.208	10.006	1.820.776	10.014	
3	30.000	10.000	630.015	10.001	1.230.214	10.006	1.830.790	10.014	
4	40.000	10.000	640.016	10.001	1.240.220	10.006	1.840.804	10.014	
5	50.000	10.000	650.017	10.001	1.250.226	10.006	1.850.818	10.014	
6	60.000	10.000	660.018	10.001	1.260.232	10.006	1.860.832	10.014	
7	70.000	10.000	670.019	10.001	1.270.238	10.006	1.870.846	10.014	
8	80.000	10.000	680.020	10.002	1.280.244	10.007	1.880.860	10.015	
9	90.000	10.000	690.022	10.002	1.290.251	10.007	1.890.875	10.015	
10	100.000	10.000	700.024	10.002	1.300.258	10.007	1.900.890	10.015	
11	110.000	10.000	710.026	10.002	1.310.265	10.007	1.910.905	10.015	
12	120.000	10.000	720.028	10.002	1.320.272	10.007	1.920.920	10.015	
13	130.000	10.000	730.030	10.002	1.330.279	10.007	1.930.935	10.015	
14	140.000	10.000	740.032	10.002	1.340.286	10.007	1.940.950	10.016	
15	150.000	10.000	750.034	10.002	1.350.293	10.007	1.950.965	10.016	
16	160.000	10.000	760.036	10.002	1.360.300	10.007	1.960.980	10.016	
17	170.000	10.000	770.038	10.002	1.370.307	10.008	1.970.995	10.016	
18	180.000	10.000	780.040	10.002	1.380.315	10.008	1.980.101	10.016	
19	190.000	10.000	790.042	10.002	1.390.323	10.008	1.990.107	10.016	
20	200.000	10.000	800.044	10.002	1.400.331	10.008	2.000.113	10.017	
21	210.000	10.000	810.046	10.002	1.410.339	10.008	2.010.119	10.017	
22	220.000	10.000	820.048	10.002	1.420.347	10.008	2.020.125	10.017	
23	230.000	10.000	830.050	10.002	1.430.355	10.008	2.030.131	10.017	
24	240.000	10.000	840.052	10.003	1.440.363	10.008	2.040.137	10.017	
25	250.000	10.000	850.055	10.003	1.450.371	10.009	2.050.143	10.017	
26	260.000	10.000	860.058	10.003	1.460.380	10.009	2.060.149	10.018	
27	270.000	10.000	870.061	10.003	1.470.388	10.009	2.070.155	10.018	
28	280.000	10.000	880.064	10.003	1.480.396	10.009	2.080.161	10.018	
29	290.000	10.000	890.067	10.003	1.490.404	10.009	2.090.167	10.018	
30	300.000	10.000	900.070	10.003	1.500.412	10.009	2.100.173	10.018	
31	310.000	10.000	910.073	10.003	1.510.420	10.009	2.110.179	10.019	
32	320.000	10.000	920.076	10.003	1.520.428	10.009	2.120.185	10.019	
33	330.000	10.000	930.079	10.003	1.530.436	10.010	2.130.191	10.019	
34	340.000	10.000	940.082	10.003	1.540.444	10.010	2.140.197	10.019	
35	350.000	10.000	950.085	10.003	1.550.452	10.010	2.150.203	10.019	
36	360.000	10.000	960.088	10.003	1.560.460	10.010	2.160.209	10.019	
37	370.000	10.000	970.091	10.004	1.570.468	10.010	2.170.215	10.020	
38	380.000	10.000	980.094	10.004	1.580.476	10.010	2.180.221	10.020	
39	390.000	10.000	990.097	10.004	1.590.484	10.010	2.190.227	10.020	
40	400.000	10.000	1.000.100	10.004	1.600.492	10.010	2.200.233	10.020	
41	410.000	10.000	1.010.103	10.004	1.610.500	10.011	2.210.239	10.021	
42	420.000	10.000	1.020.106	10.004	1.620.508	10.011	2.220.245	10.021	
43	430.000	10.000	1.030.109	10.004	1.630.516	10.011	2.230.251	10.021	
44	440.000	10.000	1.040.112	10.004	1.640.524	10.011	2.240.257	10.021	
45	450.000	10.000	1.050.115	10.004	1.650.532	10.011	2.250.263	10.021	
46	460.000	10.000	1.060.118	10.004	1.660.540	10.011	2.260.269	10.021	
47	470.000	10.000	1.070.121	10.004	1.670.548	10.011	2.270.275	10.021	
48	480.000	10.001	1.080.124	10.005	1.680.556	10.012	2.280.281	10.022	
49	490.000	10.001	1.090.127	10.005	1.690.564	10.012	2.290.287	10.022	
50	500.000	10.001	1.100.130	10.005	1.700.572	10.012	2.300.293	10.022	
51	510.000	10.001	1.110.133	10.005	1.710.580	10.012	2.310.299	10.022	
52	520.000	10.001	1.120.136	10.005	1.720.588	10.012	2.320.305	10.023	
53	530.000	10.001	1.130.139	10.005	1.730.596	10.012	2.330.311	10.023	
54	540.000	10.001	1.140.142	10.005	1.740.604	10.012	2.340.317	10.023	
55	550.000	10.001	1.150.145	10.005	1.750.612	10.013	2.350.323	10.023	
56	560.000	10.001	1.160.148	10.005	1.760.620	10.013	2.360.329	10.023	
57	570.000	10.001	1.170.151	10.005	1.770.628	10.013	2.370.335	10.024	
58	580.000	10.001	1.180.154	10.005	1.780.636	10.013	2.380.341	10.024	
59	590.000	10.001	1.190.157	10.006	1.790.644	10.013	2.390.347	10.024	

Resta insoluto il “mistero” cartografico di come Mercatore avesse costruito la sua mappa del 1569. Sulla questione hanno dibattuto nel tempo diversi studiosi (si vedano, fra i molti: Wagner, 1915; d’Hollander, 2005; Papay, 2024). Chi scrive pensa sia molto plausibile la tesi di Gaspar (et al., 2014), ovvero una mappa costruita partendo da una tavola delle lossodromie. Si tratta di una procedura intuitiva, semplice da applicare, ma soprattutto storicamente alla portata di Mercatore (per ciò che riguarda la disponibilità delle tavole delle lossodromie). Una tesi suggestiva, che potrebbe cambiare il tradizionale punto di vista con il quale si considera (e si presenta) la mappa di Mercatore: le lossodromie, in altre parole potrebbero essere il punto di partenza di tutta la proiezione e non un’importante caratteristica della stessa.

Conclusioni

L’oggetto di studio di questo contributo è la cartografia a supporto della navigazione in un contesto europeo, che va grosso modo dalla prima metà del XVI secolo alla seconda metà del secolo successivo. La carta di Mercatore, una delle idee più innovative e geniali del periodo e forse di tutta la cartografia, è stata al centro di questa analisi. Innumerevoli pubblicazioni sono già disponibili su tale argomento; si è però cercato di focalizzare la trattazione adottando da un punto di vista diverso, attento alla navigazione e a chi ne era parte attiva (marinai, piloti e comandanti dei vascelli), ma anche al contesto storico-scientifico.

Si riporta di seguito alcune considerazioni conclusive in merito a quanto visto in precedenza:

- l’evoluzione delle mappe per i naviganti, dai portolani alle carte piane e isogone (con le lossodromie rappresentate da linee diritte), è stato un processo lungo, frutto della collaborazione fra uomini di scienza di Paesi diversi (spesso in cattivi rapporti fra di loro), ed anche di piloti e comandanti illuminati, che cercavano di mettere in pratica la teoria in un contesto veramente difficile (i mari sconosciuti da un lato, l’ignoranza e la superstizione dei marinai dall’altro);
- Mercatore ebbe l’idea geniale di rappresentare le lossodromie su una carta piana, ma queste erano state precedentemente studiate da altri (Nuñez e

Dee). Grazie a questi eminenti scienziati del periodo (e chissà a quanti, sconosciuti ed oscuri “garzoni matematici”, che avevano pazientemente fatto i calcoli), furono prodotte le tavole delle “Rhumb lines”, plausibilmente a disposizione del cartografo fiammingo e accreditate in letteratura scientifica come parte attiva nella creazione del suo prodotto finale (la rivoluzionaria mappa del 1569);

- la mappa di Mercatore non ebbe un impatto immediato in navigazione, in parte per la ritrosia dei marinai ad accogliere le novità, ma soprattutto per la difficoltà di riprodurla (a scale più grandi) per rappresentare i territori che le esplorazioni oceaniche stavano progressivamente delineando con una sempre maggiore precisione. Questo perché Mercatore non volle spiegare come avesse costruito le sue innovative latitudini crescenti (o non poté farlo - magari per motivi legati alle politiche commerciali di Paesi in concorrenza, se non in guerra, fra loro);
- bisognò quindi aspettare il genio di un matematico inglese (Wright), che fece un’operazione oggi definibile come “reverse engineering” e trovò un modo per costruire una mappa isogona con lossodromie diritte in qualsiasi contesto territoriale.

Due, in conclusione, sono le principali riflessioni che emergono da quanto esposto:

- l’avanzamento della scienza è stata (e sempre sarà) un processo cumulativo di contributi di persone diverse, che devono collaborare fra loro, a dispetto di rivalità individuali o valutazioni economiche e politiche;
- uno dei colli di bottiglia per la diffusione (e il giovamento collettivo) delle scoperte scientifiche è indubbiamente la viscosità fra teoria e pratica, dovuta a motivi vari, ad esempio (nel caso esposto): l’ignoranza, la politica, le valutazioni economiche.

Si desidera chiudere il lavoro con una bella mappa di Mercatore (Fig. 3), dedicata allo Stretto di Magellano e pubblicata qualche mese dopo la sua morte (Duisburg, 1594) nel: “Atlas sive cosmographicae meditationes de fabrica mundi et fabricati figura” (fonte: Presciuttini, 2016).

Figura 3. Mappa di Mercatore rappresentante lo Stretto di Magellano e risalente al 1594 (fonte: Presciuttini, 2016).



È suggestivo notare che la mappa assomiglia maggiormente ad un portolano che ad una carta isogona, in barba alla data della sua pubblicazione.

Bibliografia

- Almeida B., (2012), "On the origins of Dee's mathematical programme: The John Dee–Pedro Nuñez connection", *Studies in History and Philosophy of Science*, 43, pag. 460–469.
- Barrie D., (2014), *Il viaggio del sestante*, Rizzoli, Milano.
- Boyer C., (1980), *Storia della Matematica*, Mondadori, Milano.
- Capasso I., (1994), *Storia della Nautica*, Istituto Idrografico della Marina, Genova.
- Cotter C. H., (1977), "The Development of the Mariner's Chart", *International Hydrographic review*, Monaco, LIV (1).
- d'Hollander R., (1990), "Historique de la loxodromie", *Mare Liberum*, 1, pag. 29-69.
- d'Hollander R., (2004), "La théorie de la loxodromie de Pedro Nuñez", *Revue XYZ*, N°99.
- d'Hollander R., (2005), *Loxodromie et projection de Mercator*, Institut océanographique, Paris.
- Gaspar A., Leitão H., (2014), "Squaring the Circle: How Mercator Constructed his Projection in 1569", *Imago Mundi* 66, 1.
- Guerraggio A., (2017), "Y=f(X). La storia del concetto di funzione in 15.000 battute", *Lettera matematica*, 100, pag. 130-133.
- Hall E. F., Carson Brevoort J., (1878), "Gerard Mercator: His Life and Works", *Journal of the American Geographical Society of New York*, Vol. 10, pag. 163-196.
- Hooker B., (1993), "New light on Jodocus Hondius' great world Mercator map of 1598", *The Geographical Journal*, Vol. 159, N. 1, pag. 45-50.
- Jones E. L., (1924), "The Evolution of the Nautical Chart", *The Military Engineer*, Vol. 16, n. 87.
- Klein B., (2010), "Mapping the waters: sea charts, navigation, and Camões's Os Lusíadas", *Renaissance Studies*, Vol. 25 n. 2, pag. 228-247.
- Knox-Johnston R., (2013), "Practical Assessment of the Accuracy of the Astrolabe", *The Mariner's Mirror*, 99:1, pag. 67-71.
- Leitao H., Gaspar J. A., (2014), "Globes, Rhumb Tables and the Pre-History of the Mercator Projection", *Imago Mundi*, Vol. 66, Part 2, pag. 180-195.
- Lewi P. J., (2006), "Speaking of Graphics. Mercator, Wright and Mapmaking", *DataScope* (www.datascope.be).
- Marenco F., (1969), *Il Viaggio e l'ammutinamento del Bounty*, (scritti di W. Bligh e altri), Longanesi, Milano.
- Monmonier M., (2004), *Rhumb Lines and Map Wars*, University of Chicago Press.
- Morgas W., Kopacz Z., (2013), "Rhumb-line Sailing by Computation", *Versita, Report of Geodesy*, Vol. 94, pag. 14-26.
- Nordenskiöld, A. E., (1897), *Periplus: the Early History of Charts and Sailing Directions*, Burt Franklin, New York.
- Nuñez P., (2008), *De arte atque ratione navigandi*, Obras, Vol IV, Lisboa, Academia das Ciências de Lisboa & Fundação Calouste Gulbenkian, (original edition: Basle, 1566; link at the Portuguese Biblioteca Nacional Digital: <http://purl.pt/14448>).
- Nuñez P., (1537), "Tratado sobre certas duvidas da navegação", publicado na obra: *Tratado da sphaera*, Lisboa, Germão Galhardo.
- Papay G., (2024), "Geometry of the Mercator projection from 1569", *Iris on Journ of Sci.*, 1(2), pag. 1-9.
- Parsons E. J., Morris W. F., (1939), "Edward Wright and his Work", *Imago Mundi*, Vol.3, pp. 61-71.
- Phillips-Birt D., (1972), *Storia della Marineria*, Mursia, Milano.
- Presciuttini P., (2016), *Coste del mondo nella cartografia europea (1500-1900)*, Priuli & Verlucca, Scarmagno (TO).

Rheticus G. J., (1551), *Canon doctrinae triangulorum*, Lipsia, presso München, Bayerische Staatsbibliothek, DOI: bsb10199948.

Rickey V. F., Tuchinsky P. M., (1980), "An Application of Geography to Mathematics: History of the Integral of the Secant", *Mathematics Magazine*, Vol. 53, n. 3, pag. 162- 166.

Robinson A. H., Morrison J. L., Muehrcke P. C., Kimerling A. J., Guptill S. C., (1995), *Elements of Cartography*, 6th Ed., Wiley & Sons, New York.

Shalowitz A. L., (1969), "The Chart that Made Navigation History", *Journal of the Washington Academy of Sciences*, Vol. 59, No. 7/9, pp. 180-186.

Snyder J. P., (1987), *Map Projections – a Working Manual*, USGS professional paper, 1395, Washington DC.

Snyder J. P., (1997), *Flattening the Earth*, University of Chicago Press.

Sobel D., (1996), *Longitudine*, Rizzoli, Milano.

Taylor E. G. R., Richey M. W., (1962), *The Geometrical Seaman*, Hollis & Carter, London.

Unger R. W., (2010), "New Routes and Portuguese Map Makers", in: *Ships on Maps. Early Modern History: Society and Culture*, Palgrave Macmillan, London.

Verne J., (1996), *Gli ammutinati del Bounty*, Demetra, Verona.

Wagner H., (1915), "Gerhard Mercator und die ersten Loxodromen auf Karten", *Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie*, 43, pag. 299-311.

Wright E., (1599), *Certain errors in navigation detected and corrected by Edw. Wright*, 1599 (prima edizione); 1610 (seconda edizione); 1657 (terza edizione, a cura di J. Moxon), University of Michigan Library Digital Collections, <https://name.umdl.umich.edu/A67154.0001.001>, accesso del 2 maggio 2024.