

Paolo Di Candia



Appunti di

SCIENZE DELLA NAVIGAZIONE E TECNOLOGIE NAVALI 1-I

PREFAZIONE

La Riforma della Scuola Secondaria Superiore, giunta al terzo anno di Corso, ha previsto per gli Istituti Tecnici ad Indirizzo Tecnologico, la confluenza degli ex "Nautici" in Istituti Statali per i *Trasporti e la Logistica*. Il Piano di studi ministeriale, nell'Articolazione "*Conduzione del Mezzo Navale*" presenta, al II Biennio e al V Anno, la disciplina denominata "*Scienze della Navigazione, Struttura e Costruzione del Mezzo-Nave*".

Una riflessione indietro nel tempo, conduce a ricordare che già nelle precedenti miniriforme, Sperimentali ed Assistite, per l'Istruzione Nautica (Progetto "ORIONE" 1982, Progetto "NAUTILUS" 1992), le materie tecnico-scientifiche di Indirizzo avevano subito modifiche nella nomenclatura rispetto all'Ordinamento precedente (1961), alterando di poco i contenuti e gli obiettivi di apprendimento, aggiornandoli, ma distribuendoli diversamente nel Biennio di Specializzazione (IV e V classe – Trasporto Marittimo ed Apparat e Impianti Marittimi).

Alla neonata trans-disciplina "*Scienze della Navigazione, Struttura e Costruzione del Mezzo-Nave*", si esprime un giudizio *non positivo* per il numero delle ore settimanali assegnate nel triennio, e un parere favorevole della visione unitaria, in quanto la "*Navigazione*", intesa come l'attività di conduzione del Mezzo-navale, richiede delle *Competenze* che sono ben definite dalle Convenzioni Internazionali (STCW 1978/95), le quali non distinguono più le *Abilità* da raggiungere per discipline. Del resto, l'obiettivo principale da raggiungere nella conduzione della Nave, nell'attività del Trasporto, è la Sicurezza negli spostamenti, unitamente al fattore economia dell'intera traversata.

Ciò non può prescindere dalle responsabilità e idoneità dell'*Ufficiale di Navigazione*, il quale deve possedere e, quindi, conseguire Conoscenze sulla *Struttura della Nave* e le sue *dotazioni tecnologiche*, e saperi che riguardano lo studio dello *stato del mare* e dell'*aria*, in quanto essi sono i *mezzi fisici* in cui vengono espletati i viaggi marittimi.

Allora è facile comprendere come la Scienza della Navigazione, intesa anche come Governo e Pilotaggio del Mezzo-Nave e inseguimento di una prestabilita Rotta, comprenda le problematiche della *Tecnica dei Trasporti Marittimi* per la gestione del carico, e del *Tempo Meteorologico* per la Sicurezza della Navigazione.

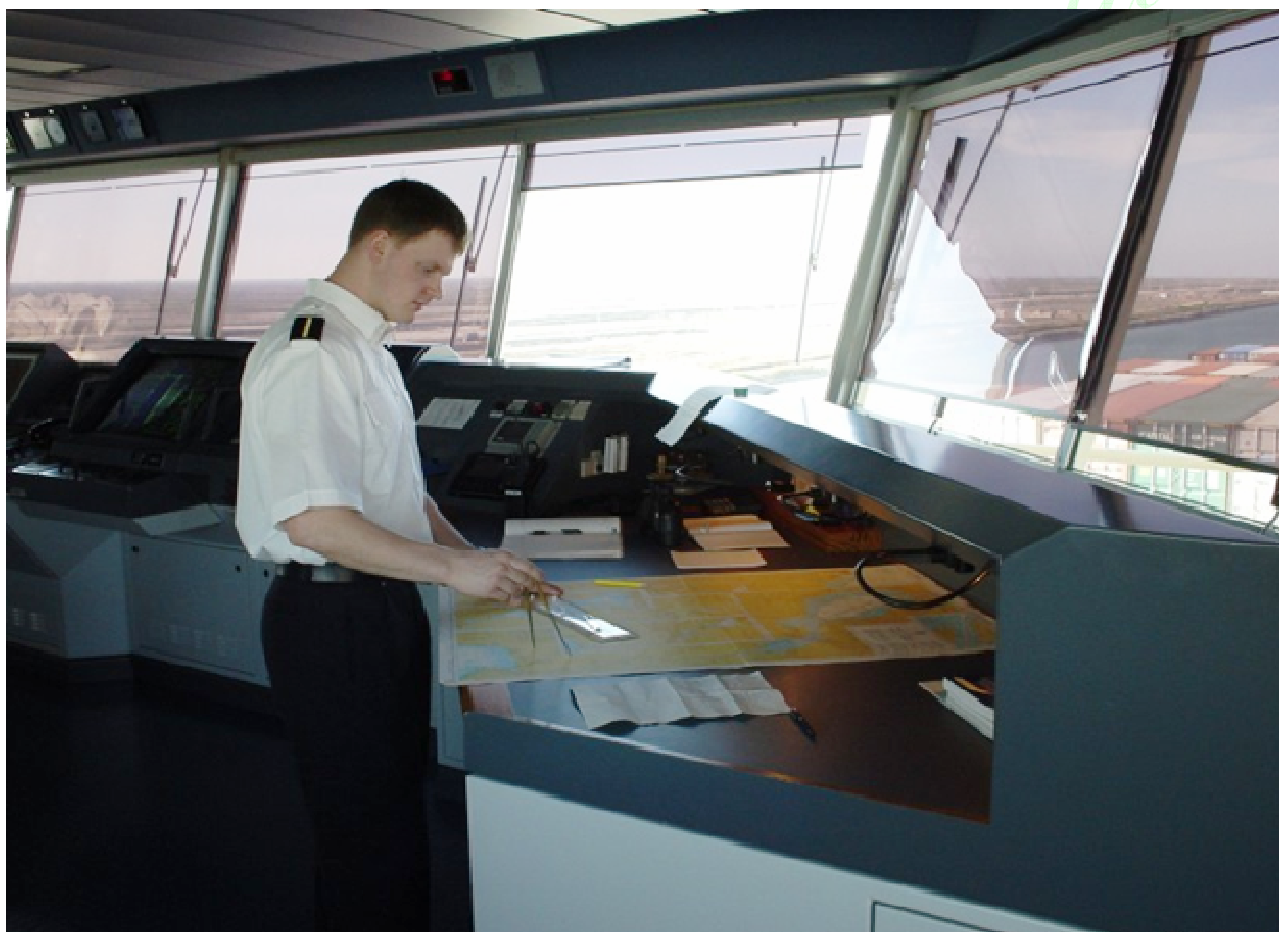
Queste considerazioni spiegano l'elaborazione degli Appunti "SCIENZE DELLA NAVIGAZIONE E TECNOLOGIE NAVALI" nella stesura ivi riportata, anche se si è mantenuto la distinzione in tre Parti, e ciò solo per motivi organizzativi della nuova disciplina. Quanto alla programmazione didattica per "*Competenze in esito*", esse sono impostate secondo la Direttiva delle Linee Guida Ministeriale, in maniera rigorosa e dettagliata.

Manfredonia, Settembre 2012

Prof. Paolo Di Candia

NAVIGAZIONE TRADIZIONALE

1-I



Il carteggio è eseguito in ogni momento. Sul ponte di comando di una Nave portacontaineri, l'Allievo determina la posizione della nave (ogni 15 minuti) durante il passaggio in un canale.

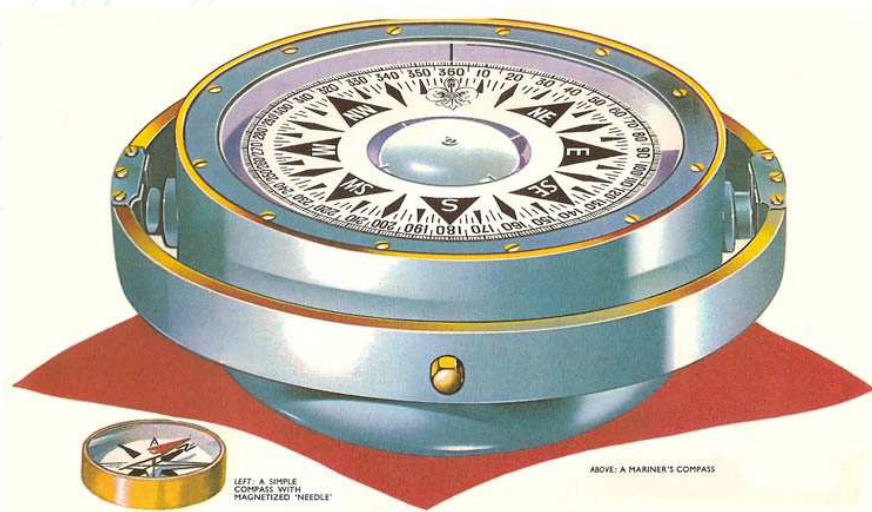
Il presente e-book è stato realizzato senza fini di lucro; il suo contenuto può essere distribuito e usato liberamente per finalità didattiche e divulgative. Le immagini utilizzate sono, in gran parte, di pubblico dominio e disponibili in rete. Nel rispetto della vigente legislazione, non si intende violare alcun copyright. Eventuali marchi registrati sono di proprietà dei rispettivi titolari. È rigorosamente vietato l'utilizzo e la diffusione a fini commerciali.

“Se Pitagora avesse posto il copyright sulle sue tabelline non saremmo mai arrivati sulla Luna” (Pelagusplus)

COMPETENZA IN ESITO N° 5

ORGANIZZARE LA SPEDIZIONE IN RAPPORTO ALLE MOTIVAZIONI DEL VIAGGIO ED ALLA SICUREZZA DEGLI SPOSTAMENTI

Abilità	<p>5.1 - Pianificare il viaggio con criteri di sicurezza ed economicità.</p> <p>5.2 - Controllare le procedure esecutive degli spostamenti ed apportare eventuali azioni correttive.</p>
Conoscenze	<ul style="list-style-type: none">▪ Traiettorie sulla sfera terrestre: caratteristiche geometriche e metodi risolutivi per il loro inseguimento.▪ Metodi per ricavare la posizione sulla traiettoria programmata, con misure rispetto a riferimenti sulla terra.
Contenuti	<ul style="list-style-type: none">- Principi della Navigazione.- La Terra e le sue proprietà geometriche e fisiche.- Carte e Pubblicazioni Nautiche.- Riferimenti direzionali terrestri.- Misure di velocità e di profondità.- Navigazione nelle correnti.- Navigazione Costiera.- Segnalamenti marittimi.- Il carteggio Nautico.- Navigazione stimata.



SCIENZE DELLA NAVIGAZIONE

FUNZIONE E SCOPO DELLA NAVIGAZIONE

La navigazione è quella *scienza* che consente di risolvere i problemi che riguardano lo *spostamento* di una Nave (o di un aeromobile) tra due punti della Terra. Essa, pertanto, si divide in *navigazione marittima* e *navigazione aerea*.

Per i nostri scopi, la navigazione marittima, quindi, si può definire come il “*processo che consente il trasferimento di una Nave da un punto ad un altro della superficie terrestre, nella massima sicurezza ed economia compatibili con le motivazioni della traversata*”.

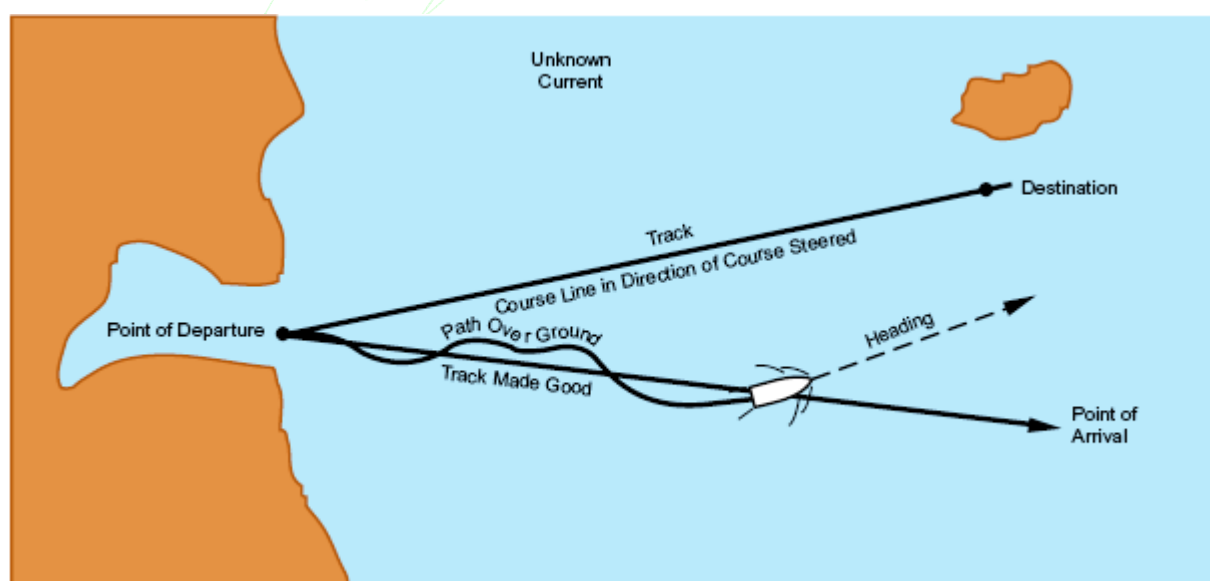
Lo scopo della navigazione può essere di ordine *economico* (trasporto di passeggeri e merci), di natura *militare, scientifica* (ricerca), *pesca*, per *diporto* (svago).

Sui mari non vi sono “*vie*” tracciate; sulla terraferma sì. Per tale ragione condurre una nave da un punto all'altro della superficie marina è impresa un *po' più difficile* di quella di guidare un *automezzo* su strada, o di pilotare una nave in un fiume o in un canale, o di dirigere un *treno*.

La navigazione marittima, secondo i mezzi che usa per risolvere i suoi problemi, si divide in *navigazione stimata*, *navigazione osservata*, *navigazione astronomica*, *radionavigazione*, *navigazione elettronica*.

La *navigazione stimata* utilizza, per la conoscenza della *posizione della nave* nei vari istanti, gli elementi stimati. Essa perciò determina la posizione della nave (*punto stimato*) raggiunta in un certo istante in base alla conoscenza della traiettoria percorsa (cammino) utilizzando la *direzione* del moto data dalla Bussola e la *velocità* fornita dal *solcometro*. Il punto così ricavato non è molto preciso perché è soggetto agli errori delle grandezze ottenute con la stima.

La *navigazione osservata* utilizza, per individuare la posizione della nave in un determinato istante, i cosiddetti *luoghi di posizione*, i quali sono veri e propri *luoghi geometrici*. Con accurate misure si individuano delle *linee di posizione*, le quali, se ricavati per lo stesso istante, per mezzo della loro intersezione danno il *punto nave*.



Track (Rotta): traiettoria rispetto al fondo, da inseguire per giungere a destinazione – *Path Over Ground:* percorso istantaneo rispetto al fondo (ottenuto con navigazione stimata) – *Track Made Good* (traiettoria media rispetto al fondo) – *Heading:* direzione della prora.

La *navigazione osservata* si divide in *navigazione costiera* e in *radionavigazione*. Nella prima si utilizzano luoghi di posizione ottenuti con misure riferite a *punti noti* della costa. Nella *navigazione costiera* la Terra si considera *piana* in quanto la zona entro la quale si risolvono i problemi della navigazione (zona che comprende la nave e gli oggetti rilevati) è molto limitata. Implicitamente cioè si ammette, nella navigazione costiera, di operare sul piano tangente alla Terra nel centro della zona interessata.

Una particolare fase della navigazione è l'*atterraggio* che si riferisce al passaggio della *navigazione di altura* alla navigazione costiera.

Il *pilotaggio* comprende l'insieme di operazioni in zone particolarmente *ristrette* o *congestionate* o con *pericoli*. Richiede una particolare conoscenza del luogo e spesso viene eseguito con l'aiuto di un *Pilota* che collabora con il Comandante.

Nella *radionavigazione*, la quale si divide in *navigazione radarnavigazione*, *navigazione iperbolica*, *satellitare*, si opera generalmente a grande distanza dalla costa, pertanto, è necessario tener conto della *sfericità della Terra*. Nella *radarnavigazione* invece quasi sempre ci si può riferire al piano tangente alla terra ideale. La *radionavigazione* utilizza la propagazione delle *onde elettromagnetiche* per determinare i luoghi di posizione idonei ad individuare il punto nave.

La *navigazione astronomica* è una *navigazione di altura* o in mare aperto, cioè un tipo di navigazione alla quale si ricorre quando la nave è molto distante dalla costa. In tali circostanze l'Ufficiale di guardia, se non ha *apparati elettronici* da utilizzare per ottenere il punto nave, non può che utilizzare gli *astri*, i quali nei vari istanti hanno una posizione ben individuata rispetto alla Terra, misurandone le *altezze* con il *sestante*. Dalla misura delle altezze di *due* o *più astri* si può ottenere il *punto nave astronomico* per mezzo di particolari luoghi astronomici di posizione ricavati con le *altezze misurate*. Detti luoghi, i quali debbono essere riferiti allo stesso istante, si chiamano *rette d'altezza*.

La *navigazione astronomica* utilizza gli *astri (fari celesti)* in modo molto simile alla navigazione costiera, la quale utilizza i *Fari* e gli altri *oggetti cospicui terrestri*.



Sul ponte di comando, il Primo Ufficiale e l'Allievo misurano l'altezza del Sole con il sestante. (Il cronometro "MOSTRA" nella mano sinistra).

Un tipo di ricevitore satellitare GPS Plotter, con Cartografia elettronica.



I PROBLEMI DELLA NAVIGAZIONE MARITTIMA

Per realizzare una navigazione è necessario conoscere l'*ambiente* in cui avviene il processo, cioè la *superficie terrestre*, il *mezzo* in cui si muove il mobile (*mare/aria*) e lo *spazio esterno*.

È necessario perciò studiare *forma*, *dimensioni* e *caratteristiche fisiche e geometriche* della Terra, introdurre dei *Sistemi di riferimento*, per *individuare i punti* e determinare la *distanza* tra essi.

Per risolvere i problemi della navigazione è necessario rappresentare la superficie terrestre nel modo più conveniente, generalmente in un piano, e quindi studiare la *Cartografia*.

Per condurre una Nave da un punto di partenza *A* ad un punto d'arrivo *B* è necessario:

- 1) scegliere la *traiettoria* o *Rotta* che si deve seguire;
- 2) governare la Nave mantenendola sempre sulla *traiettoria prescelta*;
- 3) controllare la posizione.

Il *primo problema* va affrontato quando si studia la pianificazione del viaggio, cioè prima d'iniziare la navigazione. Consiste nello stabilire la traiettoria geometrica della sfera terrestre, che passa per *A* e *B*, e che la nave deve percorrere.

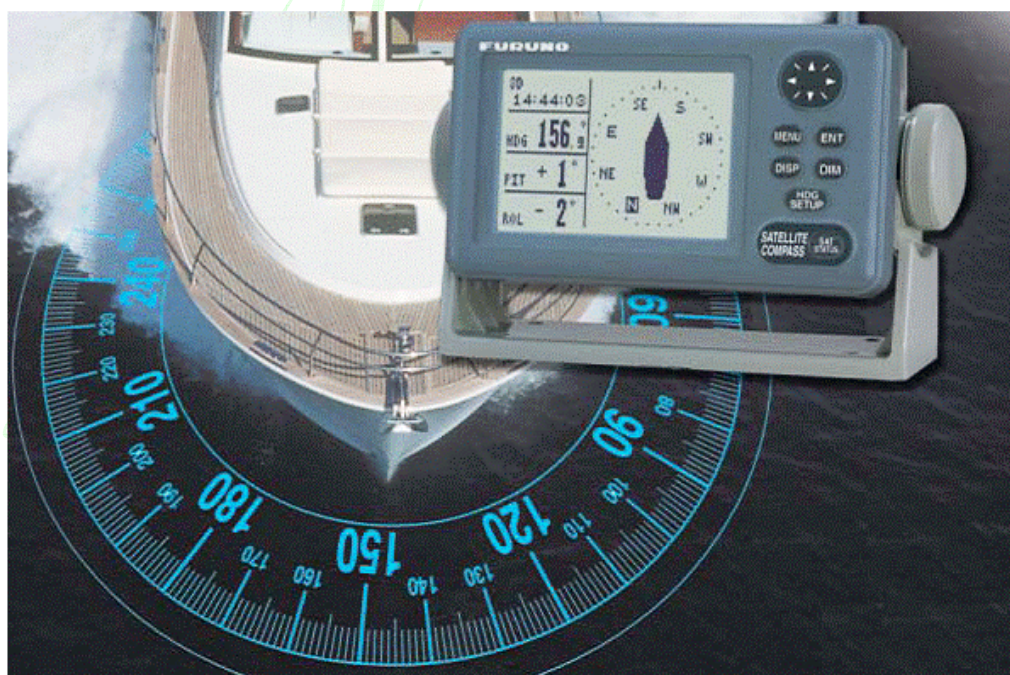
Infinite sono le linee sulla sfera che congiungono *A* e *B*, ma solo *due tipi* sono generalmente impiegati nella navigazione marittima: la *lossodromia* e l'*ortodromia*.

Mentre il primo problema è di *natura geometrica*, il *secondo* è di natura strumentale. Per inseguire una traiettoria con la nave sono necessari due strumenti particolari: la *Bussola* e il *solcometro*.

La Bussola è uno *strumento direzionale*, il solcometro consente di misurare la velocità della nave e quindi il cammino percorso in base al tempo impiegato.

Il *terzo problema* è di *carattere sperimentale*. Consiste nel *controllo continuo*, a mezzo di risultati ricavati da misure effettuate con *strumenti*, della *posizione* occupata dalla Nave nei vari momenti (*punto nave*), allo scopo di verificare se segue esattamente la traiettoria prescelta.

Mentre la nave è condotta sulla traiettoria prestabilita, all'azione del *timone* e delle *eliche* possono aggiungersi quelle di elementi occasionali quali il *moto ondoso*, le *correnti marine*, il *vento*, che tendono ad allontanare la nave dal cammino prescelto. È necessario quindi *controllare* continuamente la posizione (*punto nave*) che essa occupa rispetto al *fondo del mare* e riportare la nave sulla traiettoria voluta nel caso che, per una delle cause sopradette, si sia allontanata dalla traiettoria prescelta.

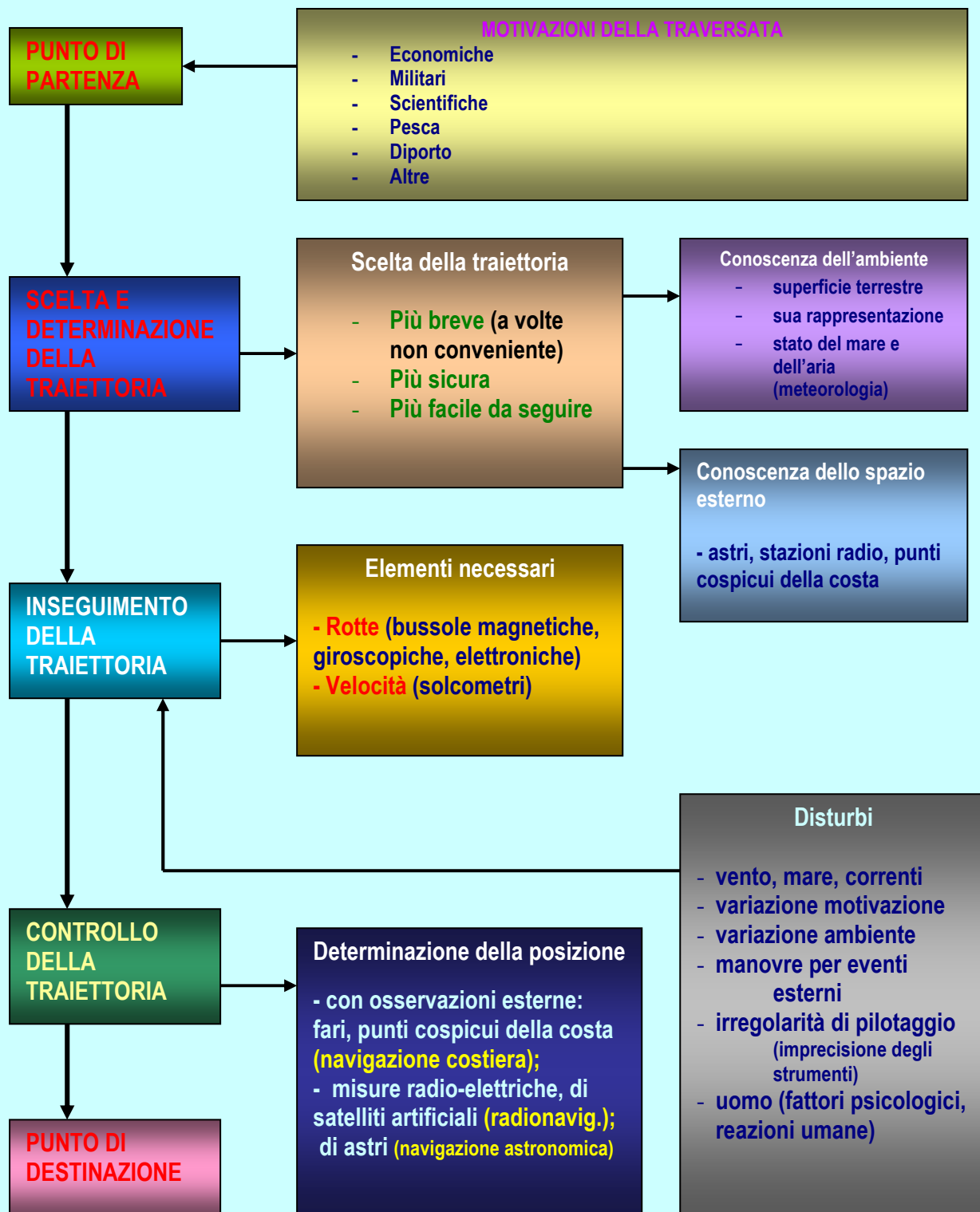


II° problema della navigazione: inseguimento della traiettoria

NAVIGAZIONE

Dal Latino, **NAVIS** = della nave; **ACTIO** = azione

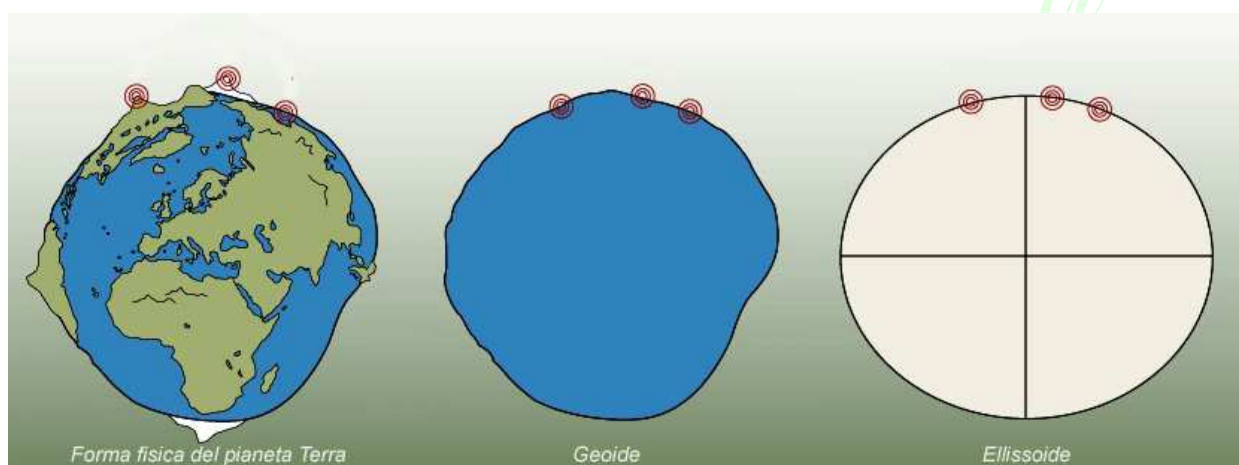
Processo che consente di trasferire una nave da un punto ad un altro della superficie della Terra, con la massima sicurezza ed economia, compatibilmente con le motivazioni della traversata.



FORMA E GRANDEZZA DELLA TERRA

La Terra ha una forma tale che non può essere né definita *geometricamente*, né espressa per mezzo di una equazione. Nel 1873 il Listing, dovendo dare un nome alla forma della Terra, scelse quello di *Geoide*, che significa “*forma matematica della Terra*”. Il Geoide non corrisponde alla *superficie fisica* della Terra, perché questa è soggetta alle asperità topografiche della *crosta terrestre*. La superficie del Geoide è una *superficie ideale*, una superficie di *livello a quota zero*. Corrisponde alla superficie del *livello medio del mare*, prolungata idealmente *attraverso i continenti*. In altre parole, la superficie del Geoide attraversa i rilievi terrestri e si *immerge* nei continenti. In ogni suo punto la superficie del Geoide è perpendicolare alla direzione del *filo a piombo*.

Le *masse terrestri* sono distribuite molto irregolarmente sulla superficie e nell'interno. In conseguenza di ciò, la direzione del *filo a piombo* (direzione della verticale) varia in maniera molto irregolare nei vari luoghi. Per tale ragione il Geoide risulta un solido poco geometrico.



Le forze che determinano l'equilibrio della superficie geoidica sono: 1) la *Forza di gravitazione* universale o di Newton, diretta verso il centro di massa della Terra; 2) la *Forza centrifuga* dovuta alla rotazione della Terra. La risultante tra la *Forza di gravitazione* e la *forza centrifuga* è la *Forza di gravità* la cui direzione si chiama *verticale* ed è geometricamente individuata dal *filo a piombo*.

Il Geoide gira continuamente intorno al *proprio* asse (asse terrestre) in *senso antiorario*, guardando dall'alto. L'asse terrestre incontra la superficie del Geoide in due punti i quali si chiamano *poli fisici*.

Il *piano perpendicolare* alla direzione del *filo a piombo*, in quel luogo, si chiama *piano orizzontale*.

Si chiama *latitudine astronomica* o *geografica* di un luogo l'angolo formato tra la *direzione del polo elevato* e il piano orizzontale passante per il punto considerato. Essa si indica con φ (*fi*). Si chiama *colatitudine* (*c*) l'espressione: $c = 90^\circ - \varphi$ (*complemento della latitudine*).

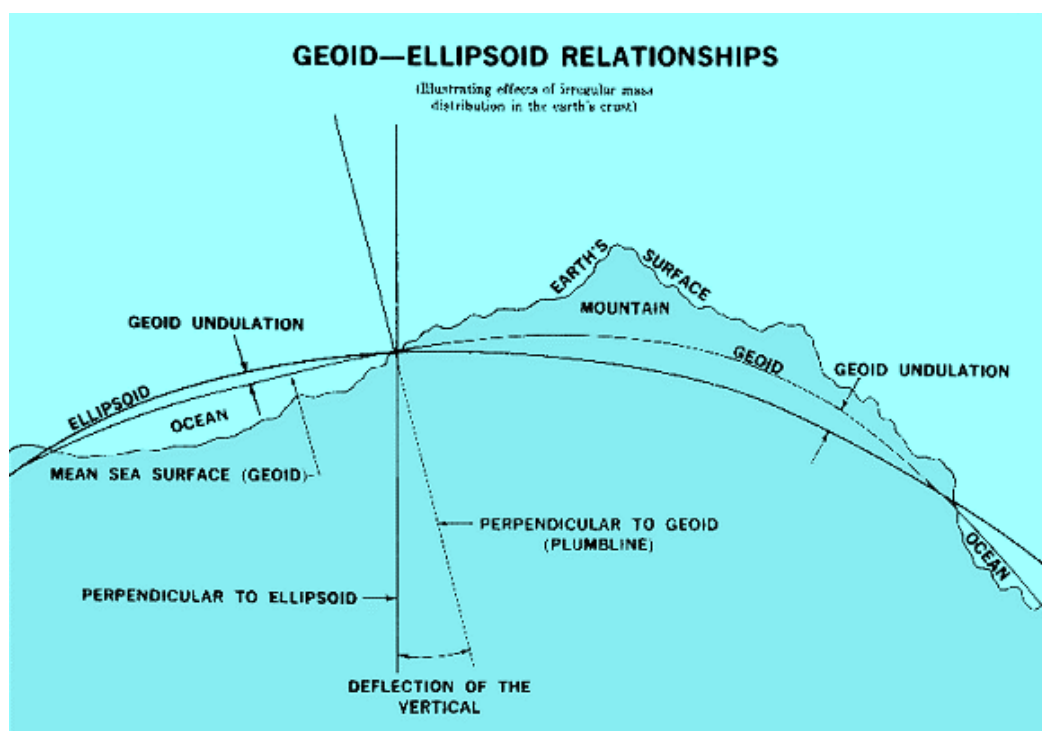
Se uniamo con una linea continua tutti i punti del Geoide che hanno la stessa latitudine, abbiamo il *parallelo astronomico*.

L'*equatore* è la linea di latitudine zero. I *poli astronomici* sono i punti in cui la *latitudine* è di 90° . Se facciamo passare, per un punto, un piano, che contiene la *direzione del polo elevato* e quella della *verticale* del luogo, abbiamo un piano che contiene il *meridiano astronomico*. Questo è dato dall'intersezione del predetto piano con la superficie del Geoide, posta dalla parte dell'osservatore. Tutti i punti d'un meridiano astronomico hanno la stessa *longitudine*.

Se si assume un *meridiano astronomico* come *meridiano di riferimento* (meridiano fondamentale), si ha la possibilità di indicare senza ambiguità la *longitudine* dei vari punti.

Si chiama *longitudine astronomica o geografica*, di un punto del Geoide, l'angolo minore di 180° compreso fra il piano del *meridiano fondamentale* e quello del meridiano passante per il punto considerato; si indica con λ (*lambda*).

Il Geoide ha una forma molto vicina a quella d'un *ellissoide di rotazione*. Se l'ellissoide di rotazione viene convenientemente scelto, lo *scostamento* tra la superficie dell'ellissoide e quella del Geoide risulta sempre inferiore ai 200 metri.



Relazione tra il Geoide e l'Ellissoide: effetti della distribuzione irregolare della massa sulla crosta terrestre

Le dimensioni dell'*Ellissoide Internazionale*, dovuto ad Hayford (1924), sono le seguenti:

- (semiasse maggiore) $a = 6378,388 \text{ Km}$;
- (semiasse minore) $b = 6356,909 \text{ Km}$;
- (schiacciamento) $(a - b) / a = 1 : 297$
- (eccentricità) $e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} = 0,0819$

L'*Ellissoide Internazionale* di rotazione è quel solido generato da una ellisse di semiassi a e b nella rotazione intorno all'asse minore b .

Sull'*Ellissoide terrestre* distinguiamo : l'asse terrestre, l'equatore, i paralleli e i meridiani.

L'asse terrestre è la retta che congiunge gli estremi dei semiassi minori (*poli*). L'equatore è generato dall'intersezione della superficie dell'ellissoide con il piano, normale all'asse terrestre, passante per il centro dell'ellissoide. I paralleli sono generati dalla rotazione dei punti dell'ellisse (per es. B) intorno all'asse polare. I meridiani sono generati dall'intersezione dei piani che contengono l'asse polare, con la superficie dell'Ellissoide.

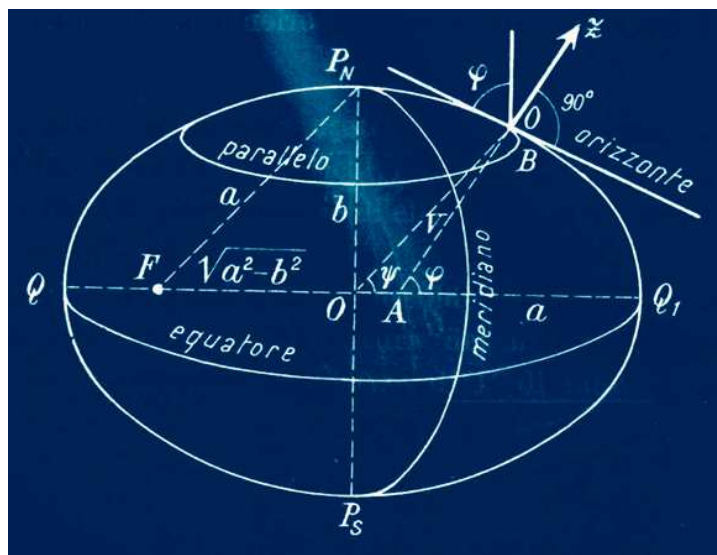
L'equatore divide l'Ellissoide in due parti uguali chiamate emisferi. L'emisfero boreale è quello che contiene il Polo Nord. L'emisfero australe è quello che contiene il Polo Sud.

Per ogni punto dell'ellissoide passa un *meridiano* e un *parallelo*. Il punto è perciò determinato quando si conoscono il meridiano e il parallelo *passanti per esso*.

Sull'Ellissoide si considera anche la *latitudine geocentrica* e si indica col simbolo ψ (*psi*).

La *differenza* tra la *latitudine geografica* φ e la *latitudine geocentrica* ψ si chiama *angolo alla verticale* V . Esso è legato alla latitudine geografica con la relazione :

$$V = 11', 6 \cdot \text{sen } 2\varphi = 0', 193 \cdot \text{sen } 2\varphi$$



Ellissoide terrestre di rotazione

Mediante l'impiego dei satelliti artificiali è stato possibile determinare i parametri dell'ellissoide che meglio si approssima al geoide. Uno dei risultati è l'adozione dell'Ellissoide WGS '72 (World Geodetic System 1972; $a = 6.378.135 \text{ m} \pm 5 \text{ m}$; $s = 1/298,26$). Nel 1984 è stato adottato il WGS '84 come ellissoide di riferimento per il funzionamento del sistema di navigazione GPS.

LA SFERA TERRESTRE

Lo *schacciamento* dell'Ellissoide terrestre è molto piccolo (1/297). Ciò significa che la forma dell'Ellissoide differisce poco da quella di una *Sfera*. Per tale ragione, nelle scienze della *Navigazione*, che non richiedono una grande precisione, si sostituisce all'Ellissoide di rotazione la *Sfera Terrestre* avente un *Raggio* opportunamente scelto.

Il Raggio della Sfera viene stabilito ponendo il volume dell'ellissoide uguale a quello della Sfera terrestre, oppure ponendo la superficie dell'ellissoide uguale a quello della Sfera.

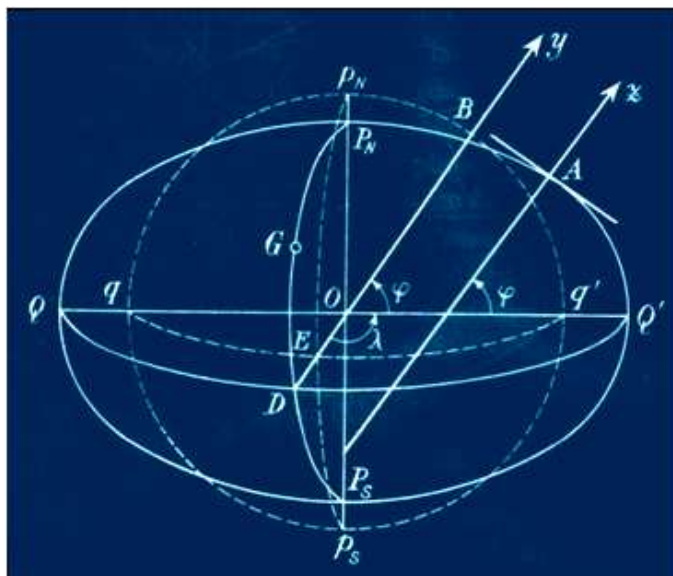
In ambedue i casi il Raggio della Sfera Terrestre risulta uguale a 6371 Km ($\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 = \frac{4}{3} \cdot a^2 \cdot b$;

$$R^3 = 6378,388^2 \cdot 6356,909; R = \sqrt[3]{40683833,48 \cdot 6356,909}; R = \sqrt[3]{2,586234272^{11}}; R = 6371,22 \text{ Km}.$$

Per la corrispondenza dei punti dell'Ellissoide con quelli della Sfera si ricorre al *metodo delle direzioni orientate*; si stabilisce di portare a coincidere i *due assi polari* e i *piani equatoriali*: ogni piano contenente l'asse polare intersecherà la sfera secondo un *cerchio massimo* e l'ellissoide secondo una *ellisse meridiana* (perciò essi giaceranno sullo stesso piano). In tal modo le *longitudini geografiche* di uno stesso punto hanno il *medesimo* valore sulla Sfera e sull'Ellissoide.

Per stabilire la corrispondenza del punto B della *Sfera* al punto A dell'Ellissoide, si traccia la *direzione orientata*, passante per il centro e parallela alla *verticale* passante per A . Evidentemente i due punti hanno la stessa *latitudine geografica* φ .

Si può affermare che nel passaggio dall'Ellissoide alla Sfera, le coordinate dei punti non subiscono nessuna variazione. Non altrettanto si può affermare per le *distanze* e per gli *angoli*.



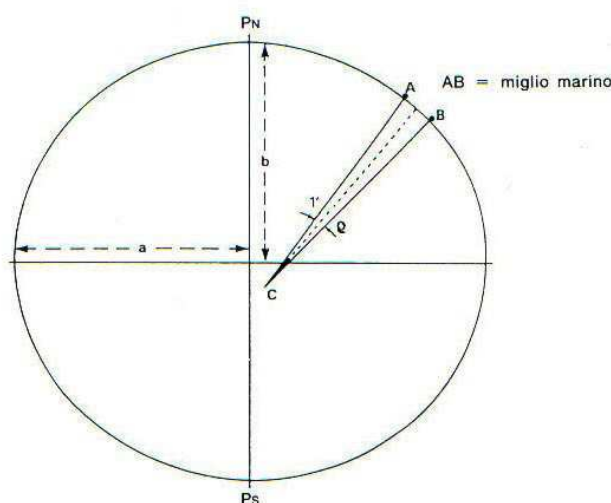
Sostituzione dell'Ellissoide con la Sfera terrestre

MIGLIO MARINO

In mare, l'unità di misura delle lunghezze è il *miglio marino* (o *nautico*), uguale alla lunghezza di un primo d'arco di meridiano. Data la forma pressoché ellissoidica della Terra, il miglio presenta l'inconveniente di avere lunghezza variabile al variare della latitudine e aumenta in lunghezza man mano che ci si sposta dall'equatore al Polo, perché in tal senso aumenta la lunghezza del raggio di curvatura del meridiano e, quindi, quella dell'arco di meridiano.

Per ovviare a questo problema il B.H.I. (*Bureau Hydrographic International*) ha proposto, nel 1929, di adottare il *Miglio Nautico Internazionale* di lunghezza costante, uguale a 1852 m. Tale lunghezza è quella del miglio misurato sull'*Ellissoide Internazionale 1924* (di Hayford) alla latitudine $\varphi = 44^\circ 20'$.

L'unità di misura della velocità in navigazione è il *nodo* (*Knot*). Corrisponde alla velocità di *un miglio in un'ora*.



$$\text{Il miglio nautico } (2\pi R: 21600' = 6,28 \cdot 6371 \text{ Km} : 21600' = 40009,88 : 21600' = 1,852 \text{ Km})$$

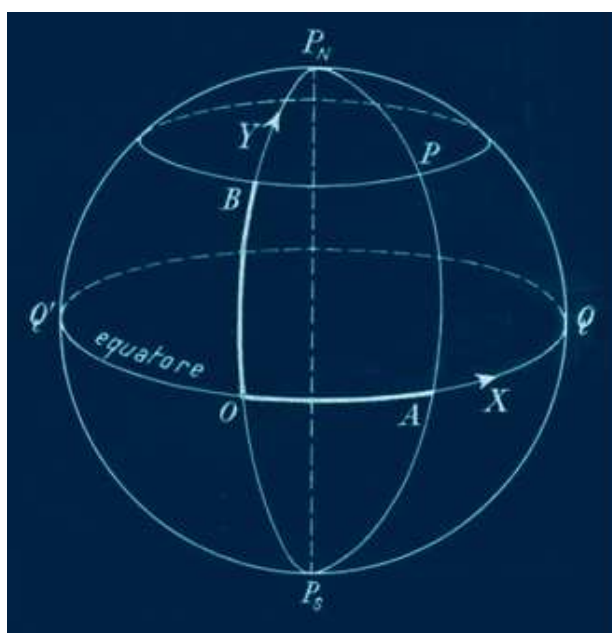
COORDINATE GEOGRAFICHE

Se si immaginano due assi ortogonali che hanno subito una curvatura sulla superficie di una sfera, in modo che l'asse delle X coincida con l'Equatore e l'asse delle Y passi per i poli: P_N, P_S , si avrà, in tal caso, che sia le ascisse che le ordinate diventano archi di *circolo massimo*. Come conseguenza si riscontra che tutti i punti che hanno la *stessa ascissa* giacciono sullo *stesso meridiano*, mentre tutti i punti che hanno la *stessa ordinata* giacciono sullo *stesso parallelo*.

Sulla sfera, quindi, il punto P è individuato dall'ascissa OA e dall'ordinata OB .

Si rileva che l'ascissa sferica di un punto deve essere misurata sull'equatore (circolo massimo) e non sul parallelo (circolo minore) passante per il punto.

L'ascissa sferica di un punto viene chiamata *longitudine*; l'ordinata sferica, invece, viene chiamata *latitudine*.



La *latitudine* di un punto, quindi, è l'arco di meridiano, minore di 90° , contato dall'equatore verso Nord, se positivo, dall'equatore verso Sud, se negativo, compreso fra l'equatore e il punto considerato.

La *longitudine* di un punto è, invece, l'arco di equatore, minore di 180° , contato dal meridiano fondamentale (Greenwich) in senso antiorario, se positivo verso Est; in senso orario, se negativo verso Ovest, compreso fra il meridiano fondamentale e il meridiano passante per il punto.

La latitudine si indica col simbolo φ (fi), la longitudine, invece, col simbolo λ (lambda).

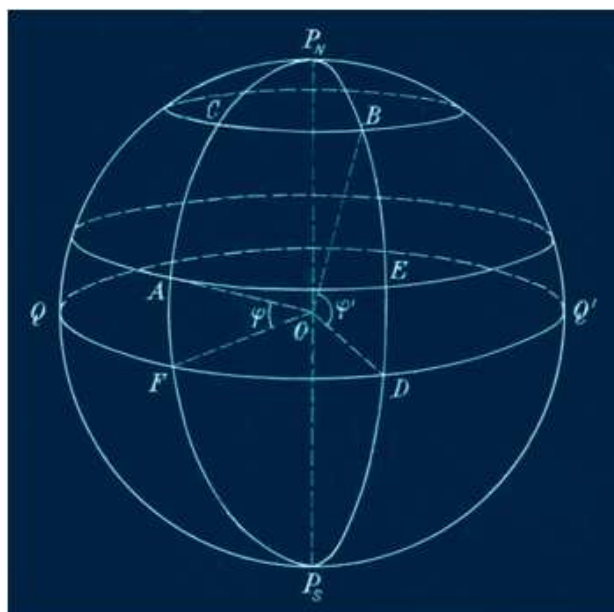
DIFFERENZA DI LATITUDINE E DIFFERENZA DI LONGITUDINE DI DUE PUNTI

I cerchi minori della Sfera terrestre, contenuti in piani paralleli a quello equatoriale, si chiamano *paralleli*. Tutti i punti della Terra posti sul medesimo parallelo hanno lo *stesso valore della latitudine*.

Se si considerano due punti A e B, il primo spostato sul parallelo di latitudine φ (parallelo AE), il secondo posto sul parallelo di latitudine φ' (parallelo CB).

La *differenza di latitudine* tra B e A, $\Delta\varphi$ (delta fi) è uguale a quella fra B ed E, ossia:

$$\Delta\varphi = BE = DB - DE$$



Se si sostituiscono a DB e DE i rispettivi valori si ha:

$$\Delta\varphi = \varphi' - \varphi$$

(algebriche)

$$\varphi' = \varphi + \Delta\varphi$$

Esempi numerici

$$\begin{array}{r} \varphi' = + 68^\circ 30' 25'' \text{ N} \\ -\varphi = - 18^\circ 20' 15'' \text{ N} \\ \hline \Delta\varphi = + 50^\circ 10' 10'' \text{ N} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \varphi' = + 20^\circ 18' 15'' \text{ N} \\ -\varphi = - 68^\circ 30' 15'' \text{ N} \\ \hline \Delta\varphi = - 48^\circ 12' 00'' \text{ S} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \varphi' = - 42^\circ 34' 20'' \text{ S} \\ -\varphi = - 14^\circ 20' 10'' \text{ N} \\ \hline \Delta\varphi = - 56^\circ 54' 30'' \text{ S} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \varphi' = - 30^\circ 26' 19'' \text{ S} \\ -\varphi = + 40^\circ 18' 40'' \text{ S} \\ \hline \Delta\varphi = + 09^\circ 52' 21'' \text{ N} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \varphi' = + 58^\circ 48' 18'' \text{ N} \\ -\varphi = + 10^\circ 10' 30'' \text{ S} \\ \hline \Delta\varphi = + 68^\circ 58' 48'' \text{ N} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \varphi' = - 17^\circ 54' 10'' \text{ S} \\ -\varphi = - 52^\circ 40' 20'' \text{ N} \\ \hline \Delta\varphi = - 70^\circ 34' 30'' \text{ S} \end{array}$$

La latitudine media φ_m è la *media aritmetica* della *somma algebrica* delle due latitudini. Essa è data da:

$$\varphi_m = \frac{\varphi' + \varphi}{2} \quad (\text{algebraica})$$

Esempio numerico

φ'	= +	20°	$30'$	$48''$	N
$+ \varphi$	= -	30°	$45'$	$08''$	S
$2 \cdot \varphi_m$	= -	10°	$14'$	$20''$	S
φ_m	= -	05°	$07'$	$10''$	S

Molte volte al posto della latitudine, nei calcoli della navigazione, si usa la *colatitudine*:

$$c = 90^\circ - \varphi$$

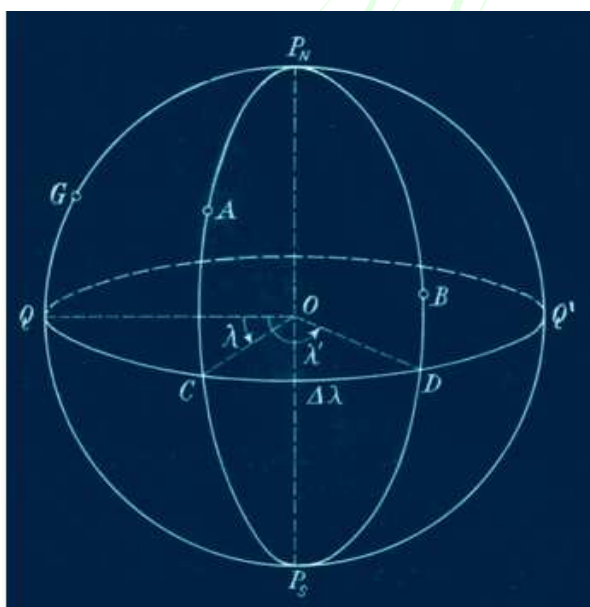
Sia $P_N G P_S$ il meridiano fondamentale di Greenwich; la longitudine λ' di B è data dall'arco QD , la longitudine λ quella di A è data dall'arco QC .

La *differenza di longitudine* tra i punti B ed A della sfera, di longitudine rispettivamente uguali a λ' e λ , $\Delta\lambda$ (delta lambda) è data dall'arco CD , quindi:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$$

(algebriche)

$$\lambda' = \lambda + \Delta\lambda$$



Quando la differenza di longitudine risulta *maggiore di 180°*, si esegue l'esplemento a 360° e al risultato ottenuto si *cambia il cardine* (segno).

Esempi numerici

λ'	= +	127°	$15'$	$18''$	E
$-\lambda$	= +	101°	$41'$	$48''$	W
$\Delta\lambda$	= +	228°	$57'$	$06''$	E
		360°			
$\Delta\lambda$	=	131°	$02'$	$54''$	W

λ'	= -	88°	$15'$	$30''$	W
$-\lambda$	= +	176°	$48'$	$10''$	W
$\Delta\lambda$	= +	88°	$32'$	$40''$	E

$$\begin{array}{r}
 \lambda' = + 98^{\circ} 30' 50'' E \\
 -\lambda = - 10^{\circ} 48' 40'' E \\
 \hline
 \Delta\lambda = + 87^{\circ} 42' 10'' E
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \lambda' = + 17^{\circ} 20' 15'' E \\
 -\lambda = + 48^{\circ} 13' 30'' W \\
 \hline
 \Delta\lambda = + 65^{\circ} 33' 45'' E
 \end{array}$$

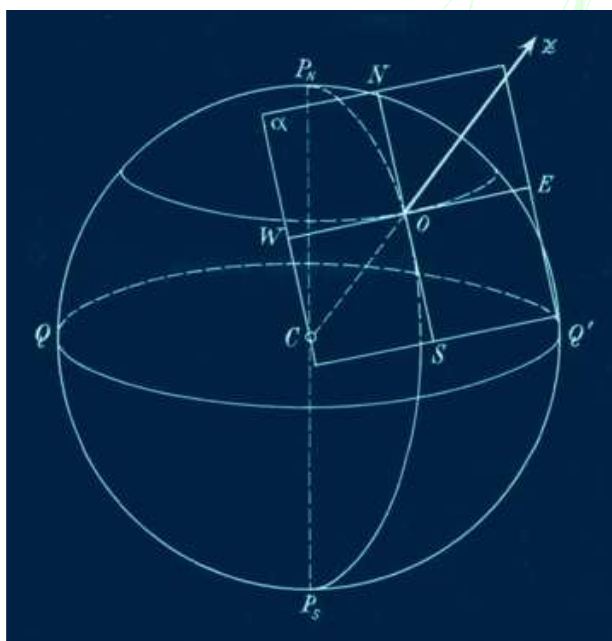
LINEA MERIDIANA E LINEA EST-OVEST

Sia un osservatore nel punto O , sulla superficie terrestre. La verticale è la direzione COZ (direzione del filo a piombo). Il piano α , perpendicolare nel punto O alla verticale del luogo (direzione OZ) si chiama *orizzonte razionale* o *vero*. Se l'osservatore è posto sulla superficie terrestre, l'orizzonte razionale, risulta tangente alla sfera terrestre nel punto in cui è situato l'osservatore.

Per il punto O si consideri il meridiano terrestre $P_N O P_S$. Il piano che contiene il detto meridiano taglia l'orizzonte razionale secondo la linea NS chiamata *linea meridiana* o *linea NS* (Nord Sud).

La linea meridiana individua sull'orizzonte razionale la direzione del *meridiano geografico*.

La linea $E-W$ (Est-Ovest) è costituita dalla perpendicolare, nel punto O , alla linea $N-S$. Essa, pertanto, ci indica le direzioni dell' Est e dell'Ovest geografico.



Le linee $N-S$ e $E-W$ dividono l'orizzonte razionale in *quattro quadranti*, i quali si chiamano, a partire da Nord in senso orario, rispettivamente I° , II° , III° e IV° quadrante. Ogni quadrante abbraccia un angolo di 90° .

Tutti i piani che contengono la *verticale* OZ sono perpendicolari all'orizzonte e per tale ragione vengono chiamati *piani verticali*.

ROSA DEI VENTI

Se si tracciano sull'orizzonte tutte le semirette uscenti dal punto O, ad ogni semiretta corrisponde una determinata direzione. L'insieme delle direzioni viene chiamato *Rosa dei venti*. La *direzione* di un *vento* è quella del punto dell'orizzonte dal quale *spira il vento*.

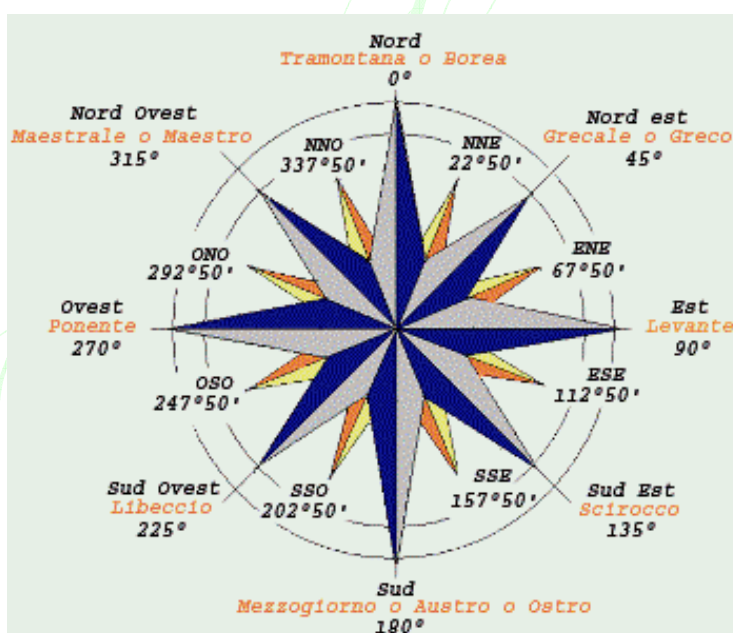
Gli estremi delle linee N-S ed E-W si chiamano *punti cardinali*. Essi indicano solo le direzioni. I punti cardinali vengono chiamati rispettivamente: *Nord*, *Tramontana* o *Borea*; *Est* o *Levante*; *Sud*, *Mezzogiorno* od *Ostro*; *Ovest* o *Ponente*. Tra due punti cardinali consecutivi, ad eguale distanza angolare da essi, c'è sempre un punto intercardinale. Pertanto, i venti principali della rosa sono:

Nord (Tramontana); *Nord Est (Greco)*; *Est (Levante)*; *Sud Est (Scirocco)*; *Sud (Mezzogiorno)*; *Sud Ovest (Libeccio)*; *Ovest (Ponente)*; *Nord Ovest (Maestro)*.

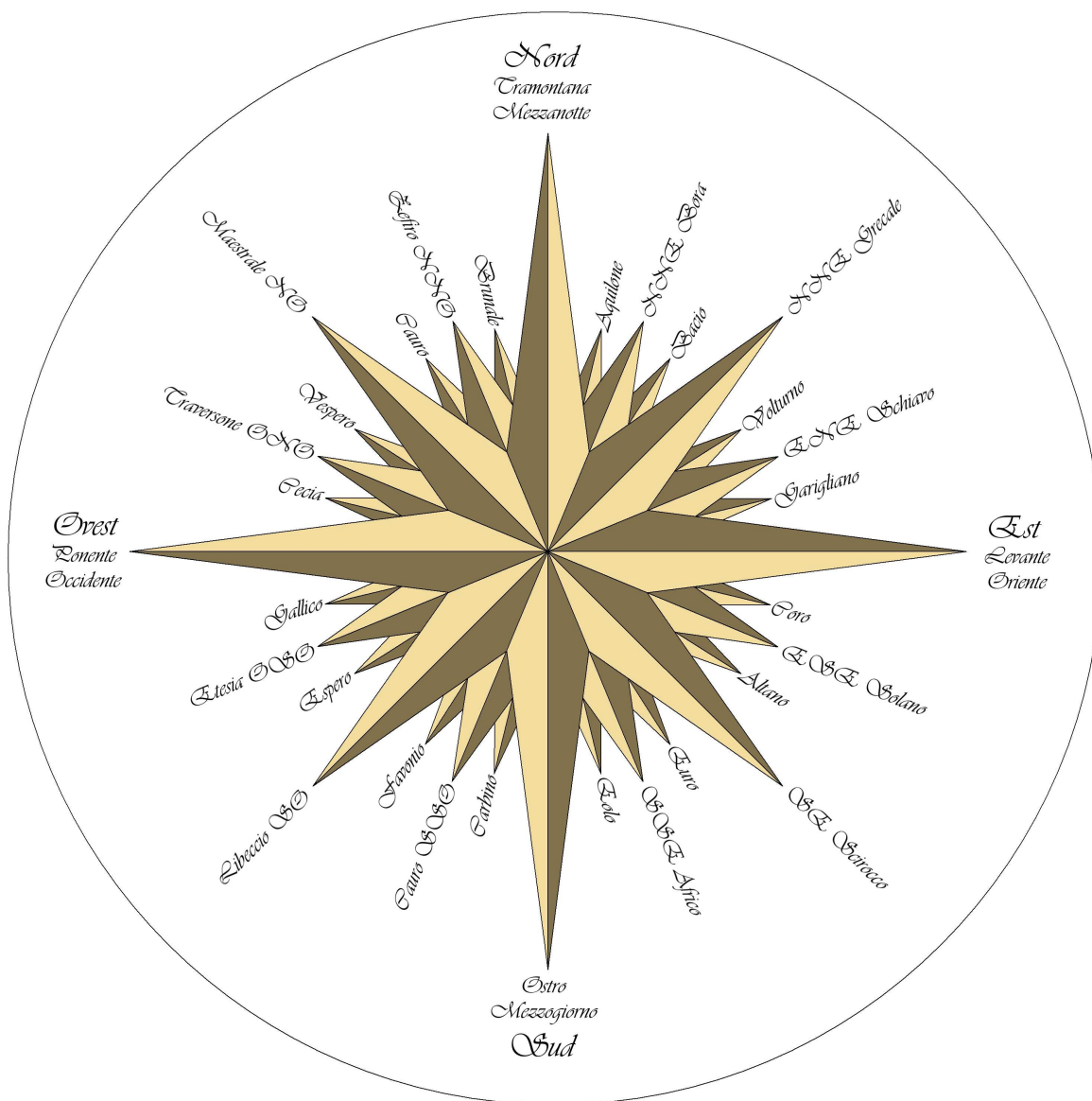
Fra due venti principali consecutivi, a 22° 30' da ciascuno di essi, c'è sempre un *mezzo vento*. I mezzi venti sono *otto*. Per dare il nome ad un mezzo vento si segue il seguente criterio: si fa seguire al nome del punto cardinale più vicino quello del punto intercardinale più prossimo. Si hanno così i seguenti 8 nomi dei mezzi venti :

N-NE, E-NE, E-SE, S-SE, S-SW, W-SW, W-NW, N-NW

Dividendo gli angoli tra i *venti* e i *mezzi venti* a metà si hanno le *quarte* o *rombi* o *punti di 11°15'*. La metà di questa è la *mezza quarta di 5°37'30"* che divisa ancora per due metà dà la *quartina (2°48'45")*.



Quando fu introdotta la Rosa dei venti, il centro del mare navigabile era nei pressi dell'Isola di Creta. Da questa posizione le indicazioni dei venti coincidono con quelle delle regioni omonime: *Libeccio* dalla *Libia*, *Scirocco* dalla *Siria*, *Greco* dalla *Grecia*, *Maestrale* da *Roma*.



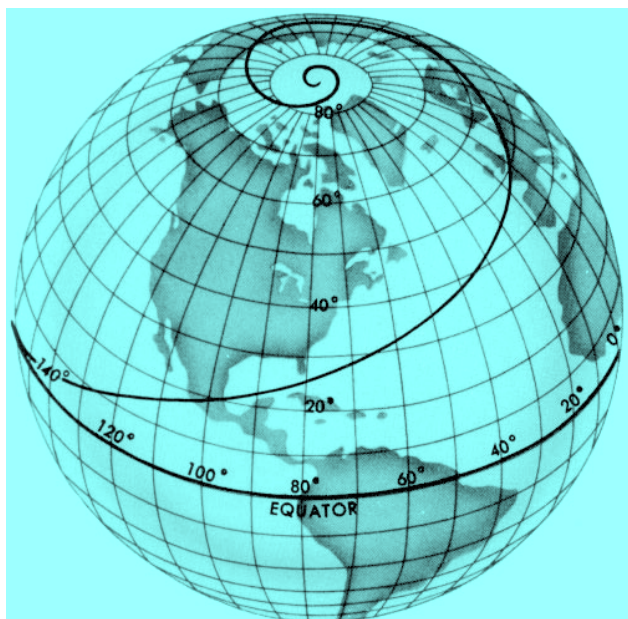
Rosa dei venti a 32 punte

TRAMONTANA - Aquilone - Bora - Bacio - GRECALE - Volturno - Schiavo - Garigliano - LEVANTE - Coro - Solano - Altano - SCIROCCO - Euro - Africo - Eolo - OSTRO - Garbino - Gaurò - Favonio - LIBECCIO - Espero - Etesia - Gallico - PONENTE - Cecia - Traversone - Vespero - MAESTRALE - Cauro (Coro) - Zefiro - Brunale.

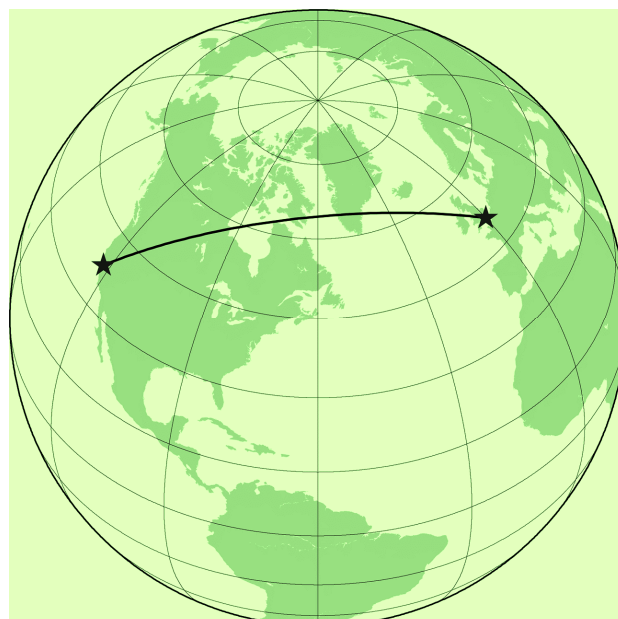
LE TRAIETTORIE SULLA SFERA PER LA NAVIGAZIONE

Una delle operazioni della Navigazione è la scelta della *traiettoria* tra due punti della superficie terrestre. Quando non esistono ostacoli di natura geografica, la traiettoria più naturale e conveniente è data dall'*arco di circolo massimo* che passa tra il punto di partenza e quello di destinazione. Tale arco, detto anche *ortodromia* costituisce la *geodetica* tra i punti A e B (*percorso più breve*). L'ortodromia è una *curva piana* ed il suo piano passa per il centro della Terra.

La tangente all'ortodromia in ogni suo punto forma *angoli diversi con i meridiani* e di questa variazione occorre tener conto per inseguire la traiettoria quando si vuole navigare per *circolo massimo*. Per ogni punto dell'ortodromia tale angolo è perfettamente identificato e si può calcolare con le formule di *trigonometria sferica*.



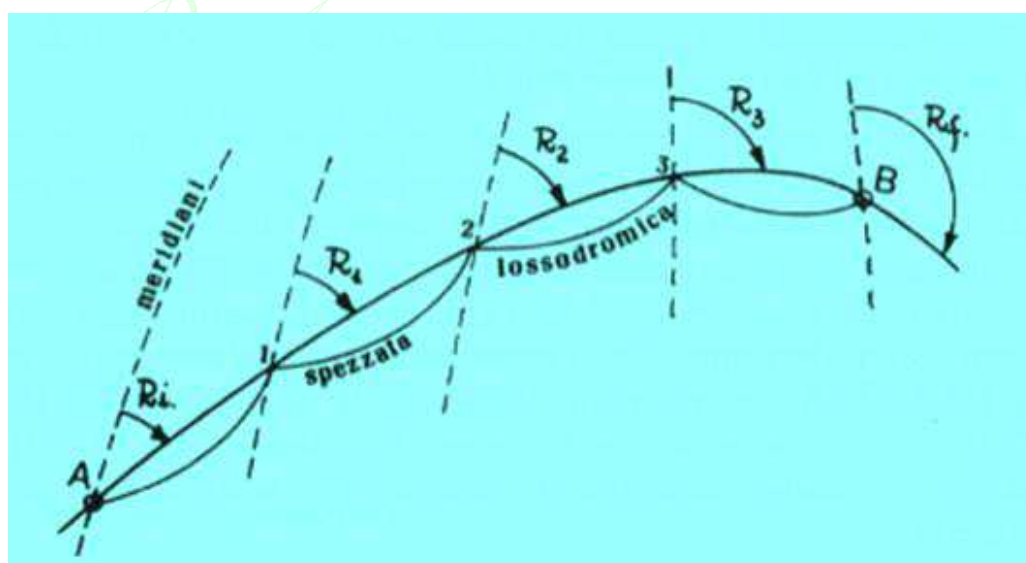
Lossodromia



Ortodromia

Tra le infinite curve, possibili traiettorie, tra A e B esiste una che taglia i meridiani sotto lo stesso angolo ed è l'*elica sferica* o *lossodromia*. La *lossodromia* risulta sempre più lunga dell'*ortodromia* e non è una curva piana. È situata, rispetto all'*ortodromia*, dalla parte dell'*equatore*. L'*importanza* della *lossodromia* in navigazione è dovuta al fatto che il suo inseguimento è facilitato dall'impiego di strumenti (*bussole*) che forniscono l'angolo tra il meridiano e l'asse longitudinale della nave (*angolo di Prora*).

I *meridiani* e l'*equatore* sono sia *lossodromie* che *ortodromie*. I *paralleli* sono *particolari lossodromie*. Si effettua navigazione *lossodromica* quando si insegue una traiettoria che forma *angolo costante* con i meridiani. Per percorsi lunghi, quando vi è sensibile *risparmio di cammino* tra il percorso *ortodromico* e percorso *lossodromico*, si può inseguire l'*ortodromia* mediante una *serie di brevi lossodromie* con i vertici situati sulla *ortodromia* (*spezzata lossodromica*).



La spezzata lossodromica

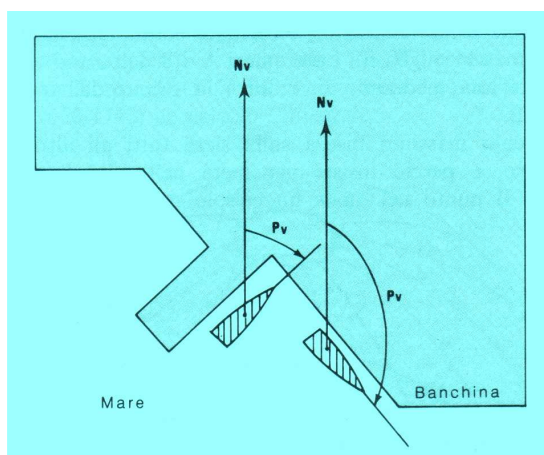
PRORE E ROTTE

La *linea meridiana NS* consente di riferire ad essa sia l'*orientamento della traiettoria* della nave (*Rotta*), sia l'*orientamento dell'asse longitudinale* della nave, nonché la *direzione degli oggetti terrestri* (punti cospicui) e corpi celesti.

Angolo di prora o Prora

È l'angolo orizzontale delimitato dalla direzione del meridiano passante per quel punto (N_v) e dall'asse longitudinale della nave. Si conta in senso orario, a partire dalla direzione del meridiano, da 0° a 360° e si indica col simbolo P .

Se il meridiano di riferimento è quello *geografico*, ossia la direzione del Nord vero (N_v), l'angolo si indica con P_v e si chiama *prora vera*.



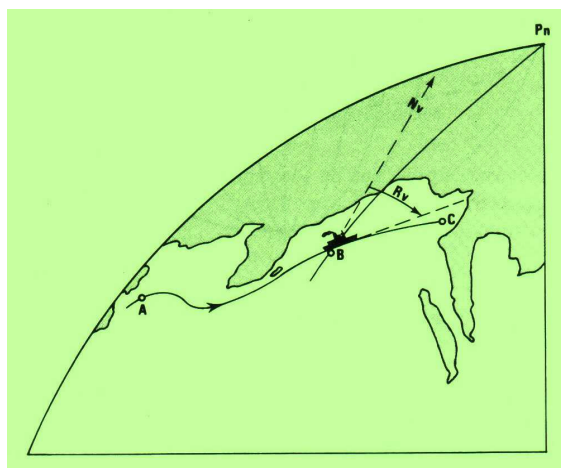
Navi ormeggiate in banchine secondo diverse orientazioni dell'angolo di prora P_v .

Angolo di rotta o Rotta

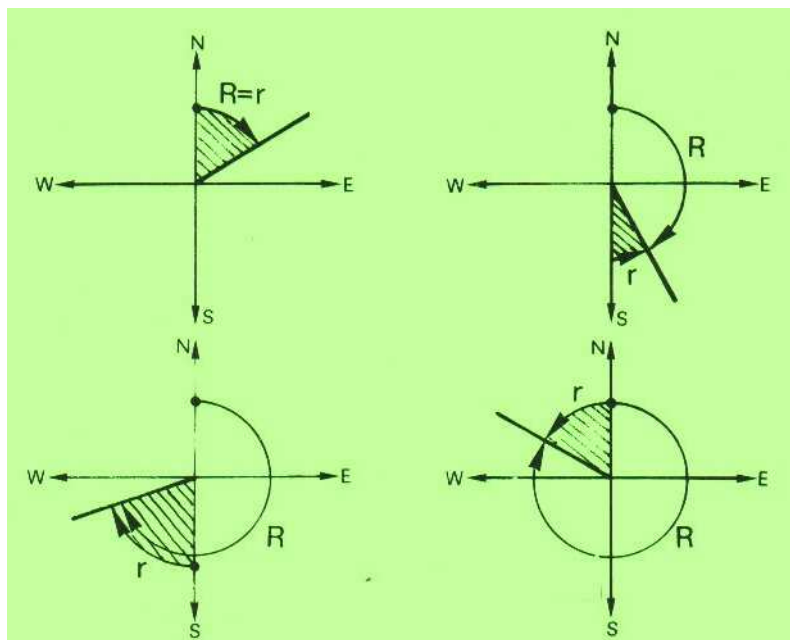
Se ABC è la traiettoria percorsa dalla nave e riferita al *fondo del mare*, l'angolo formato tra la direzione del *meridiano geografico* con quella della *tangente alla traiettoria* nel punto considerato si chiama *rotta vera*, ossia la *rotta vera* della nave in quel punto.

La rotta vera si indica col simbolo R_v e si conta *circolarmente*, in senso orario, a partire dalla direzione del Nord geografico, da 0° a 360° . Il valore 0° si ha quando la tangente alla traiettoria coincide con la direzione del meridiano geografico e la nave dirige verso Nord.

La traiettoria ABC è la "rotta" che la nave sta percorrendo. R_v è l'angolo nel punto B .

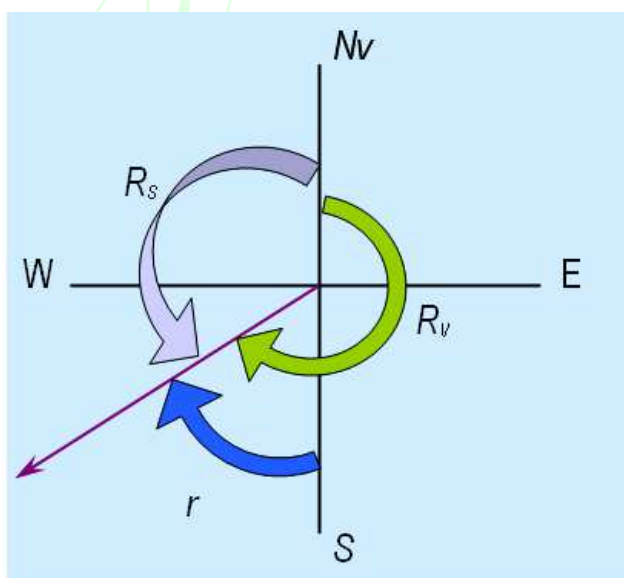


Gli angoli di rotta, talvolta, si contano da 0° a 180° (sistema semicircolare), o da 0° a 90° (sistema quadrantale). In tal caso gli angoli sono preceduti dal nome del *cardine* dell'orizzonte da cui *si inizia a contare* e seguiti dal nome del *cardine* verso cui si procede.



Sistema quadrantale

I° quadrante: $r = R$; $r = N \dots E$ - II° quadrante: $r = S (180^\circ - R) E$
 III° quadrante: $r = S (R - 180^\circ) W$ - IV° quadrante: $r = N (360^\circ - R) W$



Rotta circolare, semicircolare, quadrantale

$R_v = 242^\circ$ (circolare) ; $R_s = N 118^\circ W$ (semicircolare) ; $r = S 62^\circ W$ (quadrantale)

MAGNETISMO NAVALE

Generalità

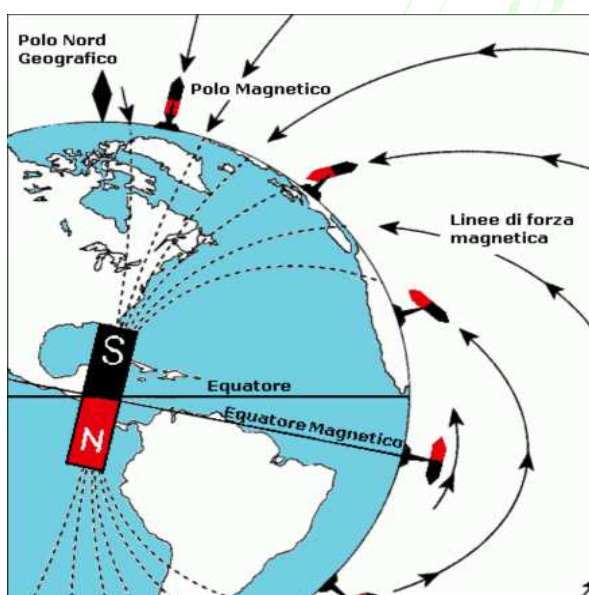
Per *inseguire la traiettoria* l'asse longitudinale della nave deve formare con la *direzione di riferimento* del Nord l'angolo di prora P voluto. È necessario quindi misurare e riprodurre in ogni momento tale angolo. Gli strumenti che svolgono tale funzione sono le bussole che utilizzano alcune proprietà fisiche della Terra. Esse si distinguono in *bussole magnetiche* e *bussole giroscopiche*.

La girobussola è uno strumento elettromeccanico complesso; la sua caratteristica fondamentale è quella di indicare il *meridiano geografico* (N_v) senza subire influenze magnetiche da parte della nave.

La *bussola magnetica* sfrutta il *campo magnetico terrestre* per realizzare una *direzione di riferimento* in maniera abbastanza semplice ed affidabile. È impiegata su tutte le navi, comprese quelle che dispongono anche della bussola giroscopica.

Il campo magnetico terrestre

La Terra è sede di un campo magnetico, la cui natura non è completamente nota. Le caratteristiche del *campo magnetico terrestre* sono assimilabili a quelle di un *magnete*, le cui linee di forza si esercitano dal polo magnetico Nord al Polo magnetico Sud.



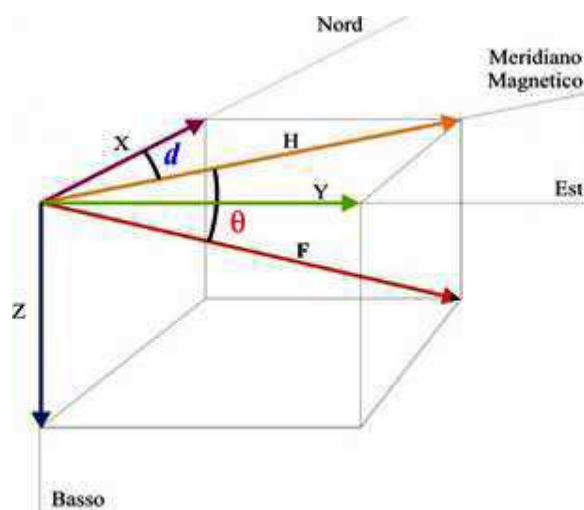
Il campo magnetico terrestre. Possiamo considerare la Terra come un grande magnete orientato con il polo sud verso il Polo magnetico Nord ($\varphi = 71^\circ N$; $\lambda = 96^\circ W$) e con il polo nord verso il Polo magnetico Sud ($\varphi = 73^\circ S$; $\lambda = 156^\circ E$). Una bussola verticale, chiamata inclinometro, si orienta sempre tangenzialmente alle linee di forza.

I *poli magnetici terrestri* non sono molto lontani da quelli geografici, (circa 1000 miglia). Poiché poli di nome diverso si attraggono e quelli dello stesso nome si respingono, avendo definito convenzionalmente *polo nord* la punta di un ago magnetico sospeso che si dirige verso il *Nord geografico*, il polo magnetico che ivi si trova deve essere di *nome contrario*, cioè *sud*. Pertanto si definisce *Polo magnetico Nord* quello più vicino al polo geografico Nord e *Polo magnetico Sud* quello dell'emisfero sud anche se dal punto di vista magnetico i nomi sono diversi.

Un ago magnetico sospeso per il suo baricentro si dispone lungo il vettore intensità di campo F , tangente alle linee di forze, che forma col piano orizzontale un *angolo* θ , detto *inclinazione magnetica*.

La direzione dell'intensità di *campo totale* F forma con la *verticale* del luogo il *piano meridiano magnetico*. Se si scompone F lungo la verticale e nel piano orizzontale si ottengono la *componente verticale* Z del c.m.t. e la *componente orizzontale* H del c.m.t..

Quest'ultima individua la direzione del *nord magnetico* N_m che forma con la direzione del *Nord geografico* o vero N_v , l'*angolo di declinazione magnetica* d .



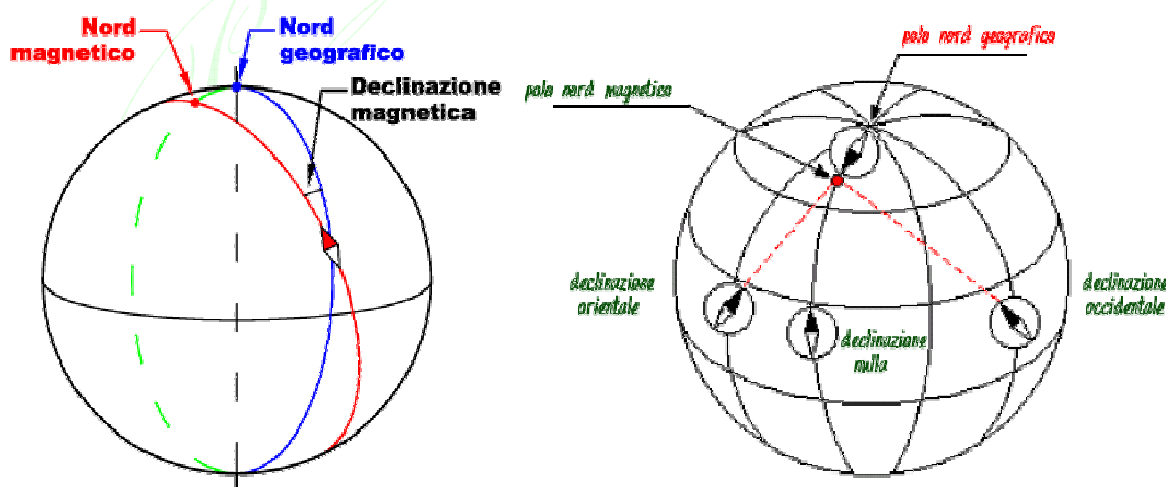
Elementi del campo magnetico terrestre:
 d = declinazione magnet.
 θ = inclinazione magnet.
 $Z = F \cdot \sin \theta$
 $H = F \cdot \cos \theta$
 $\tan \theta = \frac{Z}{H}$
 $F = \sqrt{H^2 + Z^2}$

All'*equatore magnetico*, che coincide all'incirca con l'*equatore geografico* risulta $\theta = 0^\circ$ e quindi $Z = 0$ ed H è *massimo*. Ai Poli magnetici risulta $H = 0$ e Z è *massimo*.

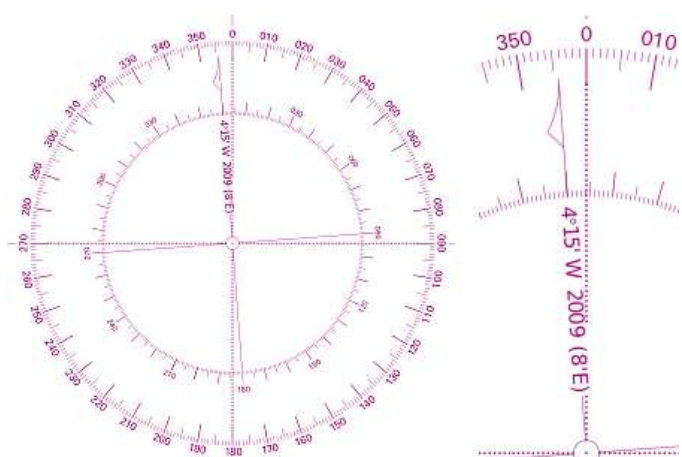
Il vettore F risulta *depresso* nell'emisfero magnetico nord ed è *elevato* sull'orizzonte nell'emisfero magnetico sud. Pertanto θ *varia* da 90° sotto l'orizzonte a 90° sopra l'orizzonte.

L'ago magnetico si orienta, sotto l'effetto della componente H del c.m.t., tangente al meridiano magnetico passante in quel punto, determinando l'angolo della *declinazione magnetica* d .

La declinazione magnetica è di tipo *E* se il N_m si trova ad est (destra) del N_v ; la d è di tipo *W* se il N_m si trova a d'ovest del N_v (a sinistra).



La declinazione magnetica d in genere è abbastanza piccola, anche se tra il polo magnetico e quello geografico risulta 180° . Si pensa che le variazioni della declinazione magnetica siano dovute all'influenza del campo magnetico solare.



La declinazione magnetica è riportata sulle carte nautiche e varia con il tempo (assieme agli altri elementi del c.m.t.).

Su ogni carta nautica è riportato il valore della declinazione magnetica locale, per l'epoca in cui è stata stampata e la sua variazione annuale. L'*Ufficiale di navigazione* deve aggiornare la declinazione magnetica prima di utilizzarla nei calcoli degli *angoli di Prora* e dei *Rilevamenti*.

Esempio.

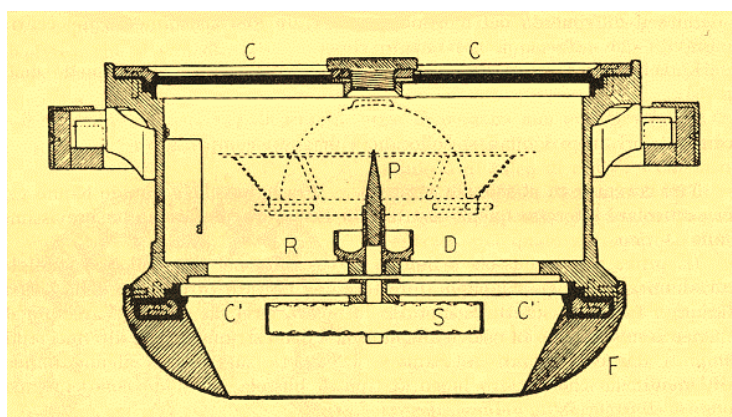
declinazione magnetica $d = 4^{\circ}15' W$ nel 2009; diminuisce annualmente di $8'$. Il suo valore nel 2012 risulta:

$$\begin{array}{r} d_{2009} = 4^{\circ}15' W \\ - 8' \times 3 = 24' \\ \hline d_{2012} = 3^{\circ}51' W = 3^{\circ}.9 W \end{array}$$

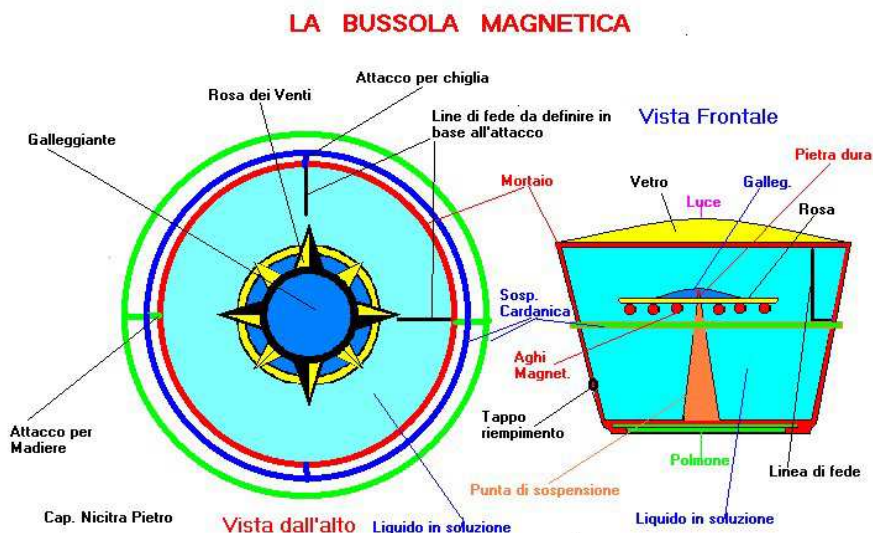
L'operazione di aggiornamento è di *carattere aritmetico* e non tiene conto del *segno* della declinazione magnetica.

LA BUSSOLA MAGNETICA MARINA

La bussola magnetica è costituita essenzialmente da *due o più aghi paralleli* che portano la *rosa del venti* o *quadrante*, solidale ad essi. L'*origine* della graduazione della rosa coincide col *polo nord* degli aghi. Rosa ed aghi poggiano su un piccolo telaio di materiale amagnetico, al centro del quale è ricavato un *cappelletto* nel cui interno è posta una pietra dura (*rubino, agata*). L'insieme di queste parti costituisce l'*equipaggio magnetico* della bussola.



Il cappelletto poggia su un *perno* dalla punta dura (*acciaio, iridio*) fissato al centro del *mortaio* o *bossolo*, il quale è appesantito da zavorra nella parte inferiore e poggia, mediante una *sospensione cardanica*, sulla *chiesuola* montata nel piano longitudinale della nave. All'interno del mortaio, in corrispondenza dell'asse longitudinale della nave, è sistemata la *linea di fede* che consente la lettura della *Prora*.



La bussola magnetica per un buon funzionamento deve possedere determinati *requisiti* di cui i più importanti sono:

- *orizzontalità della rosa*
- *la sensibilità*
- *la stabilità*
- *l'accuratezza della misura, l'affidabilità.*

- *L'orizzontalità della rosa* si ottiene dando all'equipaggio magnifico una sospensione pendolare, cioè con il punto *O* al di sopra del baricentro *G*. In tal modo la *componente verticale Z* tende ad inclinare la rosa spostandone il baricentro dalla verticale del punto di sospensione. Nasce così una *coppia raddrizzante* che contrasta l'azione inclinante.

Si raggiunge l'equilibrio quando le *due coppie sono uguali* e ciò può ottenersi, in sede di progetto, anche con un angolo di inclinazione della rosa di circa 1° , sufficiente per ritenerla orizzontale.

- *La sensibilità di una bussola* esprime la capacità a rilevare le più piccole *accostate* della nave. Quando la nave accosta, l'attrito esistente tra perno e cappelletto tende a trascinare la rosa e quindi a portare gli aghi fuori dalle linee di forza di un piccolo angolo α . Nasce perciò una *coppia direttiva* ($C = m \cdot l \cdot H \cdot \sin \alpha$), la quale, se vince l'attrito, riporta gli aghi lungo le linee di forza.

Per le buone bussole esso si aggira sul *mezzo grado*. Una *buona sensibilità* richiede un *elevato momento magnetico* della rosa e questo può ritenersi solo con *aghi grossi* e quindi *pesanti*. Ciò costituirebbe un inconveniente in quanto *aumenterebbe l'attrito* tra perno e cappelletto con rapida usura delle parti. A tale inconveniente si può ovviare con le *bussole a liquido*, cioè con il mortaio ripieno un particolare liquido, che trasmettendo alla rosa, munita di adatto galleggiante, *spinta idrostatica*, riduce la reazione tra le parti mobili, e quindi l'attrito e l'usura, anche con gli aghi grossi. Una bussola poco sensibile è *pigra*, cioè stenta ad orientarsi. Ciò costituisce un grave inconveniente soprattutto nelle accostate.

- *La stabilità di una rosa* è la sua proprietà a mantenere l'*orizzontalità* e la *direttività* anche in presenza di disturbi esterni quali *vibrazioni*, *movimenti di rollio* e *beccheggio*. Essa si consegue distribuendo opportunamente i pesi dell'*equipaggio magnetico* sia nel piano orizzontale che in quelli verticali. Inoltre è necessario ridurre minimo le *azioni magnetiche* dei ferri di bordo con una accurata *compensazione*.

È anche opportuno che il *diametro della rosa* sia sensibilmente inferiore a quello del mortaio per evitare effetti di *trascinamento* nelle accostate. Per evitare sincronismi con i *movimenti di rollio* il periodo della rosa è reso più grande di quello della nave (*circa il doppio*).

- *L'accuratezza di una bussola*, cioè la capacità a fornire una misura il più possibile *vicino al valore vero*. Essa dipende dall'*orizzontalità della rosa*, dalla *graduazione* della stessa, dalla *posizione della linea di fede*, dalle *oscillazioni*, dalla conoscenza degli *errori* dovuti al campo magnetico prodotto da ferri di bordo.

Ogni occasione è buona per controllare l'accuratezza della bussola che tra l'altro dipende dalla prora della nave, dalla località e dal tipo di carico. Il *Regolamento per la sicurezza della navigazione* prescrive il *controllo della bussola* al *sorgere* ed al *tramonto del sole*.

- *L'affidabilità di una bussola* indica la proprietà che essa non sia soggetta ad avarie. La bussola magnetica è uno strumento per sua natura molto affidabile se si rispettano le normali ed elementari precauzioni nella sua manutenzione come *evitare urti*, *non esposizione ai raggi solari*, *controllare il liquido*, lo *stato della rosa*, l'*usura del perno*, lo stato delle *guarnizioni*.

TIPI DI BUSSOLE

Attualmente la quasi totalità delle bussole è *a liquido*. Questo è costituito da una *miscela di acqua distillata ed alcool* (circa il 30%) che serve ad abbassare il punto di congelamento.

Il *mortaio* deve essere a perfetta tenuta stagna per evitare il formarsi di bolle d'aria; a ciò provvede l'impiego di adatte guarnizioni poste tra la ghiera ed il vetro. Inoltre esso deve essere capace di assorbire le *dilatazioni del liquido* dovute a *variazioni di temperatura*. Questa proprietà si realizza con un *polmone di assorbimento*, generalmente costituito da un tratto di *mortaio ondulato* e quindi estensibile.



FUSELLI - Bussola magnetica a liquido (Mod.150), con rosa 150 mm, adatta per sistema ottico a riflessione.

Gli inconvenienti e le limitazioni delle bussole magnetiche risiedono nell'*impossibilità di eliminare* totalmente e definitivamente le azioni dei campi *magnetici perturbatori di bordo*, l'*influenza dei carichi ferrosi*, la *variabilità del campo magnetico terrestre*.



Bussola magnetica **Kelvin Bottomley & Baird**, 1920
(chiesuola in teak)



Bussola magnetica a riflessione **Mavi Deniz**, Turkey
(chiesuola in vetroresina)



FUSELLI, Genova – Bussola a soffitto (Mod.150)



RITCHIE – Bussola a calotta emisferica, per imbarcazioni
(magneti compensatori incorporati)



FUSELLI, Genova – Chiesuola in vetroresina (Mod. FF2) per bussola magnetica a riflessione, con dispositivo ottico per la lettura in plancia.



NUNOTANI, Japan – Chiesuola in vetroresina (R165-NA), bussola magnetica a riflessione, con dispositivo ottico per la lettura in plancia.

La grande affidabilità della bussola magnetica, l'*indipendenza* del suo funzionamento da ogni forma di energia ed il suo costo limitato sono i motivi che essa è stata resa obbligatoria su ogni imbarcazione. Per realizzare le *caratteristiche* ed ottenere i *requisiti* delle bussole esistono numerosi accorgimenti tecnici che hanno portato a svariati *modelli e tipi di bussole*. A secondo l'uso, si hanno:

- *bussola normale o standard*, è una bussola situata in modo da avere il giro dell'orizzonte completamente libero. Ciò consente di rilevare gli *oggetti costieri* e gli *astri* per determinare luoghi di posizione, per il *controllo della deviazione*, per il controllo del *moto relativo* di altre navi;
- *bussola di rotta o di governo*, serve per controllare l'angolo di prora della nave e viene sistemata in plancia davanti al timoniere;
- *bussola normale a riflessione*; generalmente la bussola di rotta è più soggetta all'*influenza* dei ferri di bordo, mentre la bussola normale è in condizioni magnetiche migliori. La rosa è graduata in *senso contrario*, anche dalla parte inferiore. Il fondo del mortaio porta un vetro che consente la lettura della rosa tramite la riflessione su uno specchio orientabile direttamente davanti al timoniere.



A sinistra – Modello (a cielo) di bussola a riflessione

Sotto – Bussola normale in controplancia

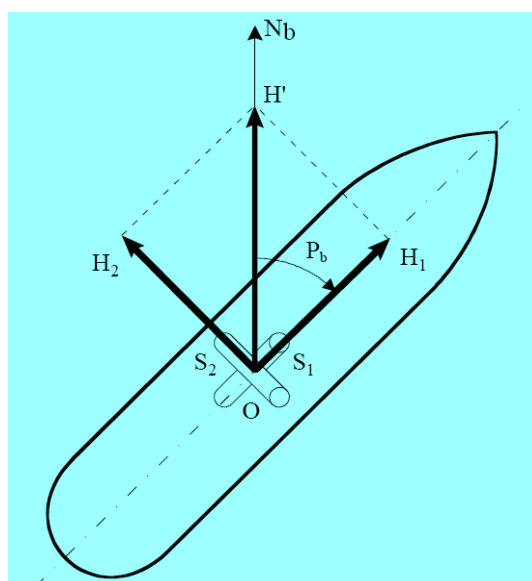


Cassens & Plath GmbH, Amburgo –
Bussola Normale con apparecchio
azimutale per la lettura dei rilevamenti.

bussola magnetica elettronica (sensore fluxgate); un sensore fluxgate è un particolare sensore che fornisce un *segnale elettrico* proporzionale all'intensità del *campo magnetico* esterno che agisce lungo il suo asse.

Una bussola fluxgate contiene due sensori disposti ortogonalmente fra di loro, in direzione della *chiglia* ed in quella perpendicolare, ossia per *madiere*. Nel punto O, in cui è collocata la bussola, agisce il campo magnetico H' ; tale campo presenta due componenti, dirette secondo gli assi longitudinale e trasversale, e quindi nelle direzioni dei due sensori sopracitati.

Le espressioni di tali componenti sono: $H_1 = H' \cdot \cos Pb$ e $H_2 = -H' \cdot \sin Pb$, in cui H_1 e H_2 , vengono misurate separatamente dai due sensori.



Disposizione dei sensori fluxgate a bordo di una imbarcazione e scomposizione del campo magnetico.

Quadrando e sommando le precedenti espressioni si ottiene l'intensità del campo totale e precisamente:

$$H' = \sqrt{H_1^2 + H_2^2}$$

Dal rapporto si ottiene: $\text{tang } Pb = -\frac{H_2}{H_1}$



Cassens & Plath GmbH, Amburgo
Bussola Mod. VARIOCourse,
elettromagnetica (Fluxgate)

Questa bussola, come quelle di tipo tradizionale, va *compensata* per le grosse deviazioni prodotte dai *ferri duri* e *dolci* di bordo. Le *deviazioni residue* sono memorizzate nel microprocessore e sommate direttamente alle *prore bussole* assieme alla *declinazione* del luogo: lo strumento indica pertanto direttamente la *prora vera*. La quasi totalità delle bussole *fluxgate* dispongono dell'*autocompensazione*.



Bussole da rilevamento con prisma
SAURA TOKIO HB 65G - RIVIERA GENOVA



Strumento usato a bordo di piccole unità navali per misurare rilevamenti magnetici di navi, di punti cospicui sulla costa, quali fari, sommità di monti, ecc.

ACCESSORI DELLE BUSSOLE MAGNETICHE

- **Apparecchi azimutali.** La bussola magnetica è spesso corredata da numerosi accessori che ne facilitano ed estendono l'impiego. A parte gli alloggi per i *magneti compensatori* ed i sistemi di *illuminazione* nelle bussole di rotta viene posta sul vetro una semilente di ingrandimento per facilitare la lettura al timoniere.

Le *bussole normali* hanno superiormente al mortaio una *ghiera-guida* capace di alloggiare un *apparecchio azimutale* per il rilevamento degli oggetti. Ne esistono di vari tipi.

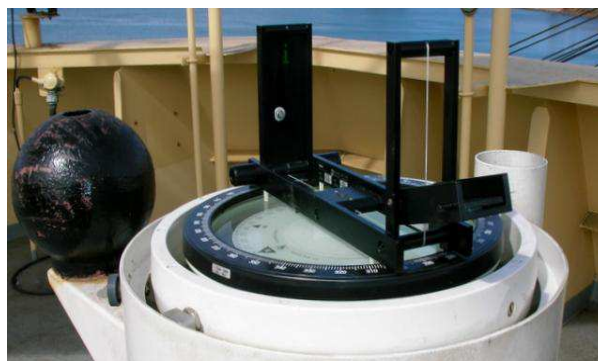
Il più semplice è formato da un *cerchio* su cui è montata un *alidada* con due traguardi, detti *pinnula obiettiva* ed *pinnula oculare* che materializzano il piano verticale passante per l'oggetto da rilevare. Quando, ruotando, l'alidada con due nottolini solidali al cerchio, si porta il filo del *traguardo* obiettivo sull'oggetto, in corrispondenza si legge il rilevamento bussola, *Ril_b*.

Per facilitare la lettura, alla base del traguardo obiettivo, invece di un semplice indice, si trova un *prisma* che riflette la graduazione della rosa, letta dall'osservatore. Poiché l'immagine fornita dal prisma è capovolta, le rose portano doppia graduazione: *una dritta*, per la lettura *diretta*, l'altra *rovesciata* visibile attraverso il *prisma*.

Esistono molti altri tipi di *apparecchi azimutali* più o meno complessi. Tra l'altro essi sono ancora corredata da *specchietti regolabili* e da *oscuratori* per osservare rispettivamente oggetti alti ed il *Sole*.



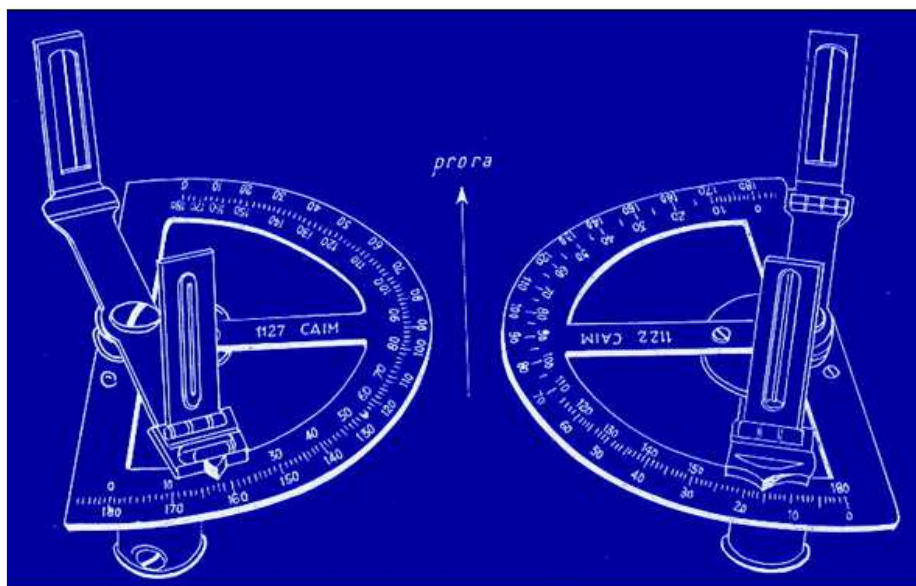
Apparecchi azimutali per la lettura dei Rilevamenti buss.



▪ **Ripetitori.** Molte bussole hanno un sensore (*pick-off*) che «legge» la posizione della rosa, ossia dell'elemento magnetico, e tale posizione può essere riprodotta a distanza ad uno o più ripetitori con l'indicazione dell'angolo di prora. Con il segnale dell'angolo di prora si può realizzare il Pilota automatico, impostando nel sistema come angolo Prora di riferimento.

GRAFOMETRI

Vanno sotto il nome di *traguardi*, quei congegni di bordo atti a misurare angoli orizzontali (*rilevamenti*). Tali sono gli *apparecchi azimutali* delle bussole e i *cosiddetti grafometri*. Dicesi *rilevamento (circolare - Rilv)* l'angolo dell'orizzonte compreso fra la direzione del meridiano e la traccia del piano verticale passante per l'oggetto rilevato. Esso si conta in senso orario, a partire da Nord vero (o geografico), da 0° a 360°.

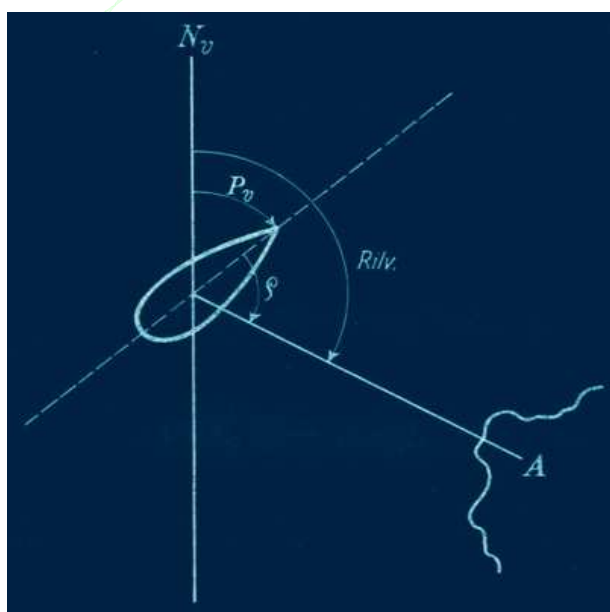


Coppia di grafometri C.A.I.M. – Tipo Baroni. Ciascuno di essi consiste di un settore semicircolare di bronzo che porta a rilievo una graduazione da 0° a 180° , in doppio senso, in modo che sia facilmente leggibile di notte con una debole pila. Il grafometro C.A.I.M. ha il vantaggio, rispetto agli altri, di potersi montare indifferentemente sia a sinistra sia a destra della nave. I due estremi del settore 0° e 180° devono essere sistemati in modo da generare una linea parallela al piano longitudinale della nave. I grafometri con graduazione circolare da 0° a 360° vengono sistemati in un punto molto elevato della nave con visuale libera per tutto il giro dell'orizzonte.

Dicesi invece, *Rilevamento polare* (ρ), l'angolo orizzontale compreso fra il *piano longitudinale* della nave e il *piano verticale* passante per l'oggetto rilevato.

Esso si conta in due modi. In senso *circolare*, da 0° a 360° , secondo il movimento delle lancette dell'orologio (orario); in senso *semicircolare*, da 0° a 180° , verso *destra* o verso *sinistra* dell'osservatore che guarda la *prua* della nave. Esso si indica con (ρ) (rò) ed è *positivo* se è contato verso *destra*, *negativo* se contato verso *sinistra*. Quando è contato in *senso circolare* è *sempre positivo*. Il rilevamento comune si indica con *Ril.*

Sia N_v la direzione del Nord geografico ed A un punto cospicuo della costa.



L'osservatore in O, sul ponte di comando della nave, rileva il punto A sotto il rilevamento vero Ril_V . Ma il *rilevamento polare* di A è ρ , perciò risulta che :

$$Ril_V = P_V + \rho \quad (\text{algebrica})$$

La formula è algebrica e, se ρ è misurato a *sinistra*, poiché ρ è negativo, si ha :

$$Ril_V = P_V - \rho$$

Se la differenza $P_V - \rho$ risulta negativa, si calcola l'*esplemento* a 360° e si *cambia di segno*. Se invece la somma $P_V + \rho$ supera 360° , si *sottrae da essa* 360° .

Con la formule scritte si possono risolvere i seguenti problemi :

1. dati i valori di Ril_V e ρ , calcolare P_V ;
2. dati i valori di Ril_V e P_V , calcolare ρ ;

Nel primo caso si ha : $P_V = Ril_V - \rho$; nel secondo caso si ha : $\rho = Ril_V - P_V$.

Se ρ risulta negativo significa che è *misurato a sinistra*.

Applicazioni numeriche

$$\begin{array}{r} P_V = 52^\circ 20'.8 \\ + \rho = + 20^\circ 38'.2 \quad Dr \\ \hline Ril_V = 72^\circ 59'.0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} P_V = 21^\circ 15.8' \\ + \rho = - 128^\circ 20'.3 \quad Sn \\ \hline Ril_V = + 252^\circ 55'.5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} P_V = 224^\circ 10'.3 \\ + \rho = + 162^\circ 20'.9 \quad Dr \\ \hline Ril_V = + 386^\circ 31'.2 \\ - 360^\circ \end{array}$$

$$\begin{array}{r} P_V = 134^\circ 19'.6 \\ + \rho = + 289^\circ 11'.2 \quad Dr \\ \hline Ril_V = + 423^\circ 30'.8 \\ - 360^\circ \end{array}$$

$$\begin{array}{r} Ril_V = 026^\circ 31.2' \\ Ril_V = 58^\circ 20'.5 \\ - P_V = 122^\circ 15'.2 \\ \hline \rho = - 63^\circ 54'.7 \quad Sn \end{array}$$

$$\begin{array}{r} Ril_V = 063^\circ 30'.8 \\ Ril_V = 134^\circ 10'.4 \\ - \rho = + 178^\circ 12'.6 \quad Sn \\ \hline P_V = + 312^\circ 23'.0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} Ril_V = 053^\circ 20'.3 \\ - P_V = 300^\circ 18'.6 \\ \hline \rho = - 246^\circ 58'.3 \quad Sn \\ 360^\circ \end{array}$$

$$\begin{array}{r} P_V = 261^\circ 15'.6 \\ + \rho = - 38^\circ 10'.4 \quad Sn \\ \hline Ril_V = + 223^\circ 05'.2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} Ril_V = 113^\circ 01.7' \quad Dr \end{array}$$

PRINCIPI FONDAMENTALI DELLA COMPENSAZIONE

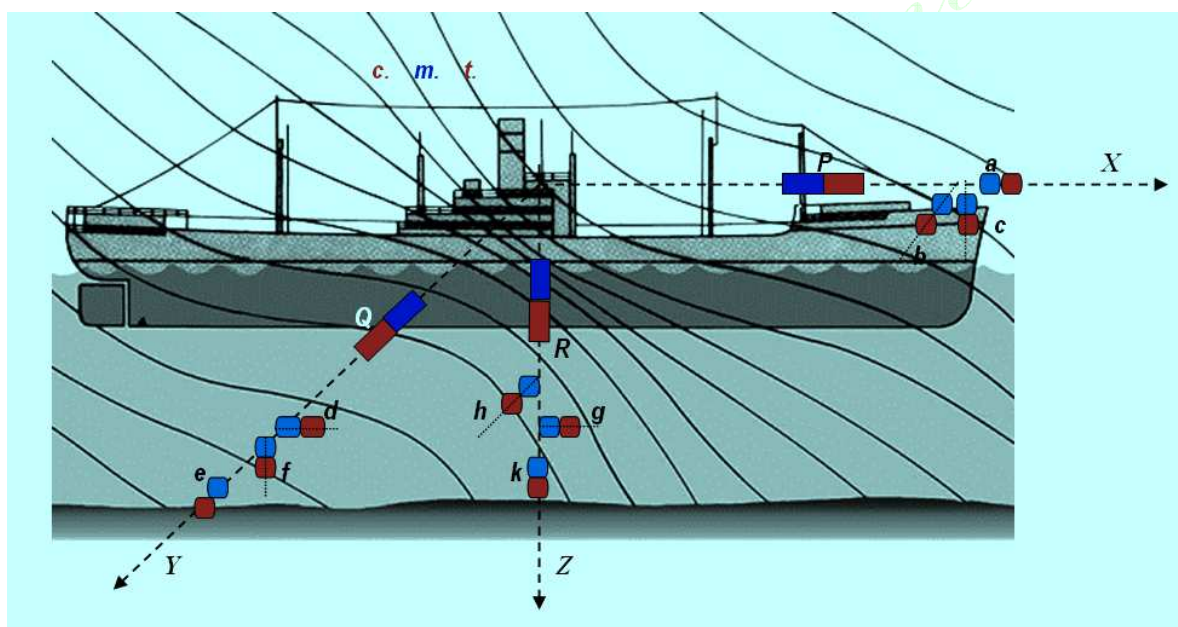
I metalli dello scafo sotto l'influenza del campo magnetico terrestre, nel periodo in cui la nave è sullo scalo di costruzione, durante l'allestimento e durante l'esercizio, si magnetizzano con polarità nord-sud.

Il comportamento dei vari *ferri di bordo*, rispetto alla magnetizzazione dovuta al campo magnetico terrestre, non è lo stesso, dipendendo dalla *percentuale di carbonio* contenuto nel ferro stesso.

Bisogna distinguere i *ferri dolci*, privi di carbonio, dai *ferri semiduri* con *piccola percentuale* di carbonio e dai *ferri duri (acciai)* con *grande percentuale di carbonio*.

I *ferri dolci* se immersi in un campo magnetico si magnetizzano e *restano magnetizzati* finché restano nel campo. Se *varia l'orientamento*, *cambiano polarità*; se vengono allontanati dal campo si smagnetizzano.

Poiché gli elementi del campo magnetico terrestre *variano* da punto a punto della Terra, variando il campo induttore (campo magnetico terrestre), col variare della posizione della nave sulla Terra, varierà il campo indotto nei ferri dolci di bordo. Il campo magnetico dei ferri dolci di bordo si chiama anche *campo magnetico temporaneo* di bordo.



Per studiare l'azione risultante delle forze sull'ago della bussola, si considera un sistema di riferimento centrato nell'ago della bussola con l'asse X orientato positivamente verso la prora della nave, l'asse Y (positivo) sulla dritta e l'asse Z (positivo) verso il basso. In figura sono tracciate le linee di forza del campo magnetico terrestre, il campo magnetico permanente di bordo dei ferri duri (P: componente longitudinale; Q: componente trasversale; R: componente verticale) e il campo magnetico di bordo dei ferri dolci (a, b, c; d, e, f; g, h, k).

Il campo magnetico indotto nei *ferri duri di bordo*, il quale nasce durante la costruzione e l'allestimento della nave e che può modificarsi leggermente durante i primi anni di vita della nave, acquista sede e intensità costante, per cui viene chiamato *campo permanente* di bordo. Il suo studio analitico non presenta difficoltà.

Il campo indotto nei *ferri semiduri* di bordo costituisce il magnetismo *semipermanente di bordo*. Di esso non si può tener conto, in un primo tempo, nello studio del Magnetismo Navale perché non si conoscono le leggi che lo governano.

Concludendo, possiamo affermare che l'ago della bussola si troverà sottoposta alle forze di *tre campi*:

1. quelle del campo magnetico terrestre;
2. quelle del campo magnetico permanente di bordo.
3. quelle del campo magnetico temporaneo di bordo;

Si orienterà quindi secondo la *risultante* delle dette forze, dirigendosi non più verso il *Nord magnetico*, come a terra, ma verso una *nuova direzione*, che varia al variare della *prora della nave*, e che si chiama *Nord deviato* o *Nord bussola*.

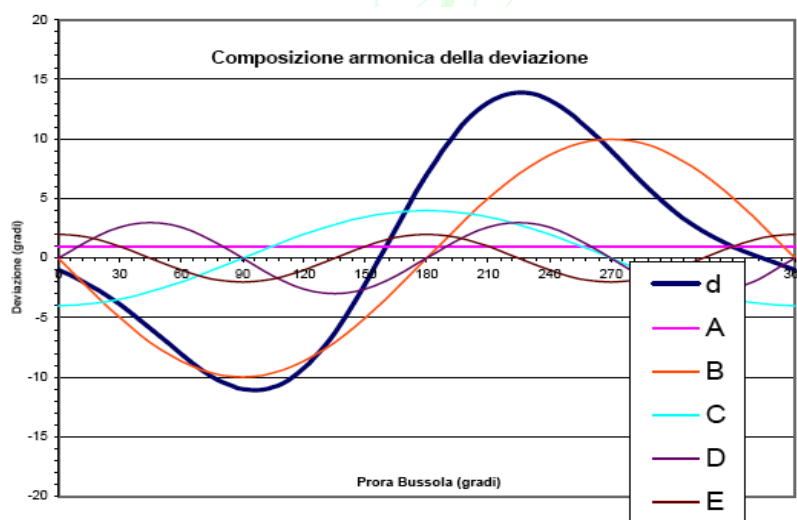
I tre campi (*c.m.t.*, *ferri duri* e *ferri dolci*) possono, allora, essere studiati ed raggruppati secondo le componenti della terna di riferimento; seguendo questo metodo la forza F del *cmt*, la F_{duri} e la F_{dolci} , si possono scomporre come segue:

$$F' = F_{cmt} + F_{duri} + F_{dolci}$$

Analizzando l'influenza dei tre campi magnetici di bordo su tutti i ferri di bordo: *scafo*, *sovrastutture*, *alberatura*, *macchine* e *caldaie*, si riesce, dopo una *grande quantità di sviluppi analitici*, a stabilire l'*equazione della deviazione* (equazione di Fourier, nota come *formula approssimata della deviazione*):

$$\delta^\circ = A^\circ + B^\circ \cdot \text{sen } P_b + C^\circ \cdot \text{sen } P_b + D^\circ \cdot \text{sen } 2P_b + E^\circ \cdot \text{sen } 2P_b$$

Essa ci dice chiaramente che la deviazione totale δ (*delta*) dipende dalla prora bussola P_b e da cinque costanti A° , B° , C° , D° , E° (*detti coefficienti approssimati*).



La formula approssimata della deviazione, quando sono noti i coefficienti, permette di determinare il valore della deviazione al variare della P_b , sommando i valori delle singole armoniche per ogni P_b .

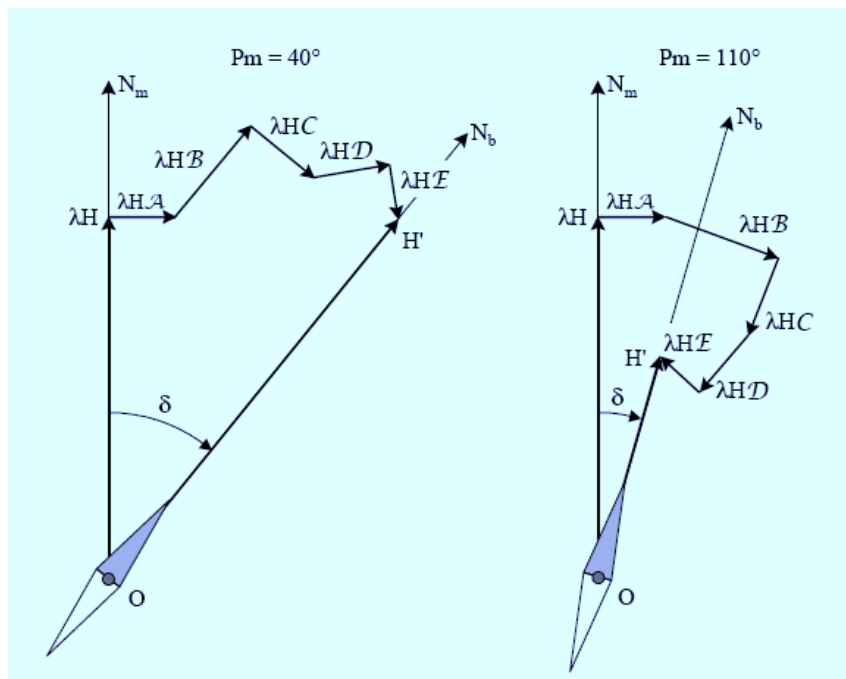
La A° rappresenta la deviazione costante, dovuta ai *ferri dolci orizzontali asimmetrici* (d , b) di bordo. Essa è sempre di piccola entità.

La costante B° rappresenta la deviazione massima provocata dai *ferri duri longitudinali* (P) e dai *ferri dolci verticali* (c) disposti sul piano longitudinale, come potrebbero essere i *fumaioli* o gli *alberi*.

La costante C° rappresenta la deviazione massima provocata dai *ferri duri trasversali* (Q) e dai *ferri dolci verticali per madiere* (f). Il secondo e il terzo termine della formula di Fourier rappresentano *deviazioni semicircolari*, cioè deviazioni che si annullano due volte sole in un giro di orizzonte.

Il coefficiente D° rappresenta la deviazione massima provocata dai *ferri dolci orizzontali simmetrici* (a, e) di bordo, mentre quello E° la deviazione massima prodotta dai *ferri dolci orizzontali asimmetrici di bordo* (d, b).

Il quarto e il quinto termine rappresentano *deviazioni quadrantali*, cioè che si annullano quattro volte in un giro d'orizzonte.



Forze agenti sull'ago di una bussola e prodotte dall'azione dei ferri di bordo. La direzione del campo risultante H' rappresenta il Nord bussola che è deviato di un angolo δ rispetto al meridiano magnetico. La deviazione cambia al variare della prora della nave.

La teoria del magnetismo navale mostra quali sono le forze create dai ferri di bordo e che agiscono su una bussola magnetica. La componente orizzontale H del campo magnetico terrestre risulta ridotta secondo un coefficiente λ (normalmente minore di 1), per cui la forza agente in direzione del nord magnetico risulta $F_1 = \lambda H$. A tale forza si sommano vettorialmente altre cinque forze che sono proporzionali a λH secondo coefficienti indicati con A, B, C, D ed E. Tali forze agiscono nelle seguenti direzioni:

$F_2 = \lambda HA$ agisce costantemente in direzione dell'est magnetico

$F_3 = \lambda HB$ agisce nella direzione dell'asse longitudinale della nave e quindi forma con il nord magnetico un angolo pari alla prora magnetica P_m .

$F_4 = \lambda HC$ agisce in direzione perpendicolare alla λHB

$F_5 = \lambda HD$ agisce in una direzione deviata dal nord magnetico di un angolo pari a due volte la prora magnetica.

$F_6 = \lambda HE$ agisce in direzione perpendicolare alla λHD

La risultante della somma vettoriale delle sei forze fornisce il campo risultante H' che determina l'orientamento dell'ago della bussola e quindi la direzione del nord bussola. Al variare della prora della barca la risultante cambia sia in modulo che in direzione, determinando anche una variazione della deviazione magnetica.

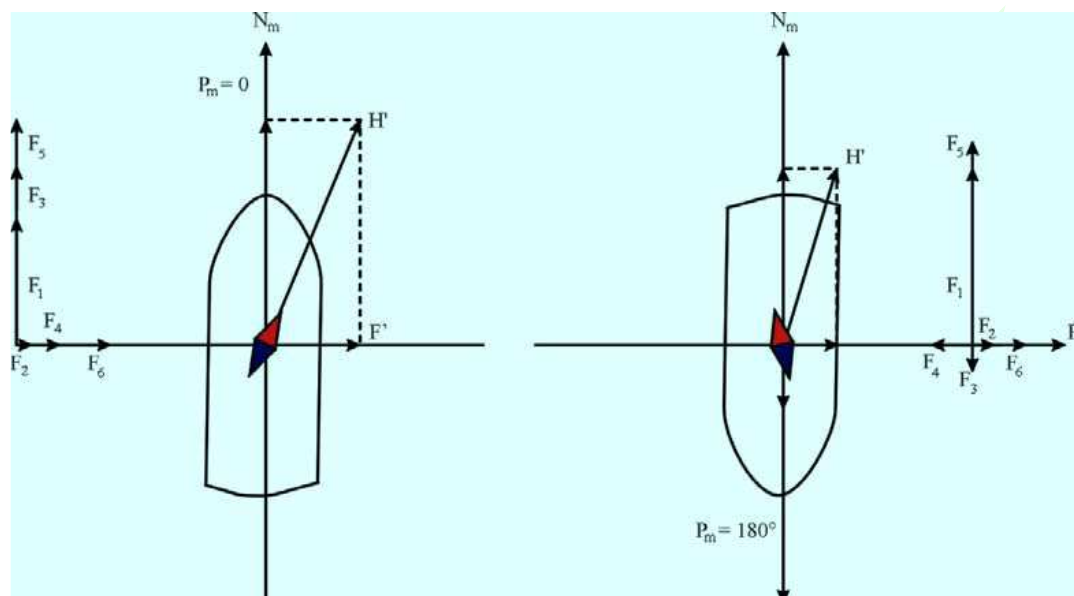
COMPENSAZIONE SPEDITIVA

Compensare una bussola significa creare con *magneti permanenti, sbarre di ferro dolce, sfere e cilindri di ferro dolce*, un campo magnetico artificiale che annulli il campo magnetico di bordo, prodotto dall'induzione del campo magnetico terrestre sui ferri di bordo. Ciò equivale a creare intorno all'ago della bussola delle *forze uguali e contrarie* a quelle deviatrici.

Questa procedura si effettua quando non si hanno *mezzi e tempo* disponibili. Si procede per prima compensando la deviazione semicircolare prodotta dalle forze $F_3 = \lambda HB$ e $F_4 = \lambda HC$, per mezzo di *magneti permanenti* (longitudinale e trasversale) e successivamente la $F_5 = \lambda HD$ per mezzo di *sfere*. Per compensare la *semicircolare* occorre disporre la nave sulle prore cardinali (E_m e W_m per F_3 ; N_m e S_m per la F_4).

La compensazione della *quadrantale* invece va fatta ponendo la nave per prore *magnetiche intercardinali*.

Compensazione della F_4



Compensazione della forza F_4

Si orienta la nave per $N_m = P_m = 000^\circ$:

la F_1 , F_3 e F_5 sono rivolte verso il N_m e non producono deviazione; le F_2 , F_4 e F_6 sono dirette per E_m producono una deviazione positiva portando l'ago della bussola sul N_b (H').

Si porta ad annullare la P_b con un *magnete trasversale* che genera una forza $F' = -(F_2 + F_4 + F_6)$ successivamente, si orienta la nave di 180° ($P_m = 180^\circ$), sulla sinistra si avranno le forze:

$F' + F_2 + F_6$; sulla direzione $N_m \leftrightarrow S_m$, si ha F_1 , F_3 e F_5 dirette verso N_m e diretta verso S_m . Avendo, però, annullato la deviazione nel caso di $P_m = 0^\circ$, con la nave diretta per $P_m = S_m$ si genera una forza orientata per E_m data da:

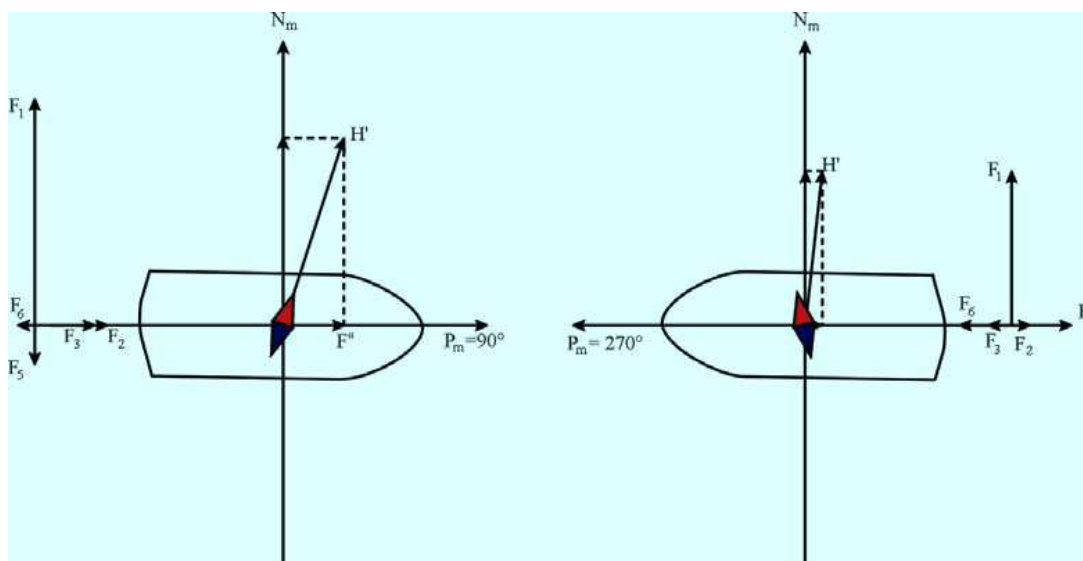
$$E_m) \quad F_2 + F_6 + F' - F_4$$

per cui sostituendo ad F' il suo valore generato per la $P_m = 0^\circ$ si ha:

$$E_m) \quad F_2 + F_6 + F_2 + F_4 + F_6 - F_4 = 2(F_2 + F_6)$$

Ne consegue che, se si annulla la metà della deviazione osservata per $P_m = 0^\circ$, con magnete di ferro duro, la bussola sarà sotto l'azione delle sole forze $(F_2 + F_6)$ che sono piccole e non si compensano, mentre la F_4 risulta compensata dal magnete.

Compensazione della F_3



Compensazione della forza F_3

Dopo aver annullato l'azione della F_4 si orienta la nave per $P_m = 90^\circ$ e si procede alla compensazione della F_3 . La distribuzione delle forze è quella riportata sopra in figura, nella quale non è più riportata la F_4 , avendola precedentemente compensata.

Rimangono allora la F_1 rivolta verso N_m , la F_5 rivolta verso S_m che non producono deviazioni; la F_2 e F_3 rivolte verso E_m e F_6 verso W_m che generano una deviazione dell'ago della bussola. In questa situazione si crea un campo magnetico, prodotto da un magnete longitudinale, sull'ago della bussola una forza di valore:

$$F'' = -(F_2 + F_3 - F_6)$$

Successivamente si orienta la nave con prora per W_m . In questa direzione vi sarà una forza per diretta per:

$$E_m) \quad F_2 + F'' - F_3 - F_6$$

Sostituendo ad F'' la sua espressione si ha:

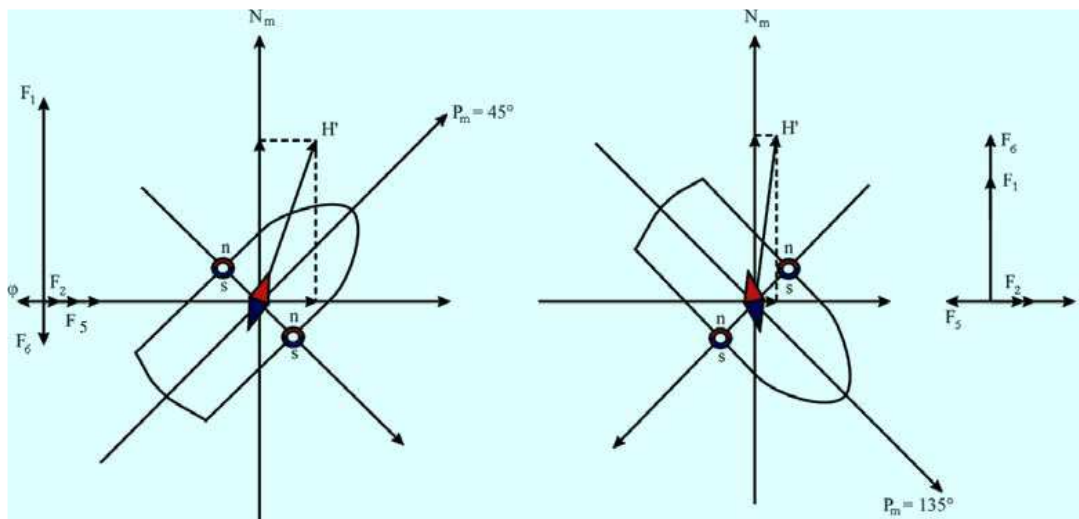
$$E_m) \quad F_2 + F_2 + F_3 - F_6 - F_3 - F_6 = 2(F_2 - F_6)$$

e spostando il magnete longitudinale si riduce a metà questa deviazione.

Dopo questa operazione sulla bussola agiscono la F_2 e la F_6 .

Compensazione della F_5

La deviazione quadrantale si compensa con sfere cave di ferro dolce o con cilindri di ferro dolce al poggiati su due bracci graduati per traverso nave, fissi sulla chiesuola. I dati per la compensazione della quadrantale si ricavano da apposite tabelle.


 Compensazione della deviazione quadrantale F_5

Compensate le deviazioni semicircolari (F_3 , F_4) si passa a compensare la *quadrantale* orientando la nave per una *prora intercardinale* (per es. $P_m = 45^\circ$). Con la nave in questa posizione, essendo state annullate le forze F_3 ed F_4 , rimangono le seguenti forze: la F_1 rivolta verso N_m , la F_6 rivolta a S_m , la F_2 e la F_5 rivolte per E_m , le quali producono deviazione sulla bussola: questa distribuzione è illustrata in figura sopra, con la nave orientata per $P_m = 45^\circ$.

Con la nave orientata, si posizionano le *due sfere per madiere*, e si procede ad annullare la deviazione muovendole fino a che la prora indica $P_m = P_b = 45^\circ$; in questa posizione, le due sfere generano un forza che si scompone in due:

- una forza φ diretta per N_m ;
- una forza φ' diretta per W_m tale che $\varphi' = -(F_2 + F_5)$.

Successivamente, si posiziona la nave per una seconda prora intercardinale (per es. per $P_m = 135^\circ$). Con la nave orientata in questa nuova posizione le forze F_1 e F_6 sono sempre dirette per N_m , la F_2 e la φ' sono orientate per E_m , mentre la F_5 è rivolta per W_m ; queste forze per parallelo danno la seguente risultante:

$$F_2 + \varphi' - F_5 = F_2 + F_2 + F_5 - F_5 = 2F_2$$

diretta per E_m . Questa forza si riduce a metà agendo sulle sfere, mentre la F_5 risulta completamente compensata dalle sfere.

La *deviazione semicircolare* prodotta dal *ferro dolce verticale* di bordo si compensa con la *sbarra di Flinders* (*ferro dolce*), la quale viene introdotta dentro un astuccio di ottone, che è disposto a *proravia* o a *poppavia* della rosa della bussola, e arriva ad un'altezza di circa 2 cm sulla rosa.

La sbarra di Flinders è costituita da una serie di cilindretti di ferro dolce, della lunghezza complessiva di 24 pollici, formata dai seguenti pezzi:

1° pezzo : 12 pollici ; 2° pezzo : 6 pollici ; 3° pezzo : 3 pollici ;

4° pezzo : 1 pollice e 1/2 ; 5° pezzo : 0,75 pollici ; 6° pezzo : 0,75 pollici.

La *deviazione di sbandamento* si compensa con un *magnete verticale* o più magneti verticali messi in un apposito astuccio mobile sotto la rosa della bussola. L'astuccio può essere avvicinato a allontanato dalla rosa, per variare l'effetto compensante dei magneti permanenti, da apposita catenella fissata ad esso.



La compensazione speditiva si rende necessaria anche quando si trasportano particolari carichi ferrosi

ORIENTARE LA NAVE SU UNA DETERMINATA PRORA MAGNETICA

Per poter effettuare la compensazione delle bussole magnetiche è necessario orientare la nave su determinate prore magnetiche mediante il *grafometro* o il *peloro* (strumento simile), rilevando un oggetto lontano di noto *rilevamento magnetico* R_{lm} , per un rilevamento polare $\rho = R_{lm} - P_m$. Assegnando alla P_m i successivi valori delle *Prore magnetiche* sulle quali si vuol orientare la nave si trovano i corrispondenti valori di ρ sui quali deve essere orientata l'alidada del *grafometro* o del *peloro* perché, collimando l'oggetto, la nave sia diretta su tali prore.



PELORO – Lo strumento consente di misurare i rilevamenti polari ρ ed orientare la nave per una determinata Prora magnetica (o vera).

(**FUSELLI** – Grafometro a sospensione cardanica, con dispositivo di bloccaggio del cardano e tre basi di fissaggio).

Per usare il Peloro bisogna prima di tutto disporlo con l'indice di fede esattamente nel piano longitudinale della nave. Per orientare la nave su una determinata prora magnetica occorre fissare l'alidada alla rosa graduata con l'indice obiettivo in corrispondenza del valore noto del R_{lm} di un oggetto, e far ruotare l'insieme rosa-alidada fino a portare la graduazione corrispondente al valore della prora magnetica, su cui si vuol dirigere la nave, a coincidere con l'indice di fede (asse longitudinale della nave), quindi si farà accostare la nave fino a traguardare l'oggetto.

Dalla carta nautica, nella posizione in cui si trova la nave, si legge il Ril_v del punto cospicuo, si sottrae la declinazione aggiornata:

$$Ril_m = Ril_v - d$$

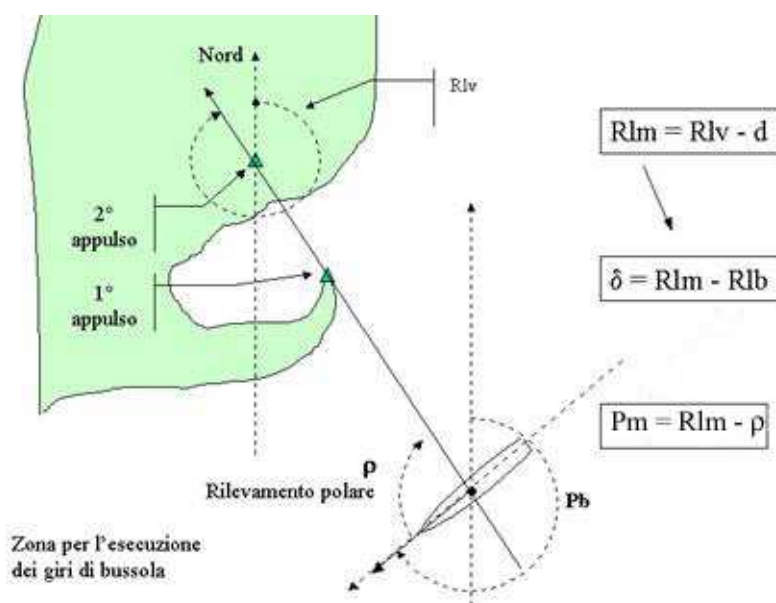
Esempio:

$$Ril_v = 331^\circ \quad d = 1^\circ E$$

$$\begin{array}{r} Ril_v = 331^\circ \\ - d = - 1^\circ E \\ \hline Ril_m = 330^\circ \\ - P_m = 225^\circ \\ \hline \rho = 105^\circ \end{array}$$

$$P_m = 225^\circ$$

$$\rho = Ril_m - P_m$$



Determinazione di deviazioni osservando oggetti di rilevamento (allineamento, in questo caso) noto

P_m	Ril_m	ρ
000°	330°	330°
090°	330°	240°
180°	330°	150°
270°	330°	60°

GIRI DI BUSSOLA E TABELLA DELLE DEVIAZIONI RESIDUE

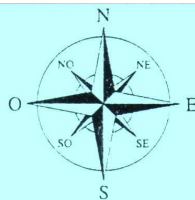
Dopo aver effettuato la compensazione magnetica, le deviazioni vengono ridotte a valori esigui (dell'ordine del grado). Quelle che restano, dette *deviazioni residue*, vengono determinate e segnate sulle *Tabelle delle deviazioni*.

La determinazione delle deviazioni viene effettuata confrontando, per un certo numero di prore, i *Rilevamenti letti alla bussola* di un punto notevole costiero (o di un astro) con quelli *magnetici*, calcolati e desunti dalla carta nautica. L'operazione è detta *giri di bussola* perché implica uno o più giri completi d'orizzonte della nave.

Per ogni prora assunta della nave, risulta:

$$\delta = Ril_m - Ril_b$$

PROF. GIOVANNI TOTARO
ORDINARIO DI NAVIGAZIONE
E ASTRONOMIA NAUTICA
MANFREDONIA - tel. 0884 / 538127



PROF. PAOLO DI CANDIA
ORDINARIO DI NAVIGAZIONE
E ASTRONOMIA NAUTICA
MANFREDONIA - tel. 0884 / 514295

TABELLA DELLE DEVIAZIONI

BUSSOLA *normale* MARCA *C.A.I.M. - Genova* N. *3142*
M/N *CASTOR* TSL *102* HP *1200*
MATRICOLA *MF 2012* COMPARTIMENTO MARITTIMO *MANFREDONIA*
GIRI DI BUSSOLA E COMPENSAZIONE ESEGUITA A *Manfredonia* IL *22 MAG. 2012*
NOTE *validita' fino al 31 maggio 2014*

PRORA MAGNET. $P_m = P_b + \delta$	DEVIA- ZIONE δ°	PRORA BUSSOLA $P_b = P_m - \delta$	PRORA MAGNET. $P_m = P_b + \delta$	DEVIA- ZIONE δ°	PRORA BUSSOLA $P_b = P_m - \delta$	COMPENSATORI
000°	-1,5	1,5	180°	-2	182	
015°	0	015	195°	-1	196	
030°	+1,5	28,5	210°	+1	209	
045°	+3	042	225°	+2	223	
060°	+3,5	56,5	240°	+3	237	MAGNETI TRASVERSALI <i>N.1 ~ 15 em.</i>
075°	+2	73	255°	+2,5	252,5	
090°	+1	089	270°	+2	268	
105°	-1	106	285°	+1	284	
120°	-3	123	300°	+1	299	
135°	-3,5	138,5	315°	-1	316	
150°	-3,5	153,5	330°	-2	332	
165°	-3	168	345°	-2,5	347,5	
						SFERE O CILINDRI <i>20 em.</i>
COEFFICIENTI APPROSSIMATI RESIDUI $A^\circ = 0$ $B^\circ = -0,5$ $C^\circ = 0$ $D^\circ = +2,5$ $E^\circ = -3$						SBARRA DI FLINDERS /
DIAGRAMMA DELLE DEVIAZIONI RESIDUE 						

IL TECNICO
(PROF. DI CANDIA PAOLO)

Paolo Di Candia

IL COMANDANTE DELLA NAVE

Vincenzo Sabatello

L'AUTORITA' MARITTIMA

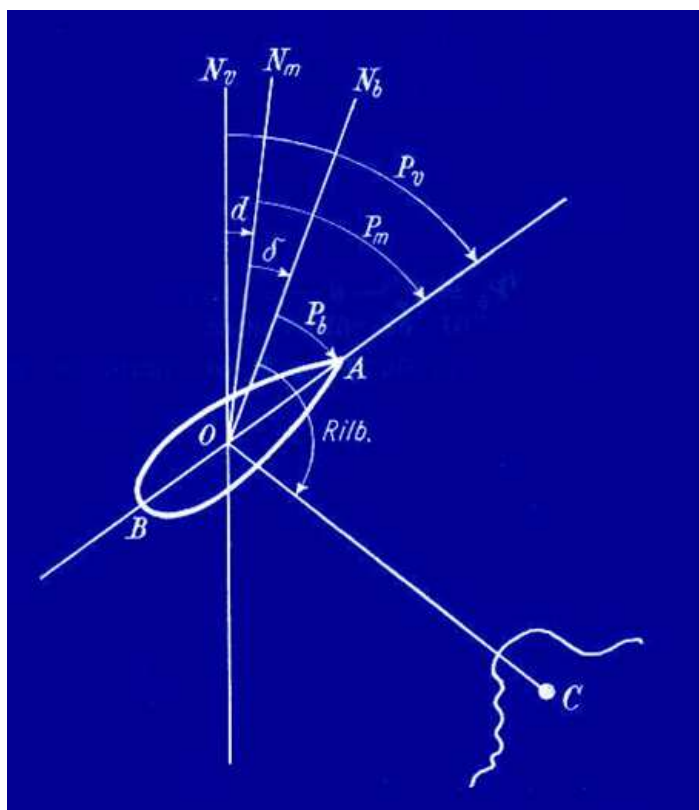
(Autorizzazione CAPITANERIA DI PORTO - MANFREDONIA)

Tabella delle deviazioni della Bussola Normale M/N "CASTOR"

CONVERSIONE E CORREZIONE DELLE PRORE E DEI RILEVAMENTI

Per quanto detto, la bussola fornisce la direzione dell'asse longitudinale della nave rispetto a quello del campo magnetico di bordo o *Nord bussola*.

Se ci riferiamo al meridiano geografico, a quello magnetico o a quello deviato (bussola) si hanno rispettivamente la *Prora vera* (P_v), quella *magnetica* (P_m) o quella *bussola* (P_b).



$$\begin{aligned} P_v &= P_m + d \\ P_m &= P_b + \delta \\ P_v &= P_b + \delta + d \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_b &= P_v - d - \delta \\ P_m &= P_v - d \\ P_b &= P_m - \delta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ril_m &= Ril_b + \delta \\ Ril_v &= Ril_m + d \\ Ril_v &= Ril_b + \delta + d \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ril_b &= Ril_m - \delta \\ Ril_b &= Ril_v - d - \delta \end{aligned}$$

Le relazioni scritte sono tutte algebriche.

Prora vera, prora magnetica e prora bussola. Rilevamento bussola

Analoghe relazioni si stabiliscono facilmente con i rilevamenti veri, magnetici e bussola di un oggetto costiero.

Il passaggio da una prora bussola, P_b (o rilevamento bussola, Ril_b), alle corrispondenti *prora magnetica* o *vera* si dice che si opera una *correzione di prora* (o di *rilevamenti*).

Se invece si effettua l'operazione inversa, se cioè si trasforma una prora vera (o un rilevamento vero) nelle corrispondenti magnetica e bussola, si dice che si opera una *conversione di prora* (o di *rilevamenti*).

Esempi di correzione di prora

P_b	=	$195^\circ 20'.6$	
$+ \delta$	=	$- 3^\circ 15' (-)$	
$P_m = 192^\circ 05'.6$			
$+ d$	=	$3^\circ 12'.0 E$	
$P_v = 188^\circ 53'.6$			

P_b	=	$49^\circ 50'.6$	
$+ \delta$	=	$2^\circ 20'.0 (+)$	
$P_m = 52^\circ 10'.6$			
$+ d$	=	$- 05^\circ 06'.0 W$	
$P_v = 47^\circ 04'.6$			

Esempi di correzione di rilevamenti

$$\begin{array}{r}
 \text{Rilb} = 187^\circ 20'.7 \\
 + \delta = + 11^\circ 07'.2 \quad (+) \\
 \hline
 \text{Rilm} = 188^\circ 27'.9 \\
 + d = - 7^\circ 17'.2 \quad W \\
 \hline
 \text{Rilv} = 181^\circ 10'.7
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{Rilb} = 83^\circ 15'.5 \\
 + \delta = - 07^\circ 27'.3 \quad (-) \\
 \hline
 \text{Rilm} = 75^\circ 48'.2 \\
 + d = + 04^\circ 30'.2 \quad E \\
 \hline
 \text{Rilv} = 80^\circ 18'.4
 \end{array}$$

Esempi di conversione Prore

$$\begin{array}{r}
 P_v = 074^\circ 35'.7 \\
 - d = + 7^\circ 20.2' \quad W \\
 \hline
 P_m = 081^\circ 55'.9 \\
 - \delta = - 5^\circ 20'.2 \quad (+) \\
 \hline
 P_b = 076^\circ 35'.7
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 P_v = 81^\circ 10'.7 \\
 - d = - 10^\circ 05'.2 \quad E \\
 \hline
 P_m = 71^\circ 05'.5 \\
 - \delta = + 06^\circ 15'.2 \quad (-) \\
 \hline
 P_b = 77^\circ 20'.7
 \end{array}$$

Esempi di conversione di rilevamenti

$$\begin{array}{r}
 \text{Rilv} = 274^\circ 20'.6 \\
 - d = + 08^\circ 10'.2 \quad W \\
 \hline
 \text{Rilm} = 282^\circ 30'.8 \\
 - \delta = - 11^\circ 10'.2 \quad (+) \\
 \hline
 \text{Rilb} = 271^\circ 20'.6
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{Rilv} = 48^\circ 20'.5 \\
 - d = - 09^\circ 07'.3 \quad E \\
 \hline
 \text{Rilm} = 39^\circ 13'.2 \\
 - \delta = + 09^\circ 03'.2 \quad (-) \\
 \hline
 \text{Rilb} = 48^\circ 16'.4
 \end{array}$$

MISURA DELLA VELOCITÀ

CONCETTI GENERALI

La conoscenza della *velocità della nave* è molto importante. Essa fornisce il *cammino percorso* in un *intervallo di tempo* che, assieme alla *Rotta* (direzione), consente la determinazione della *posizione stimata* lungo la traiettoria prescelta. La velocità costituisce, inoltre, un indispensabile dato di ingresso (input) di alcuni sistemi di navigazione come in alcuni tipi di *Radar*, i sistemi di *navigazione integrata*, il *navigatore inerziale*, il *navigatore satellitare ad effetto Doppler*.

La velocità può ottenersi direttamente, con misura di una grandezza fisica in relazione con essa, oppure, indirettamente da misure di *spazi e tempi* o di *accelerazioni e tempi*.

L'unità di misura in mare della velocità è il *nodo* che equivale ad un miglio (1852 m) per ora.

Si ha evidentemente: $1\text{nodo} = \frac{1\text{miglio}}{1\text{ora}} = \frac{1852\text{m}}{3600\text{sec}} = 0,514 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$; cioè circa $0,5 \text{ m/s}$ e quindi

$1 \text{ m/s} = 2 \text{ nodi}$ (circa) = $3,6 \text{ Km/h}$

Inoltre, $1\text{nodo} = \frac{1\text{miglio}}{1\text{ora}} = \frac{1,852\text{km}}{1\text{ora}}$; $1\text{Km} = 0,54 \text{ nodi}$.

Gli strumenti che forniscono la misura della velocità della nave sono chiamati in generale *solcometri*. Più precisamente il solcometro (*LOG*) è lo strumento col quale si misura il *cammino* percorso dalla nave. La maggior parte dei solcometri misurano il cammino (*apparente*) rispetto all'acqua; alcuni misurano il cammino (*effettivo*) rispetto al fondo.

Gli strumenti che misurano la velocità sono detti *tachimetri* (*SPEED-LOG*), molte volte chiamati impropriamente solcometri.

Solcometro a barchetta.
Il primo metodo di misurazione
della velocità della nave.



TIPI DI SOLCOMETRI

Non più in uso

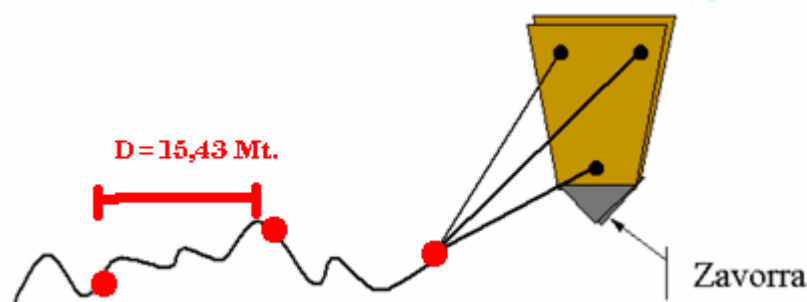
- Solcometro a barchetta
- Solcometro di fondo
- Solcometro di fortuna

Solcometri in uso

- Solcometro ad elica
- Solcometro a tubo di Pitot
- Solcometro E.M.
- Solcometro Doppler

▪ Solcometro a barchetta

È il più antico. La “barchetta” consiste in una tavoletta, zavorrata da un lato e unita ad una sagola mediante una “patta d’oca”. La sagola viene filata da poppa e la tavoletta disponendosi verticalmente, offre notevole resistenza ad essere rimorchiata.



Per misurare la lunghezza della sagola filata, si facevano su questa dei nodi ogni 15,43 m. circa e si misuravano intervalli di tempo di 30^s con un orologio a sabbia, clessidra (*nodo teorico, ogni 15,43 m; nodo pratico ogni 14,62 m, per il trascinarsi*). Poiché 15,43 m. in 30^s equivalgono a 1852 m. per ora, cioè un miglio per ora, il numero dei nodi che si contavano in 30^s era equivalente al numero di miglia/ora della nave, da cui la misura della velocità in *nodi (Knots)*.

▪ Solcometro di fondo

Su bassi fondali, alla barchetta si può sostituire un pezzo di piombo che si posa sul fondo rimanendovi fermo. La misura della velocità si effettua ancora contando il numero dei nodi filati in mare in 30^s; poiché non vi è trascinarsi, essi devono essere segnati ogni 15,43 m.

La misura di velocità è relativa al fondo e non alla massa d’acqua. Fino all’avvento del *GPS* e del *solcometro doppler*, questo era l’unico solcometro in grado di misurare la *velocità effettiva*.

▪ Solcometro di fortuna

È il pezzo di legno buttato davanti alla prua; con due osservatori, uno a prua e l’altro a poppa, si cronometra l’intervallo di tempo che intercorre tra i due passaggi. Nota la lunghezza L della nave, la

velocità V sarà data da: $V = \frac{L}{\Delta t}$.

Esempio: $L = 125 \text{ m}$; $\Delta t = 16^s$; $V = \frac{125 \text{ m}}{16^s} = 7,81 \text{ m/s} = 28116 \text{ m/h} = 15,18 \text{ nodi}$.

▪ **Solcometro ad elica rimorchiata**

I solcometri meccanici ad elica rimorchiata sono congegni che, per mezzo di giri di un'elica rimorchiata ad una sagola (*elica-pesce*), danno l'indicazione della velocità della nave.



FUSELLI, Genova - Solcometro meccanico per navi, a elica-pesce rimorchiata (con contagiri, 40 braccia di sagola = 74.04 metri).

L'*elica-pesce*, rimorchiata dalla nave, si mette in rotazione per l'effetto della pressione dell'acqua del mare sulle sue pale. Il moto di rotazione dell'*elica-pesce* risulta, dall'esperienza, proporzionale alla velocità della nave. Il numero dei giri dell'*elica* viene trasmesso ad uno speciale *contatore*, il quale registra il *cammino percorso dalla nave*.



Tra il contatore e la sagola è posto un *volantino* che ha il compito di rendere uniformi le rotazioni. Il contatore è munito di tre indici: uno per le centinaia, uno per le decine e uno per le unità e frazioni di miglio.

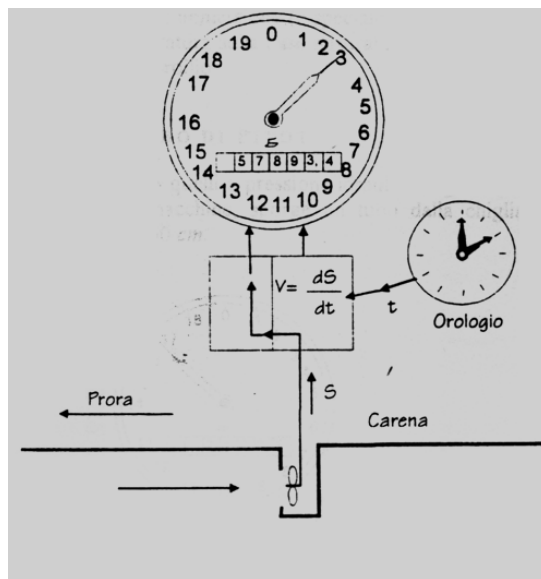
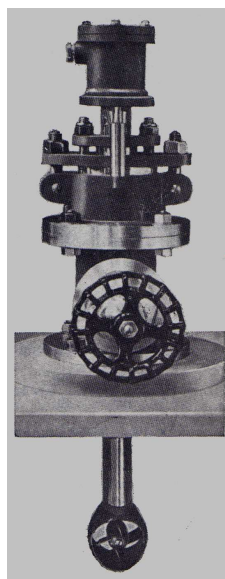
Come tutti gli strumenti, il solcometro ha il suo errore strumentale, chiamato *coefficiente di correzione*, che viene calcolato in base ad una serie di esperimenti. Esso è definito come rapporto tra la velocità effettiva e quella indicata dal solcometro: $c = V_{eff} / V_s$; ($c = 0,98$ circa).

▪ **Solcometro ad elica applicata allo scafo**

Consistono essenzialmente di un tubo metallico della lunghezza di circa 40 cm, il quale viene collocato sotto la chiglia della nave, in prossimità del centro di rotazione di essa (circa 1/3 della lunghezza). Dentro il tubo, sfinestrato verso prora e verso poppa, viene sistemata un'*elichetta*, che gira proporzionalmente alla velocità della nave e trasmette ad un apposito congegno registratore del percorso apparente della nave, per mezzo di collegamenti elettrici, *cento impulsi* per ogni miglio di cammino.

Speciali strumenti calcolatori in sala nautica, ogni 20 secondi, calcolano la velocità della nave in miglia orarie e frazioni, letta su appositi quadranti.

Sui bassi fondali, per evitare che il tubo si riempia di sabbia e fango, è consigliabile rientrarlo.



Sfruttando un principio di elettrodinamica, l'elica funziona come tachimetro, cioè misuratore di velocità.

Il movimento rotatorio dell'elica è trasmesso al rotore di una dinamo; nelle spire di questa nasce, per induzione, una corrente la cui tensione, prelevata alle spazzole del collettore ed inviata ad un voltmetro, è proporzionale alla velocità dell'elica.

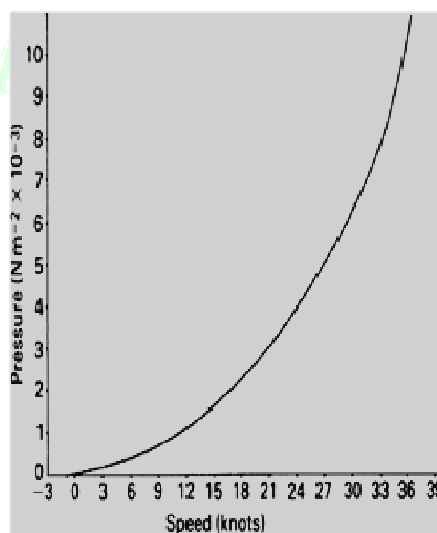
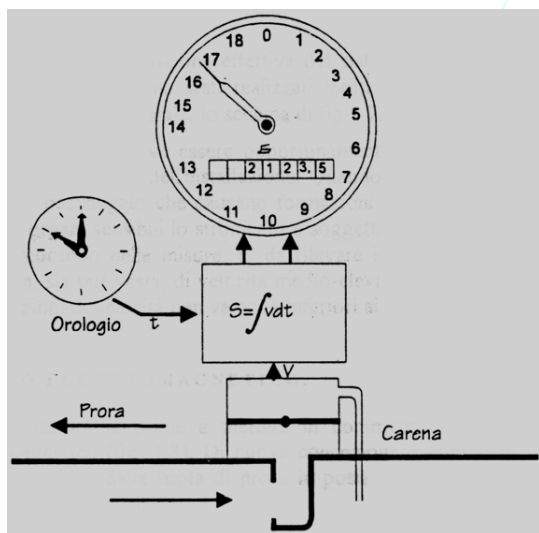
Segnando sul quadrante del voltmetro i nodi anziché le tensioni si è in grado di leggere direttamente la velocità della nave.

L'apparecchio deve essere tarato per quel particolare tipo di nave, perché le sue indicazioni vengono influenzate dall'andamento dei filetti fluidi, dipendente dalla forma dello scafo.

Sono cause di errori notevoli il beccheggio ed rollio.

▪ **Tachimetro e Solcometro a pressione idraulica (a tubo di Pitot)**

I solcometri a pressione idraulica sono basati sul principio del tubo di Pitot. Questo è costituito da due prese d'acqua: una statica ed una dinamica. La presa dinamica è realizzata con un tubo sporgente dallo scafo e collocato sotto la chiglia, con l'apertura rivolta dalla parte della prua.



La legge quadratica della pressione ($p_d = K \cdot V^2$) rende lo strumento poco sensibile alle basse velocità (sotto 5 nodi). Sui bassi fondali, per evitare urti, il tubo deve essere ritirato nell'alloggio.

In questo tubo l'acqua sale per effetto della pressione dinamica che è data:

$$p_d = p_s + \frac{1}{2} \omega \cdot V^2$$

in cui p_s è la pressione statica (legge di Stevino), ω la densità dell'acqua di mare e V è la velocità della nave.

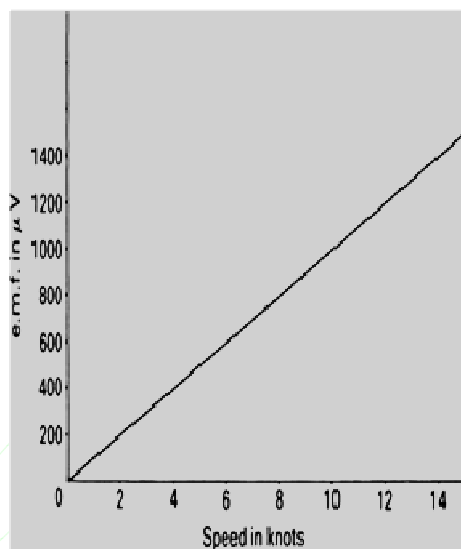
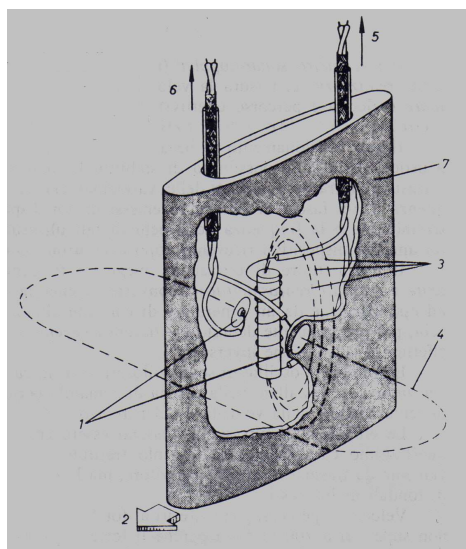
I due tubi mandano l'acqua da parti opposte di un diaframma elastico di un manometro differenziale, tarato empiricamente. I valori di V vengono poi trasmessi elettricamente a speciali quadranti che indicano continuamente la velocità e il cammino della nave.

▪ **Tachimetro/Solcometro Elettro-Magnetico**

È composto da un tubo o spada sagomata che sporge sotto la chiglia in posizione tale che gli siano evitati i danni nell'attracco in bassi fondali.

Nel tubo impermeabile è incapsulato un *solenioide* che racchiude un *nucleo ferromagnetico*. Ad esso giunge *corrente alternata* che genera un *campo magnetico di induzione B*.

In un conduttore elettrico che si muove in un campo magnetico si genera una *forza elettromotrice indotta*. Il conduttore elettrico è l'acqua di mare intorno alla spada ed è dotata di *moto relativo* rispetto al solenoide per cui la forza elettro-motrice indotta $E = K \cdot B \cdot V$ ovvero è proporzionale alla velocità della nave.



Solcometro elettromagnetico (schema dell'elemento sensibile): 1 - elettrodi (tensione indotta); 2 - direzione del moto; 3 - linee di forza del campo magnetico generato dalla bobina; 4 - sezione orizzontale dell'acqua che investe l'elemento sensibile; 5 - verso alimentazione della bobina (60 Hz); 6 - verso l'amplificatore del servocomando di velocità; 7 - cuffia contenitore dell'elemento sensibile.

Questa forza e.m. è raccolta all'estremità di due piastre in contatto con l'acqua di mare e inviata al servocomando per la velocità.

A differenza del solcometro a tubo di Pitot, il solcometro e.m. fornisce precise indicazioni di velocità, a partire da zero nodi. Le prestazioni non sono soddisfacenti quando varia il coefficiente di conducibilità elettrica dell'acqua, in acque salmastre o dolci.

Questo tipo di solcometro fornisce letture di velocità (apparente) con un'accuratezza di 0,05 nodi; sul percorso ha un grado di precisione di 1,5 % (errore percentuale)

AGILOG 2 - UK

In ordine:

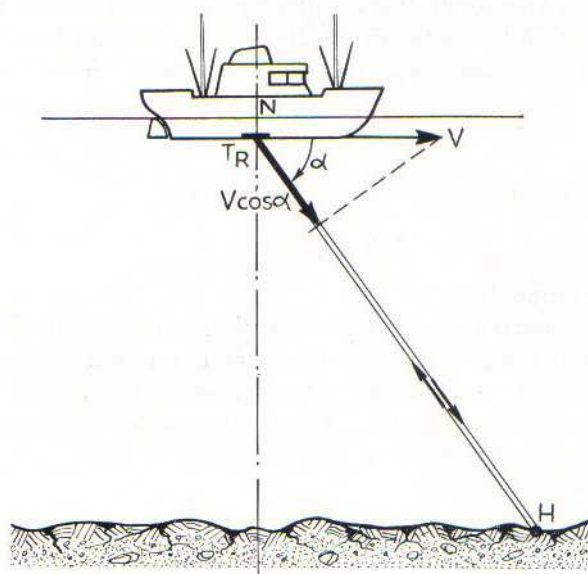
- 1 - sonda fissa sporgente;
- 2 - sistema retrattile;
- 3 - Unità trasmitt/ricevente velocità/distanza



■ Solcometro Doppler

Dal principio fisico che definisce la variazione di frequenza (Δf) subita da un'onda a causa del moto relativo dell'emittente o del ricevente o di entrambe, si risale alla determinazione della velocità della nave. Tale variazione di frequenza è stata enunciata dal fisico *Christian Doppler* nel 1842, da cui il nome.

Due trasduttori sporgenti sotto la chiglia emettono dei segnali ultrasonori, secondo le direzioni indicate nella figura seguente, alla frequenza f_0 . I segnali raggiungono il fondo e subiscono un primo *effetto Doppler* perché esiste un moto relativo tra questo e la nave (sorgente).



I segnali vengono riflessi e ritornano ai trasduttori ove subiscono, sempre per il moto relativo, un nuovo effetto Doppler. Complessivamente il segnale ricevuto ha subito un *effetto Doppler* (variazione della frequenza) Δf dato da:

$$\Delta f = 2 f_0 \cdot \frac{V}{u}$$

dove, u è la velocità delle onde ultrasonore in acqua di mare. Misurato Δf si ricava la velocità V della nave, essendo le altre quantità note.

I solcometri di questo tipo possono essere impiegati solo quando si naviga in acque non molto profonde (*inferiori a 200 m*), poiché necessitano della riflessione dell'onda da parte del fondo.

NOTA. Questo argomento sarà approfondito nel corso del V° anno.

▪ **Tachimetro (giri elica della nave)**

Tutti i solcometri forniscono anche il valore della velocità istantanea, mentre gli strumenti che indicano *solo la velocità* sono i *contagiri*, usati sulle navi di tonnellaggio maggiore.

Si tratta di strumenti che contano automaticamente il numero dei giri effettuati dall'elica nell'unità di tempo (minuto), e sono collocati sia presso la sala macchine in centrale di propulsione (engine control room) ad uso del personale di macchina, sia in plancia per fornire le indicazioni necessarie all'Ufficiale di navigazione.

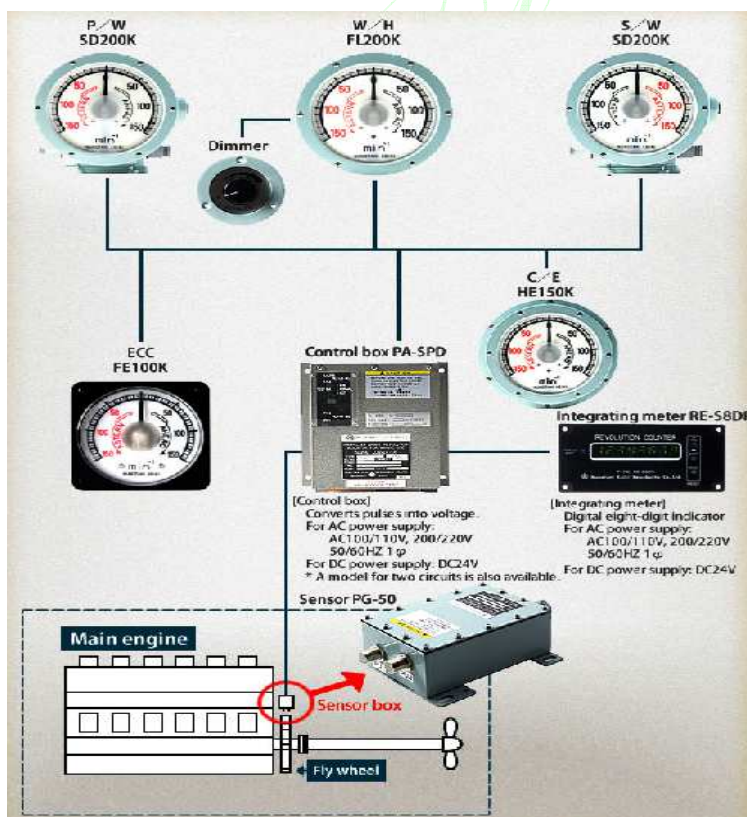
GIRI	NODI	GIRI	NODI
66	10	162	23
77	11	169	24
85	12	177	25
92	13	185	26
99	14	193	27
106	15	201	28
113	16	209	29
120	17	218	30
127	18	227	31
134	19	236	32
141	20	243	33
148	21	256	34
155	22		



NUNOTANI - Japan.
Indicatore analogico dei giri dell'elica
(rpm = revolutions per minute; r/min, r·m⁻¹)

Tabella delle velocità in funzione dei giri dell'elica

Ad ogni numero di giri corrisponde una determinata velocità e questa corrispondenza viene determinata sperimentalmente durante le prove di velocità e riportata su apposite tabelle specifiche per ogni tipo di nave.



NUNOTANI - Japan.
Schema di funzionamento.
Questi misuratori rilevano la rotazione del volano del motore della nave, o dell'albero di trasmissione, utilizzando un sensore in prossimità.
L'impulso rilevato viene convertito in segnali di tensione proporzionali alla rotazione che indicano i giri per minuto (o direttamente la velocità in nodi) al ricevitore-indicatore, situato in una zona remota (ad esempio plancia-timoneria, e sala controllo macchine).

▪ **Basi misurate**

Per calibrare i solcometri si effettua con la nave un percorso di lunghezza noto. Dovendo risolvere la formula $V = S/T$ è necessario conoscere il percorso S ed il tempo impiegato T .

È possibile, quindi, per confronto verificare le indicazioni fornite dai solcometri alle varie andature e ricavare eventuali correzioni. I cammini noti che la nave può percorrere sono forniti dalle *Basi misurate*, segnate su alcune carte o Pubblicazioni nautiche (*Pubblicazione I.I.M. 3045 - Ed. 1987*).



Una base misurata è delineata da alcuni allineamenti facilmente individuabili in modo che il percorso sia univocamente individuato. La base viene percorsa nel doppio senso per eliminare gli effetti di correnti. Si assume per velocità effettiva la media ottenuta su due tratti.

LA NAVIGAZIONE IN PRESENZA DI VENTO E CORRENTE

Scarroccio e deriva

Lo spostamento orizzontale o quasi di una massa d'aria nell'atmosfera è detto *vento*, di una massa d'acqua in mare *corrente*. Il mobile partecipa contemporaneamente al movimento relativo al suo *propulsore* ed a quello della *corrente e/o del vento*; sia il vento che la corrente sono definiti da due parametri: la *direzione* e la *velocità*.

La *direzione* è determinata, per il vento, dal punto dell'orizzonte *da cui spira*, per la corrente dal *punto verso cui è diretta*; la velocità, sia del vento che della corrente, viene espressa in *nodi* (mg/h).

Quando c'è assenza di vento o di corrente l'angolo che l'asse longitudinale della nave forma con la direzione del meridiano (prora della nave) *coincide* con l'angolo di rotta. Ma, in presenza di vento e di corrente, le cose cambiano totalmente, perché la nave segue rispetto alla superficie del mare e rispetto al fondo del mare cammini del tutto diversi da quelli indicati dalle direzioni della prora della nave.

I dati relativi alle correnti marine sono riportati sui Portolani e sulle carte delle correnti. Essi sono dati medi da essere utilizzati con la necessaria cautela).

Di seguito si considerano separatamente gli *effetti del vento* e della *corrente*.

Se la *nave A* non fosse influenzata dal *vento* il suo cammino rispetto alla superficie del mare sarebbe *AB*. Ma il vento che agisce sullo scafo e sulle sovrastrutture della nave ha una componente per traverso nave, per cui la nave invece di procedere secondo *AB*, avanza secondo *AC*.

Da notare che la nave mantiene sempre lo stesso angolo di prora. Il moto per effetto del vento è traslatorio sulla superficie del mare.

L'angolo *BAC* (ℓ_{sc}) si chiama *angolo di scarroccio* ed è *positivo* se misurato a destra del piano longitudinale della nave, *negativo* se a *sinistra*.

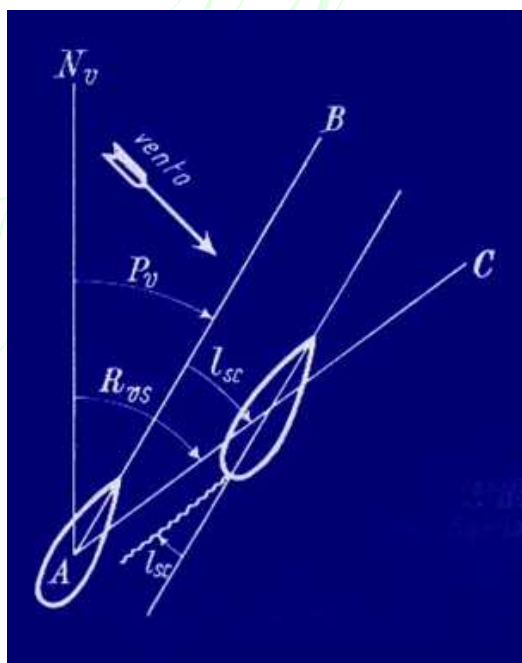
Se chiamiamo l'angolo *NAC* col nome di *rotta vera* alla superficie e lo indichiamo con R_{vs} , abbiamo la formule:

$$R_{vs} = P_v + (\pm \ell_{sc})$$

$$P_v = R_{vs} - (\pm \ell_{sc})$$

(Relazioni algebriche)

Azione del vento sul moto del nave



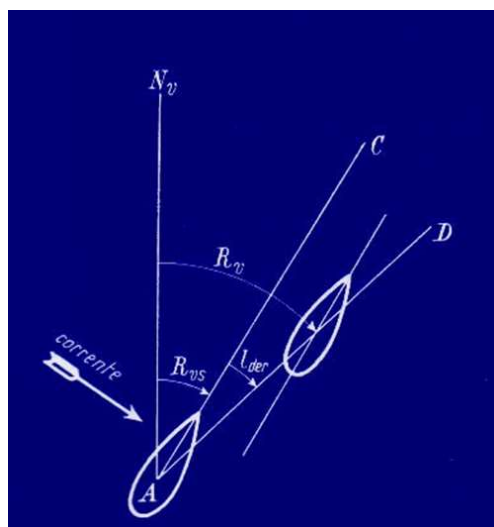
In pratica è molto facile misurare l'angolo di scarroccio. Esso è l'angolo che la scia della nave forma con la direzione del piano longitudinale.

È *positivo* se la scia della nave *cade a dritta* del piano longitudinale, per un osservatore che guarda a poppa; *negativo* se a *sinistra*.

Naturalmente, in questo modo deve essere *apprezzato ad occhio*. La R_{vs} , a sua volta, non è la direzione del *vero cammino* che la nave percorre rispetto al *fondo del mare*, perché le masse delle acque marine possono spostarsi per *effetto delle correnti*.

La corrente marina ha sempre effetti laterali, che fanno compiere alla nave un cammino, rispetto al *fondo del mare*, differente da quello *rispetto alla superficie*.

L'angolo CAD (ℓ_{dr}) si chiama *angolo di deriva* e si conta nello stesso modo dell'angolo di scarroccio (ℓ_{sc}): *positivo* quando la corrente agisce sulla *sinistra* della nave, *negativa* quando la corrente agisce sulla *dritta* della nave.



$$R_v = R_{vs} + (\pm \ell_{dr})$$

$$R_{vs} = R_v - (\pm \ell_{dr})$$

(Relazioni algebriche)

Azione della corrente sul moto della nave

Se la corrente è nota (D_c, V_c), si può calcolare l'angolo di deriva (ℓ_{dr}); non è possibile la stessa cosa con lo *scarroccio* anche se il *Vento* è noto. Facilmente si desume:

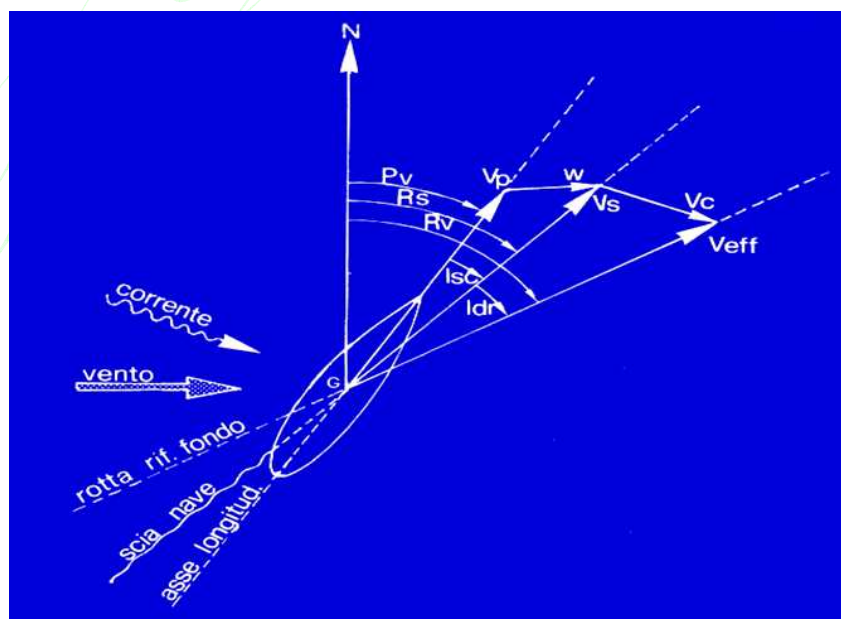
$$R_v = P_v + \ell_{sc} + \ell_{dr}$$

$$P_v = R_v - \ell_{dr} - \ell_{sc}$$

$$R_v = P_b + \delta + d + \ell_{sc} + \ell_{dr}$$

$$P_b = R_v - \ell_{dr} - \ell_{sc} - d - \delta$$

(Relazioni algebriche)



Azione del vento e della corrente sul moto della nave

Esempi numerici

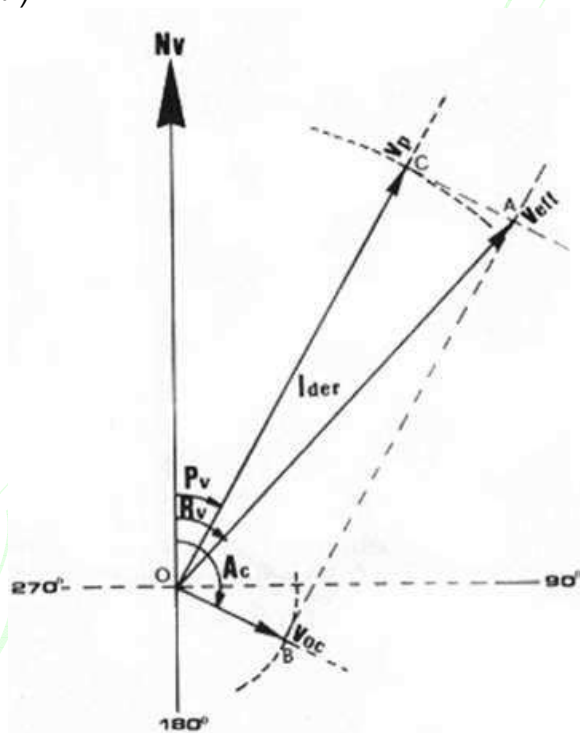
$P_b =$	48°	$20'.8$	
$+ \delta = -$	05°	$30'.3$	(-)
$P_m =$	42°	$50'.5$	
$+ d = +$	06°	$14'.0$	(E)
$P_v =$	49°	$04'.5$	
$+ \ell_{sc} = -$	2°	$20'.3$	(-)
$R_{vs} =$	47°	$44'.2$	
$+ \ell_{dr} = +$	4°	$05'.8$	(+)
$R_v =$	51°	$50'.0$	

$R_v =$	186°	$20'.7$	
$- \ell_{dr} = +$	02°	$15'.7$	(-)
$R_{vs} =$	188°	$36'.4$	
$- \ell_{sc} = +$	01°	$15'.0$	(-)
$P_v =$	189°	$51'.4$	
$- d = -$	2°	$20'.3$	(E)
$P_m =$	187°	$31'.1$	
$- \delta = +$	5°	$06'.7$	(-)
$P_b =$	192°	$37'.8$	

PROBLEMI SULLE CORRENTI

Quando si naviga nelle correnti si possono presentare i seguenti problemi:

- Problema:** dati gli elementi della corrente *azimut corrente* e *velocità corrente* (A_c , V_c), la *velocità propulsiva* (V_p) e la *Prora vera* (P_v) – determinare la *Rotta vera* (R_v) e la *velocità effettiva* (V_{eff}).



Dati:

- P_v
- V_p
- A_c
- V_c

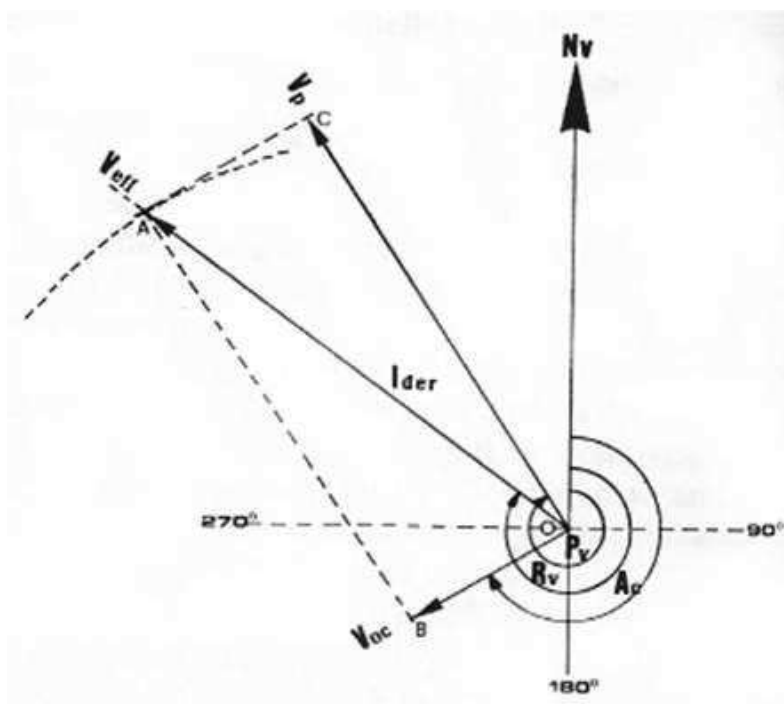
Determinare:

- R_v
- V_{eff}
- l_{dr}

Fissata la scala delle velocità (*generalmente* $1\text{cm} = 1\text{ nodo}$), dal punto O si tracciano, rispetto alla linea meridiana, le semirette riferite agli angoli del problema.

Si procede costruendo il parallelogramma OBAC la cui diagonale indicherà la rotta vera R_v e la velocità effettiva V_{eff} .

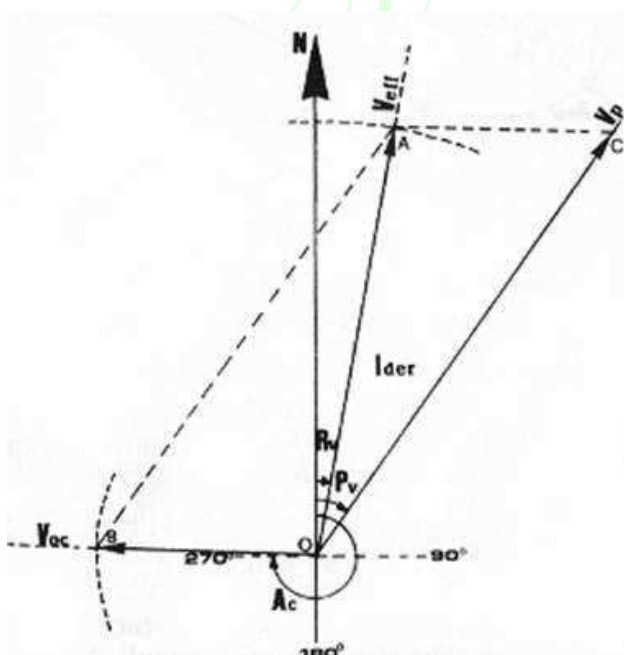
- Problema:** dati gli elementi della corrente *azimut corrente* e *velocità corrente* (A_c , V_c), la *Rotta vera* (R_v) per raggiungere una destinazione e la *velocità propulsiva* (V_p) che il propulsore può imprimere – determinare la *Prora vera* (P_v) e la *velocità effettiva* (V_{eff}).



- Dati:**
- R_v
 - V_p
 - A_c
 - V_c
- Determinare:**
- P_v
 - V_{eff}
 - I_{der}

Si punta il compasso in B con ampiezza pari alla V_p e si determina sulla R_v il segmento OA che rappresenta la V_{eff} . Si completa il parallelogramma disegnando la parallela a BA che rappresenta la prora P_v da seguire.

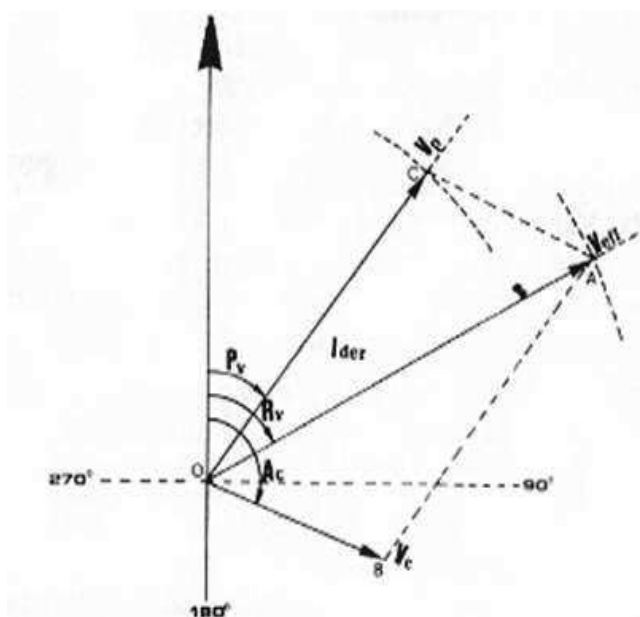
3. Problema: dati gli elementi della corrente *azimut corrente e velocità corrente* (A_c, V_c), la *Rotta vera* (R_v) per raggiungere una destinazione e la *velocità effettiva* (V_{eff}) – determinare la *Prora vera* (P_v) e la *velocità propulsiva* (V_p).



- Dati:**
- R_v
 - V_{eff}
 - A_c
 - V_c
- Determinare:**
- P_v
 - V_p
 - I_{der}

Si congiunge B con A e si traccia la parallela per O al segmento BA. Il segmento OC rappresenta la Prora vera (P_v) e la Velocità propulsore (V_p).

4. **Problema:** dati la *Rotta vera* (R_v) per raggiungere una destinazione e la *velocità effettiva* (V_{eff}), la *Prora vera* (P_v) e la *velocità propulsiva* (V_p) – determinare gli elementi della corrente, *azimut corrente* e *velocità corrente* (A_c , V_c),



- Dati:**
- R_v
 - V_{eff}
 - P_v
 - V_p
- Determinare:**
- A_c
 - V_c
 - l_{der}

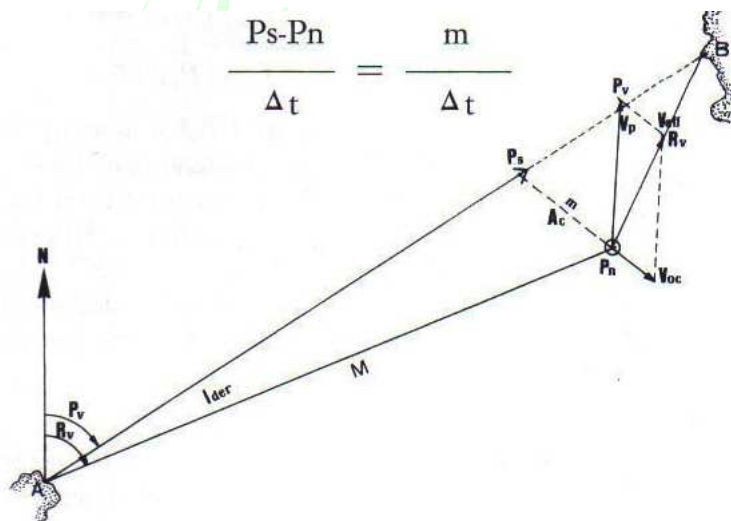
Si congiunge il punto C con il punto A. Si traccia da O il segmento parallelo ad AC, esso rappresenta la velocità della corrente (V_c) e la sua direzione (A_c).

NOTA 1.

È possibile ottenere gli *elementi della corrente* (A_c , V_c) dal confronto del *punto stimato* P_s con quello *simultaneo osservato o rilevato* P_n . Per la dimostrazione s'immagini di operare sulla *carta nautica*, sulla quale O rappresenta il punto di partenza di note coordinate, P_s il *punto stimato*, P_n il *punto osservato* e Δt l'*intervallo di tempo*.

La vera traiettoria seguita dalla nave è data da M, perciò il *cammino effettivo* effettuato dalla nave nell'intervallo Δt è rappresentato dal segmento AP_n (M) e quello della *corrente* dal segmento P_sP_n (m). Dal grafico si ricavano gli angoli di *Rotta vera*, di *deriva* e l'*azimut della corrente*; la *velocità effettiva* della nave e quella della corrente sono date da:

$$V_{eff} = \frac{M}{\Delta t} \qquad V_c = \frac{m}{\Delta t}$$



Risoluzione grafica del calcolo degli elementi della corrente.
 È necessario pertanto, durante la navigazione, procedere al confronto tra la posizione stimata e quella simultanea ottenuta con informazioni provenienti da altri sensori di maggiore affidamento; la distanza (in miglia) tra queste due posizioni è chiamata errore di stima.

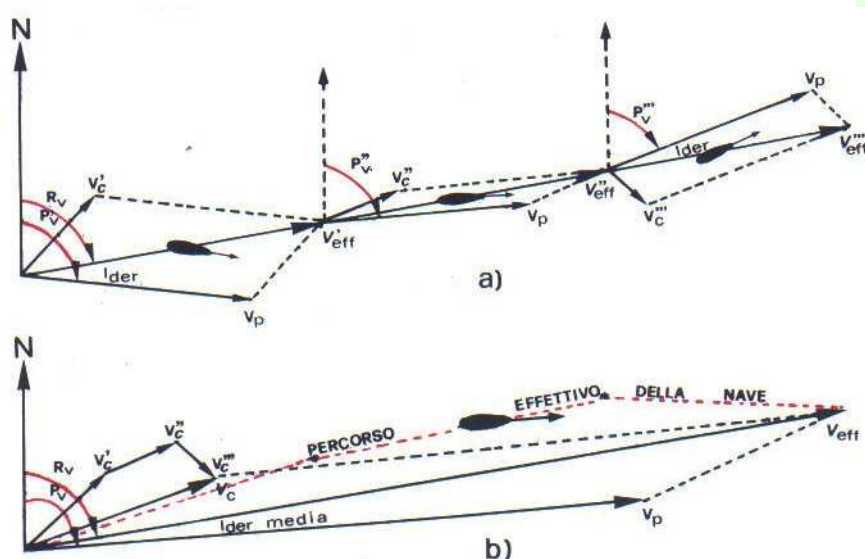
NOTA 2.

Vi sono altri problemi delle correnti:

1. Problema, noti V_p, P_v, R_v, A_c - determinare V_{eff}, V_c .
2. Problema, noti V_p, P_v, V_{eff}, A_c - determinare R_v, V_c .
3. Problema, noti P_v, V_{eff}, R_v, A_c - determinare V_p, V_c .
4. Problema, noti V_p, V_{eff}, R_v, A_c - determinare P_v, V_c .

Navigazione con correnti variabili.

Le correnti della marea rotatoria al largo sono variabili in direzione ed intensità. Quando la nave deve navigare in queste zone di correnti variabili, per determinare la *prora vera* (P_v) e la *velocità effettiva* (V_{eff}), al fine di seguire una determinata rotta, bisogna applicare ripetutamente il II problema delle correnti.



Estensione del 2° problema delle correnti: Correnti variabili.

Tale procedura richiede il cambiamento della P_v ogni qualvolta si considera un nuovo valore di V_c . Anche il valore della V_{eff} è variabile lungo il percorso.

Se la nave *non deve* necessariamente mantenersi sulla rotta tracciata sulla carta, si può considerare il vettore V_c risultante dei diversi vettori orari della corrente, ed il vettore $N \cdot V_p$ al posto del vettore V_p , in cui N è il numero delle ore di navigazione prevista per effettuare la traversata.

In questo caso la nave seguirà una P_v costante per tutta la traversata, ma non si manterrà sulla rotta tracciata in quanto V_p è costante, mentre V_c è variabile col tempo. La nave si troverà nel punto B di destinazione solo al termine della traversata. Per conoscere il percorso effettivamente seguito si dovranno risolvere tanti *Primi Problemi* delle correnti quanti sono i vettori V_c considerati.

LE CARTE NAUTICHE



Gli emisferi Occidentale e Orientale (Nuovo e Vecchio Mondo)

Con la scoperta delle Americhe nacque per i cartografi il problema di come rappresentare tutto il globo terrestre su un foglio. Una prima soluzione fu quella di raffigurare il Mondo nella forma di due emisferi, orientale e occidentale, ognuno rappresentato in un cerchio proprio. L'emisfero occidentale rappresentava il Nuovo Mondo, l'emisfero orientale il Vecchio Mondo. I punti dei meridiani che delimitano gli emisferi appartengono, contemporaneamente, sia a quello occidentale sia a quello orientale.

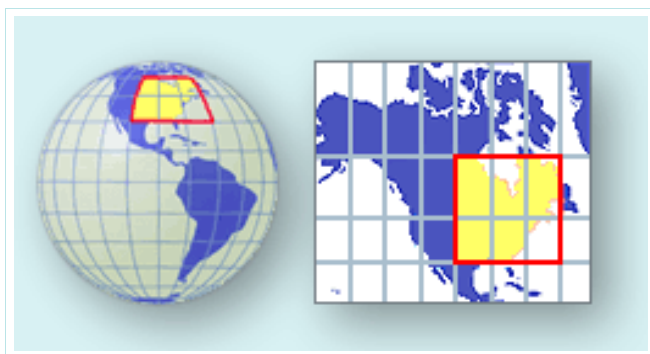
LA CARTA GEOGRAFICA

Una *carta geografica* è una *rappresentazione piana* di tutta o parte della superficie terrestre. Essa si ottiene stabilendo una *relazione biunivoca* tra i punti della sfera e quelli del piano, cioè ad ogni punto della Terra corrisponde uno ed un solo punto della carta e viceversa.

Non è possibile rappresentare l'intera superficie terrestre in misura reale. Per esprimere l'entità della riduzione delle dimensioni si ricorre alla "*scala della carta*". Questa ci fornisce il rapporto tra una lunghezza presa sulla carta e quella corrispondente sulla Terra:

$$S = \frac{l}{L} \quad l \text{ (lunghezza sulla carta) / } L \text{ (lunghezza sulla Terra)}$$

Se si divide numeratore e denominatore per l , si ha: $S = \frac{1}{\frac{L}{l}}$.



Una carta geografica è una rappresentazione piana di tutta o parte della superficie terrestre.

Secondo il valore di L / l le carte si distinguono in *carte generali*, *carte particolari*, *piani nautici*.

Le carte generali hanno una scala dell'ordine del *milionesimo*; sono quindi a *piccola scala* e rappresentano vastissime zone della superficie terrestre. Sono carte generali la carta del *Mediterraneo*, quella dell'*Atlantico*.

Le *carte particolari* rappresentano zone più limitate; hanno scala dell'ordine del *centomillesimo*.

I *piani nautici* rappresentano zone molto limitate; hanno scala che oscilla da $1 : 25000$ a $1 : 10000$.

Per risolvere i problemi che si presentano in navigazione è necessario disporre di una *rappresentazione*, con immagini impiccolite, della *superficie terrestre*. I *requisiti* di questa rappresentazione debbono essere tali da permettere la *soluzione dei problemi della navigazione* con una sufficiente *precisione* e con un certo grado di *semplicità*. Per questi motivi la rappresentazione deve possedere *molti particolari* della zona interessata.

La Terra è *sferica* e la sua superficie non è rappresentabile in un piano *senza deformazioni*. Questo fatto significa che, se noi proviamo a tagliare una sfera di carta ed a stenderne i vari pezzi su una superficie piana, non riusciremo mai, per quanti tentativi possiamo fare, a stenderne i vari pezzi su un foglio di carta, senza che questi subiscano sovrapposizioni o strappi.

Gauss dimostrò che è impossibile sviluppare una superficie sferica (ellissoidica) o, più in generale curva, senza deformarla.

Una distanza, una superficie, un angolo della Terra vengono deformati in maniera diversa sulla carta, a seconda del punto geografico ove vengono considerati.



I *metodi di rappresentazione* della Terra su un piano seguono due vie diverse: il *procedimento geometrico* e quello *analitico*.

Il *procedimento geometrico* consiste nel proiettare la zona della superficie terrestre da un punto (*punto di vista*) su un piano (*piano del quadro*) o su una *superficie sviluppabile in un piano*. È il metodo del cinematografo.

Quello *analitico* consiste nello stabilire delle *relazioni di matematica* che legano i *punti della Terra* con *quelli della carta*. Tali relazioni che danno la *corrispondenza biunivoca* tra i punti della Terra e quelli della carta si chiamano *equazioni di corrispondenza*.

Le deformazioni delle carte nautiche appartengono ad una delle seguenti categorie:

- Deformazioni lineari
- Deformazioni superficiali
- Deformazioni degli angoli.

Le carte che non hanno deformazioni lineari si dicono *isometriche* (o *equidistanti*). In esse il rapporto di due lunghezze è uguale al rapporto delle corrispondenti lunghezze prese sulla Terra.

Le carte che mantengono la similitudine delle aree si dicono *equiestese* (o *equivalenti*). In esse il rapporto di due aree è uguale al rapporto delle corrispondenti aree sulla Terra.

Le carte che mantengono immutati i valori degli angoli si dicono *isogone* (o *conformi*). In esse il rapporto di due aree è uguale al rapporto delle corrispondenti aree sulla Terra.

TIPI DI CARTE

La *rappresentazione della Terra* sul piano può essere fatta con *metodi geometrici*, con *metodi analitici* (o *matematici*).

Le rappresentazioni geometriche o *proiezioni*, vengono ottenute con proiezioni della superficie Terra direttamente sul *piano* (*carte prospettiche*) o su superfici sviluppabili nel piano, quali *cilindri* e *coni* (*proiezioni per sviluppo*).

Le rappresentazioni *convenzionali* o *matematiche* vengono ottenute stabilendo delle *leggi* o *relazioni* che fanno corrispondere ad *ogni punto della Terra* un *punto della carta*, in modo da realizzare particolari requisiti.

Le relazioni che legano le coordinate dei punti sulla sfera con quelle sulla carta sono dette *relazioni di corrispondenza* e vengono indicate formalmente con:

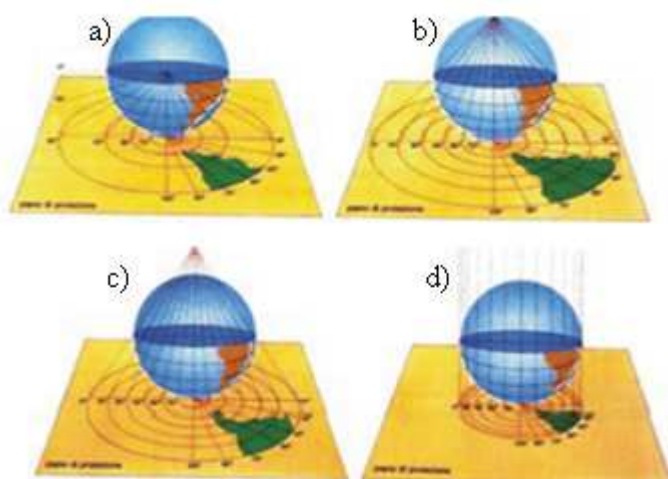
$$x = f(\varphi, \lambda) \qquad y = f(\varphi, \lambda)$$

se i punti sulla carta sono riferiti a coordinate cartesiane.

PROIEZIONI PROSPETTICHE E PER SVILUPPO

Si chiamano Carte Prospettiche quelle ottenute dalla proiezione delle figure della sfera rappresentativa, da un punto (*punto di vista*) su un piano (*quadro*). Esse si distinguono in:

1. *proiezioni ortografiche*, quando il punto di vista è posto all'infinito e il piano del quadro è quello normale (perpendicolare) ai raggi di proiezione;
2. *proiezioni scenografiche*, quando il punto di vista è posto ad una distanza dal piano del quadro *maggiore di 2R* (R: raggio della Terra);
3. *proiezioni stereografiche*, quando il punto di vista è posto sulla superficie terrestre ad una distanza dal piano del quadro uguale a *2R* (R: raggio della Terra);
4. *proiezioni gnomoniche*, quando il punto di vista è posto al centro della Terra e il piano del quadro è tangente in un punto della Terra.



Proiezioni prospettiche
 a) centrografiche (o gnomoniche)
 b) stereografiche
 c) scenografiche
 d) ortografiche

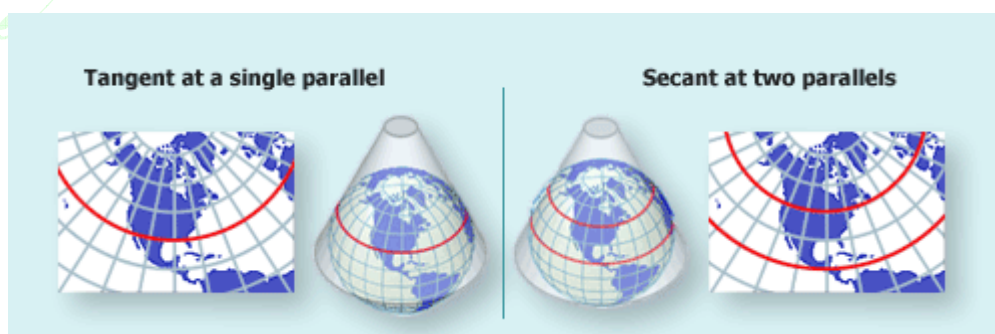
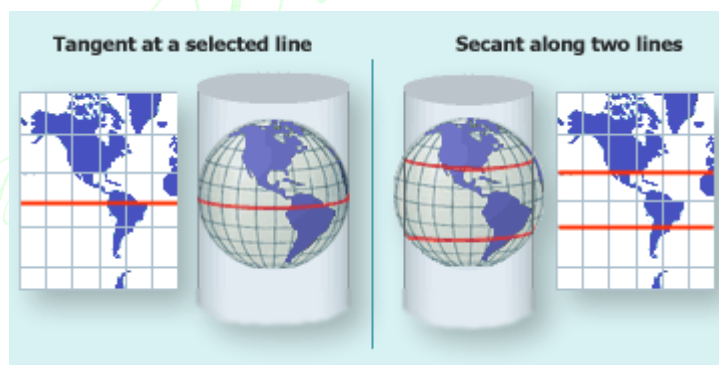
Ciascuna delle proiezioni prospettiche può essere *polare*, *meridiana*, *orizzontale*, se il piano del quadro, rispettivamente, è tangente al *Polo*, in un punto dell'*Equatore* o in un *punto qualsiasi* della superficie terrestre.

La sfera rappresentativa può essere proiettata dal suo *centro* su un *cilindro* o su di un *cono* e poi *sviluppare* questo nel piano. Si hanno così le *proiezioni cilindriche* e le *proiezioni coniche*.

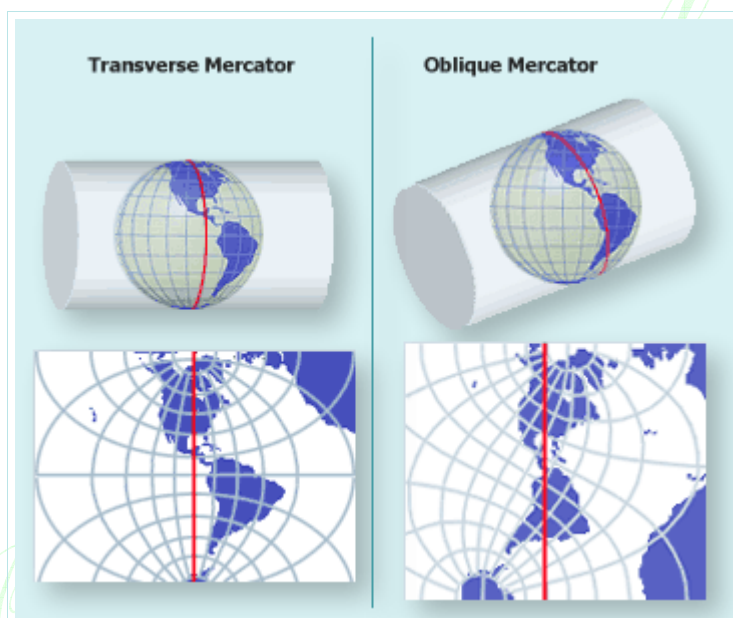
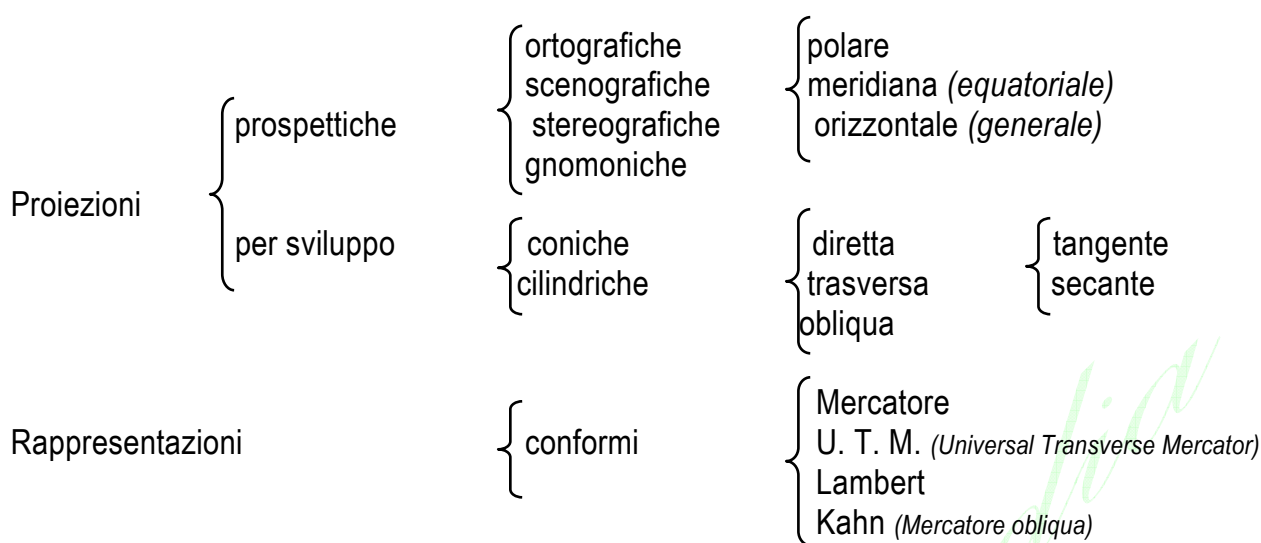
Il cilindro può essere *tangente* o *secante* la sfera terrestre ed il suo asse può:

- coincidere con l'asse polare
- essere perpendicolare ad esso
- essere obliquo

Anche il *cono* può essere *tangente* o *secante* la sfera. Si hanno in tal modo varie specie di carte *cilindriche* e *coniche*.



Quadro generale delle carte geografiche



Le proiezioni prospettiche sono isogone nel punto di tangenza e praticamente equivalenti per una zona limitata (circa 1°) attorno ad esso.

Le proiezioni stereografiche godono della notevole proprietà di essere isogone. In particolare la proiezione stereografica polare è largamente utilizzata come carta del tempo alle latitudini medio-alte. In questa carta l'isogonismo consente non solo la misura diretta degli angoli, ma anche quella delle distanze utilizzando la graduazione dei meridiani, come per la carta di Mercatore.

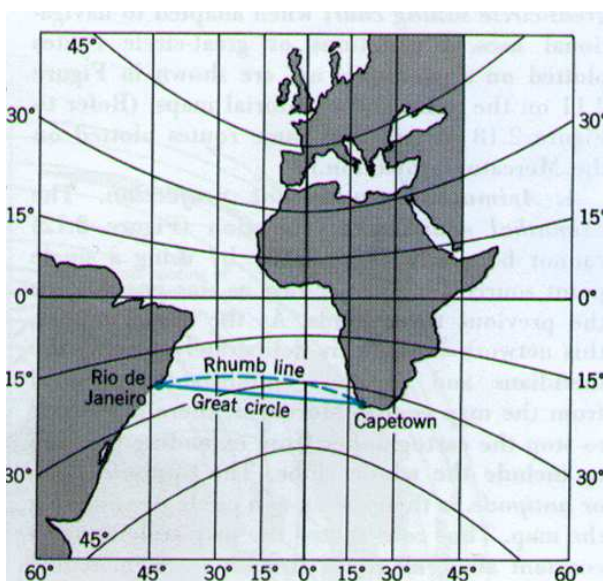
La carta di Kahn (o degli itinerari aerei) è una carta isogona simile a quella di Mercatore. Deriva da una proiezione cilindrica tangente obliqua lungo un circolo massimo - circonferenza di riferimento - che non è né l'Equatore né un meridiano. Il circolo massimo passa per due punti: punto di partenza e punto di destinazione. Di queste carte ce ne sono tante quante sono gli itinerari previsti da un aereo di linea.

CENNI SULLE CARTE GNOMONICHE

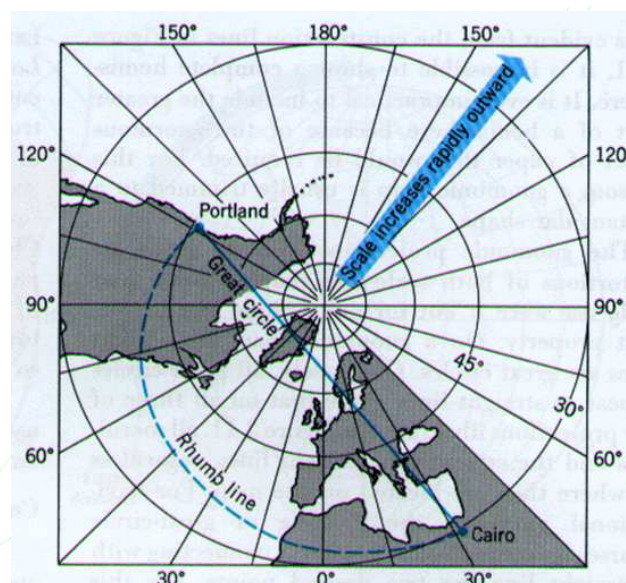
Le *carte gnomoniche* utilizzano il metodo geometrico, sono perciò delle vere proiezioni. Il *punto di vista* è situato al *centro* della terra. Il *piano del quadro* è tangente alla terra in un *punto della superficie terrestre*.

Esistono tre tipi di carte gnomoniche: quella di *Hilleret*, quella che va sotto il nome di *gnomonica generale* e la carta di *Gernez*.

Nel primo tipo il punto di tangenza è all'*equatore*; nel secondo tipo sul parallelo di *latitudine 30°*, e nel terzo tipo al *polo geografico*. Si riportano nelle figure seguenti i tre tipi di reticolati delle carte gnomoniche.



Carta di Hilleret: tutti i paralleli sono archi di iperboli, i meridiani sono rette verticali. L'arco di Ortodromia è rettificato; la Lossodromia, invece, è rappresentata da una curva che rivolge la convessità verso l'Equatore.



Carta di Gernez: tutti i paralleli sono cerchi concentrici, i meridiani sono rette radiali uscenti dal Polo. L'arco di Ortodromia è rettificato; la Lossodromia, è una curva che rivolge la convessità verso l'Equatore.

In tutti i tipi di proiezioni gnomoniche i *paralleli* sono rappresentati da *archi di coniche* risultando intersezioni di un piano con un *cono* indefinito. Detto cono ha il vertice nel centro della terra e per *direttrice* il parallelo terrestre da rappresentare.

Sulla *carta di Hilleret* i paralleli sono tutti *archi di iperboli*.

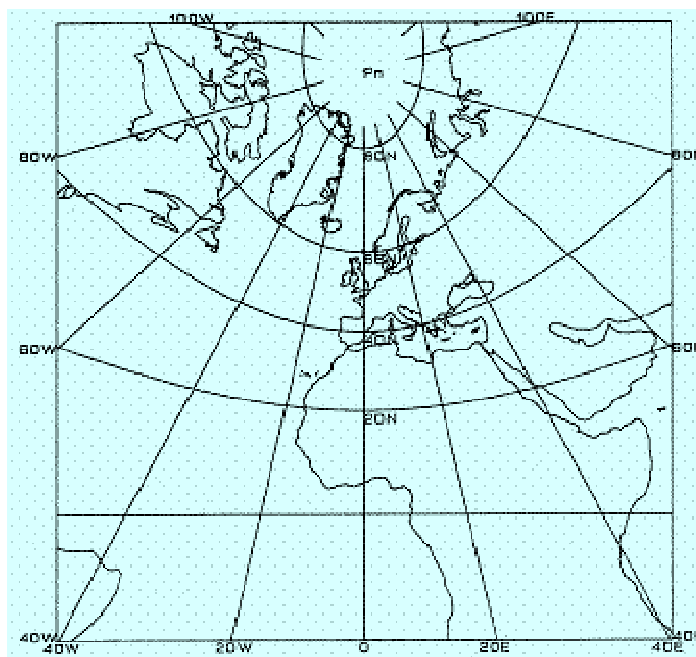
Nella *proiezione gnomonica generale* i paralleli al di sotto di 60° sono *archi di iperboli*, quelli al di sopra archi di *ellissi*, mentre quello del parallelo di *latitudine 60°* è un arco di *parabola*.

La *proiezione gnomonica rettifica l'Ortodromia*.

Infatti, i cerchi massimi della sfera giacciono su piani: ognuno sul piano che lo contiene. I punti d'un cerchio massimo, perciò, vengono proiettati dal centro della Terra secondo raggi tutti giacenti sul piano dell'Ortodromia. E poiché l'intersezione di *due piani* è una *retta*, l'intersezione del piano dell'Ortodromia col piano del quadro dà la *retta* che è l'*immagine* dell'ortodromia sulla carta gnomonica. Pertanto, *le proiezioni gnomoniche rettificano le Ortodromie*.

Le carte gnomoniche *non conservano gli angoli della sfera*, non sono cioè *conformi*. Per tale ragione, per misurare gli *angoli di Rotta* nei vari nei vari punti dell'Ortodromia è necessario riportare al margine destro della carta un piccolo reticolato di Mercatore (*Carta di Hilleret*), oppure un diagramma speciale a rami di iperboli (*gnomonica generale*) od usare altri sistemi.

Gnomonica generale
(o orizzontale):
 - i meridiani sono rette convergenti verso il Polo;
 - punto di tangenza: $\varphi_T = 30^\circ$
 - colatitudine: $(90^\circ - \varphi_T) = 60^\circ$
 - i paralleli:
 $\varphi > 60^\circ$, ellissi
 $\varphi = 60^\circ$, parabola
 $\varphi < 60^\circ$, iperboli



REQUISITI DELLE CARTE NAUTICHE

Non tutte le rappresentazioni della Terra su una superficie piana sono idonee per l'impiego sulle navi come carte nautiche.

Queste ultime debbono possedere alcuni importanti *requisiti* i quali possono inquadrarsi nei seguenti :

- 1) *rettificare* una delle *curve sferiche* di maggior impiego nella navigazione (*Ortodromia e Lossodromia*);
- 2) *conservare* gli angoli della sfera;
- 3) permettere d'individuare *facilmente* le posizioni dei punti per mezzo delle coordinate geografiche (*latitudine e longitudine*);
- 4) permettere di *misurare* con facilità *l'angolo di Rotta* e le *distanze*;
- 5) permettere d'indicare con facilità e chiarezza i *punti fondamentali* (punti trigonometrici, fari, fanali, boe, ecc.), le *linee della costa* e della *profondità dei mari*.

Le carte maggiormente impiegate in navigazione sono quella di *Mercatore*, la quale è una *rappresentazione*, e la *gnomonica* che è una *proiezione*.

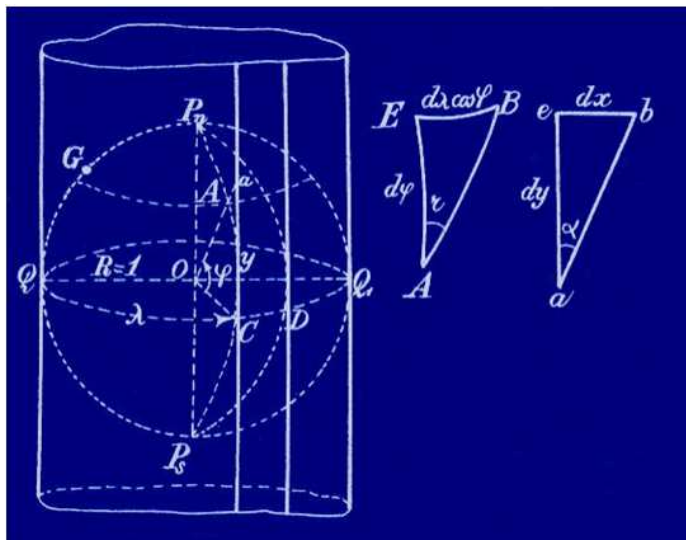
La carta di Mercatore *rettifica la lossodromia* e *conserva* gli angoli della sfera. Le *carte gnomoniche* invece *non conservano* gli angoli della sfera, ma *rettificano l'ortodromia*.

LA CARTA CILINDRICA TANGENTE DIRETTA CENTRALE

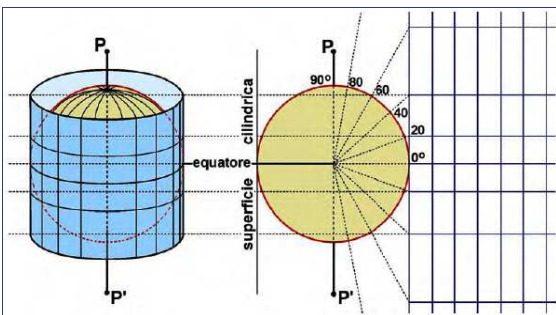
La proiezione cilindrica centrale pur potendosi considerare la progeneratrice della *Carta di Mercatore* non deve essere confusa con essa, perché è una proiezione del tutto diversa.

Si immagini la *sfera terrestre*, di *raggio* $R = 1$, e un cilindro retto che la involupi lungo tutto l'equatore. Il punto di vista è al centro della Terra e i punti della superficie terrestre vengano proiettati dai prolungamenti dei raggi terrestri passanti per gli stessi.

In questa proiezione l'*equatore* è rappresentato da una *retta* e i *meridiani* da *rette perpendicolari all'equatore* e distanti tra loro della *differenza di longitudine*. I *paralleli* sono rappresentati da *rette orizzontali*.



L'equatore è rappresentato da una retta, i paralleli sono rappresentati da rette orizzontali, i meridiani da rette perpendicolari all'equatore. Le relazioni di corrispondenza sono: $x = \lambda$; $y = \tan \varphi$; ($R = 1$).



La proiezione *non è isogona e non rettifica la lossodromia*. Il cilindro è sviluppabile in un piano; se si assume per assi cartesiani, l'asse X delle ascisse la retta sviluppo dell'equatore e come asse Y delle ordinate la proiezione del meridiano fondamentale di Greenwich, si avrà:

$$x = \lambda$$

Dal *triangolo rettangolo* OaC , si avrà invece:

$$Ca = y = \tan \varphi$$

Si è affermato che la proiezione non è isogona. Infatti se si considerano i due triangolini infinitesimi corrispondenti, dal primo si ha:

$$\tan r = \frac{d\lambda \cdot \cos \varphi}{d\varphi}$$

Dal secondo triangolino (quello della carta), si ha:

$$\tan \alpha = \frac{dx}{dy} = \frac{d\lambda \cdot \cos^2 \varphi}{d\varphi} \quad \left(y = \tan \varphi \quad dy = \frac{d\varphi}{\cos^2 \varphi} \right)$$

Dividendo membro a membro le due espressioni, si ottiene:

$$\tan \alpha = \tan r \cdot \cos \varphi$$

Questa relazione dimostra che l'*angolo della carta*, per un *determinato angolo della sfera*, varia al variare della latitudine.

In altri termini, se consideriamo sulla Terra una lossodromia che formi l'*angolo di rotta R costante* con tutti i meridiani che incontra, tale angolo verrà deformato sulla proiezione cilindrica centrale secondo il fattore $\cos \varphi$. Col crescere della latitudine, la funzione $\cos \varphi$ diminuisce di conseguenza l'angolo α sulla carta diventa sempre più piccolo mano a mano che la lossodromia si avvicina ai Poli.

La proiezione cilindrica centrale ha pochissima importanza in navigazione, non possedendo i requisiti di *isogonismo* e di *rettifica delle lossodromie*.

LA CARTA DI MERCATORE

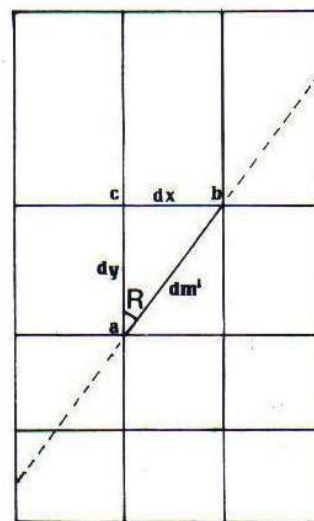
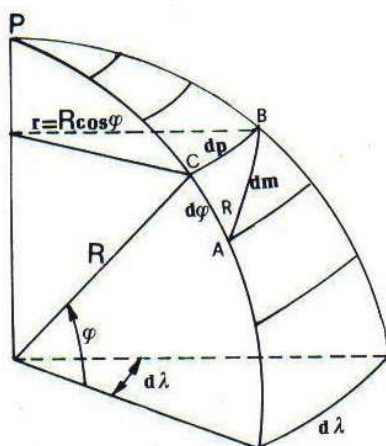
È la carta nautica per eccellenza perché è la più usata. La carta di Mercatore è una proiezione cilindrica centrale modificata matematicamente in modo da risultare *isogona* in tutte le sue direzioni. Essa pertanto non è una proiezione pura ma una *rappresentazione*.



Geografo e cartografo olandese, latinizzato Gerard Kremer (1512-1594). (Kremer = commerciante, Mercator)

Si consideri uno spicchio sferico terrestre limitato da due meridiani distanti fra loro di una quantità infinitesima $d\lambda$ e su di esso l'archetto infinitesimo di lossodromia dm passante per i punti A e B e formante l'angolo di rotta R nel punto A . Consideriamo la stessa situazione, rappresentata sulla Carta cilindrica.

dm : elemento di lossodromia sulla Sfera e sulla Carta.



Volendo conservare gli angoli, senza cambiare la legge di distribuzione dei meridiani, Mercatore *impose* matematicamente la condizione di *isogonismo* rendendo simili il triangolino infinitesimo ABC sulla sfera ed il corrispondente triangolino abc sulla Carta.

In altri termini costruì una Carta in cui si verificava per ogni latitudine la *proporzionalità* fra i *lati corrispondenti* dei due triangolini.

Il triangolino infinitesimo ABC della Sfera rappresentativa può, a causa della sua piccolezza, essere considerato piano ed è formato da:

- un elemento di cammino dm
- un elemento di meridiano $d\varphi$ passante per il punto A
- un elemento di parallelo dp passante per il punto B

Il triangolino infinitesimo abc corrispondente sulla Carta è formato da:

- un elemento di cammino dm'
- un elemento di meridiano dy passante per il punto a
- un elemento di parallelo dx passante per il punto b .

Imponendo la proporzionalità fra i lati dei due triangoli si ha:

$$\frac{ac}{AC} = \frac{bc}{BC} = \frac{ab}{AB} \quad \text{ossia} \quad \frac{dy}{d\varphi} = \frac{dx}{dp} = \frac{dm'}{dm}$$

da cui si ricava:

$$dy = \frac{dx \cdot d\varphi}{dp}$$

Ricordando che $dx = d\lambda$ per costruzione, in quanto si vuole conservare la legge di distribuzione dei meridiani, e $dp = d\lambda \cdot \cos\varphi$, in quanto un elemento di parallelo è uguale al simile elemento di equatore per i coseno della latitudine, si ha con la sostituzione:

$$dy = \frac{d\lambda \cdot d\varphi}{d\lambda \cdot \cos\varphi} = \frac{d\varphi}{\cos\varphi} = \sec\varphi \cdot d\varphi$$

Volendo ottenere la lunghezza dell'arco di meridiano che va dall'equatore al parallelo di latitudine φ che si vuole rappresentare si dovrà integrare la precedente formula fra i valori di 0° e φ° , cioè:

$$y = \int_0^\varphi \sec\varphi \cdot d\varphi$$

Con i procedimenti dell'Analisi matematica si dimostra che tale integrale è dato dalla relazione:

$$y = \log_e \cdot \tan\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) \quad (y \text{ in radianti})$$

Il valore di y è detto *latitudine crescente* per la Sfera e si indica col simbolo φ_c .

Per quanto detto le *relazioni di corrispondenza* della Carta di Mercatore, per la Terra sferica sono:

$$x = \lambda \quad y = \varphi_c$$

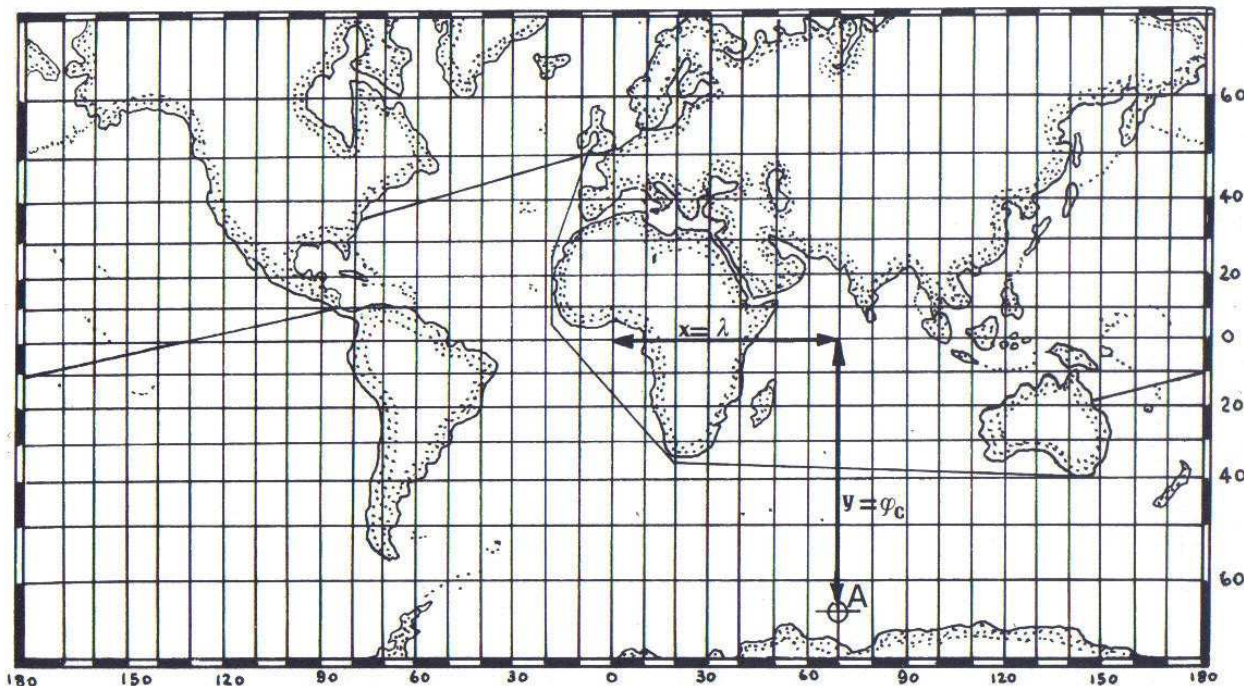
Volendo esprimere y in primi di equatore, si avrà:

$$y' = \frac{10800'}{\pi} \cdot \log_e \tan\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)$$

e in *logaritmo decimale* si avrà:

$$y' = 7915,7' \cdot \log_{10} \tan\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)$$

(NOTA. $\log_e n = \frac{\log_{10} n}{\log_{10} e} = \frac{\log_{10} n}{\log_{10} 2,71828} = \frac{\log_{10} n}{0,43429}$; $\frac{10800'}{3,141592 \cdot 0,43429} = 7915,78'$)



La Carta di Mercatore e le relazioni di corrispondenza

Il grigliato della carta di Mercatore si presenta apparentemente come quello della proiezione cilindrica centrale, cioè a maglie rettangolari. La differenza consiste appunto nella legge di distribuzione dei paralleli, la cui distanza dall'equatore dipende dal valore della secante della latitudine, mentre nella proiezione cilindrica dipende dal valore della tangente della latitudine.

Le carte nautiche sono generalmente costruite per la *Terra ellissoidica*, pertanto la formula della latitudine crescente è dissimile da quella della Terra sferica. Le Tavole Nautiche dell'I.I.della Marina sono costruite con la *Terra ellissoidica* e con la seguente la formula (semplificata):

$$y' = \frac{10800'}{\pi} \cdot \log_e \tan\left(45^\circ + \frac{\psi}{2}\right) \quad \text{oppure} \quad y' = 7915,7' \cdot \log_{10} \tan\left(45^\circ + \frac{\psi}{2}\right)$$

dove $\psi = \varphi - \nu$; ψ = latitudine geocentrica; ν = angolo alla verticale = $0,193 \cdot \text{sen } 2\varphi$.

La carta di Mercatore è *isogona* ma non è né *equivalente* né *equidistante*, cioè non conserva né le aree né le distanze. Queste ultime vengono *deformate* col variare della latitudine di un fattore $\text{sec } \varphi$ ed è appunto per questo motivo che la *misura delle distanze* sulla carta di Mercatore viene effettuata servendosi delle *scale laterali delle latitudini* (anch'esse variabili con la $\text{sec } \varphi$).

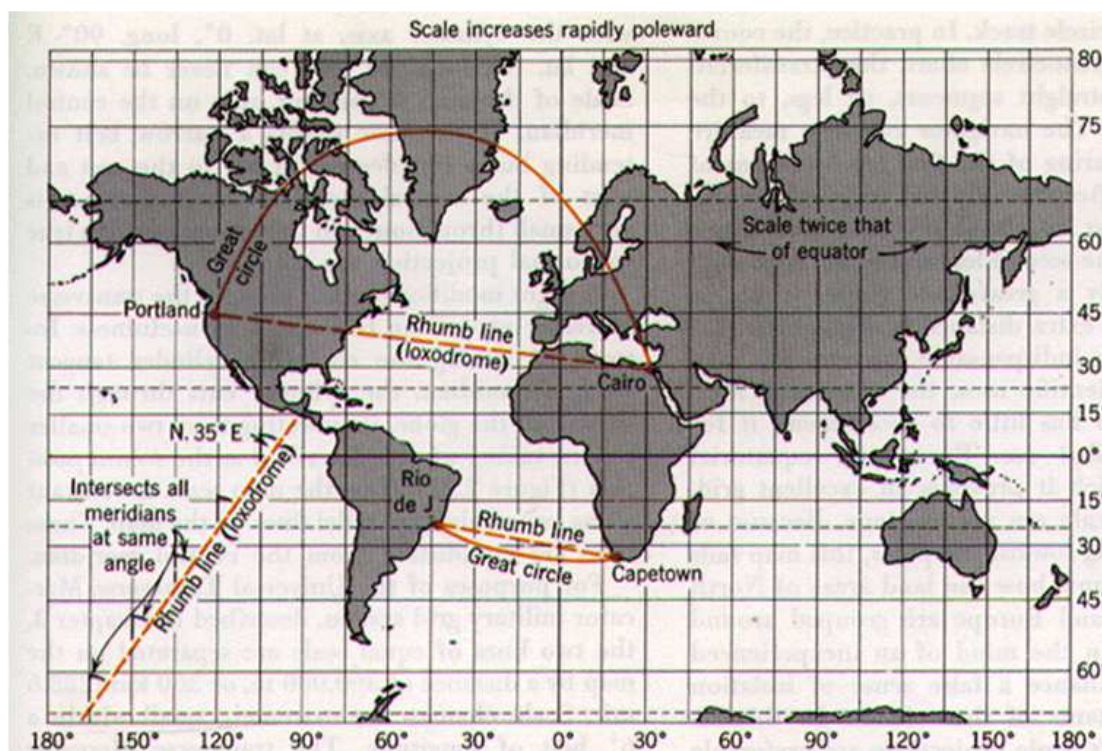
Le regioni *oltre 80° N/S* e le *calotte polari* non vengono rappresentate.

In virtù dell'*isogonismo* le *lossodromie* vengono rappresentate con *linee rette*. Infatti l'angolo costante di *rotta R* con cui la lossodromia interseca, sulla sfera, tutti i meridiani che incontra, viene conservato anche sulla Carta; poiché sulla Carta i meridiani sono rappresentati da un fascio di rette parallele, necessariamente la Lossodromia sarà rappresentata da una *retta* che interseca il fascio dei meridiani sotto un angolo costante di *rotta R' = R*.

Nota. $y' = \frac{10800'}{\pi} \cdot \log_e \tan\left(45^\circ + \frac{\psi}{2}\right) = \frac{10800'}{3,141592} \cdot \frac{\log_{10} \tan\left(45^\circ + \frac{\psi}{2}\right)}{\log_{10} e} = \frac{10800'}{3,141592} \cdot \frac{\log_{10} \tan\left(45^\circ + \frac{\psi}{2}\right)}{0,43429} = 7915,78' \cdot \log_{10} \tan\left(45^\circ + \frac{\psi}{2}\right)$
 ($e = 2,71828$)

LA LOSSODROMIA E L'ORTODROMIA SULLA CARTA DI MERCATORE

L'ortodromia ha sulla carta di Mercatore un andamento che somiglia molto ad una *sinusoide*. Rivolge sempre la *concavità* dalla parte dell'Equatore. Di conseguenza, se consideriamo due punti A e B, posti nello stesso emisfero, e facciamo passare per essi gli archi di lossodromia (*segmento di retta*) e di ortodromia, notiamo che tutti i punti dell'ortodromia, esclusi gli estremi, hanno latitudine più elevata dei punti della lossodromia posti sugli stessi meridiani.



Se si esamina in maniera superficiale la figura si ha l'impressione *errata* di un *maggior cammino* dell'ortodromia, fra i punti A e B, rispetto alla lossodromia. Ciò può essere *apparentemente* giustificato dalla maggiore lunghezza dell'arco ortodromico (curva) rispetto al segmento di retta della lossodromia. Ma ciò sarebbe giusto se la carta di Mercatore avesse una scala delle *latitudini costanti* alle diverse latitudini. Sappiamo, però, che la scala della carta di Mercatore si *dilata* man mano che si sale in latitudine. Per questo fatto la lunghezza di *un miglio* è rappresentata da una distanza sempre più grande procedendo dall'equatore verso i Poli.

COSTRUZIONE DELLA CARTA DI MERCATORE

La costruzione del reticolato della Carta di Mercatore si realizza utilizzando i concetti di *Latitudine Crescente* e *modulo equatoriale*.

La latitudine crescente ci indica la *distanza in primi* del parallelo dall'equatore, mentre il *modulo equatoriale* (*u*) ci fornisce la *lunghezza in millimetri di un primo*.

È necessario perciò conoscere le *dimensioni del foglio* su cui costruire il reticolato e i *limiti estremi* di latitudine e di longitudine della zona interessata.

Esempio

Calcolare un reticolato di Mercatore che rappresenti la zona compresa fra i paralleli $\varphi' = 34^{\circ}20' N$ e $\varphi' = 27^{\circ}40' N$ e i meridiani $\lambda' = 29^{\circ}40' W$ e $\lambda = 24^{\circ}10' W$.

Le dimensioni del foglio sono:

$$L = 600 \text{ mm} \quad H = 500 \text{ mm}$$

Dalle *Tavole Nautiche (Terra ellissoidica)*, si ha:

$$\begin{array}{r} \varphi' = 34^{\circ} 20' N \\ \varphi = 27^{\circ} 40' N \end{array} \quad \begin{array}{r} \varphi'_c = 2182,6 \text{ N} \\ - \varphi_c = 1117,8 \text{ N} \\ \hline \Delta\varphi_c = 1164,8 \text{ N} \end{array}$$

Poiché l'altezza del foglio deve permettere di rappresentare tutti i paralleli della zona, deve verificarsi:

$$H = \Delta\varphi_c \cdot u_{(mm)}$$

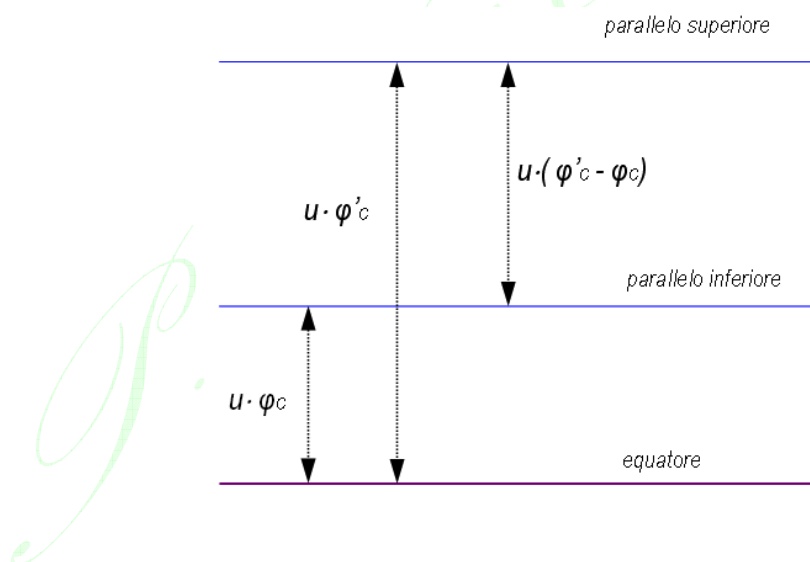
Da cui:

$$u_{(mm)} = \frac{H(mm)}{\Delta\varphi_c}$$

Nel nostro caso:

$$u_{(mm)} = \frac{500(mm)}{1064,8'} = 0,469 \text{ mm}$$

Il parallelo inferiore dista dall'equatore di $\varphi_c \cdot u_{(mm)}$, quello superiore dista di $\varphi'_c \cdot u_{(mm)}$.



Il parallelo di latitudine $\varphi = 30^{\circ} N$ è posto alla distanza dal parallelo $\varphi = 27^{\circ} 40' N$ di $(1876,8 - 1117,8) \cdot 0,469 = 356 \text{ mm}$. Allo stesso modo si procede per gli altri paralleli.

I meridiani, se li si vuole tracciare alla differenza di longitudine $\Delta\lambda = 60'$, sono posti tra di loro alla distanza di $60' \cdot 0,469 = 28,1 \text{ mm}$.

La scala della carta equatoriale, per definizione:

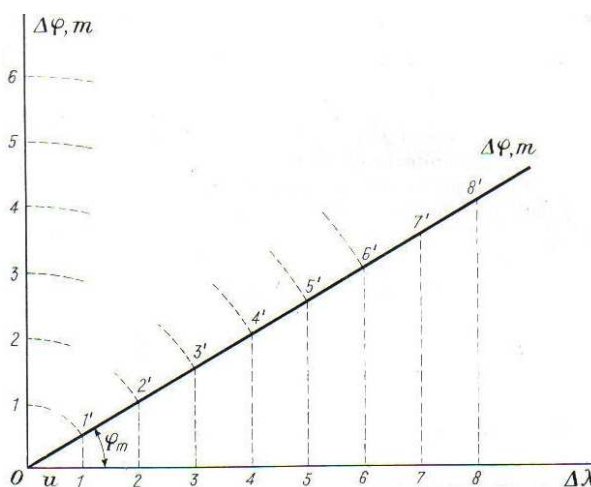
$$S_{eq} = \frac{u_{mm}}{1852000_{mm}}; \text{ ossia: } u_{mm} = \frac{1852000}{S_{eq}}; \text{ alla latitudine } \varphi, \text{ sarà: } S_{\varphi} = \frac{u_{mm}}{1852000_{mm}} \cdot \cos \varphi$$

Carta approssimata di Mercatore

Il procedimento indicato è quello relativo a reticolati abbraccianti grandi zone e ricavati col metodo rigoroso. Nel caso che la zona da rappresentare sia *molto limitata*, cioè che non interessi una differenza di latitudine superiore ai 2° , si può ricorrere ad una costruzione più rapida del reticolato, anche se non molto rigorosa, che dà però risultati pratici soddisfacenti.

In questa costruzione si suppone *uniforme* anche la scala delle latitudini; si procede nel seguente modo.

Si stabilisce la lunghezza che deve avere il *primo di longitudine* (u) tenendo presente le dimensioni del foglio da utilizzare. Si suddivide, numerandolo a partire da zero, l'asse orizzontale (*scala delle longitudini*) in tanti tratti uguali al primo di longitudine.



Dall'origine della scala delle longitudini si traccia un raggio, facente con la detta scala un angolo uguale alla *latitudine media* della zona da rappresentare. Dai numeri di divisione della scala delle longitudini s'innalzano tante perpendicolari alla scala stessa, le quali incontrando il raggio inclinato determinano le divisioni della *scala delle latitudini* o delle *distanze*.

Nei punti d'incontro delle perpendicolari col raggio inclinato vengono, segnati i numeri corrispondenti alle divisioni. Queste divisioni possono anche essere riportate sul margine sinistro della carta facendole ruotare di un angolo uguale alla *colatitudine media* della zona da rappresentare. In tal caso la *scala delle longitudini rimane orizzontale* e quella delle *latitudini verticale*.

Infatti, abbiamo visto che, man mano che ci si allontana dall'equatore, la lunghezza del miglio sulla Carta si dilata secondo la secante della latitudine. Pertanto, per un piccolo valore di $\Delta\varphi$, si può supporre uniforme la dilatazione del miglio, che fa assumere alla lunghezza del miglio il valore:

$$u \cdot \sec \varphi_m$$

La scala grafica per la costruzione del reticolato risolve appunto la formula $u \cdot \sec \varphi_m$.

Il Piano Nautico

Il Piano nautico è la rappresentazione di una piccola zona della superficie terrestre. Si proietta, dal centro della Terra, ogni punto della zona sopra un piano che è tangente nel punto centrale della calotta da rappresentare (porti, rade, stretti, isolette, ecc.).



Particolare del Piano Nautico del Porto di Viareggio

Il Piano Nautico è quindi particolarmente utile per la scelta degli ancoraggi, per l'ormeggio nei porti o nella navigazione in acque ristrette. Data la limitata estensione della zona, si può ritenere che tutto il piano sia praticamente coincidente con la superficie terrestre da rappresentare.

Le misure angolari, lineari e superficiali sono praticamente inalterate; la carta può ben dirsi *isogona*, *isometrica*, *equivalente*, pur essendo una rappresentazione ridotta, secondo una certa scala, della superficie terrestre.

I *meridiani* sono rappresentati da rette convergenti, ma l'angolo di convergenza è talmente piccolo che le rette appaiono parallele. I *paralleli* sono linee curve, ma con una curvatura talmente piccola da poterli ritenere rettilinei; essi intersecano *ortogonalmente* i meridiani.

In conseguenza della *rettificazione dei meridiani* e del *virtuale isogonismo* della carta, la *lossodromia* sferica è rappresentata praticamente da una *retta*. L'*ortodromia* è invece rigorosamente una *retta*.

Il Piano Nautico *discende* da una proiezione gnomonica generale, con punto di tangenza nel *centro* della carta stessa.

Le *scale* dei Piani Nautici sono sempre superiori a $1 : 50000$ e possono giungere fino a $1 : 2000$.

LETTURA ED INTERPRETAZIONE DELLE CARTE NAUTICHE

Una carta nautica, oltre ad essere una *rappresentazione approssimata* e *ridotta* di una parte della superficie marina e costiera, è anche una *rappresentazione simbolica*, in quanto, per rappresentare i diversi *oggetti geografici*, bisogna far uso di *simboli* e *segni speciali*.

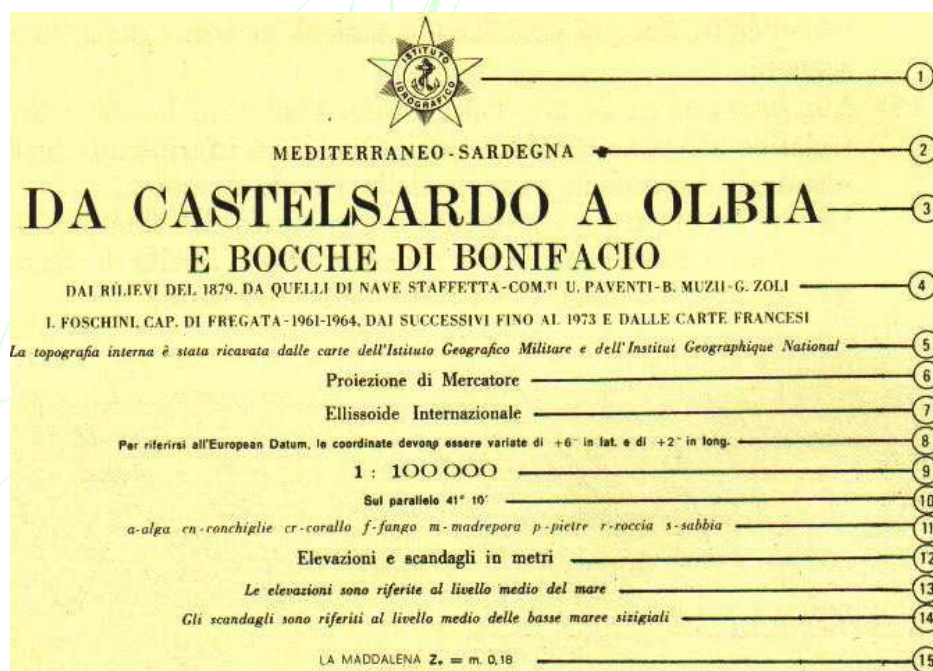
La conoscenza esatta dei *grafismi*, *simboli* e *codici* utilizzati sulle carte nautiche è pertanto indispensabile per la lettura e l'interpretazione delle stesse.

Le informazioni nautiche riportate sulle carte edite dai vari Istituti Idrografici sono in genere uniformate ad uno standard concordato nell'ambito dell'International Hydrographic Organization (IHO), Organizzazione Intergovernativa Internazionale con sede nel Principato di Monaco, preposta al coordinamento delle attività svolte dagli stati membri.

Titolo della carta

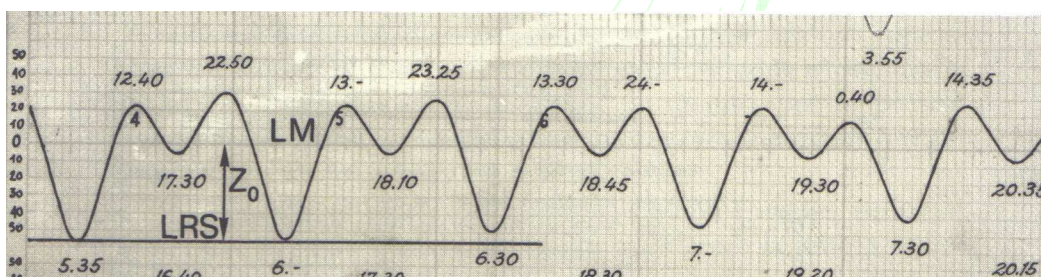
Generalmente è posto in un angolo della carta o in una parte della carta che non interessa la navigazione (ad esempio una zona interna della costa). Esso, a sua volta, contiene diversi elementi ed informazioni che sono:

1. *Lo stemma dell'Istituto Idrografico* che ha pubblicato la carta.
2. *Il nome del mare* cui si riferisce la zona rappresentata.
3. *Il nome della carta* la cui dicitura varia in funzione della scala adoperata (ad esempio: «Porto di...» «Porto minore di...» «Litorale di...» «Golfo di...» «Da Castelsardo ad Olbia e Bocche di Bonifacio»).
4. *La descrizione dei rilievi* cioè i dati o le fonti d'informazione con cui la carta è stata costruita.
5. *L'origine della topografia interna*.
6. *Il tipo di proiezione* impiegato per la costruzione del reticolato.
7. *L'ellissoide di riferimento* che è quello adottato nella conferenza di Madrid del 1924.



8. *L'European Datum* è un sistema di coordinate geografiche valide per tutta la rete europea che differisce di alcuni secondi di latitudine e longitudine dall'Ellissoide Internazionale di riferimento.
9. *La Scala di riferimento della carta*.

10. Il parallelo di riferimento della carta che è il parallelo a cui si riferisce la scala numerica indicata nel titolo.
11. Le abbreviazioni relative alla natura del fondo marino (tra parentesi, i simboli internazionali). Le più importanti sono: *s* = sabbia; *f(M)* = fango; *Cy* = argilla; *Si* = melma; *p(St)* = pietre; *G* = ghiaia; *P* = ciottoli piccoli; *Cb* = ciottoli grandi; *r (R)* = roccia; *cr* = corallo; *m* = madrepora; *a* = alga; *Cn (Sh)* = conchiglie; *s.f. (S.M.)* = sabbia e fango; *a (Wd)* = erbe marine; *(Oy)* = ostriche; *(Ms)* = cozze; *(Rf Br)* = Scogli.
12. Le unità di misura delle elevazioni e dei fondali. Nelle carte italiane sono espresse in metri, mentre nelle carte inglesi possono essere espresse in braccia.
13. Il livello di riferimento delle elevazioni che è il livello medio del mare.
14. Il livello di Riferimento degli Scandagli che è il livello medio delle Basse Maree sizigiali. Le sizigie sono due posizioni in cui la Terra, il Sole e la Luna sono in congiunzione equatoriale. Riferendo i fondali a tale livello si ha la certezza che nel punto considerato l'acqua non scende mai al di sotto della cifra segnata.
15. L'indicazione di Z_0 , cioè l'altezza del livello medio del mare (relativo alla zona considerata) sul Livello di Riferimento degli Scandagli. Esso viene ricavato dalle Tavole di Marea. La figura seguente mostra graficamente il significato del simbolo Z_0 : è la differenza tra il livello medio del mare (LM) e il Livello di Riferimento degli Scandagli (LRS).



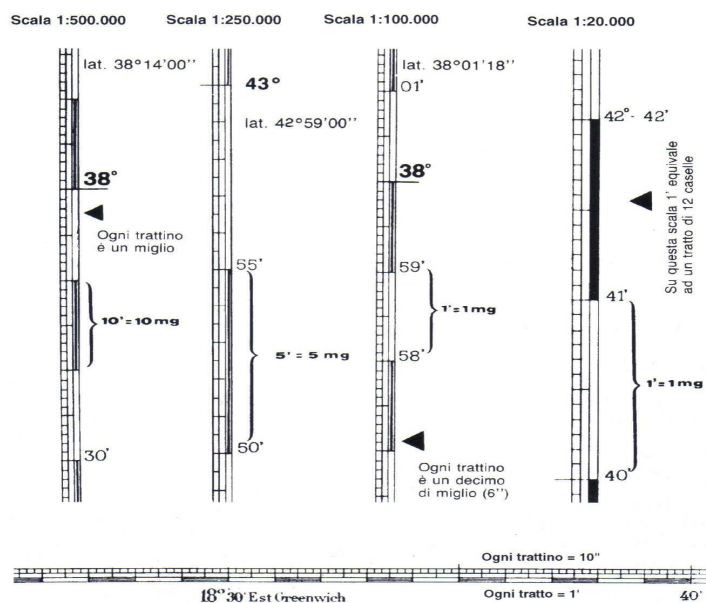
Indicazioni delle carte nautiche

1. Data di pubblicazione e dell'ultima edizione: viene riportata nel margine inferiore del foglio.
2. Il numero della carta: viene riportato nella parte destra del margine inferiore e nella parte sinistra del margine superiore (capovolto).
3. Variante degli avvisi ai naviganti: viene riportata in basso e a sinistra di ogni carta nautica. Serve ad indicare la posizione in cui vanno scritti gli estremi degli avvisi ai naviganti. Gli estremi sono costituiti da una frazione al cui numeratore si mette il numero del fascicolo e dell'avviso e al cui denominatore si mette il numero progressivo della correzione su quella particolare carta.



4. L'indicazione "Carta Ufficiale dello Stato": posta generalmente in basso a destra del foglio.
5. Le Rose dei venti: disegnate in colore magenta con l'interno il valore della declinazione magnetica.

6. *Le dimensioni lineari della carta:* sono poste in un angolo interno della graduazione e servono per verificare le *deformazioni* che il foglio può subire nel tempo.
7. *Le coordinate degli spigoli della carta:* vengono scritte in alto a destra e in basso a sinistra e sono espresse in secondi.
8. *L'indice grafico,* che riporta le carte a scala maggiore contenute nella carta stessa.
9. *Le graduazioni:* sono riportate sulle scale laterali delle latitudini e sulle scale orizzontali delle longitudini. La numerazione dei *gradi, primi e decimi (o secondi)* dipende dalla scala della carta. È buona norma prima di iniziare qualunque operazione di carteggio accertarsi del "passo" di ogni singola divisione.



10. *La numerazione in gradi e primi* varia secondo la seguente tabella:

ogni 2'	Scala della carta	1 : 30'000
ogni 5'	Scala della carta	1 : 40'000
ogni 5'	Scala della carta	1 : 100'000
ogni 15'	Scala della carta	1 : 250'000
ogni 30'	Scala della carta	1 : 500'000
ogni 1°	Scala della carta	1 : 1'000'000
ogni 2°	Scala della carta	1 : 2'000'000
ogni 5°	Scala della carta	1 : 3'000'000

11. *Le linee batimetriche o isobate* vengono rappresentate per le profondità di : 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 500, 1000, 2000, 3000 metri. Naturalmente, a seconda della scala impiegata, la serie può essere più o meno completa; in ogni caso è sempre presente la *batimetrica dei 200 metri* che delimita la piattaforma continentale. In alcune carte a grande scala le zone comprese fra le linee batimetriche vengono colorate con tinta azzurra di tonalità diverse.
12. *I fondali o scandagli* vengono identificati con un *numero* e vengono distribuiti sulla carta in modo da darne al lettore l'idea della variazioni più significative, come ad esempio bassi fondali isolati o fosse marine con profondità superiore a quella della zona circostante.
13. *La simbologia nautica* (boe, fari, fanali, scafi affondati, zone interdette alla navigazione, ecc) viene riportata sulla *Pubblicazione N.111 (Segni convenzionali ed abbreviazioni)*.

Principale simbologia delle Carte nautiche

Progressivamente i simboli (*) italiani verranno sostituiti da quelli internazionali.

PUNTI DI RIFERIMENTO	PERICOLO	LUCI
<p>* Campanile</p> <p> Punto trigonometrico</p> <p> Punto di dettaglio</p> <p> Sommità quota</p>	<p> Scogli ora emersi ora sommersi</p> <p> Scogli a fior d'acqua al livello riduzione scandagli</p> <p> Scogli coperti da meno di m 2 d'acqua</p> <p> Scafo affondato in parte emergente</p> <p>* Scafo affondato coperto da meno di m 18 d'acqua</p> <p>* Scafo affondato con battente d'acqua noto</p> <p> Relitto non pericoloso con battente d'acqua sconosciuto</p> <p><i>B.co</i> Banco</p> <p>* <i>S.ca</i> } <i>Secca</i> Basso fondo</p> <p><i>S.co</i> Scoglio</p> <p><i>Sc.ra</i> Scogliera</p> <p>* Limite di pericolo</p> <p> Segno di evidenza</p>	<p> Sirena su un faro Fl. 3 s 70m 29M Siren Mo (N) 60s</p> <p> Faro Lighthouse</p> <p> Fanale Light</p> <p> Aerofaro, aerofanale Aero Al.FI.WG. 7,5s 11M</p> <p> Faro AREOMARITTIMO Marine and aero light</p> <p> Meda luminosa Light beacon *</p> <p> Battello fanale Light vessel</p> <p> Piattaforma con luce Lighted offshore platform</p> <p> Luce principale omnidirezionale con luce ausiliare rossa che evidenzia un pericolo</p> <p> Luce direzionale con settore ristretto e rotta da seguire affiancata da oscurità o luce attenuata Dir 269°</p>
STAZIONI RADIO		LIMITI VARI
<p> RC Radiofaro circolare</p> <p> RG Stazione radiogoniometrica</p> <p> RT Stazione radiotelegr.</p>		<p> Rotta con guida radar</p> <p> Dispositivi di separazione del traffico</p> <p> Cavo sottomarino (elettrico ecc.)</p> <p> Tubazione sottomarina</p> <p> Rotta consigliata (non segnalata da boe e mede)</p>
BOE E MEDE		
<p> <i>Q(6) + LFl. 15s</i> Boa luminosa con corno <i>YB Horn (1) 15s Whis</i></p> <p> Boa conica Conical buoy</p> <p> Boa sferica Spherical buoy</p> <p> Boa ad asta Spar buoy</p> <p> Boa a fuso Pillar buoy</p> <p> Boa con miraglio Buoy with topmark</p> <p> Boa a barile Barrel buoy-Tun buoy</p> <p> Boa d'ormeggio Mooring buoys</p>		
PORTI E RADE		
<p> Capitaneria</p> <p> Porto turistico Yacht harbour, marine</p> <p> Ancoraggio grandi navi *</p> <p> Ancoraggio piccole navi *</p>		

	Ancoraggio - Porto turistico		Rotta a
	Ancoraggio e pesca vietati		senso unico
	Zona di precauzione		Relitto pericoloso
o Tr.	Torre, torretta		Relitto non pericoloso
	Mulino a vento		Segnali galleggianti con risponditore Radar
+	Ciminiera - Chiesa		Racon Racon
	Serbatoio - Fiamma		Radiofaro circolare marittimo o aeromarittimo
o	Pilone radio-TV		RC
	Torre radio		Ancoraggio consigliato (senza limiti)
	Whis		Punto di fonda Anchor berths
	Boa laterale - Cardinale W		
	COLORI DELLE LUCI RG = Rosso - Verde BRB = Nero - Rosso - Nero YB = Giallo - Nero YBY = Giallo - Nero - Giallo YRW = Giallo - Rosso - Bianco		Ancoraggio vietato Anchoring prohibited
			2 Bns \neq 270,5°
			2 Bns \neq 270° 30'
			Allineamento (la linea continua indica il canale) Leading line (firm line is fairway)
	Roccia ora emersa ora sommersa		090,5° - 270,5° Rotta consigliata che non si basa su segnali fissi
	Roccia isolata		Vortici
	Scoglio a fior d'acqua		Corrente di flusso ed intensità
	Roccia sempre sommersa		Meda rifugio Refuge beacon
	Limite zona rocciosa		Meda su scoglio sommerso (con miraglio appropriato)
	Relitto con battente d'acqua noto		Meda con miraglio, colore, riflettore radar
	Scafo affondato emergente		Boa con miraglio, colore, riflettore radar
	Banco		
	Posiz. approx.,- dubbia, esist. dubbia		
	Batimetrica (isobata dei m 30)		

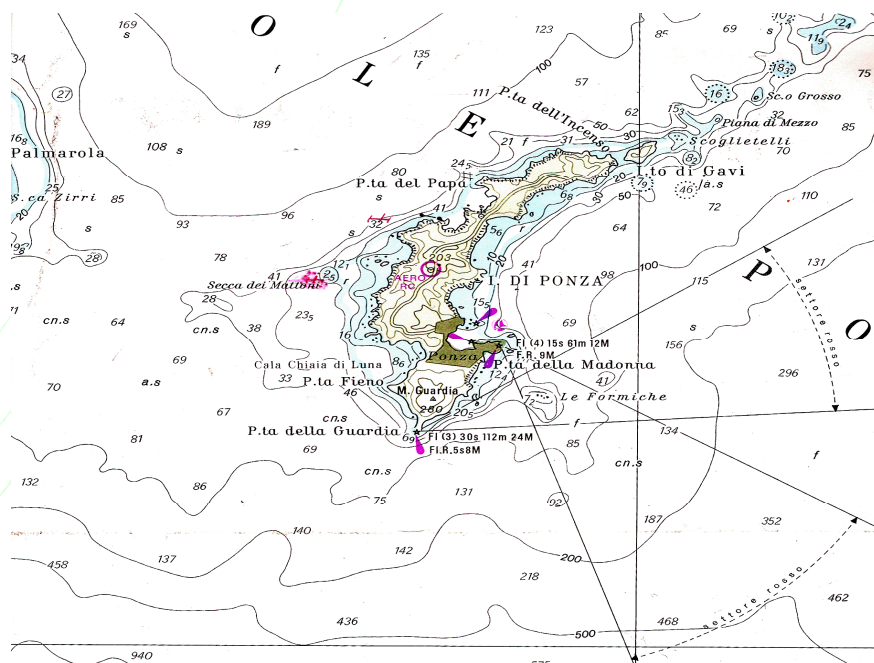
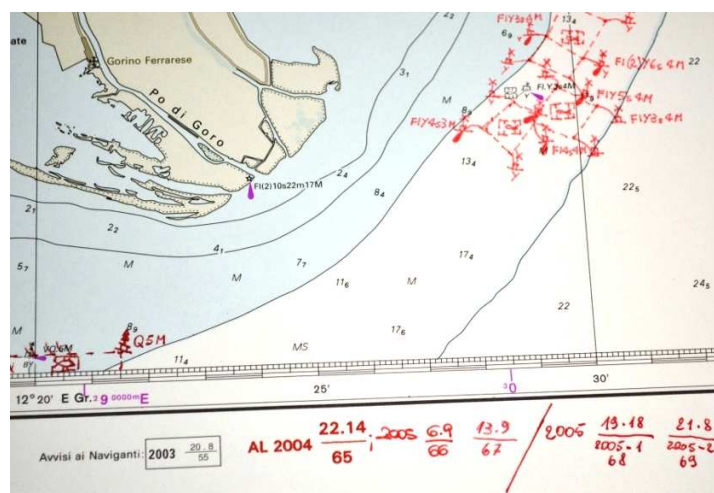
Aggiornamento delle carte e dei documenti nautici

Tutte le indicazioni riportate sui documenti nautici debbono essere aggiornate continuamente. A tale scopo gli Istituti e gli Uffici Idrografici pubblicano periodicamente gli "Avvisi ai naviganti" nei quali comunicano le variazioni sopravvenute alle opere portuali, al segnalamento marittimo, eventuali pericoli idrografici (scafi sommersi, relitti, ecc.).

L'Istituto Idrografico della Marina invia settimanalmente un fascicolo di "Avvisi ai naviganti". Ogni Ufficiale di Navigazione deve eseguire con molta cura le correzioni stabilite negli Avvisi.

Le Carte Nautiche vanno aggiornate ogni 15 giorni. Per conoscere l'attendibilità di una carta è necessario controllare *in basso a sinistra* sulla carta stessa la data dell'aggiornamento.

Gli aggiornamenti sono trascritti uno di seguito all'altro con la forma indicata in figura.



Fari e fanali – Particolare della carta n° 8, Isola di Ponza

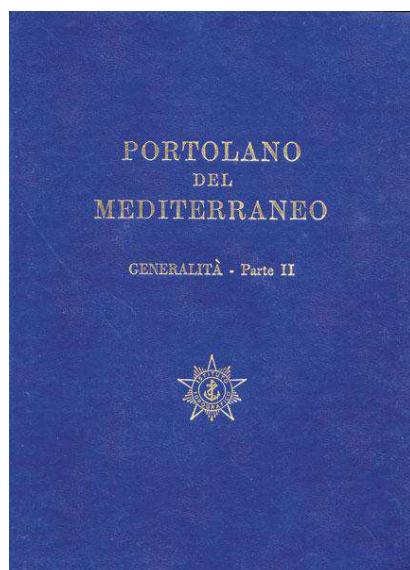
I fari e i fanali, la cui posizione è determinata con alta precisione, sono indicati con una piccola stella nera e sono contraddistinti dal piccolo simbolo in colore Magenta che ha lo scopo di evidenziarli con immediatezza rispetto agli altri punti cospicui segnati sulla carta.

I due fari dell'isola, situati su Punta della Guardia e su Punta della Madonna, sono caratterizzati dalla presenza di due settori a luce rossa che indicano la situazione di pericolo dovuta agli scogli in prossimità dell'avvicinamento al porto dell'isola denominati "le Formiche".

ALTRE PUBBLICAZIONI NAUTICHE

Non tutte le *informazioni idrografiche* possono essere riportate sulle carte nautiche. Esistono pertanto *altre pubblicazioni nautiche* che completano le informazioni contenute nelle carte. Le principali sono:

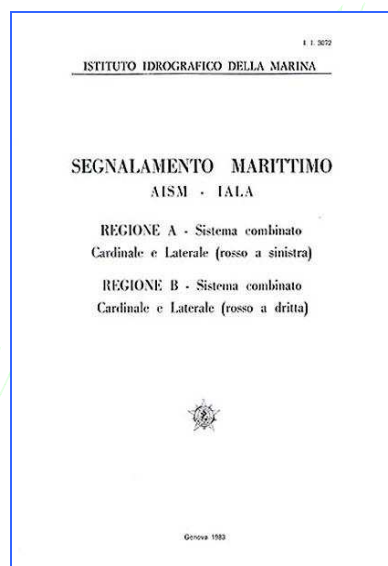
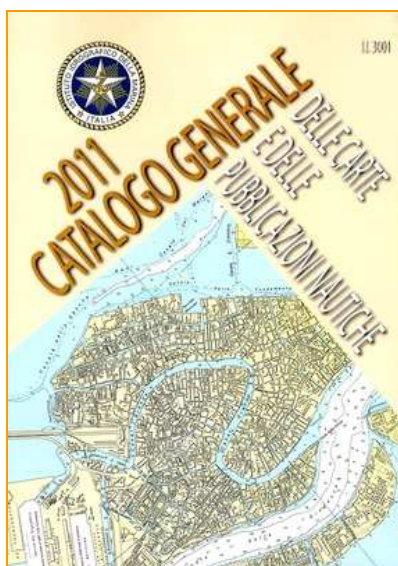
1. **Portolani** (*pilots o sailing directions*). Forniscono utili informazioni sui pericoli esistenti, sulle condizioni locali del tempo, sulle correnti, sui segnali e sul servizio dei porti. Descrivono le coste, i fondali i segnali di navigazione e danno notizie di carattere logistico, politiche ed altre.
2. **Elenco dei fari e fanali e segnali da nebbia**. Contiene le indicazioni sui *fari e fanali* e le loro caratteristiche: portata, altitudine, ecc..



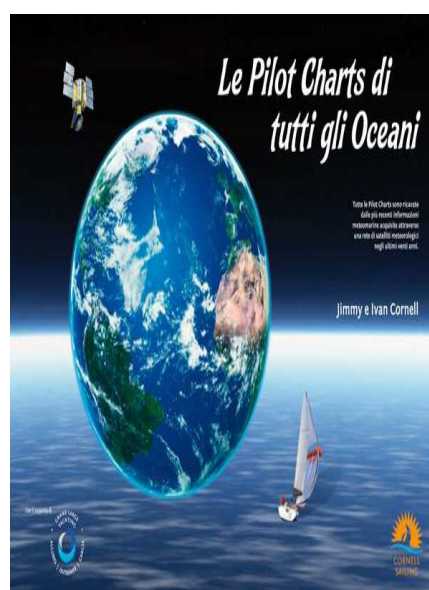
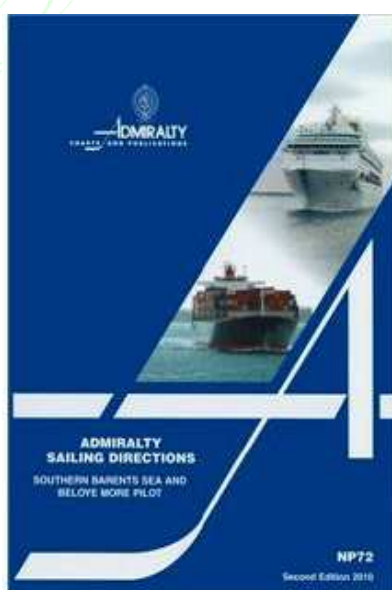
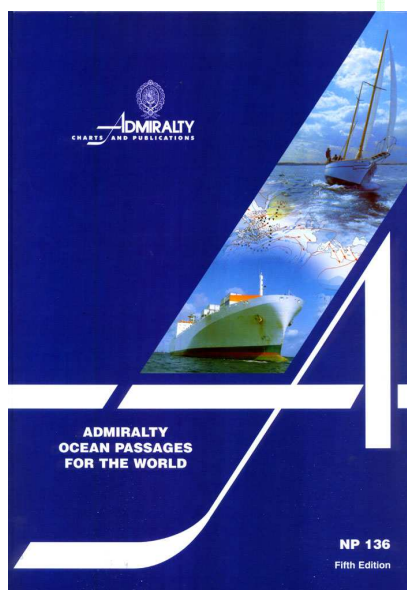
3. **Radioservizi per la navigazione**. Contengono tutte le informazioni utili al navigante sui sistemi di radionavigazione, sui bollettini meteo-marini, sui segnali radiorari ecc.. Esistono inoltre altre pubblicazioni di vario genere che vengono talvolta consultate dai naviganti e sono generalmente pubblicate dai servizi idrografici.
4. **Tavole di marea**. Riportano le ore delle alte e basse maree, le relative altezze rispetto al livello di riferimento degli scandagli e le correnti di marea.



5. **Effemeridi.** Forniscono le coordinate astronomiche degli astri (66 stelle di 1^a e 2^a grandezza; 4 pianeti: Venere, Marte, Giove, Saturno) ed altre informazioni, come l'ora del sorgere e tramonto della Luna e del Sole, la durata dei crepuscoli ecc..
6. **Tavole nautiche.** Sono raccolte di tavole che consentono di risolvere vari problemi di navigazione: tavole del punto stimato; per la navigazione costiera e astronomica; per la correzione delle girobussole, del radiogoniometro ecc..
7. **Cataloghi delle carte e pubblicazioni nautiche.** Contengono i titoli delle pubblicazioni del relativo servizio idrografico, l'anno in cui è stata edita, le correzioni e gli aggiornamenti di pubblicazioni nautiche, ecc..



8. Altre pubblicazioni (anche straniere): Ocean Passages for the World, Sailing Directions, Pilot Charts, ecc..



NAVIGAZIONE COSTIERA

GENERALITÀ

Viene definita *Navigazione costiera*, la navigazione condotta in vista della costa, utilizzando i punti cospicui per il controllo della *posizione* e della sua *direzione*. Date le distanze *piccole* degli oggetti osservati, la zona ove si svolge la navigazione può essere considerata *piana* e così le *linee di posizione*. Per tale motivo la navigazione costiera viene talvolta chiamata *Navigazione Piana*.

I punti notevoli della costa vengono generalmente osservati con *strumenti ottici*, anche se è consuetudine, specie di notte, ricorrere all'ausilio del *Radar* per le misure di *rilevamenti* e *distanze*.

A differenza della *navigazione di altura*, per i notevoli pericoli esistenti sotto costa, la navigazione costiera esige un controllo frequente della posizione e della rotta con diligenza e precisione.



Il Faro di Vieste, 3816 (E 2288), sorge sullo scoglio di Santa Eufemia. La sua posizione risulta strategica per le rotte di navigazione tra il medio e basso Adriatico. Coordinate ($\varphi = 41^{\circ}53'03''$ N ; $\lambda = 16^{\circ}11'01''$ E), automatizzato dal 1997. Portata: 25 miglia; segnale: grp 3 lampi bianchi, periodo 15^s.

LE LINEE DI POSIZIONE

Nella Navigazione costiera si utilizzano gli oggetti terrestri per determinare la posizione della nave (*Punto Nave*). I metodi e gli strumenti necessari per operare la misura dei *parametri* dipendono dalla *tecnologia disponibile*. Tali parametri consentono di determinare dei *luoghi di posizione*, che altro non sono che dei *luoghi geometrici* su cui viene a trovarsi la nave.

I luoghi di posizione impiegati nella navigazione costiera sono:

- *semiretta di rilevamento*
- *allineamento*
- *cerchio di uguale distanza*
- *cerchio capace (cerchio di uguale differenza di azimut)*
- *batimetrica*

1 - Semiretta di rilevamento

Si definisce rilevamento di un oggetto l'angolo compreso tra il meridiano passante il *punto in cui si trova la nave* e la *retta congiungente* la nave con oggetto rilevato.

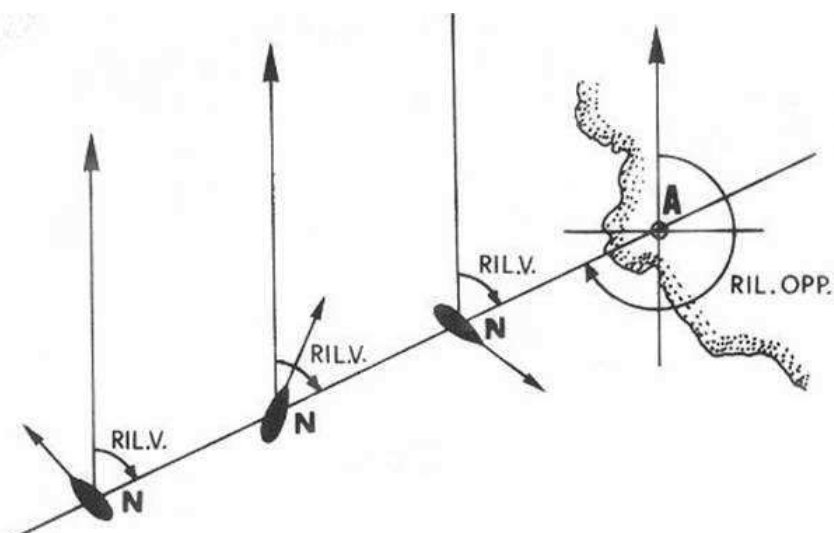
Sulla carta andrà tracciata una semiretta con origine il punto osservato e formante con il meridiano un angolo pari al valore del rilevamento letto dalla nave aumentato o diminuito di 180° :

$$Ril_{vopp} = Ril_v + (-) 180^{\circ}$$

Naturalmente se non si conosce il rilevamento vero ma quello bussola, esso andrà corretto

$$Ril_v = Ril_b + \delta + d \quad (\text{algebraica})$$

Con d e δ declinazione e deviazione magnetica.

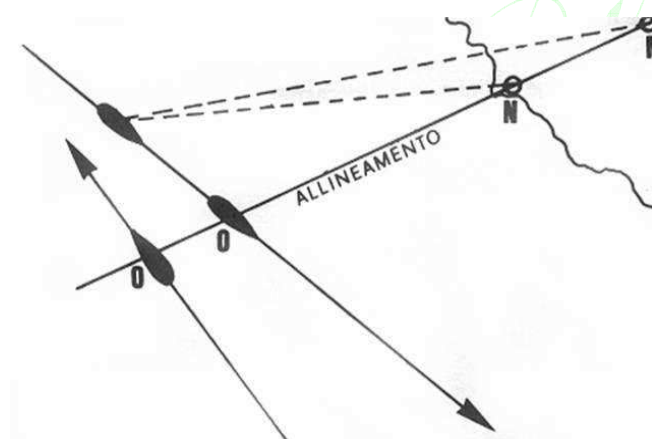


Semiretta di rilevamento determinata dalla misura del rilevamento del punto A

2 - Allineamento

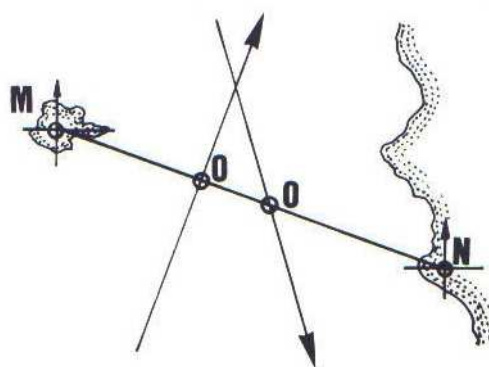
Due oggetti della costa si dicono allineati quando quello più lontano rimane coperto da quello più vicino. La semiretta che unisce i due punti, passa in tal caso anche per la nave e determina quindi un luogo di posizione.

Un allineamento si dice *sensibile* quando anche con un *piccolo* spostamento della nave dall'allineamento, l'oggetto più lontano rimane scoperto da quello più vicino. I due oggetti devono essere quindi *adeguatamente distanziati*.



Allineamento esterno

Caso particolare del cerchio capace per angolo $\Delta\alpha = 0^\circ$.

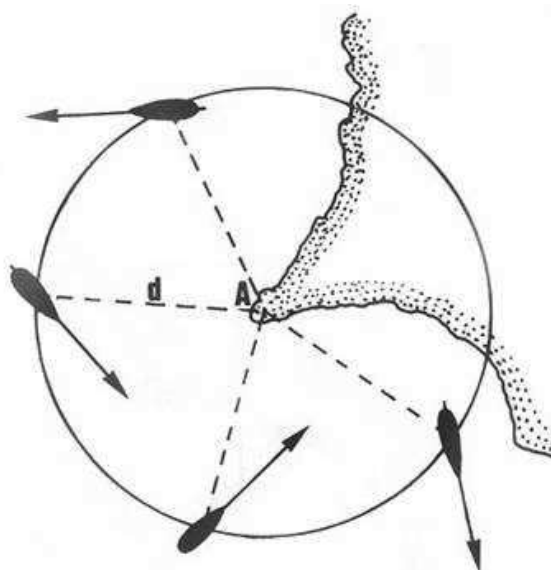


Allineamento interno

Caso particolare di cerchio capace per angolo $\Delta\alpha = 180^\circ$.

3 - Cerchio di uguale distanza

Si definisce *cerchio di uguale distanza* la *circonferenza* che ha per centro l'oggetto rilevato e per *raggio* la distanza, espressa in miglia, tra la nave e l'oggetto. Il cerchio di uguale distanza è un luogo di posizione in quanto tutte le navi che si trovano su di esso misureranno la *stessa distanza* tra loro e l'oggetto.



Cerchio di uguale distanza. La distanza si misura di solito con il radar.

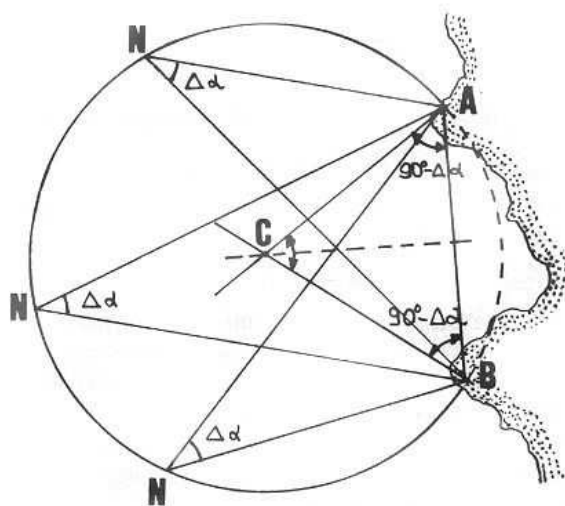
4 - Cerchio capace (cerchio di uguale differenza di azimut)

Quando sono visibili due oggetti dalla costa, la cui posizione geografica sia indicata esattamente sulla carta, si può ottenere un luogo di posizione molto preciso detto *cerchio capace*.

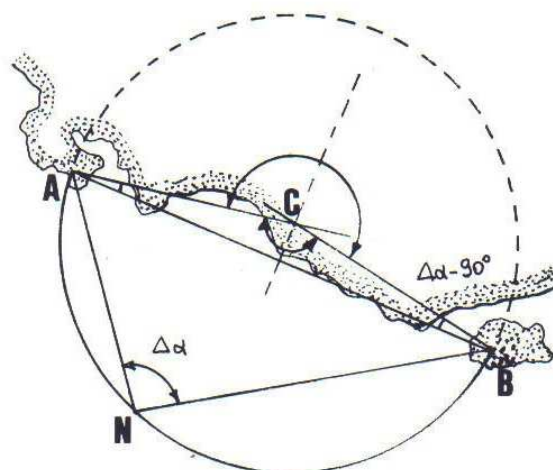
Il cerchio capace si ottiene rilevando i due oggetti ottenendo i due rilevamenti $Rilv_B$ e $Rilv_A$. Si esegue la differenza dei due angoli:

$$\Delta\alpha = Rilv_A - Rilv_B$$

$\Delta\alpha$ è generalmente *minore* di 90° .



Cerchio capace determinato dalla misura orizzontale dell'angolo $\Delta\alpha < 90^\circ$.



Cerchio capace per $\Delta\alpha > 90^\circ$

Si unisce con un segmento il punto A con il punto B e da tali punti si tracciano due semirette inclinate di un angolo pari a $90^\circ - \Delta\alpha$ dalla parte del mare.

Con il compasso si fa centro in C e con raggio $CA = CB$ si traccia una circonferenza che passa per i punti A, B e N .

Se $\Delta\alpha$ risulta essere $> 90^\circ$ si tracceranno dai due punti A e B due semirette inclinate di $90^\circ - \Delta\alpha$ ma dalla parte della terra.

Il cerchio capace è un luogo di posizione in quanto tutte le navi su di esso misureranno lo stesso valore di $\Delta\alpha$.

5 - Batimetrica

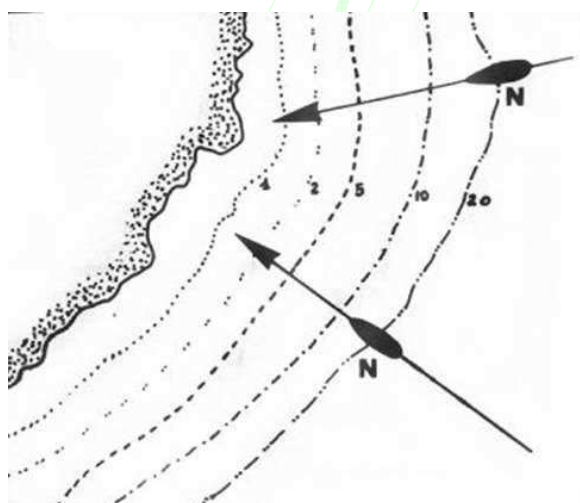
Se non è possibile l'osservazione di oggetti costieri (per scarsa visibilità), si può determinare una linea di posizione con la misura della profondità. Sulla carta nautica infatti sono tracciate delle linee dette *batimetriche* che uniscono tutti i punti di uguale profondità.

Lo strumento che consente la misura della profondità è detto *scandaglio*, che può essere di due tipi: a *piombo* o *elettroacustico* (*ecoscandaglio*).

Lo scandaglio a piombo è composto da un piombo e da una sagola variamente marcata. Può essere usato con profondità fino a circa 30 metri.

L'*ecoscandaglio* funziona emettendo *onde acustiche* attraverso un particolare *trasduttore* che si trova sotto la carena della nave. Il segnale sonoro viene riflesso dal fondo marino e ritorna verso il trasduttore.

Misurando il *tempo impiegato* dal segnale a compiere il tragitto dalla nave al fondo e ritorno e conoscendo la velocità del suono nell'acqua è possibile ricavare la distanza percorsa dal segnale e quindi la profondità.



Linee batimetriche tracciate sulla carta. I fondali sono riferiti al Chart Datum (o linea di riferimento degli scandagli).



Scandaglio a mano

Trasporto di un luogo di posizione

Per poter determinare il *Punto nave* è necessario che i luoghi di posizione siano contemporanei. Le misure effettuate in istanti diversi non consentono di ottenere questa condizione. In tal caso il luogo di posizione dovrà essere tracciato in un'altra zona di navigazione, mediante l'operazione del *Trasporto*, alla stessa ora.

Per effettuare il trasporto, sarà sufficiente far subire ad ogni punto del luogo di posizione originario, uno spostamento, nella direzione della rotta R_v seguita dalla nave, uguale al cammino percorso fra gli istanti considerati. Tale cammino può essere calcolato con la formula:

$$m = V \cdot (t_2 - t_1)$$

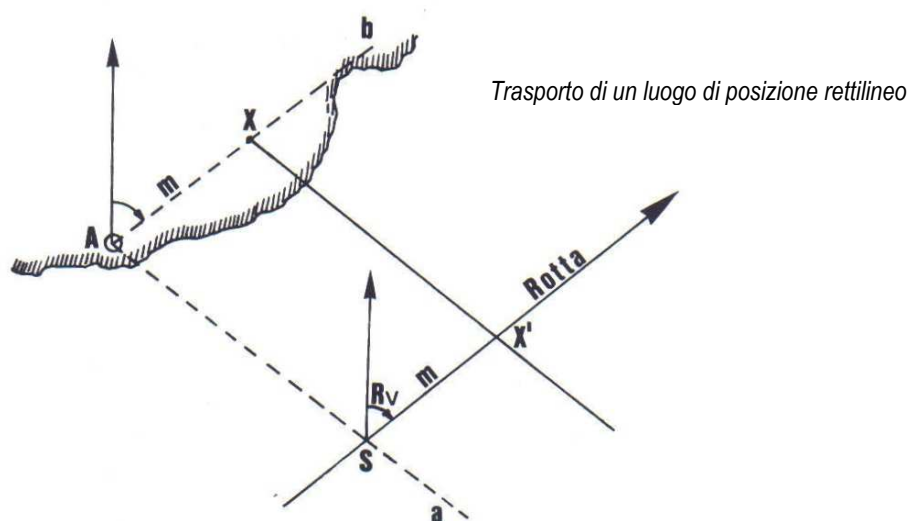
nella quale V è la velocità della nave nell'intervallo di tempo considerato; t_1 è l'ora in cui è stata effettuata la misura del luogo di posizione; t_2 è l'ora in cui si trasporta il luogo di posizione stesso.

Il trasporto è quindi subordinato alla conoscenza della *Rotta vera* e della *Velocità della nave*, elementi che sono stimati.

L'*incertezza* sul luogo di posizione trasportato dipende, perciò, esclusivamente dagli elementi della *stima*, che aumenta con l'aumentare dell'intervallo di tempo.

- Trasporto di una semiretta di rilevamento

Si la semiretta di rilevamento Aa ottenuto all'istante t_1 e che si debba trasportare in un istante successivo t_2 . Dopo aver corretto il $Rilb$ misurato in $Rilv$, lo si traccia sulla carta nautica.



Da un punto qualsiasi del luogo di posizione, ad esempio dal punto A rilevato, si traccia una semiretta Ab avente la stessa direzione della *Rotta vera* e su di essa si stacca, col compasso, il cammino m relativo all'intervallo di tempo $(t_2 - t_1)$.

Per il punto X così ottenuto, si traccia la parallela al luogo di posizione originario, ottenendo il *l.d.p.* trasportato all'istante t_2 . In genere, poiché è già tracciata la *Rotta*, si preferisce trasportare all'istante t_2 , il punto S di intersezione del rilevamento all'istante t_1 con la rotta.

Per il punto X' si traccia la parallela al *l.d.p.* Aa ottenendo la semiretta XX' che rappresenta la semiretta di rilevamento trasportata all'istante t_2 .

- Trasporto di un cerchio capace o di un cerchio di uguale distanza

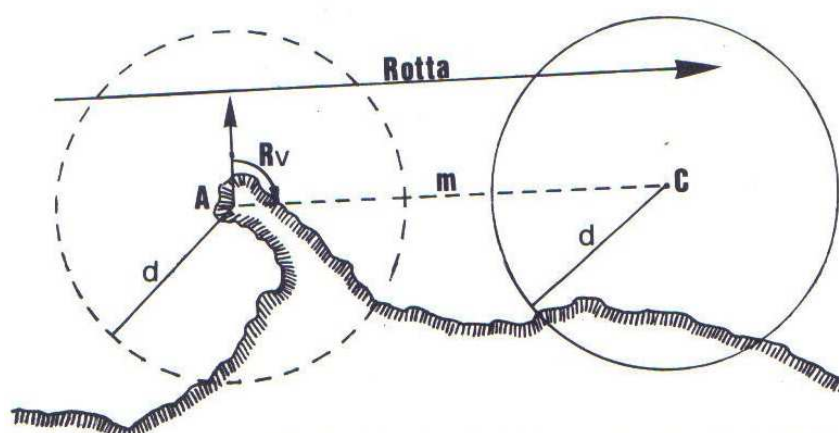
Quando si deve trasportare un luogo di posizione circolare (*cerchio capace* o *cerchio di uguale distanza*) relativo ad un istante t_1 ad un istante successivo t_2 , basterà trasportare in direzione della

rotta vera seguita dalla nave, il centro *A* del luogo di posizione, di una quantità *m* uguale al cammino percorso nell'intervallo di tempo considerato ($t_2 - t_1$). Il punto *C*, estremo del segmento *m*, rappresenta il centro del *l.d.p.* trasportato. Per tracciare il cerchio all'istante t_1 , basterà descrivere una circonferenza di raggio uguale a quello originario ed avente centro nel punto *C*.

In tal modo ogni punto della circonferenza originaria subisce una traslazione *nel senso della rotta* pari al cammino *m* percorso dalla nave nell'intervallo di tempo intercorso fra il tempo t_1 ed il tempo t_2 .

In pratica, sulla carta nautica vanno fatte le seguenti operazioni:

- si descrive la circonferenza al tempo t_1 , con centro in *A* e raggio *d* (distanza misurata direttamente col *radar* o con metodi indiretti).
- si traccia, a partire dal punto rilevato *A*, la parallela alla rotta, e su essa si stacca il cammino *m* calcolato con la relazione $m = V \cdot (t_2 - t_1)$.
- con apertura di compasso uguale alla distanza *d*, si fa *centro in C*, descrivendo la circonferenza trasportata al tempo t_2 .

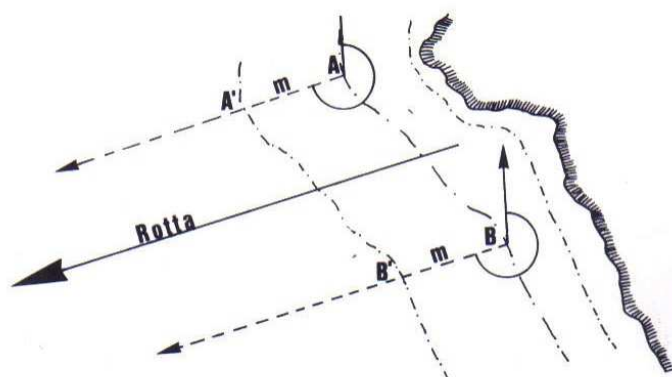


Trasporto di un luogo di posizione circolare.

- Trasporto di una batimetrica

Il trasporto di una linea batimetrica è un'operazione che avviene di rado nella pratica della navigazione costiera. Volendo effettuare il trasporto di essa da un istante t_1 ad un istante t_2 , si dovrà far subire ad ogni punto della linea stessa una *traslazione* nella direzione della rotta, pari ad un cammino *m* percorso dalla nave nell'intervallo di tempo ($t_2 - t_1$).

In pratica basterà trasportare due soli punti del *l.d.p.*, ad esempio i punti *A* e *B* in *A'* e *B'* e per questi ultimi fare passare una linea *batimetrica identica* a quella passante per i punti *A* e *B*, con l'ausilio di un foglio di *carta trasparente* su cui sia stata preventivamente disegnata la linea batimetrica.



Trasporto di una batimetrica

LA DETERMINAZIONE DEL PUNTO NAVE

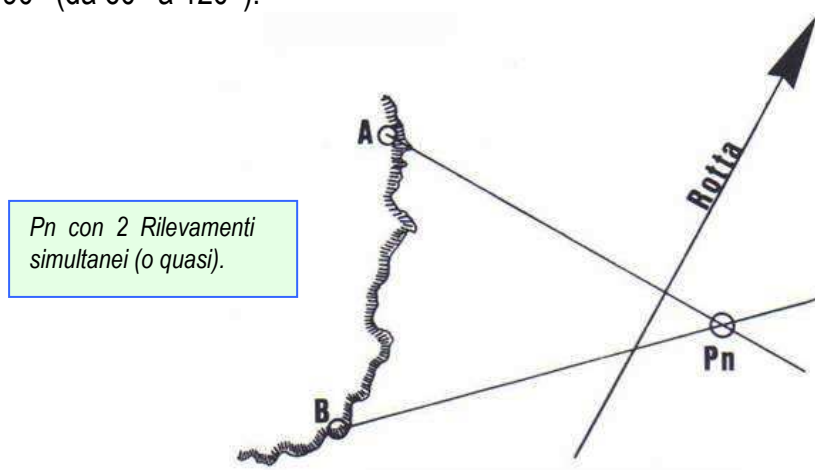
Il Punto Nave (P_n) si determina, nella navigazione costiera, mediante l'intersezione di 2 o più linee di posizione ottenute da osservazioni simultanee, o mediante 2 o più linee di posizione rese simultanee con l'operazione del trasporto. La nave, dovendosi trovare simultaneamente su ciascuna di tali linee, si troverà nel punto di incontro.

Il Punto Nave può essere ottenuto mediante l'intersezione di 2 o più linee di posizione della stessa specie, o mediante l'intersezione di 2 o più linee di posizione di specie diversa.

In generale la scelta delle linee di posizione da usarsi dipenderà dalle circostanze, e soprattutto dal numero e dalla disposizione dei punti della costa che saranno in vista.

- Punto nave con 2 rilevamenti simultanei o quasi di 2 oggetti

È il caso più semplice e frequente che si presenta, in navigazione costiera, per la determinazione del Punto Nave. Nel rilevare i due oggetti costieri è necessario che essi siano ben visibili e siano ben individuati sulla carta nautica, preferendo quelli più vicini e i cui rilevamenti si incrocino con angoli prossimi a 90° (da 60° a 120°).



Tracciate le semirette di rilevamento sulla carta nautica, il Punto-nave è dato dall'intersezione dei due luoghi di posizione. Bisogna ricordare che le due semirette di rilevamento vanno tracciate con il Rilevamenti opposti, dopo aver corretto i Ril_b in Ril_v con le note relazioni:

$$\begin{aligned} Ril_v A &= Ril_b + \delta + d & (\text{algebraica}) & & Ril_v B &= Ril_b + \delta + d & (\text{algebraica}) \\ Ril_{v \text{ opp}} A &= Ril_v A \pm 180^\circ & & & Ril_{v \text{ opp}} B &= Ril_v B \pm 180^\circ \end{aligned}$$

- Punto nave con 2 rilevamenti intervallati di 2 oggetti della costa

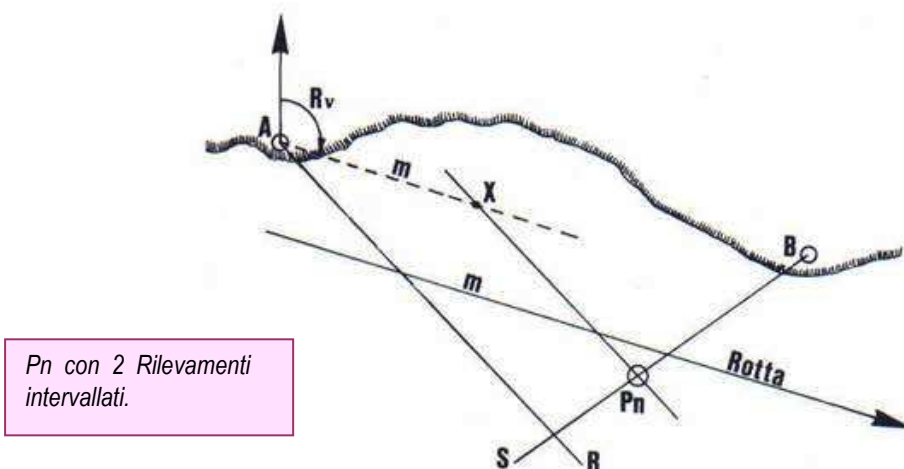
Questo caso si presenta quando, due oggetti noti, ben posizionati sulla carta nautica e bene identificabili dal largo, a causa delle particolari circostanze della navigazione, non possono essere osservati simultaneamente.

Il Punto-nave può determinarsi trasportando la prima semiretta di rilevamento relativa all'oggetto A, all'istante della seconda relativa all'oggetto B. Il P_n ottenuto è sufficientemente esatto a condizione che nell'intervallo di tempo considerato la rotta e la velocità non siano state alterate da cause esterne (vento o corrente).

Il procedimento da seguire per effettuare il P_n è il seguente:

In un determinato istante t_1 si rileva il punto A, ottenendo $Ril_v A$. In un istante successivo t_2 , quando viene in vista l'oggetto B, lo si rileva ottenendo $Ril_v B$.

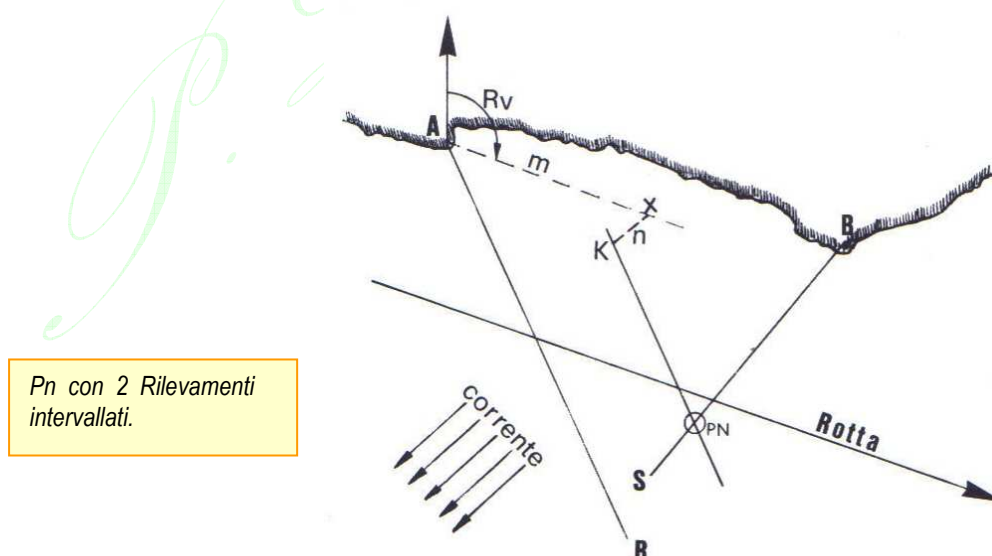
È nota, inoltre, la rotta vera R_v seguita dalla nave e la velocità V .
 Dal punto A si traccia la semiretta AR al tempo t_1 dopo aver corretto il $Rilv_A$ in $Rilv_A$.



Dal punto B si traccia la semiretta al tempo t_2 , con il $Rilv_B$. Dal punto A, o da un qualsiasi altro punto della prima semiretta di rilevamento, si traccia la parallela alla direzione della rotta e su di essa si riporta la lunghezza del cammino m percorso nell'intervallo di tempo $(t_2 - t_1)$ fra i due rilevamenti. Per il punto X si traccia una retta parallela ad AR che intersecherà la retta BS nel punto Pn. Tale intersezione rappresenta il *Punto-nave* all'istante t_2 .

Se nella zona vi è una corrente i cui elementi (A_c e V_c) sono noti, si deve tener conto di essi nella stima del cammino e della rotta, oppure si può operare graficamente nel seguente modo:

- dal punto X si conduce un segmento in direzione dell'azimut corrente e su di esso si stacca il cammino n fatto dalla nave a causa della corrente nell'intervallo di tempo considerato $(t_2 - t_1)$;
- per l'estremo K del segmento n si conduce la parallela alla prima retta di rilevamento, la cui intersezione con la seconda retta di rilevamento BS darà il *Punto-nave* cercato.

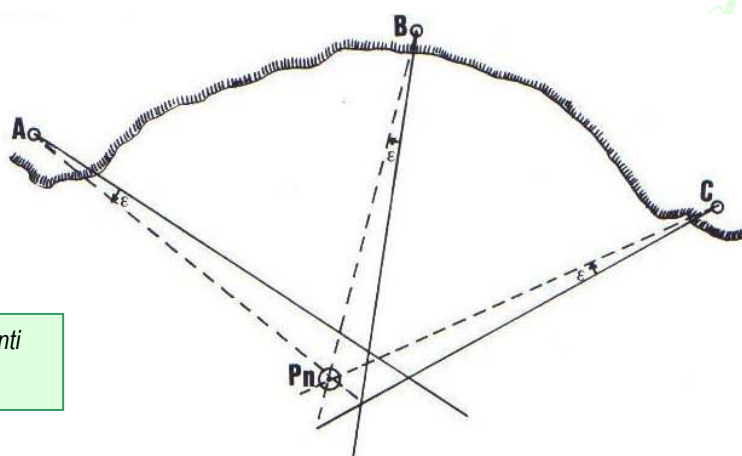


- *Punto nave con 3 rilevamenti simultanei o quasi di tre oggetti costieri*

Quando si hanno a disposizione tre oggetti costieri bene in vista è buona norma determinare il Punto-nave con tre rilevamenti simultanei dei tre oggetti della costa. Infatti il 3° rilevamento non solo serve di controllo per i primi due, ma dà la possibilità di trovare un eventuale errore di natura sistematica commesso nella misura dei rilevamenti o nella correzione degli stessi.

Per determinare il Punto-nave, si tracciano sulla carta nautica i rilevamenti dei tre oggetti dopo averli opportunamente corretti con i valori della declinazione d e deviazione magnetica δ . Se le tre semirette di rilevamento si incontrano in un punto, vuoi dire che non è stato commesso nessun errore ed il punto di intersezione delle rette sarà il P_n cercato.

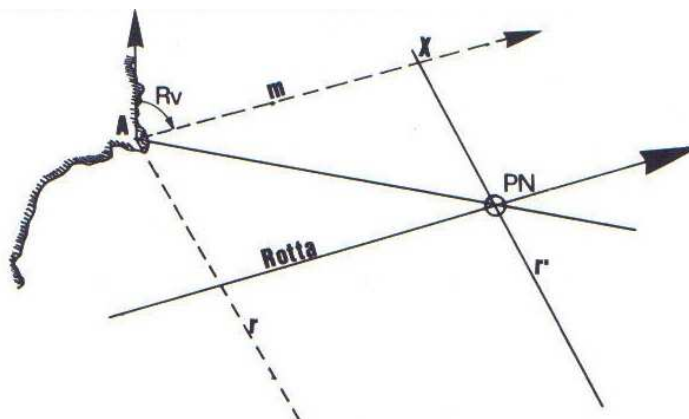
Se, invece, le tre rette non si incontrano in un punto, ma formano un triangolo, vuoi dire che è stato commesso qualche errore sistematico o accidentale nella misura o nella correzione dei rilevamenti, si controllano i valori di d e δ e si verifica se è stato commesso qualche errore di graficismo nel riportare i valori R_{ilv} sulla carta nautica.



Pn con 2 Rilevamenti intervallati.

Se nonostante la verifica effettuata, i tre rilevamenti formano ancora un triangolo, bisognerà prendere in considerazione l'esistenza di un *errore sistematico*. Per ottenere il *Punto-nave* e determinare l'errore si può andare per tentativi, facendo ruotare ogni semiretta di uno stesso angolo ε_s intorno al corrispondente punto costiero rilevato, nello stesso verso, fino a farli intersecare in un punto. In tal caso ε_s rappresenta proprio l'errore sistematico di cui ciascuna retta è affetta. Il P_n sarà il *Punto-nave* esente dall'errore sistematico.

- *Punto nave con 2 rilevamenti intervallati dello stesso oggetto*



Pn con 2 Rilevamenti intervallati dello stesso oggetto

Il *Punto-nave* si ottiene rilevando due volte lo stesso oggetto con un certo intervallo di tempo fra le due misure.

Dal punto A si traccia una semiretta parallela alla rotta seguita dalla nave e su questa semiretta si riporta segmento *m* uguale al cammino percorso nell'intervallo fra i rilevamenti. Per il punto X ottenuto si traccia una retta parallela al primo rilevamento. La intersezione della semiretta di rilevamento trasportata con la seconda ci dà il *Punto-nave* cercato.

Per avere un *Punto-nave* sufficientemente attendibile è necessario che la differenza fra i due rilevamenti successivi sia almeno di 30° e siano noti con sufficiente approssimazione la rotta e la velocità della nave. In zone di forte corrente tale metodo deve essere considerato di ripiego a causa degli inevitabili errori di stima sulla Rv e sulla velocità.

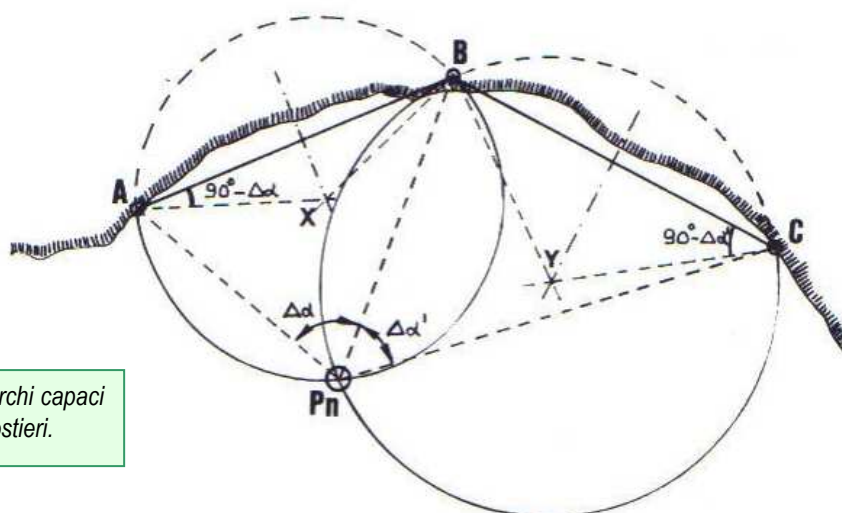
Generalmente, si usa questo metodo quando si è in vista di un solo oggetto e non è possibile misurare la distanza da esso (caso di un faro visto di notte).

- *Punto nave ottenuto con due circonferenze capaci (con misura di 2 angoli orizzontali simultanei o quasi fra 3 oggetti costieri)*

Per la determinazione del *Punto-nave*, si misurano, dalla nave, gli angoli orizzontali fra i punti A e B e successivamente fra B e C. Tali angoli si possono ottenere sia direttamente con l'uso del *sestante* usato orizzontalmente (*oppure dello staziografo*) o anche in modo indiretto facendo la differenza, fra i rilevamenti dei tre oggetti considerati:

$$\Delta\alpha = RilvB - RilvA$$

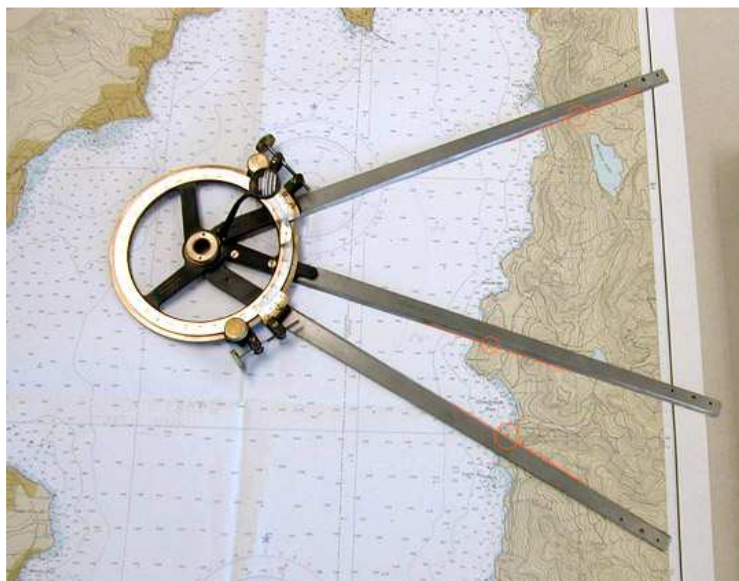
$$\Delta\alpha' = RilvC - RilvB$$



Pn con 2 cerchi capaci fra 3 oggetti costieri.

Con tali misure si tracciano le due circonferenze capaci passanti per A e B e per B e C. Il punto di intersezione sarà il *Punto-nave* Pn cercato.

Poiché il tracciamento sulla carta di Mercatore delle due circonferenze capaci è abbastanza laborioso, spesso si impiega uno strumento chiamato *Staziografo*, il quale permette di mettere a posto il *Punto-nave* sulla carta, senza il tracciamento delle circonferenze. Per quanto riguarda la precisione, il metodo della misura diretta del $\Delta\alpha$ è superiore a quello dei rilevamenti.

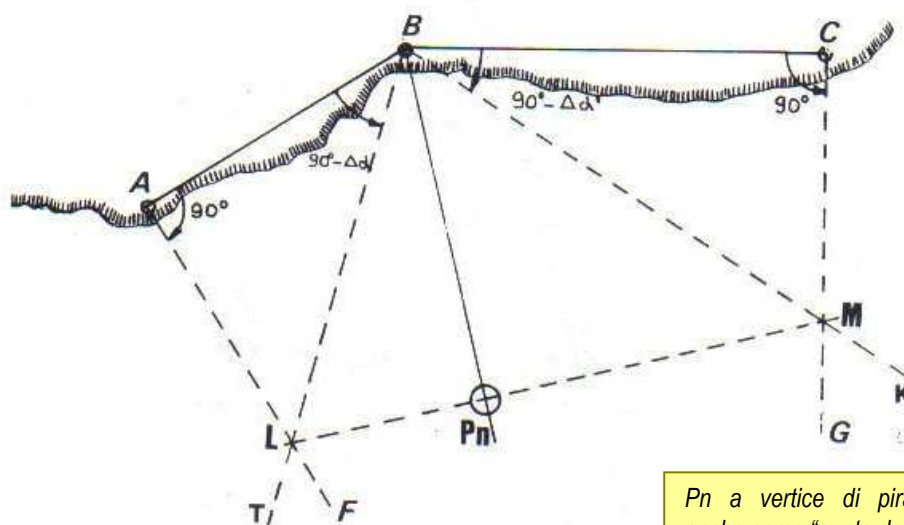


Strumento utilizzato nelle operazioni di carteggio. La sua funzione è quella di determinare rapidamente, e senza calcoli, la posizione della nave sulla carta nautica in prossimità della costa mediante la misura di 3 rilevamenti di altrettanti punti costieri. Lo stazionario risolve il problema di Snellius-Pothenot, noto anche come "punto a vertice di piramide".

- *Punto nave a vertice di piramide*

Tale *Punto-nave* viene ottenuto dall'intersezione di due circonferenze capaci fra tre punti della costa come per il caso già trattato, con la differenza che invece di tracciare le circonferenze sulla carta nautica, si ricorre ad una semplice costruzione geometrica con il solo impiego delle squadrette nautiche.

Innanzitutto si congiungono le coppie di punti AB e BC. Poi dal punto centrale B si tracciano le due semirette BL e BM formanti con il segmento AB e BC rispettivamente gli angoli $(90^\circ - \Delta\alpha)$ e $(90^\circ - \Delta\alpha')$. Successivamente, dai punti A e B si tracciano altre due semirette AL e CM normali rispettivamente ai segmenti AB e BC. Queste due semirette incontrano le due precedenti nei punti L ed M. Si tratterà allora la semiretta LM e dal punto B si condurrà la perpendicolare BPn. Il punto di incontro di tale perpendicolare con la retta LM sarà il *Punto-nave* cercato.



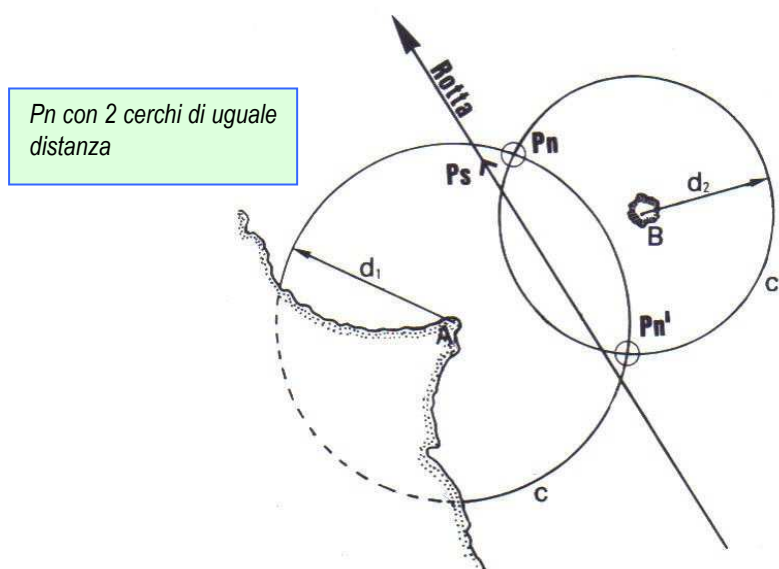
Pn a vertice di piramide, noto anche come "punto del Pothenot"

- *Punto nave con due cerchi di eguale distanza simultanei*

Siano d_1 e d_2 le rispettive distanze dei punti A e B dalla nave. Con centro nel punto A e raggio uguale alla distanza d_1 si descrive la circonferenza c ; successivamente con centro nel punto B e raggio uguale alla distanza d_2 si descrive la circonferenza c' .

La nave, dovendosi trovare su entrambe le circonferenze, si troverà in una delle due intersezioni P_n o P_n' . Delle due posizioni, soltanto P_n rappresenta il *Punto-nave* cercato in quanto è quella più vicina al *Punto-nave stimato* già conosciuto in precedenza.

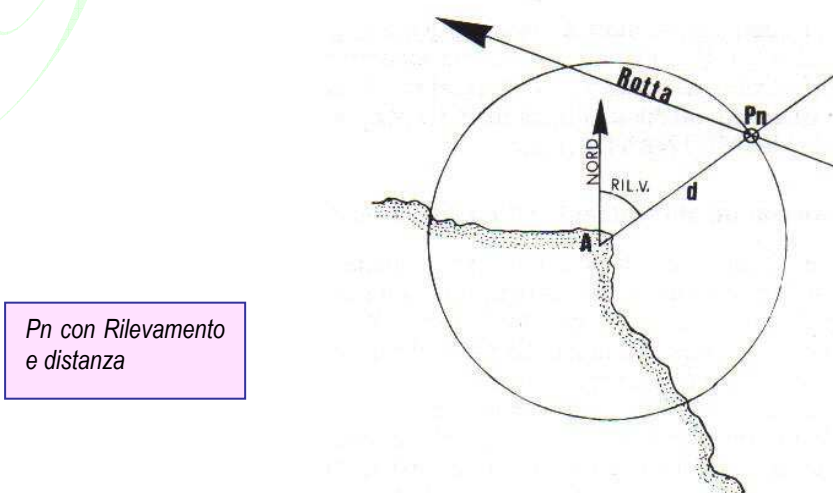
Nella pratica della navigazione costiera si ricorre raramente alla determinazione del *Punto-nave* con due cerchi di eguale distanza poiché si preferisce determinare il P_n con un rilevamento ed una distanza dello stesso oggetto della costa.



- *Punto nave con un rilevamento e una distanza dello stesso oggetto costiero*

L'impiego di tale metodo per la determinazione del *Punto-nave* è molto frequente, soprattutto quando si dispone del *Radar*. Il rilevamento viene misurato otticamente con l'*apparecchio azimutale*, mentre la distanza si misura al *Radar*.

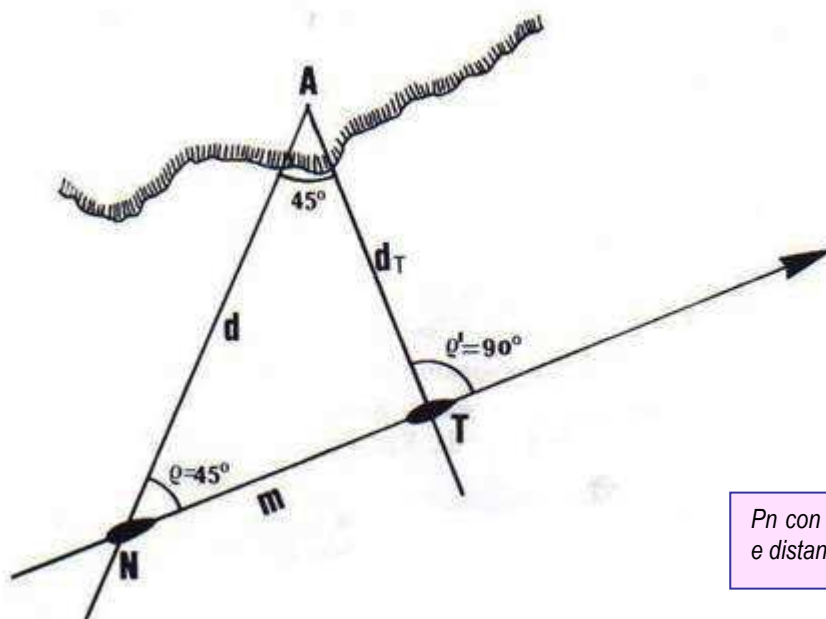
La posizione della nave resta determinata dall'intersezione dei due luoghi di posizione: quello di *uguale rilevamento* e quello di *uguale distanza*. Poiché il raggio è sempre normale alla circonferenza, l'intersezione risulta ottima.



- *Punto nave con il "metodo del 45° e traverso"*

Si definisce *traverso* quella particolare posizione della nave in cui il rilevamento polare ρ di un oggetto osservato è uguale a 90° . Il problema del "45° e traverso" consente di determinare il *Punto-nave (Pn)* rilevando, al grafometro, uno stesso oggetto, prima a 45° dalla prora e successivamente a 90° dalla prora.

Si sceglie un punto cospicuo della costa che sia ben individuato sulla carta nautica e che si trovi ancora molto a proravia della nave. Quando il primo rilevamento polare dell'oggetto è 45° si segna l'ora e si traccia sulla carta nautica il corrispondente Rilevamento vero. Quando il rilevamento polare diventa 90° , e cioè l'oggetto *passa al traverso della nave*, si prende ancora nota dell'ora segnata dal cronometro.



Dal semplice esame della figura si vede che il triangolo ANT è *rettangolo-isoscele*, per cui il lato $NT = AT$. In altri termini la distanza percorsa nell'intervallo di tempo fra il primo rilevamento polare ρ ed il secondo ρ' è uguale alla *distanza al traverso*. Il cammino potrà essere calcolato con la formula:

$$m = V \cdot (t_2 - t_1)$$

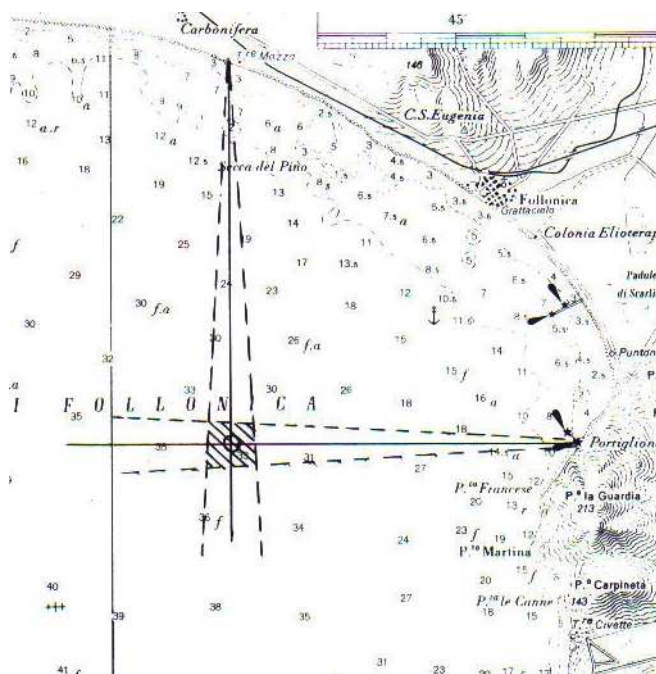
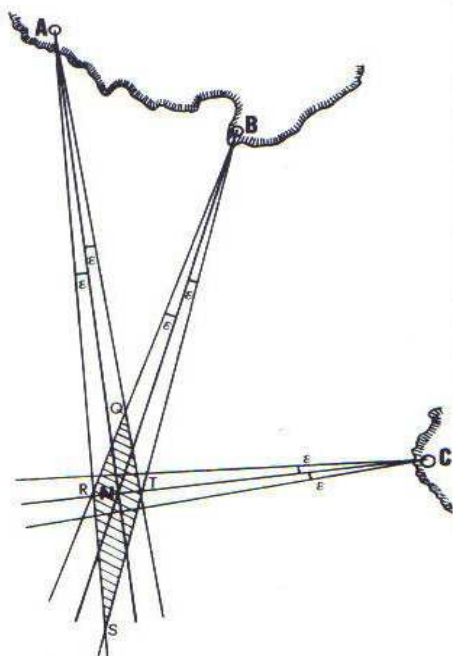
in cui : V = velocità della nave, t_1 = istante del primo rilevamento ($\rho = 45^\circ$); t_2 = istante del secondo rilevamento ($\rho' = 90^\circ$)

Con un'apertura di compasso uguale al cammino percorso, si stacca, a partire dal punto A, sulla semiretta corrispondente al secondo rilevamento, il segmento AT, con un piccolo arco di circonferenza. Il punto T sarà il *Punto-nave* cercato.

- *Incertezza del Punto-nave con 2 rilevamenti*

Si considerino le 2 semirette di rilevamento uscenti rispettivamente dai punti della costa A e B e si supponga di aver commesso un errore sistematico ε_s su ognuna di esse. Al posto delle due semirette di rilevamento considerate, bisognerà tracciare *due settori* ampi $2 \varepsilon_s$ come mostrato nella figura seguente.

I due settori suddetti si intersecano formando una zona rappresentata dal parallelogramma QRST che si chiama *Zona di certezza o incertezza della nave*: *certezza* perché senz'altro la nave si troverà in tale zona; *incertezza* perché non si conosce con precisione la posizione della nave. La estensione di tale zona diminuisce con l'avvicinarsi alla costa e con l'avvicinarsi dell'angolo di intersezione delle rette al valore di 90°



Incetezza del Pn con 2 Rilevamenti (con angoli di intersezione < di 30° e prossimo a 90°)

LE DISTANZE IN NAVIGAZIONE COSTIERA

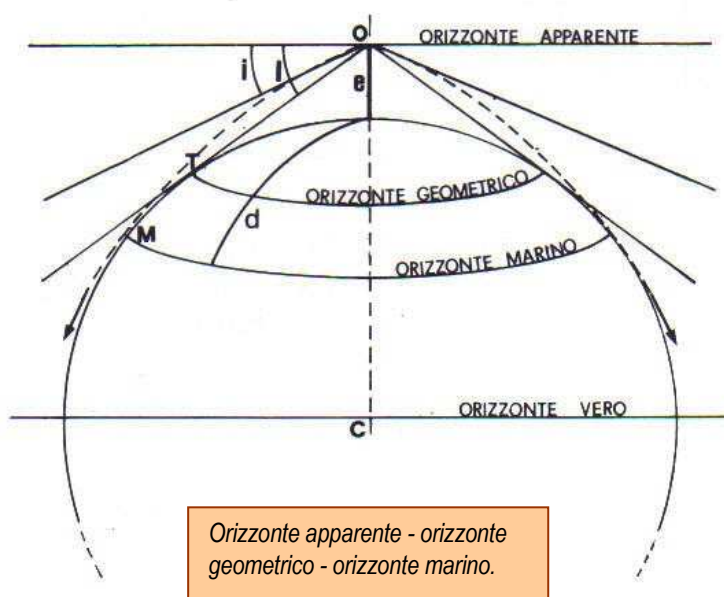
1. L'orizzonte marino e la sua distanza

Siano O l'occhio dell'osservatore ed "e" l'elevazione dell'occhio sul livello del mare. Si hanno le seguenti definizioni: *Orizzonte apparente del punto O*: è il piano tangente nel punto O e perpendicolare alla verticale V.

Orizzonte astronomico o vero del punto O: è il piano parallelo all'orizzonte apparente e passante per il centro della Terra C.

Orizzonte geometrico del punto O: è la base del cono che ha per vertice l'occhio dell'osservatore e per generatrici le tangenti condotte da tale punto alla superficie terrestre.

Orizzonte marino: per effetto della rifrazione della luce, i raggi luminosi non si propagano in linea retta ma descrivono una traiettoria curvilinea, la cui concavità è diretta verso la Terra.



Orizzonte apparente - orizzonte geometrico - orizzonte marino.

Tale fenomeno aumenta il limite di visibilità dell'orizzonte e consente ai raggi ottici di estendersi fino al punto M, oltre lo orizzonte geometrico. L'andamento della curva di *rifrazione geodetica* dipende dalla *densità* e dalla *temperatura* degli strati d'aria che sovrastano la superficie terrestre, per cui l'*orizzonte marino* non ha un raggio fisso come quello geometrico, ma *variabile* a seconda della direzione azimutale.

L'angolo *l* compreso fra l'orizzonte apparente e l'orizzonte geometrico prende il nome di *depressione vera* mentre l'angolo *i* compreso fra l'orizzonte apparente e la tangente condotta all'ultimo tratto della curva di rifrazione geodetica nel punto O, viene chiamato *depressione apparente* dell'orizzonte.

Per condizioni normali dell'atmosfera la depressione apparente media dell'orizzonte è data, con sufficiente approssimazione, dalla formula:

$$i = 1',8\sqrt{e}$$

La *tavola n. 21* del volume «Tavole Nautiche» dell'Istituto Idrografico della Marina fornisce il valore "*i*" in funzione di "*e*" considerando una temperatura di 10°C e una pressione atmosferica di 760 mm di mercurio.

La distanza dell'orizzonte marino è data dalla formula:

$$D = 2,08\sqrt{e}$$

che si ricava facilmente osservando la figura sopra riportata.

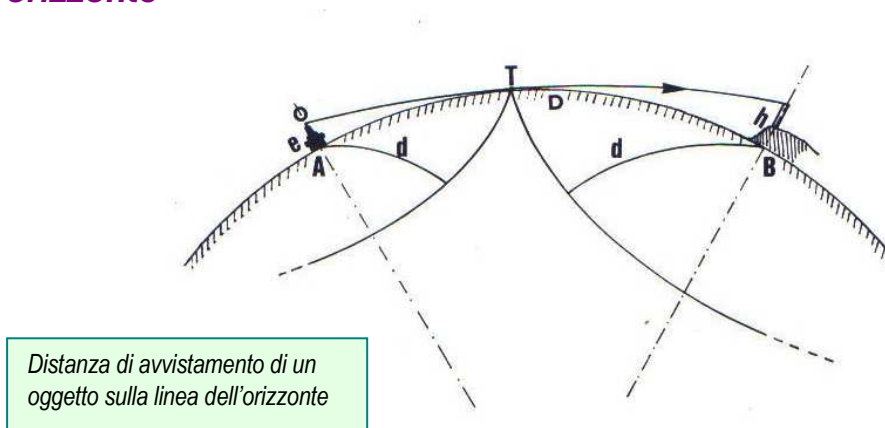
La *Tavola Nautica N.6* fornisce direttamente la distanza dell'orizzonte apparente in *miglia* in funzione dell'elevazione "*e*" espressa in *metri*.

NOTA. Dal triangolo rettangolo OCT, considerando e trascurabile rispetto al raggio della Terra R e l'arco D uguale al lato OT, si ricava: $R^2 + D^2 = (R + e)^2 = R^2 + 2 \cdot R \cdot e + e^2$; trascurando e^2 , piccolo in confronto a $2 \cdot R \cdot e$, si ha: $D^2 = 2 \cdot R \cdot e$; $D^2 = \sqrt{2 \cdot R}$;

considerando il valore di $R = 6371 \text{ Km}$ ed esprimendo D in miglia, si ha: $D = \frac{\sqrt{2 \cdot 6371000}}{1852} \cdot \sqrt{e} = 1,93\sqrt{e}$.

Il coefficiente 1,93 viene aumentato a 2,08 per tenere conto della rifrazione geodetica che consente all'osservatore di vedere una porzione maggiore di orizzonte.

2. Distanza in miglia alla quale un oggetto è avvistato sulla linea dell'orizzonte



Distanza di avvistamento di un oggetto sulla linea dell'orizzonte

Dalla figura si ha:

$$AT = 2,08\sqrt{e}$$

e

$$TB = 2,08\sqrt{h}$$

Per cui la distanza $D = 2,08 \cdot (\sqrt{e} + \sqrt{h})$ dove:

- e = elevazione dell'occhio dell'osservatore in metri
- h = elevazione dell'oggetto sul livello medio del mare in metri (dedotta dal portolano o dalla carta nautica).

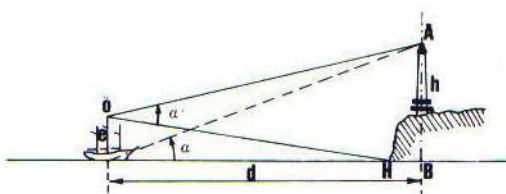
La *Tavola nautica N. 7*, della raccolta delle Tavole Nautiche dell'I.I., fornisce la distanza D con l'uso di una formula poco dissimile da quella calcolata sopra, e cioè:

$$D = 2,04 \cdot (\sqrt{e} + \sqrt{h})$$

Il coefficiente 2,08 viene ridotto al valore di 2,04 per tenere conto del fatto che l'oggetto sarà visibile sull'orizzonte quando avrà una piccola elevazione rispetto al livello del mare.

3. Distanza da un oggetto di elevazione nota situato entro l'orizzonte

Distanza con la misura di un angolo verticale



Tale problema si risolve, nella pratica, con l'ausilio della *Tav. 8 della raccolta di Tavole Nautiche*. La formula utilizzata è la seguente:

$$d = \frac{h}{1852} \cdot \cot \alpha$$

Dove:

- h = elevazione dell'oggetto in metri sul livello medio del mare
- α = angolo verticale sotteso misurato col sestante.

NOTA. d : espressa in miglia; e : si suppone uguale a zero; i due punti H e B coincidenti, ossia il triangolo OAB rettangolo.

SEGNALAMENTI MARITTIMI

Col nome di *Segnalamento marittimo* si intende il complesso di tutti i segnali *luminosi, sonori e radioelettrici* che servono sia di ausilio che per la sicurezza della *navigazione costiera*; sono posti a terra o in mare.

Servono ad indicare la presenza di *pericoli*, ad aiutare a *riconoscere la costa*, ad indicare tramite allineamento la *rotta corretta*, ed in generale a fornire dei *punti notevoli* all'Ufficiale di guardia. Sono situati sulla costa, all'*entrata dei porti*, sulle *dighe foranee*, sui *promontori*, sugli *scogli*, sulle *secche* o *galleggianti in mare*.

Per la loro funzione, i segnalamenti marittimi devono essere quindi *facilmente visibili ed identificabili*, ed essere riportati sulle carte nautiche o sui documenti nautici. A volte i segnalamenti più piccoli sono dotati anche di un *riflettore radar*, un *diedro metallico* che permette ai Radar delle navi una loro più facile individuazione.



3796 (E 2276) - Il Faro del Porto di Manfredonia, presso radice del molo di Levante: a lampi bianchi, periodo 5 sec., portata 23 M.

I segnalamenti luminosi comprendono:

Fari . Sono situati in prossimità dei *luoghi di atterraggio*, dei *luoghi pericolosi* o di altri luoghi ove sia utile avere un *punto notevole* percepibile a distanza elevata durante la navigazione costiera. Sono costituiti in genere da un'alta torre sulla cui sommità è presente una potente *sorgente luminosa*, di portata superiore alle *15 miglia nautiche*, di colore bianco.

Fanali . Hanno una portata luminosa *minore dei fari*. Sono situati sulle opere portuali oppure in mare per segnalare *secche*, *scogli affioranti*, o *altri ostacoli* o punti di interesse minore rispetto a quelli segnalati dai fari. Sono riportati sulle carte nautiche e su specifiche pubblicazioni nautiche, dove sono descritti in termini solo della loro caratteristica luminosa (tipo di luce, periodo, portata nominale).

Battelli-faro . Sono costituiti da uno *scafo* sul quale è montato un apparato luminoso di grande potenza. Sono in genere forniti di un *minimo di equipaggio* e sono ancorati in acque relativamente basse in punti particolari per la navigazione, ma dove è *impossibile* costruire un faro.

Battelli-fanale . Simili al battello-faro, ma con un apparato luminoso di portata più limitata. In genere sono *senza equipaggio* e segnalano pericoli al *largo della costa*.

Boe luminose . Sono costituite da *galleggianti* di grandi dimensioni, ancorati al fondo, sui quali è montato un fanale. Hanno le stesse finalità di quest'ultimo, ma sono poste in acque ove per la profondità non è possibile installare un fanale.



Fanali di entrata del porto:
(visti da terra) Fanale verde a SIN e rosso a DR.



Battello-Faro "Ambrose Channel",
principale passaggio per New York Harbor.

▪ **Caratteristiche dei Fari e fanali**

1. Carte nautiche italiane. Esempi:

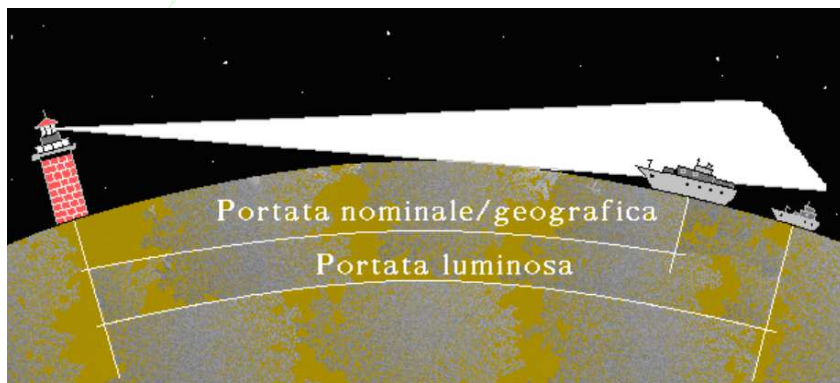
- Lamp. V 12^s 4M : 1 lampo verde ogni 12^s, portata 4 Miglia (fanale)
- Lamp. (2) 5^s 10m 9M : 2 lampi ogni 5^s, altezza della luce 10metri, portata 9 Miglia (fanale)
- Lamp. (3) 15^s 25m 18M : 3 lampi ogni 5^s, altezza della luce 25metri, portata 18 Miglia (faro)
- Mo (A) 18^s 30m 25M : luce riproducente la A (• —) Morse ogni 18^s, altezza della luce 30metri, portata 25 Miglia (faro).

2. Simbologia internazionale. Esempi: **FI (3) WRG 15^s 21m 15-11 M**

- FI (3) : gruppo di 3 lampi in un ciclo completo
- WRG : colori bianco, rosso, verde, visibili in settori definiti
- 15^s : periodo, durata di un ciclo completo di 3 lampi ed eclissi = 15 sec.
- 21m : altezza della luce sul piano di riferimento = 21 metri
- 15 -11 : portata, bianca 15 Miglia, verde 11 Miglia, rossa tra 15 e 11 Miglia.

3. Portata luminosa e portata geografica.

Di ogni faro si distinguono la *portata geografica* e *quella luminosa*. La portata geografica, espressa in miglia, dipende dall'altezza dell'occhio dell'osservatore e , in metri, e dall'elevazione E (in metri) della sorgente luminosa dal livello del mare (l.m.). è data dalla formula: $D_{mg} = 2,04 \cdot (\sqrt{E} + \sqrt{e})$.



Portata nominale: quella indicata sulle carte nautiche. È la distanza di avvistamento della luce quando la trasparenza atmosferica è omogenea e non inferiore a 10 miglia. Nel caso in cui la portata nominale sia superiore a quella geografica, viene indicata quella geografica.

La *portata luminosa* non può essere espressa da formule semplici. Viene determinata sperimentalmente con una lunga serie di osservazioni. È la distanza, in miglia, che raggiunge la luce del faro, in condizioni medie di trasparenza dell'atmosfera, quando la propagazione luminosa non viene in alcun modo ostacolata da corpi opachi. Generalmente la portata luminosa dei fari è maggiore di quella geografica (sulle carte nautiche è riportata la minore).

4. Distanza di avvistamento di un Faro con la portata luminosa.

L'*Elenco dei Fari e Fanali* dell'Istituto Idrografico contiene un Diagramma che permette all'Ufficiale di navigazione di determinare, di notte, la *distanza da un Faro*, calcolando la *portata luminosa* approssimata alla quale può essere avvistato, a seconda delle condizioni meteorologiche esistenti al momento dell'osservazione.

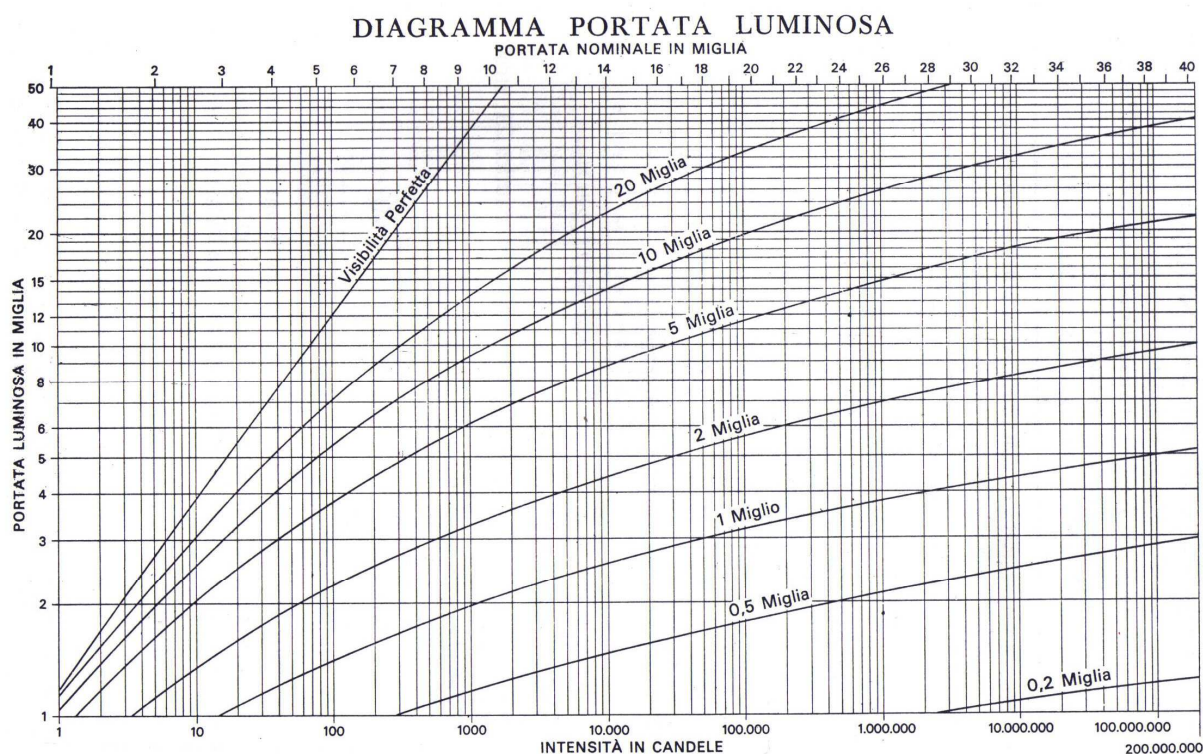


Diagramma estratto dal volume "Fari e Segnali da nebbia" dell'I.I. della Marina

Nel diagramma si entra con *argomento orizzontale* uguale alla *portata nominale* in miglia (lato superiore), ed in corrispondenza del punto di intersezione della portata nominale con la *curva di visibilità meteorologica* (al momento dell'osservazione), si legge come *argomento verticale* (lato sinistro) la *portata luminosa* in miglia.

Nel diagramma si può entrare anche con l'intensità luminosa (lato inferiore) e ricavare la portata luminosa con il medesimo procedimento. La portata nominale e l'intensità luminosa, espressa in candele, si ricavano dalle *colonne 6 e 4 dell'Elenco*.

Esempio:

Una nave proveniente dal largo avvista un Fanale con un'intensità luminosa di *100 000 candele*. La visibilità meteorologica in atto è di *20 miglia*. Si vuole determinare la distanza di avvistamento.

Entrando con il valore *100 000* sul lato inferiore del diagramma, si ricava in corrispondenza della curva di *visibilità di 20 miglia*, il valore di *miglia 31* sul lato verticale del diagramma stesso.

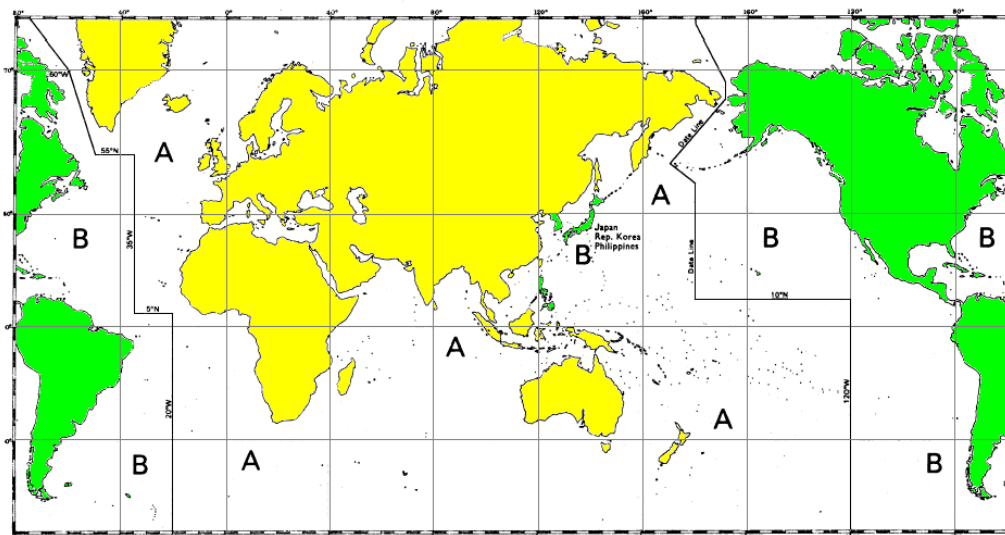
▪ **Tavola delle caratteristiche dei fari e fanali**

Tipo di luce	Classe	Abbreviazioni		Tipo di luce	Classe	Abbreviazioni	
		Italiane	Internaz.			Italiane	Internaz.
	Fissa	F.	F		Scintillante	Sc.	Q
	Intermittente eclisse singola	Int.	Oc		Scintillante a gruppi di lampi	Sc.(3)	Q(3)
	Intermittente gruppi di eclissi	Int(2)	Oc(2)		Scintillante intermittente	Sc.Int.	IQ
	Isofase	Iso	Iso		Codice Morse	Mo(K)	Mo(K)
	A lampi	Lam.	FI		Fissa a lampi	F.Lam.	F Fi
	A gruppi di lampi	Lam.(3)	FI(3)		Alternata : Alterna colori diversi	AL WR	Alt.b.r

Note. *Periodo*: intervallo in sec. entro cui si svolge l'intero ciclo (serie di luci ed eclissi) del segnalamento. – *Eclissi*: intervallo di oscurità. – *Fissa*: luce continua. – *Intermittente*: luce > eclisse. – *Isofase*: luce = eclisse. – *A lampi*: luce < eclisse. – *Alternata*: alternata di colori. – *Segnale Morse*: esempio K (- · -).

▪ **Il sistema internazionale di segnalamento marittimo I.A.L.A.**

Ogni tipo di segnalamento possiede delle caratteristiche particolari, quali il colore e la *caratteristica della luce* per i segnali luminosi, la *forma* ed il *colore dei miragli*, e così via, che forniscono informazioni utili al loro *riconoscimento univoco* ed al loro utilizzo. Il sistema internazionale di segnalamenti I.A.L.A. (*International Association of Lighthouse Authorities*) codifica tali caratteristiche raggruppando i segnali in 5 categorie: *segnali laterali*, *segnali cardinali*, *segnali di pericolo isolato*, *segnali di acque sicure* e *segnali speciali*.

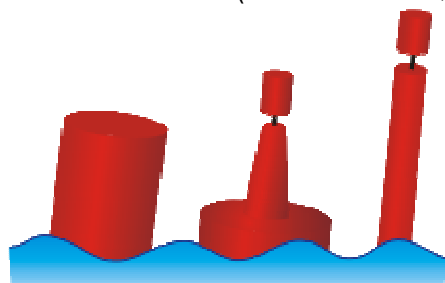


Regione A e regione B del sistema di segnalazione I.A.L.A.

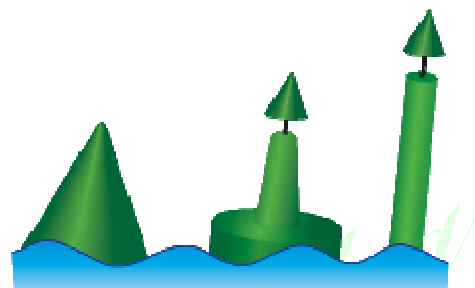
▪ **Segnali laterali**

I *segnali laterali* segnalano l'entrata di porti e canali, differenziandosi tra lato destro e sinistro: colore *verde sul lato destro* e *rosso sul lato sinistra* entrando nei porti e canali. I segnali sono sormontati da eventuali *miragli*, *conici a destra* e *cilindrici a sinistra*, e di notte sono individuati da luce *rossa a sinistra* e *verde a destra* con *caratteristica generica*. Nella *biforcazione* di canali, il canale principale è indicato con *segnali laterali modificati*.

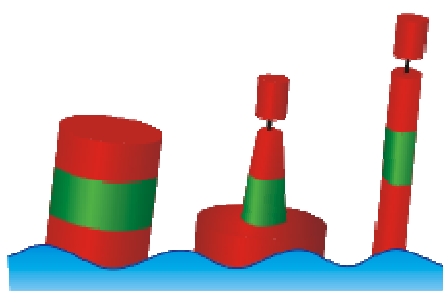
La convenzione sui colori (verde a destra e rosso a sinistra) è estesa a tutti i paesi appartenenti alla *regione A* del sistema I.A.L.A. (comprendente *Europa, Africa, Australia e Asia continentale*). Questa è una delle due regioni in cui il sistema I.A.L.A., per ragioni storiche, divide il mondo. Nella seconda regione, la *regione B* (comprendente *Americhe, Filippine, Corea del Sud, Giappone*) i segnali laterali prevedono colori invertiti (*verde a sinistra, rosso a destra*).



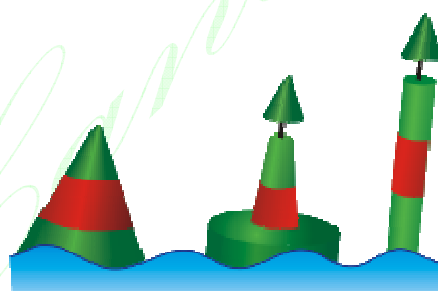
Segnale di sinistra (zona A) entrando nei porti o canali
(colore : rosso - miraglio (eventuale) : cilindrico -
luce : rossa con qualsiasi caratteristica).



Segnale di destra (zona A) entrando nei porti o canali
(colore : verde - miraglio (eventuale) : cilindrico -
luce : verde con qualsiasi caratteristica).



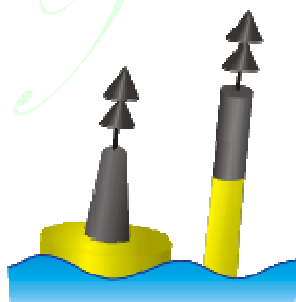
Segnale di sinistra (zona A) per un canale principale
(colore : rosso con fascia orizzontale verde -
miraglio (eventuale): cilindrico -
luce : rossa a gruppi composti di lampi 2+1



Segnale di destra (zona A) per un canale principale
(colore : verde con fascia orizzontale rossa -
miraglio (eventuale): cilindrico -
luce : verde a gruppi composti di lampi 2+1

▪ Segnali cardinali

I *segnali cardinali* segnalano *aree di pericolo* in orientamento rapportato a *punti cardinali* rispetto alla posizione del segnale e precisamente: *pericolo a sud, passa a nord; pericolo a ovest, passa a est; pericolo a nord, passa a sud, pericolo a est, passa a ovest*. Sono di colore *nero e giallo*, con le *strisce nere* indicanti i *vertici dei miragli*, costituiti da *due coni sovrapposti*. Di *notte* segnalano attraverso *luci scintillanti* con diverse caratteristiche.



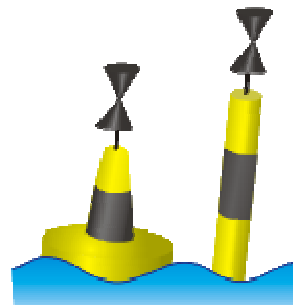
Cardinale Nord (passare a Nord)
- colore : nero - giallo;
- miraglio : due coni neri
- luce : bianca scintillante continua



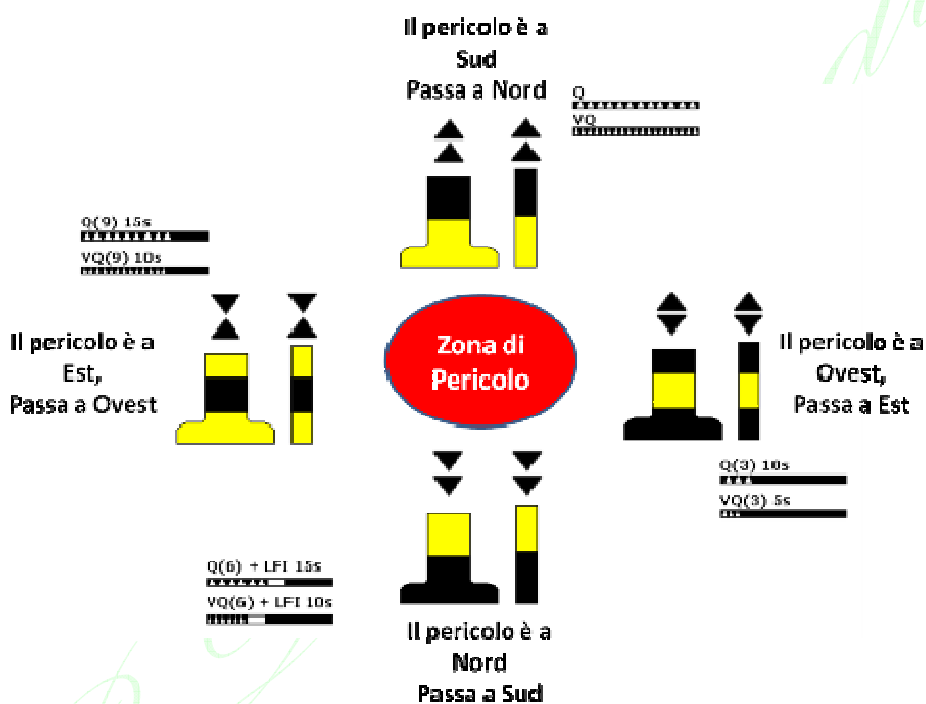
Cardinale Est (passare a Est)
- colore : nero - giallo;
- miragli : due coni neri puntati verso l'alto e verso il basso uniti per la base
- luce : bianca scintillante a gruppi di tre



Cardinale Sud (passare a Sud)
 - colore : nero - giallo;
 - miragli : due coni neri puntati verso il basso
 - luce : bianca scintillante a gruppi di sei seguiti da uno lungo.



Cardinale Ovest (passare a Ovest)
 - colore : nero - giallo;
 - miragli : due coni neri puntati verso l'alto e verso il basso uniti per i vertici;
 - luce : bianca scintillante a gruppi di nove



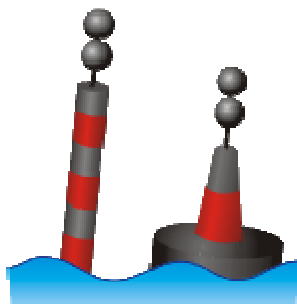
I quattro segnali cardinali e la loro disposizione rispetto al pericolo



▪ **Segnali di pericolo isolato**

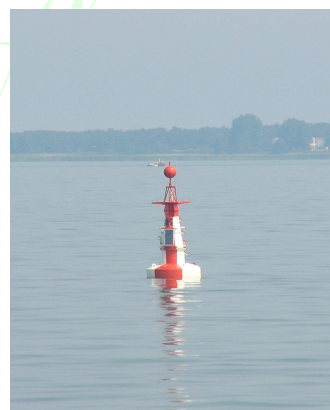
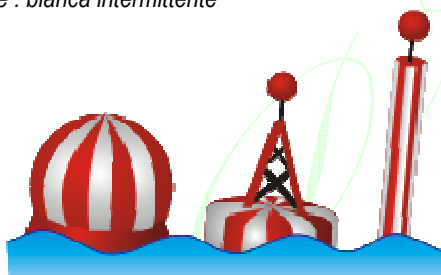
I segnali di *pericolo isolato* segnalano pericoli isolati per la navigazione (*scogli, secche, ecc.*) in prossimità della loro posizione, di limitata estensione intorno al quale le acque sono navigabili da tutti i lati.

- colore : nero a fasce rosse
- miragli : due sfere nere sovrapposte
- luce : bianca a gruppi di due lampeggiamenti



▪ **Segnali di acque sicure**

- colore : a strisce verticali bianche e rosse
- miragli : una sfera rossa
- luce : bianca intermittente



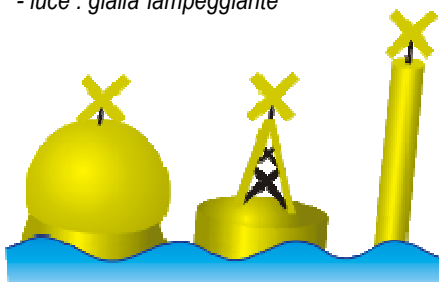
I segnali di acque sicure indicano *zona sicure* ai fini della navigazione. Vengono utilizzati come segnali di mezzo canale o come segnali di atterraggio e sono completamente circondati da acque navigabili. Sono gli unici segnali dipinti a strisce verticali (rosse e bianche) e non orizzontali.

Di notte tali segnali portano una luce *bianca isofase, intermittente, ad un lampo lungo 10sec.* o riproducente la *lettera A* dell'alfabeto Morse.

▪ Segnali speciali

I segnali speciali segnalano cavi sottomarini, oleodotti, aree protette, aree militari, ecc. Servono a segnalare una situazione o una zona particolare non segnata sulla carta.

- colore : colore : giallo
- miragli : giallo a x
- luce : gialla lampeggiante



Dopo l'affondamento della Nave "Tricolor" nello Stretto di Dover avvenuto nel 2002, nonostante i ripetuti avvisi (via radio) e il segnalamento con boe luminose, molte navi urtarono il relitto. Si creò allora un nuovo tipo di boa che indicasse i relitti affondati di recente e pericolosi per la navigazione.

La boa rimane in posizione fino a quando:

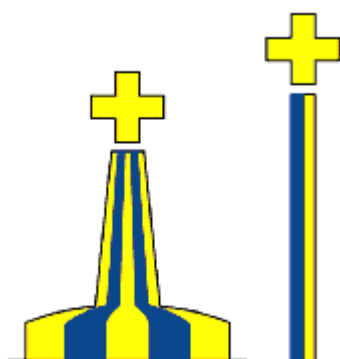
- la posizione del relitto è nota e segnalata sulle pubblicazioni nautiche;
- il relitto è stato completamente esaminato: la posizione e profondità al di sopra sono noti;
- una forma di marcatura permanente del relitto è stata effettuata.

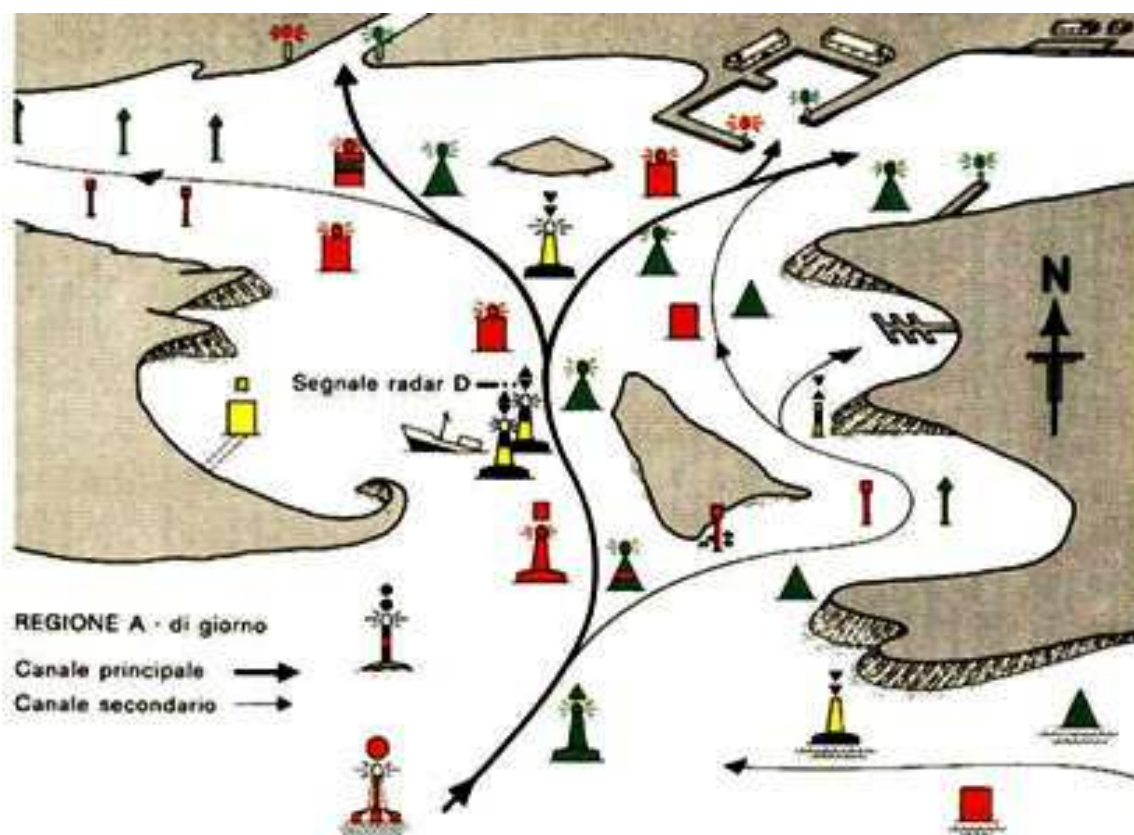
La boa o la meda ha le seguenti caratteristiche:

Colore: a strisce verticali blu e giallo (minimo di 4 strisce e un massimo di 8 righe).

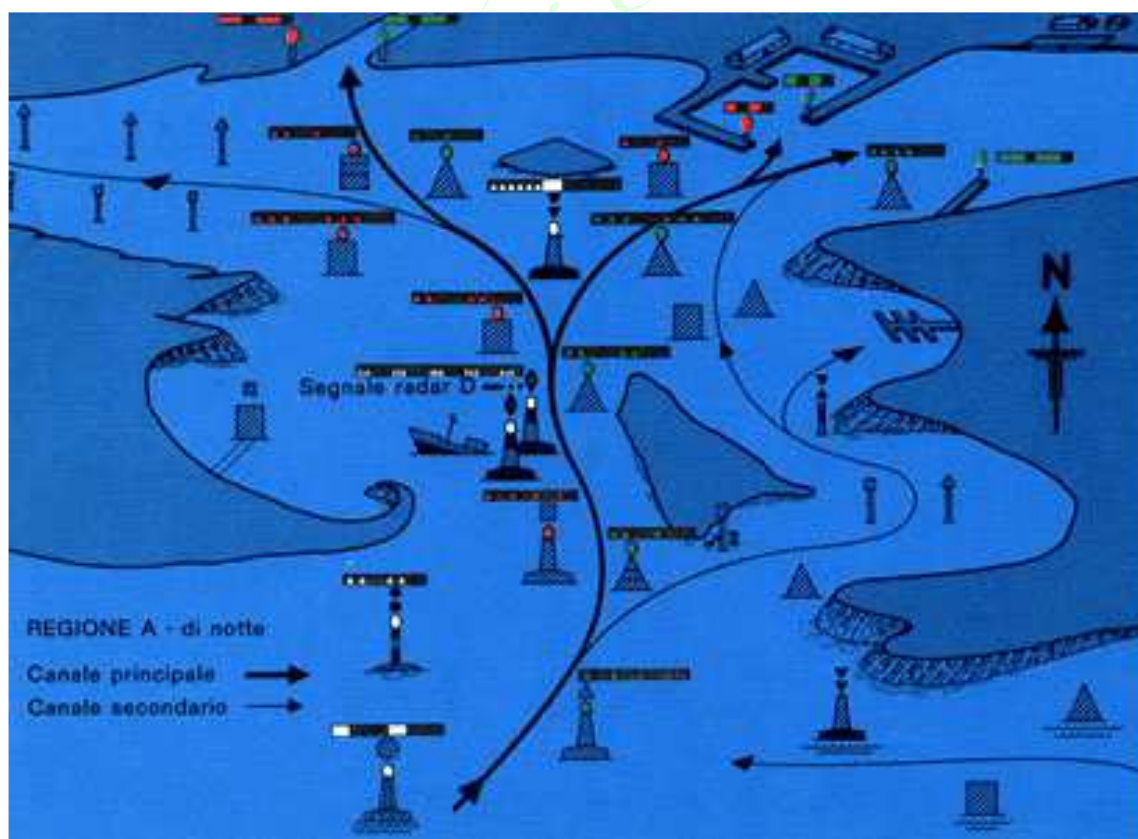
Luce: blu e giallo lampeggiante, con una portata nominale di 4 miglia marine; si alternano il blu e giallo lampeggiante: 1 secondo con un intervallo di 0,5 secondi.

Può essere utilizzato anche un codice Racon Morse "D" e/o transponder AIS. Il marchio sopra, se presente, è una croce gialla.





Regione A del sistema di segnalazione I.A.L.A., di giorno



Regione A del sistema di segnalazione I.A.L.A., di notte

IL CARTEGGIO NAUTICO



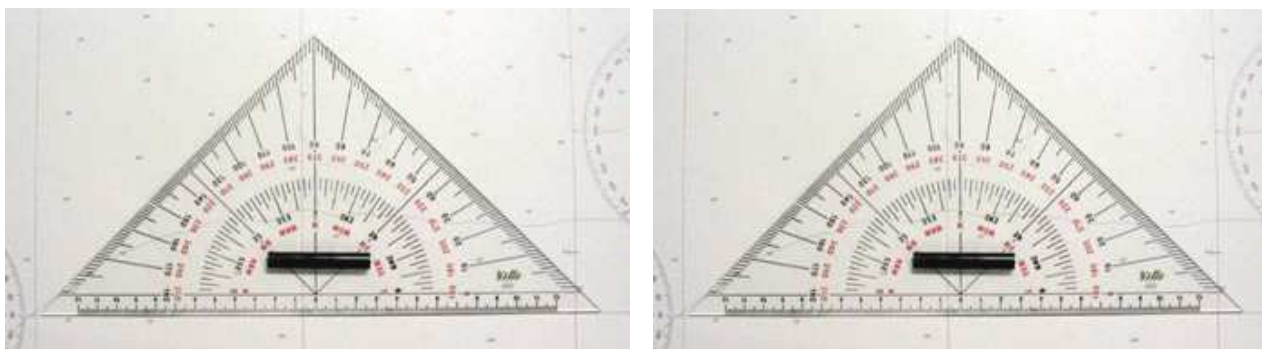
Kit per il carteggio nautico, in valigetta di mogano (IL FRANGENTE)

Col termine generico di *Carteggio nautico* si intende l'insieme delle operazioni grafiche svolte direttamente sulla *carta nautica* per la risoluzione dei problemi di navigazione *stimata e costiera*. Spesso, insieme alle operazioni grafiche, vanno risolti anche problemi numerici elementari quali, il *calcolo della velocità* della nave o di una *corrente*, il calcolo del *tempo di percorrenza* di una determinata *distanza*, ecc. Questi calcoli possono essere risolti anche con *particolari tabelle* contenute nelle *Tavole Nautiche*, con l'uso della *calcolatrice tascabile* o con l'ausilio di *diagrammi*.

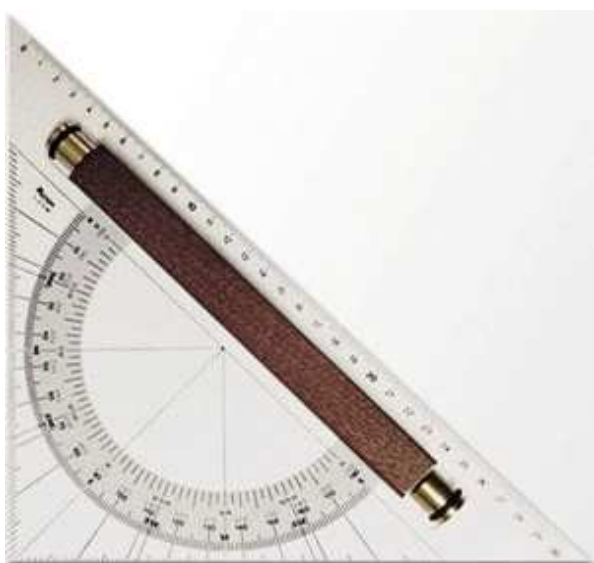
Il carteggio nautico va fatto sia in sede di *programmazione e pianificazione della navigazione* da effettuare, sia nella fase *operativa* per l'*inseguimento della traiettoria* prescelta. Infatti in sede di programmazione si risolve il *primo problema fondamentale della navigazione*, quello della *scelta delle rotte da seguire* per arrivare a destinazione; nella seconda fase si risolve il *secondo problema fondamentale della navigazione*, quello del controllo della navigazione mediante la *determinazione del Punto nave*.

STRUMENTI PER IL CARTEGGIO NAUTICO

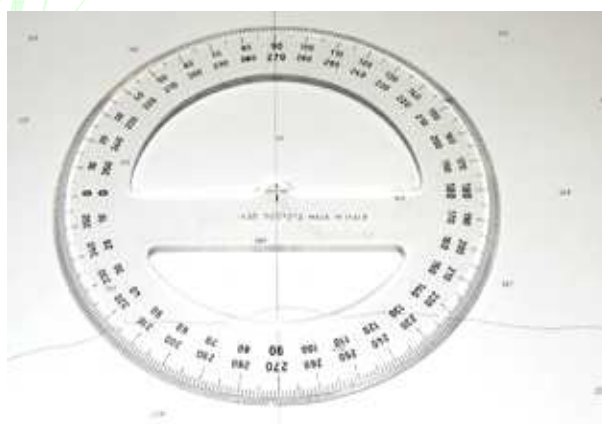
Gli *strumenti* indispensabili per eseguire il carteggio sono: una *matita* con punta tenera, una buona *gomma* morbida per cancellare, le *squadrette nautiche*, una *riga lunga* ed un *compasso nautico* a punte fisse; eventualmente possono anche essere utilizzati: un comune *rapportatore*, *squadre a snodo* o *a rullo*, un *compasso a punta scrivente*.



Coppia di squadrette nautiche in plexiglas trasparente (graduazione incisa), con corrimano



Squadretta e parallela a rullo



Rapportatore circolare per carteggio



Parallela a snodo in perspex trasparente con graduazione incisa, originale inglese "Capt. Field"



Parallela a rullo in perspex trasparente



Compasso inglese con punta fissa e matita



Compasso nautico a punte fisse, in acciaio, con salvapunte avvitabile



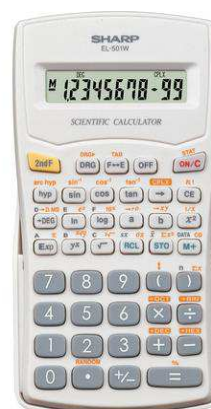
Compassi inglesi a punte fisse, in ottone, con punte in acciaio



matita N.2



gomma



calcolatrice



Penne a punta finissima per correzione carte nautiche



Lente per carteggio con luce

PRINCIPALI OPERAZIONI SULLA CARTA NAUTICA

I problemi che normalmente si eseguono nella pianificazione e nella condotta della navigazione sono:

- Lettura delle coordinate geografiche di un punto della carta;
- Posizionamento di un punto sulla carta di note coordinate geografiche;
- Lettura dell'angolo di rotta vera tra due punti della carta;
- Tracciamento di una rotta lossodromica assegnata per un punto della carta;
- Misura della distanza tra due punti sulla carta;
- Misura e tracciamento di rilevamenti di oggetti cospicui;
- Tracciamento di luoghi di posizione e loro trasporto;
- Determinazione del punto stimato;
- Determinazione del punto nave con rilevamenti costieri, distanze, allineamenti, cerchi capaci;
- Conversione della rotta vera in prora;
- Tracciamento di rilevamenti polari e determinazione degli elementi di una corrente;
- Determinazione della velocità effettiva e navigazione nelle correnti;
- Determinazione del Punto-nave Radar;
- Rotte di intercettazione e di soccorso;
- Rotte di collisione;

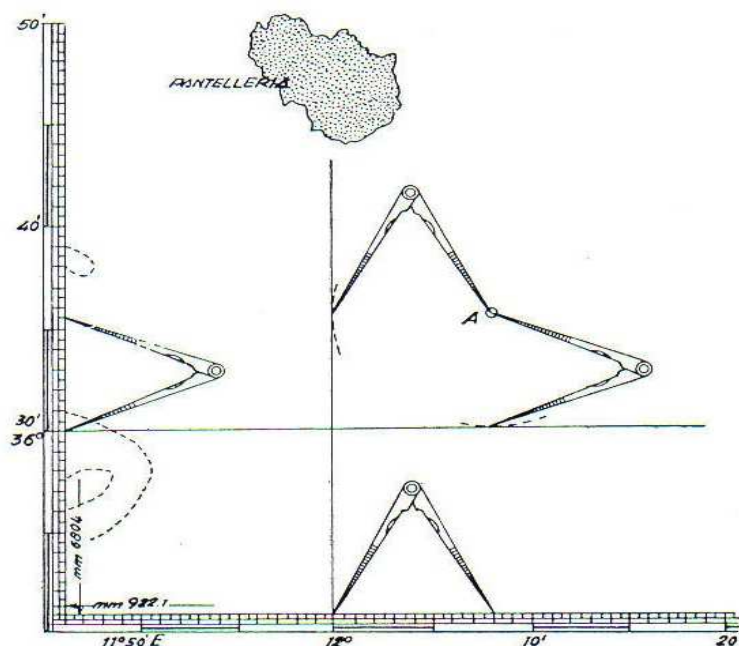
Altre operazioni dipendenti dal tipo di navigazione e dalle carte utilizzate.

Letture delle coordinate geografiche di un punto della carta

Con il compasso nautico si misura la distanza del punto considerato dal parallelo più vicino, facendo attenzione a tangenziale tale parallelo con un leggero movimento rotatorio del compasso stesso.

Si riporta la distanza sulla scala delle latitudini, collocando una punta del compasso sul parallelo e l'altra in corrispondenza della latitudine cercata.

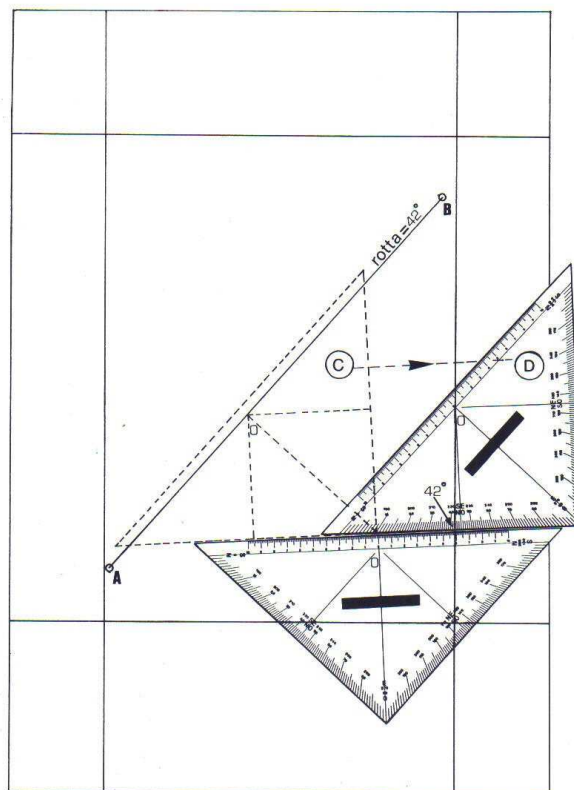
Per la determinazione della longitudine si opera nello stesso modo, con la differenza che si fa riferimento al meridiano più vicino e alla scala delle longitudini.



Impiego delle squadrette nautiche

Le squadrette nautiche sono delle comuni squadre (45°) a forma di triangolo rettangolo che vengono impiegate per la lettura e il tracciamento di *Rotte* e *Rilevamenti*.

Letture della Rotta vera con le squadrette nautiche



Sono costruite con materiale plastico trasparente ed hanno l'ipotenusa di circa 28 cm. di lunghezza. La loro particolarità è quella di portare una doppia graduazione su entrambi i cateti, di grado in grado, da 0° a 180° in un senso e da 180° a 360° in senso opposto. All'angolo retto della squadretta corrispondono i valori 90° e 270°.

L'ipotenusa della squadretta serve a materializzare l'asse longitudinale della nave, pertanto l'angolo compreso fra la direzione dell'ipotenusa e un meridiano qualsiasi rappresenta la *Rotta della nave* (in assenza di vento e di corrente).

Letture dell'angolo di Rotta (già tracciata sulla carta):

- si porta una delle due squadrette con l'ipotenusa in corrispondenza della Rotta;
- si pone l'altra squadretta a contatto con un cateto della prima;
- si muove la squadretta dalla *posizione C* alla *posizione D*, in modo da far coincidere il centro dell'ipotenusa con il meridiano più vicino tracciato sulla carta nautica;
- in corrispondenza del cateto, si legge, in basso, il valore dell'angolo di rotta cercato. Poiché la squadretta porta una duplice graduazione, sceglieremo il valore corrispondente al quadrante verso cui dirige la nostra nave.

Per tracciare una rotta o un rilevamento per un punto noto, si opererà in modo inverso:

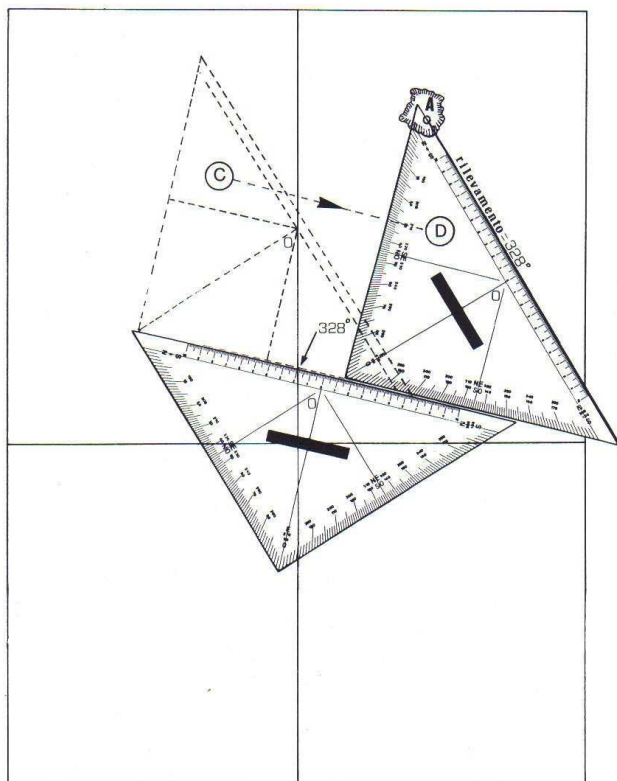
- si porta una delle due squadrette in corrispondenza del meridiano più vicino al punto considerato, con lo zero, dell'ipotenusa posizionato esattamente sul meridiano;
- si fa ruotare lentamente la squadretta in modo da portare il valore della rotta da tracciare (segnato sul cateto in basso) in corrispondenza del meridiano suddetto. Con questa operazione abbiamo orientato la squadretta nella direzione della rotta;

- con l'aiuto dell'altra squadretta si trasporta la prima fino a farla passare per il punto considerato, ove deve passare la rotta.

Con lo stesso procedimento si opera anche nel caso del tracciamento degli *azimut*, degli *allineamenti*, ecc.

Procedura per il tracciamento e la lettura dei Rilevamenti.

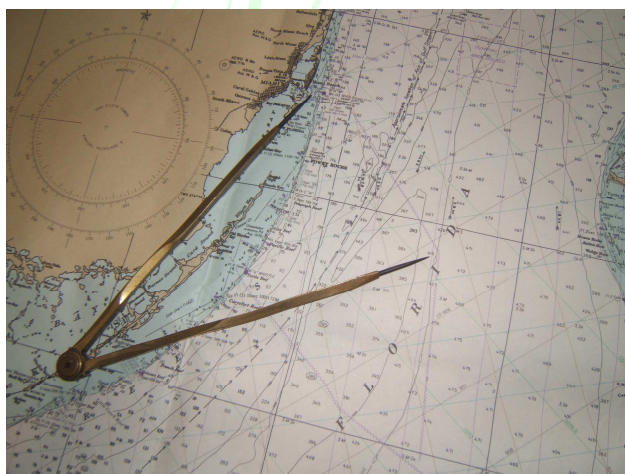
L'impiego corretto delle squadrette nautiche consente la risoluzione di molti altri problemi di carteggio, quindi sono da preferire rispetto ad altri strumenti, quali squadre a snodo o a rullo o a goniometri. Esse, inoltre, sono di poco ingombro, pratiche e di facile uso quando si è acquisita la necessaria dimestichezza.



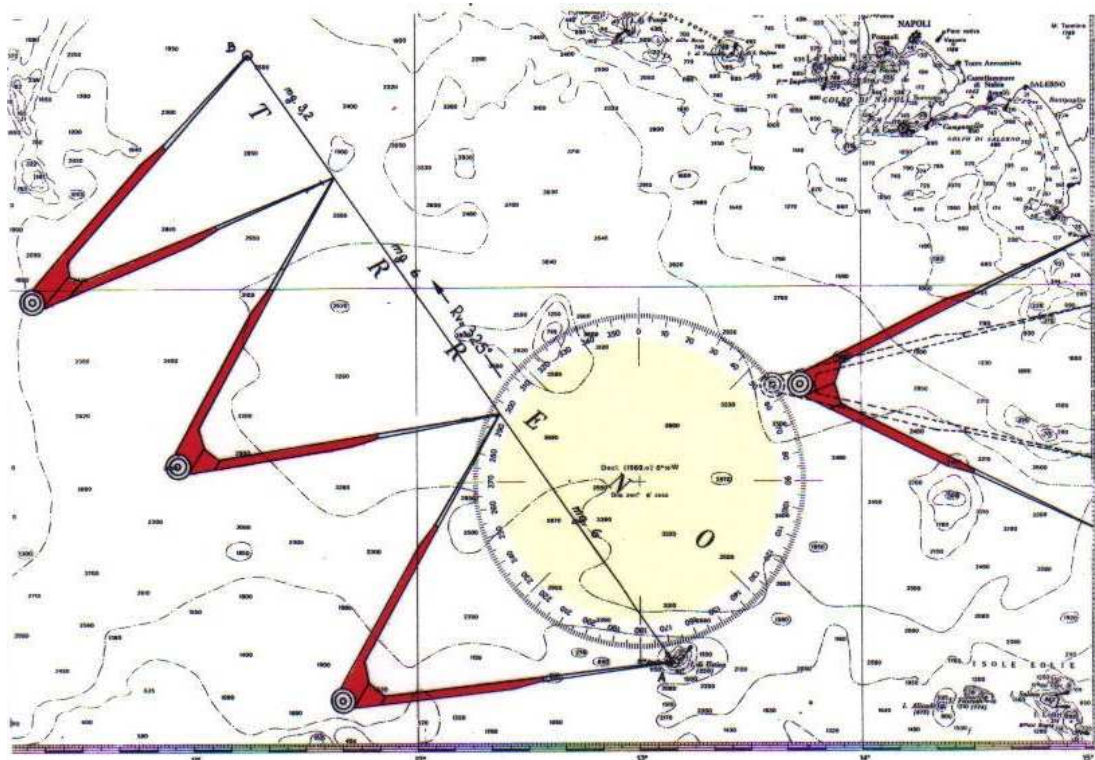
Misura della distanza tra due punti sulla carta

Ricordando che il *miglio nautico* è uguale a un *primo di latitudine*, basterà disporre il compasso in modo che le due punte coincidono con i due punti A e B.

Senza modificare l'apertura del compasso si riporta la *distanza* su una delle due *scaie laterali delle latitudini* alla stessa altezza della rotta o alla sua *altezza media*, poiché dobbiamo tener conto del fenomeno delle *latitudini crescenti*.



Quando la distanza fra i due punti A e B è troppo grande per essere misurata con una sola apertura di compasso, si stabilisce a piacere un'apertura di compasso contenente un numero intero di primi (*miglia*) sulla scala delle latitudini (in corrispondenza della latitudine media fra i punti A e B), facendola avanzare, con movimenti rotatori, da A verso B. L'ultimo tratto avrà evidentemente un'apertura diversa per tener conto della posizione del punto B.




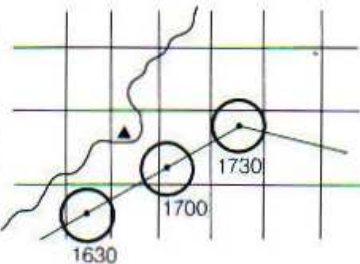
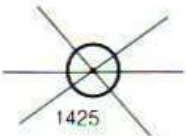
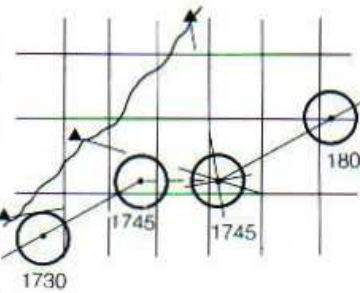

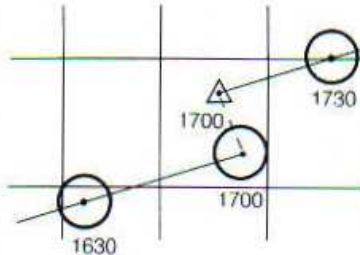
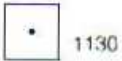
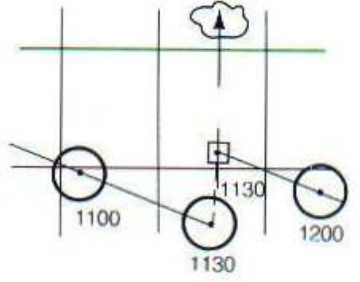
NORME E SIMBOLI PER IL CARTEGGIO

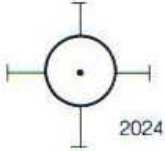
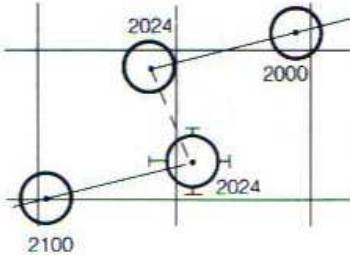
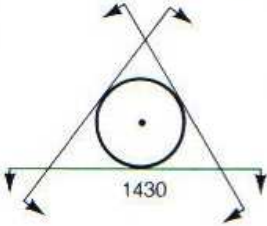
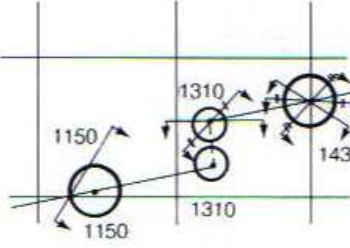

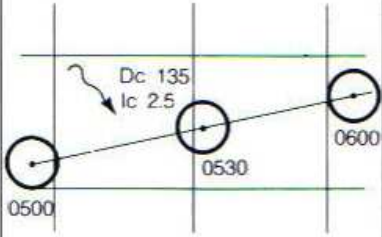
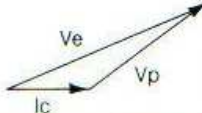

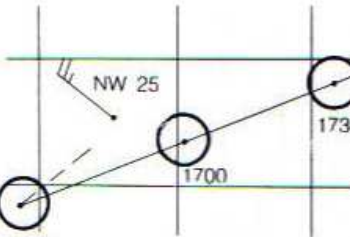
Non esistono precise “*norme*”, sia in campo nazionale che internazionale, da adottare per il carteggio, ma al più esistono *accortezze* che vanno osservate:


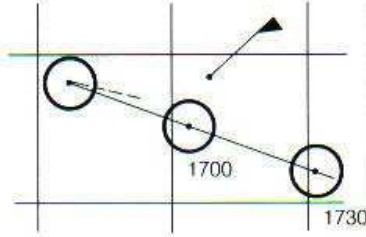
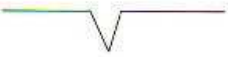
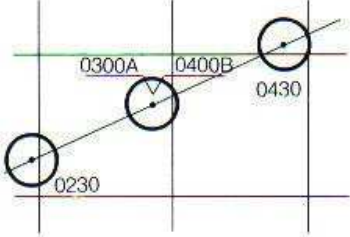
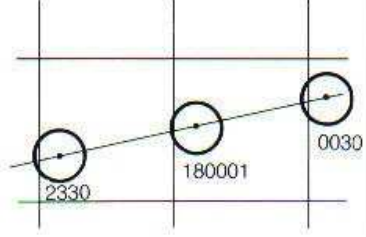
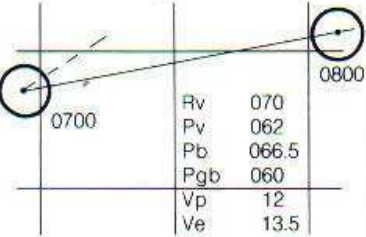
- ricordare che la carta nautica è un *documento* nautico e va trattato come tale e non come un comune foglio di carta;
- durante il carteggio usare un *simbolismo* di facile ed immediata comprensione e in modo ordinato;
- sulla carta devono essere riportate solo le *indicazioni necessarie* alla navigazione;
- scrivere tutte le indicazioni *orizzontalmente* così come sono riportate tutte le informazioni della carta.

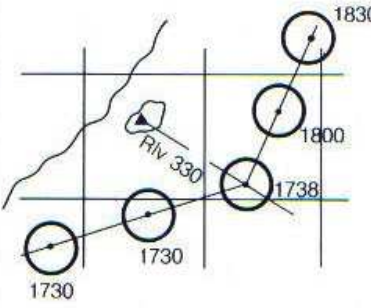
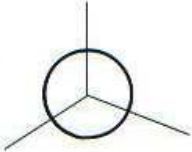
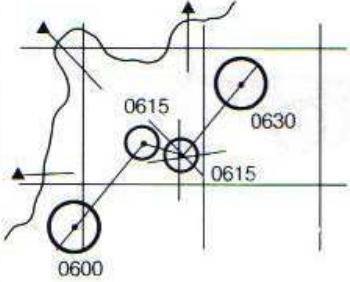
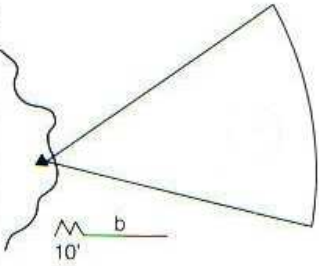

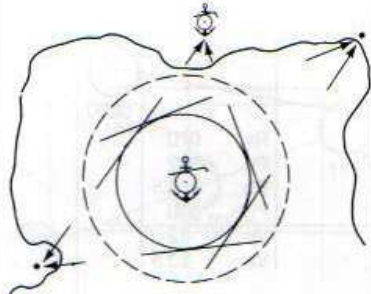
Il *simbolismo* nel carteggio ha una importanza fondamentale ed è necessario che sia uniformato come sono stati uniformati il simbolismo impiegato nella redazione delle carte nautiche e il sistema di segnalamento AISM – IALA.

Nell'ambito della *Marina Militare* vengono adottati, per il carteggio, i simboli che seguono.

SIMBOLO	ESEMPIO	NOTE
<p>PUNTO STIMATO (Indicazione ora)</p> 		<p>L'indicazione dell'ora deve essere sempre scritta con le cifre accanto al simbolo del Punto Nave in senso orizzontale.</p>
<p>PUNTO COSTIERO RILEVATO (2/3 rilevamenti)</p> 		<p>Lo spezzone tratteggiato indica il «rifasamento» sulla rotta tra il punto stimato ed il contemporaneo punto costiero.</p>
<p>PUNTO RADIO-GONIOMETRICO E RADIOELETTRICO</p> 		<p>Può essere ottenuto come intersezione di luoghi di posizione radioelettrici o come coordinate geografiche fornite dal ricevitore di bordo.</p>
<p>PUNTO RADAR</p> 		<p>Può essere ottenuto dalle seguenti misure:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 2/3 rilevamenti radar ● rilevamento e distanza radar ● rilevamento ottico e distanza radar

SIMBOLO	ESEMPIO	NOTE
<p>PUNTO ASTRONOMICO (Stellare)</p> 		<p>L'indicazione dell'ora si riferisce all'istante dell'ultima osservazione effettuata se non diversamente stabilito.</p>
<p>PUNTO ASTRONOMICO CON RETTE ISOLATE</p> 		<p>Si trasportano all'istante dell'ultima osservazione le precedenti indicando tale operazione con il simbolo dell'esempio.</p>
<p>CORRENTE MARINA</p> 		<p>La direzione della corrente è data dall'azimut verso cui essa dirige. La velocità della corrente marina è espressa in nodi. Triangolo di velocità:</p> 
<p>VENTO (quando inferiore ai 50 nodi)</p> 		<p>Il vento prende il nome dalla direzione di provenienza. La velocità del vento si esprime in nodi e si rappresenta tramite le barbette della freccia</p> <ul style="list-style-type: none"> ● barba lunga = 10 nodi ● barba corta = 5 nodi

SIMBOLO	ESEMPIO	NOTE												
<p>VENTO (quando superiore ai 50 nodi)</p> 		<p>La velocità di 50 nodi viene indicata da una bandierina triangolare annerita.</p> <p><i>N.B.:</i> Le barbe e la bandierina sono alla SN del vento nell'emisfero NORD e alla DR nell'emisfero SUD</p>												
<p>CAMBIO DI FUSO 0300A 0400B</p> 		<p>Nel punto stimato dove avviene il cambio di fuso si riporta la doppia indicazione di ora con le lettere dei rispettivi fusi.</p>												
<p>CAMBIO DI DATA</p>		<p>Nel punto stimato di mezzanotte si riporta il GDO di cui le prime due cifre indicano il nuovo giorno</p>												
<p>INDICAZIONE DEGLI ELEMENTI DEL MOTO DELLA NAVE</p> <p>Rv Pv Pb Pgb Vp Ve</p>	 <table border="1" data-bbox="746 1648 922 1794"> <tr><td>Rv</td><td>070</td></tr> <tr><td>Pv</td><td>062</td></tr> <tr><td>Pb</td><td>066.5</td></tr> <tr><td>Pgb</td><td>060</td></tr> <tr><td>Vp</td><td>12</td></tr> <tr><td>Ve</td><td>13.5</td></tr> </table>	Rv	070	Pv	062	Pb	066.5	Pgb	060	Vp	12	Ve	13.5	<p>La Rv, Pv, Pb, Pgb si esprimono sempre con 3 cifre</p>
Rv	070													
Pv	062													
Pb	066.5													
Pgb	060													
Vp	12													
Ve	13.5													

SIMBOLO	ESEMPIO	NOTE
<p>LINEA DI RILEVAMENTO DI ACCOSTATA, DI SICUREZZA, DI GUIDA</p>		<p>Il rilevamento si esprime sempre con 3 cifre e si riporta nei pressi del punto cospicuo osservato.</p>
<p>PUNTO PER DIFFERENZA D'AZIMUTH</p> 		
<p>ELEMENTI CARATTERISTICI DI UN FARO</p>		<p>Si riportano sulla carta:</p> <ul style="list-style-type: none"> - settore di visibilità (rilevamenti veri presi dal largo. Es.: visibile da 230 a 290) - portata relativa alla Nave (valutazione tra portata geografica e luminosa) - Caratteristica grafica Faro.
<p>PUNTO DI FONDA E CERCHIO DI FONDA</p> 		<p>Il raggio del «Giro» della Nave alla fonda è pari alla lunghezza Nave + lunghezza catena filata. Il raggio del «cerchio di fonda» per il controllo del punto è pari alla distanza prora-plancia + lunghezza catena filata. Una lunghezza di catena = 25 m</p>

NAVIGAZIONE STIMATA

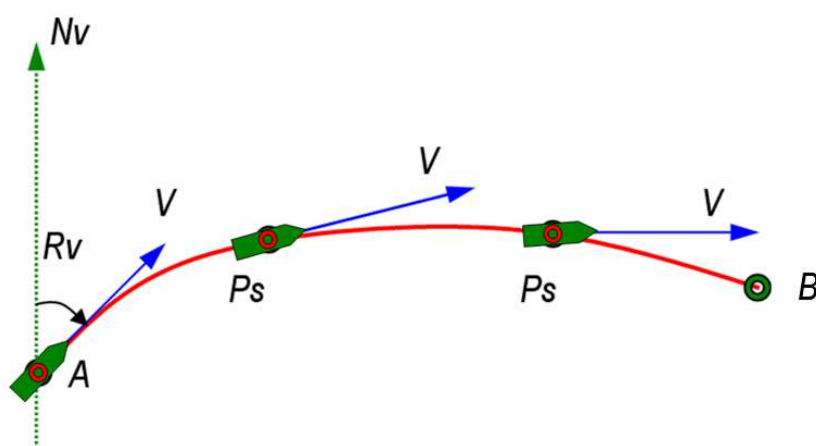
LA NAVIGAZIONE LOSSODROMICA: GENERALITÀ

L'insieme di operazioni che consente di determinare in ogni istante la *posizione* del mezzo-Navale sulla traiettoria prescelta in base agli elementi del moto, *rotta e cammino*, forniti dalla *bussola* e dal *solcometro* costituisce la *Navigazione stimata*.

La posizione così ottenuta, a partire inizialmente da un *punto noto* prende il nome di *Punto stimato*.

Con la navigazione stimata si cerca di *inseguire* la traiettoria prescelta orientando, in ogni suo punto, la *velocità vettoriale* della nave lungo la sua tangente.

Di conseguenza il *punto stimato* P_s sarà situato sempre, per definizione, sulla traiettoria prescelta dall'ultimo punto noto.



Inseguimento della traiettoria e Punto stimato

Ma la *velocità vettoriale* V la cui *direzione* è data dalla *bussola* ed il cui *modulo* è fornito dal *solcometro*, è affetta da *incertezza* per i vari *errori* che intervengono nella misurazione dei suoi elementi.

Pertanto si *stima* di inseguire la traiettoria: il punto stimato rappresenta la *posizione della nave* a meno degli *errori* dovuti ai vari *disturbi*, cioè con una *certa approssimazione* o meglio con una *certa probabilità*.

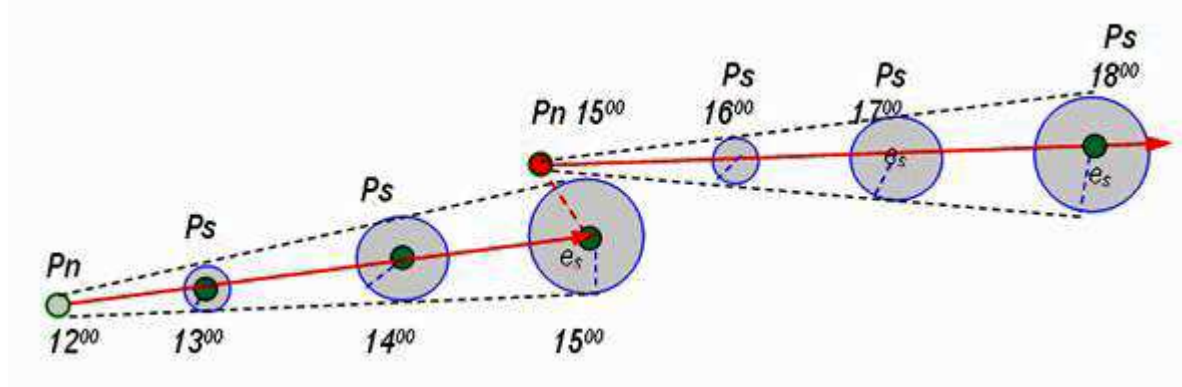
Le *fonti di errore* che influenzano gli *elementi stimati*, *rotta e cammino* sono: *vento*, *corrente*, *onde*, *cattivo governo*, errore nella *deviazione della bussola*, errore nella *calibrazione del solcometro*, ecc..

Quando si dice che il *punto stimato* P_s rappresenta il *trasporto* di una posizione nota lungo una *certa rotta* e per un *certo cammino*, ottenuto con la *Velocità* e il *Tempo*, occorre specificare se si tratta di *velocità rispetto all'acqua (superficiale)* o *rispetto al fondo (effettiva)*.

Nota. Alcuni testi stranieri, tra cui l'autorevole "American Practical Navigator", fanno distinzione tra:

- *Dead Reckoning*, cioè determinazione del Punto stimato ottenuto in base alla *Rotta superficiale* seguita ed alla *Velocità rispetto all'acqua*;
- *Estimated Position*, cioè determinazione della posizione considerando una stima della *Velocità* e della *Rotta rispetto al fondo*.

Nonostante l'elevato grado di *incertezza* insito nel P_s , la *Navigazione stimata* è alla base di tutto il *processo navigazione*. La conoscenza del P_s è importante per la risoluzione di molti problemi della *navigazione astronomica* come, ad esempio, nel calcolo delle *rette di altezza*, del *tempo dei crepuscoli*, degli *azimut*, nonché nelle *eliminazione dell'ambiguità* con i luoghi di posizione radioelettrici, nella determinazione dell'E.T.A. (*Estimated Time of Arrival*).



L'incertezza del P_s e calotta di incertezza

L'incertezza del P_s aumenta col tempo. L'errore di stima (e_s) e la calotta di incertezza aumentano col trascorrere del tempo.

Nel momento in cui si determina il *Punto nave* (con i metodi della *navigazione osservata*, *astronomica*, *radio assistita*, ecc.) l'incertezza diventa zero, cioè si *annulla*, per poi ricominciare ad aumentare col trascorrere del tempo.

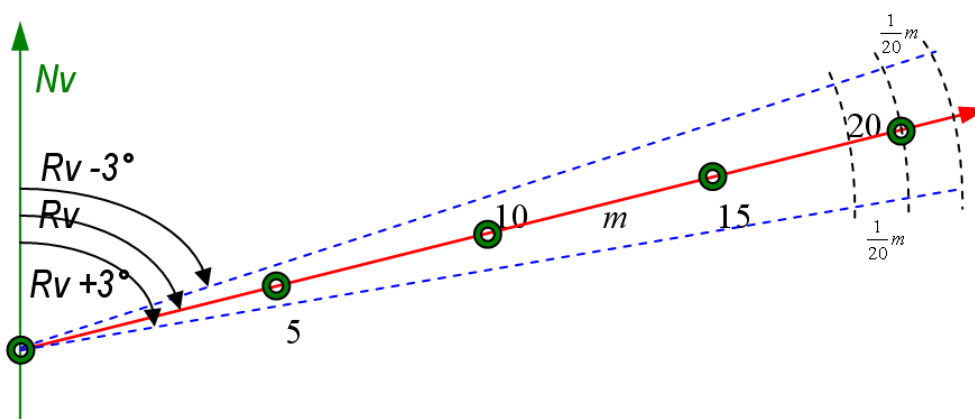
Dal punto di vista pratico la *navigazione stimata* si risolve con l'impiego della formula $m = V \cdot \Delta t$. La velocità viene data da strumenti che prendono il nome generico di *solcometri* e si esprime in *nodi* (1 nodo = 1 miglio in 1 ora); l'*intervallo di tempo* viene dato da un comune orologio o "mostra" (orologio di confronto) e si esprime in *ore e parti decimali di ora*. Il cammino m risulta espresso in *Miglia Nautiche*. Le formule inverse sono:

- $V = \frac{m}{\Delta t}$ che consente il calcolo della velocità quando sono noti il cammino percorso e l'intervallo di tempo impiegato a percorrerlo;
- $\Delta t = \frac{m}{V}$ che consente il calcolo dell'intervallo di tempo impiegato a percorrere il cammino m alla velocità V .

IL PUNTO STIMATO E SUA APPROSSIMAZIONE

Durante la navigazione raramente avviene che il *Punto stimato* coincida con il *Punto nave* esatto, cioè con il *Punto nave osservato* o *rilevato*. Ciò perché, per quanta cura si ponga nel misurare il *cammino* e *governare in Rotta*, si verificano quasi sempre degli *errori sistematici* negli elementi m ed R a causa delle inevitabili *imbardate* della prora intorno alla direzione della rotta, e ciò indipendentemente da *errori accidentali* causati da *correnti ignote* e da *altre cause*.

In genere, si ritiene che l'*errore sistematico* nella misura del cammino sia di *1 miglio su 20*. Lo stesso errore si commette sulla misura della *Rotta*, ma in senso perpendicolare al cammino; poiché la lunghezza dell'arco di 3° è circa *1/20 del raggio*, ne consegue che l'*errore sistematico* sulla rotta è di $\pm 3^\circ$.



Approssimazione del "Ps"

Tali errori crescono col cammino percorso, cioè aumentano col trascorrere del tempo, per cui è necessario controllare spesso il *Punto-nave*, soprattutto quando si naviga sotto costa o in zona di pericoli.

In figura il quadrilatero rappresenta la *Zona di incertezza* del Punto stimato. Essa è ampia circa *1 miglio quadrato* su un percorso di *20 miglia nautiche*. Il *Ps* più probabile rimane, comunque, il centro di tale zona.

I PROBLEMI DELLA NAVIGAZIONE LOSSODROMICA

La *determinazione della posizione stimata* è strettamente legata alla scelta della *traiettoria* tra due punti della Terra di note coordinate geografiche. Si è già detto che tra le infinite traiettorie che uniscono due punti della Sfera terrestre, quelle di interesse per la navigazione sono la *Lossodromia* e l'*Ortodromia*.

Lo studio che segue si limita ad esaminare i problemi relativi alla navigazione su percorsi lossodromici o a *Rotta vera costante*.

I problemi fondamentali della navigazione lossodromica sono due:

1. dati $A (\varphi, \lambda)$, Rv , $m \rightarrow$ determinare $B (\varphi', \lambda')$; ossia le coordinate del *Punto stimato*.
2. dati $A (\varphi, \lambda)$ e $B (\varphi', \lambda')$, \rightarrow determinare Rv , m ; ossia la *Rotta vera* e il *cammino*.

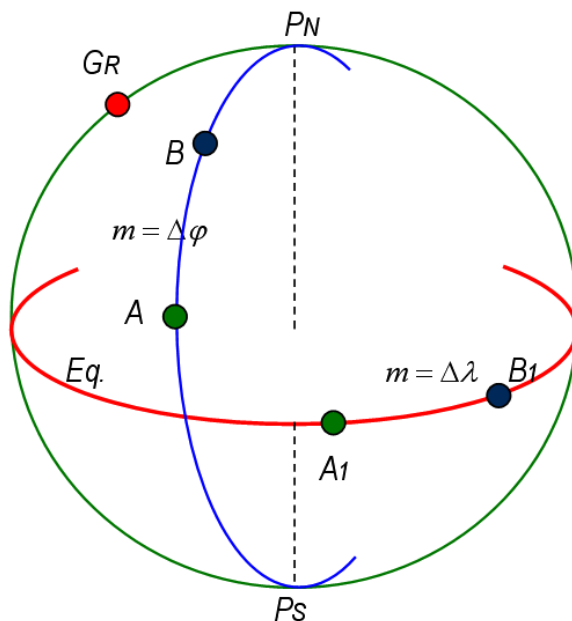
▪ *navigazione per meridiano (e sull'equatore)*

I *meridiani* ed i *paralleli* sono *particolari lossodromie* in cui i calcoli sono molto semplificati.

Si considerino il punto di *partenza* A e quello di *arrivo* B situati sullo stesso meridiano della figura seguente, cioè la *longitudine* dei due punti è la stessa.

La *Rotta* per andare da A a B sarà 0° o *Nord* se la latitudine di B è *maggiore* di quella di A ; sarà 180° o *Sud* nel caso contrario. Il *cammino* in miglia tra A e B è dato dall'*arco di meridiano* che li congiunge, pari evidentemente alla loro *differenza di latitudine*. (Si ricordi che $1'$ di meridiano = 1 miglio).

In questo modo, date le *coordinate dei due punti*, si è calcolato la *Rotta* ed il *cammino*. È possibile quindi convertire la *Rotta vera* in *Prora bussola* da dare al timoniere e calcolare il *tempo previsto* di arrivo o *ETÀ* (*Expected / Estimated Time of Arrival*) nota la *Velocità* che la nave può sviluppare.



*Navigazione per meridiano, il cammino coincide con la Differenza di Latitudine $\Delta\varphi$.
 Navigazione sull'equatore, il cammino coincide con la Differenza di Longitudine $\Delta\lambda$.*

Viceversa dato un punto $A (\varphi, \lambda)$, di partenza, la Rotta vera (0° o 180°) ed il cammino $m = V \cdot \Delta t$, per determinare le coordinate del punto di arrivo $B (\varphi', \lambda')$, si ha:

$$\lambda' = \lambda$$

$$\varphi' = \varphi \pm \Delta\varphi$$

con $\Delta\varphi = m$, il segno (+) è relativo a rotta $Rv = 000^\circ$, quello (-) relativo a rotta $Rv = 180^\circ$.

- Esempio:

Un nave naviga da un punto $A (\varphi = 10^\circ 24'.8 \text{ N} ; \lambda = 40^\circ 20' \text{ W})$ ad un punto B, percorrendo $m = 224 \text{ mg}$, con $Rv = 0^\circ$. Determinare le coordinate del punto di arrivo B.

$$m = \Delta\varphi = 224' = 3^\circ 44' \text{ N}$$

$$\begin{array}{r} \varphi = 10^\circ 24'.8 \text{ N} \\ + \Delta\varphi = 03^\circ 44' \text{ N} \\ \hline \varphi' = 14^\circ 08'.8 \text{ N} \end{array} ; \quad \lambda' = 40^\circ 20' \text{ W}$$

- Sull'Equatore, sarà: $\varphi' = \varphi = 0^\circ$

$$Rv = 90^\circ = E$$

$$\Delta\varphi = 0^\circ ; \Delta\lambda = m$$

Il $\Delta\lambda$ prende il segno E

$$Rv = 270^\circ = W$$

$$\Delta\varphi = 0^\circ ; \Delta\lambda = m$$

Il $\Delta\lambda$ prende il segno W

- Esempio:

Un nave naviga da un punto A ($\varphi = 00^\circ$; $\lambda = 039^\circ 40' W$) ad un punto B, percorrendo $m = 115$ mg, con $Rv = 90^\circ$. Determinare le coordinate del punto di arrivo B.

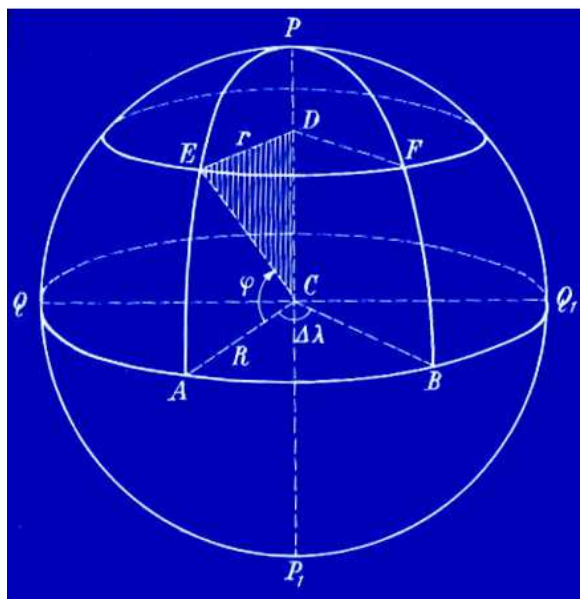
$$m = \Delta\lambda = 115' = 001^\circ 55' E$$

$$\begin{array}{r} \lambda' = 039^\circ 40' W \\ + \Delta\lambda = 001^\circ 55' E \\ \hline \lambda' = 037^\circ 45' W \end{array} ; \quad \varphi' = \varphi = 00^\circ$$

▪ **navigazione per parallelo**

Quando si naviga per parallelo la latitudine del punto di partenza e la latitudine del punto di arrivo sono uguali. La Rotta vera è 90° o 270° . Il cammino per parallelo m_P si calcola tenendo presente la *relazione tra arco di parallelo e simile arco di equatore*. Si ha quindi $m_P = \Delta\lambda \cdot \cos\varphi$. In cui se $\Delta\lambda$ è espressa in primi m_P risulta in miglia. Per il calcolo della posizione dati punti di partenza A (φ , λ), Rotta vera (90° o 270°) ed il cammino m_P , si ha: $\varphi' = \varphi$; $\lambda' = \lambda + \Delta\lambda$. In cui $\Delta\lambda = m_P \cdot \sec\varphi$. Con m_P espresso in miglia, $\Delta\lambda$ risulta in *primi*.

NOTA.



Immaginiamo di considerare i punti E e F sullo *stesso parallelo* di latitudine φ e per detti punti conduciamo i meridiani PA e PB. Determiniamo la relazione fra la *lunghezza EF dell'arco di parallelo e del corrispondente arco di equatore*.

Sia R il raggio della sfera e r il raggio del parallelo EF. Per un noto teorema di geometria abbiamo :

$$EF = r \cdot \Delta\lambda \qquad AB = R \cdot \Delta\lambda$$

Dividendo la seconda per la prima si ha:

$$\frac{AB}{EF} = \frac{R}{r}$$

Dal triangolo CDE, rettangolo in D, si ha:

$$\frac{r}{R} = \cos \varphi$$

Quindi: $AB = EF \cdot \sec \varphi$, ossia $\Delta \lambda = m_P \cdot \sec \varphi$, cioè l'arco di Equatore è uguale al corrispondente arco di parallelo moltiplicato per la secante della latitudine del parallelo.

- Esempio:

Una nave in partenza da Manfredonia, segue dal punto A ($\varphi = 41^\circ 37' N$; $\lambda = 016^\circ 00'.7 E$) rotta vera $R_v = 90^\circ$ per 74 mg. Calcolare le coordinate del punto di arrivo B (φ' ; λ').

$$\varphi = \varphi' = 41^\circ 37' N ; \quad \Delta \lambda = m_P \cdot \sec \varphi ; \quad \Delta \lambda = 74 \cdot 1,3376048 = 99',1 = 001^\circ 39',1 E$$

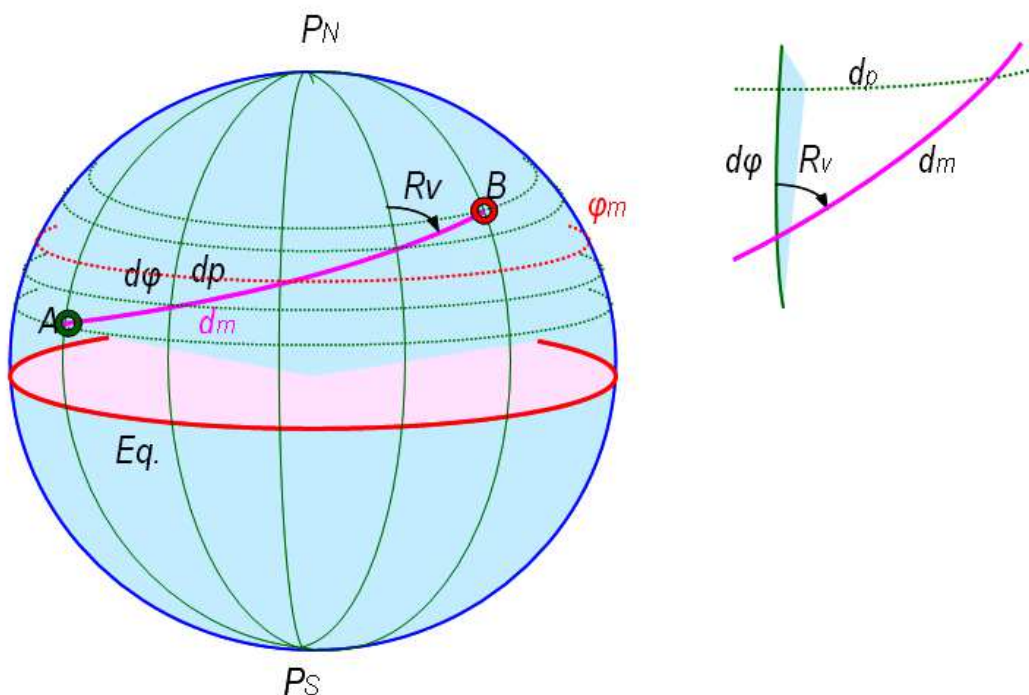
$$\begin{array}{r} \lambda = 016^\circ 00'.7 E \\ + \Delta \lambda = 001^\circ 39'.1 E \\ \hline \lambda' = 017^\circ 39'.8 E \end{array}$$

- 1° Problema della Navigazione lossodromica (caso generale):**
note le coordinate di A (φ , λ), R_v , m → calcolare le coordinate di B (φ' , λ')
 (1° caso: piccole distanze, $m < 375$ mg e $\varphi < 60^\circ$)

Si dice *lossodromia* una curva, a doppia curvatura, tracciata sulla superficie terrestre, che ha la proprietà di incontrare i meridiani con angolo sempre costante. Essa si avvolge infinite volte intorno ai poli senza mai raggiungerli.

Una nave che naviga mantenendo costante la Rotta, segue una lossodromia. L'Equatore, i paralleli, i meridiani, sono particolari lossodromie.

Come già detto, la lossodromia, sulla Carta di Mercatore, è rappresentata da una retta.



Sia A il punto di partenza, B quello di arrivo, AB l'arco di *lossodromia* tra i due punti. Si divida AB in un numero infinito di tratti dm , talmente piccoli da potersi ritenere rettilinei e per ogni punto di divisione si tracci il meridiano e il parallelo. Dal 1° dei triangolini rettangoli ottenuti, che si considerano piani, si ha:

$$\begin{array}{ll} d\varphi_1 = dm_1 \cdot \cos Rv & dp_1 = dm_1 \cdot \sin Rv \\ d\varphi_2 = dm_2 \cdot \cos Rv & dp_2 = dm_2 \cdot \sin Rv \\ d\varphi_3 = dm_3 \cdot \cos Rv & dp_3 = dm_3 \cdot \sin Rv \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ \underline{d\varphi_n = dm_n \cdot \cos Rv} & \underline{dp_n = dm_n \cdot \sin Rv} \\ \Delta\varphi = m \cdot \cos Rv & \mu = m \cdot \sin Rv \end{array}$$

Sommando membro a membro, dalla colonna di sinistra si ha:

$$\Delta\varphi = m \cdot \cos Rv$$

e, dalla colonna di destra, ritenendo che approssimativamente la somma di tutti gli archetti di parallelo ($dp_1, dp_2, \dots\dots dp_n$) sia uguale ad un arco di parallelo μ detto *appartamento* o *allontanamento*, compreso tra i meridiani di A e di B e posto alla *latitudine media* φ_m :

$$\mu = m \cdot \sin Rv$$

All'arco di parallelo μ corrisponde sull'Equatore un arco di $\Delta\lambda$, per mezzo della relazione:

$$\Delta\lambda = \mu \cdot \sec \varphi_m$$

e sostituendo a μ il suo valore, si ottiene:

$$\Delta\lambda = m \cdot \sin Rv \cdot \sec \varphi_m$$

La differenza di longitudine $\Delta\lambda$ calcolata con la formula trovata è, per l'approssimazione di μ , affetta da un errore che risulta < di 1' fino a quando $m < 375$ miglia e $\varphi < 60^\circ$.

- Esempio:

Una nave in partenza da Gaeta, naviga per 63 mg con rotta $Rv = 164^\circ$, dal punto A ($\varphi = 41^\circ 13.1' N$; $\lambda = 012^\circ 59.4' E$). Calcolare le coordinate del punto di arrivo B (φ' ; λ').

$$\Delta\varphi = m \cdot \cos Rv; \quad \Delta\varphi = 63 \cdot 0,9612616 = 60'.6 S = 1^\circ 00'.6 S$$

$$\begin{array}{r} \varphi = 41^\circ 13'.1 N \\ + \Delta\varphi = 01^\circ 00'.6 S \\ \hline \varphi' = 40^\circ 12'.5 N \end{array}$$

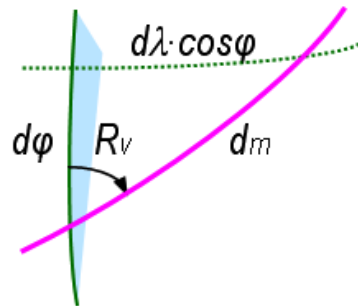
$$\begin{array}{l} \Delta\lambda = m \cdot \sin Rv \cdot \sec \varphi_m \\ \varphi_m = (\varphi + \varphi') / 2 \end{array} \quad \begin{array}{l} \varphi' = 40^\circ 12'.5 N \\ + \varphi = 41^\circ 13'.1 N \\ \hline 2 \varphi_m = 81^\circ 25'.6 N \end{array}$$

$$\varphi_m = 40^\circ 42'.8 N$$

$$\begin{array}{l} \Delta\lambda = m \cdot \sin Rv \cdot \sec \varphi_m \\ \Delta\lambda = 63 \cdot 0,275637 \cdot 1,3192915 = 22'.9 E \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \lambda = 012^\circ 59'.4 E \\ + \Delta\lambda = 000^\circ 22'.9 E \\ \hline \lambda' = 013^\circ 22'.3 E \end{array}$$

- **1° Problema della Navigazione lossodromica (caso generale):**
note le coordinate di A (φ, λ), $R_v, m \rightarrow$ calcolare le coordinate di B (φ', λ')
(II° caso: grandi distanze, $m > 375 \text{ mg}$ e $\varphi > 60^\circ$)



Considerando ancora un triangolino infinitesimo (che può ritenersi piano), in cui il cateto formato dall'archetto di parallelo questa volta lo scriviamo (ricordando la relazione con il corrispondente archetto di equatore $d\lambda$):

$$d\rho = d\lambda \cdot \cos\varphi$$

e, applicando il teorema di trigonometria sui triangoli rettangoli:

$$d\lambda \cdot \cos\varphi = d\varphi \cdot \tan R_v, \text{ da cui}$$

$$d\lambda = \frac{d\varphi}{\cos\varphi} \cdot \tan R_v$$

e quindi integrando (sommando i vari tratti):

$$\int_{\lambda}^{\lambda'} d\lambda = \int_{\varphi}^{\varphi'} \frac{d\varphi}{\cos\varphi} \cdot \tan R_v$$

E poiché R_v è costante:

$$\Delta\lambda = (\varphi'_c - \varphi_c) \cdot \tan R_v$$

o meglio:

$$\Delta\lambda = \Delta\varphi_c \cdot \tan R_v$$

con latitudine crescente $\varphi_c = \log_n \cdot \tan(45^\circ + \varphi/2)$, in radianti.

In primi ($\varphi_c = 7915,7 \cdot \log_{10} \cdot \tan(45^\circ + \varphi/2)$), considerando la Terra sferica. Attribuendo la forma

ellissoidica, si ha: $\varphi_c = \frac{10800'}{3,141592} \cdot \log_{10} \cdot \tan(45^\circ + \frac{\psi - \nu}{2})$.

Per il calcolo della differenza di latitudine: $\Delta\varphi = m \cdot \cos R_v$

$$\Delta\varphi \begin{cases} N & \text{se la } R_v \text{ è compresa nel I o IV quadrante} \\ S & \text{se la } R_v \text{ è compresa nel II o III quadrante} \end{cases}$$

- Esempio:

Una nave in navigazione nell'Oceano Atlantico naviga dal punto A ($\varphi = 38^{\circ}46' S$; $\lambda = 042^{\circ}43' W$), per 423 mg. e con rotta $Rv = 084^{\circ}$. Calcolare le coordinate del punto di arrivo B (φ' ; λ').

$$\Delta\varphi = m \cdot \cos Rv; \quad \Delta\varphi = 423 \cdot 0,104528 = 44'.2 N = 00^{\circ}44'.2 N$$

$$\begin{array}{r} \varphi = 38^{\circ}46'.0 S \\ + \Delta\varphi = 00^{\circ}44'.2 N \\ \hline \varphi' = 38^{\circ}01'.8 S \end{array}$$

$$\Delta\lambda = \Delta\varphi_c \cdot \tan Rv \quad \Delta\varphi_c = \varphi'_c - \varphi_c \quad \varphi'_c = 2456'.3 S$$

$$\begin{array}{r} - \varphi_c = 2512'.5 S \\ \hline \Delta\varphi_c = 56'.2 N \end{array}$$

$$\Delta\lambda = 56'.2 \cdot 9,5143644 = 534'.7 = 008^{\circ}54'.7 E$$

$$\begin{array}{r} \lambda = 042^{\circ}43'.0 W \\ + \Delta\lambda = 008^{\circ}54'.1 E \\ \hline \lambda' = 033^{\circ}48'.9 W \end{array}$$

- 2° Problema della Navigazione lossodromica (caso generale):**
note le coordinate di A (φ, λ) e B (φ', λ') → determinare $Rv (r_v), m$
(I° caso: piccole distanze, $m < 375$ mg e $\varphi < 60^{\circ}$)

Dalle formule del 1° problema della lossodromia si ricavano le formule inverse:

$$\Delta\varphi = m \cdot \cos Rv$$

$$\Delta\lambda = m \cdot \sin Rv \cdot \sec \varphi_m$$

Dividendo membro a membro, la seconda per la prima, si ha:

$$\frac{\Delta\lambda}{\Delta\varphi} = \frac{m \cdot \sin Rv \cdot \sec \varphi_m}{m \cdot \cos Rv}; \text{ semplificando: } \frac{\Delta\lambda}{\Delta\varphi} = \tan Rv \cdot \sec \varphi_m$$

Da cui :

$$\tan r_v = \frac{\Delta\lambda \cdot \cos \varphi_m}{\Delta\varphi}$$

Alla rotta quadrantale r_v si assegnano i cardini: il primo cardine è quello del $\Delta\varphi$, il secondo è quello del $\Delta\lambda$. Successivamente si calcola la Rv circolare.

Per il calcolo del cammino, dalla prima formula si ha: $m = \Delta\varphi \cdot \sec Rv$

Nella soluzione del II problema di lossodromia è preferibile usare la rotta quadrantale r_v .

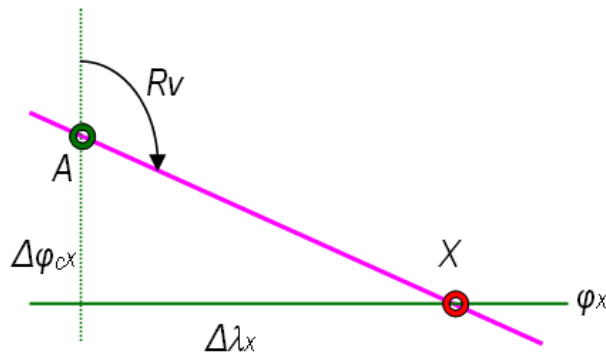
- 2° Problema della Navigazione lossodromica (caso generale):**
note le coordinate di A (φ, λ) e B (φ', λ') → determinare Rv, m
(II° caso: grandi distanze, $m > 375$ mg e $\varphi > 60^{\circ}$)

Le formule da utilizzare sono: $\tan r_v = \frac{\Delta\lambda'}{\Delta\varphi'_c}$ $m = \Delta\varphi \cdot \sec r_v$

La prima formula si può usare anche quando m è minore di 375 miglia.

- Caso particolare della Navigazione lossodromica: coordinate del punto di intersezione della lossodromia con un parallelo

Sia A il punto di partenza, Rv la rotta vera, X il punto di incontro della lossodromia con il parallelo di latitudine φ_x .



Rappresentazione schematica sulla Carta di Mercatore

Del punto X si conosce la latitudine φ_x . Occorre calcolare la longitudine λ_x . Essendo note sia la φ di partenza che quella di arrivo, è possibile calcolare il $\Delta\varphi_{cx}$:

$$\Delta\varphi_{cx} = \varphi_{cx} - \varphi_c$$

E quindi:

$$\Delta\lambda_x = \Delta\varphi_{cx} \cdot \text{tang } Rv$$

Infine:

$$\lambda_x = \lambda + \Delta\lambda_x$$

Il segno di $\Delta\lambda_x$ sarà E se Rv è compresa nel I o II quadrante; sarà W se Rv è compresa nel III o IV quadrante.

- Esempio:

Una nave diretta da Valparaiso (Cile) allo Stretto di Tsugaru (Giappone) naviga per Lossodromia tra i punti:

$$A (\varphi = 33^\circ \text{ S}; \lambda = 071^\circ 45' \text{ W}) \quad B (\varphi' = 41^\circ 40' \text{ N}; \lambda' = 141^\circ 30' \text{ E})$$

Calcolare la longitudine del punto di intersezione con il parallelo $\varphi_x = 10^\circ \text{ N}$.

$$\text{Calcolo: } Rv = 298^\circ 43'.8 \quad m = 9320.2 \text{ mg}$$

$$\Delta\varphi_{cx} = \varphi'_{cx} - \varphi_c$$

$$\begin{aligned} \varphi'_{cx} &= 599'.1 \text{ N} \\ - \varphi_c &= 2086'.9 \text{ S} \\ \hline \Delta\varphi_{cx} &= 2686'.0 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\Delta\lambda_x = \Delta\varphi_{cx} \cdot \text{tang } Rv$$

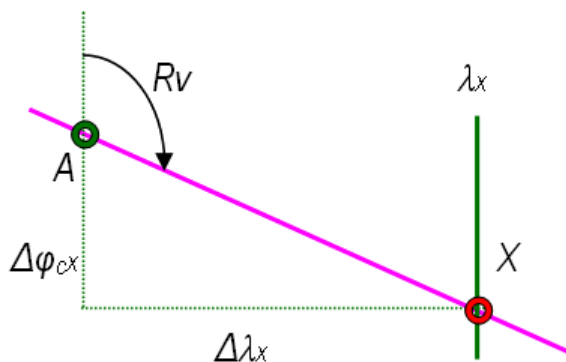
$$\Delta\lambda_x = 2686'.9 \cdot 1,824269 = 4901'.6 = 81^\circ 41'.6 \text{ W}$$

$$\lambda_x = \lambda + \Delta\lambda_x$$

$$\begin{aligned} \lambda &= 071^\circ 45'.0 \text{ W} \\ + \Delta\lambda_x &= 081^\circ 41'.6 \text{ W} \\ \hline \lambda_x &= 153^\circ 26'.6 \text{ W} \end{aligned}$$

- Caso particolare della Navigazione lossodromica: coordinate del punto di intersezione della lossodromia con un meridiano

Sia A il punto di partenza, Rv la rotta vera, X il punto di incontro della lossodromia con il meridiano di longitudine λ_x .



Rappresentazione schematica sulla Carta di Mercatore

Del punto X si conosce la latitudine λ_x . Occorre calcolare la latitudine φ_x . Essendo note sia la λ di partenza che quella di arrivo λ_x , è possibile calcolare il $\Delta\lambda_x$:

$$\Delta\lambda_x = \lambda_x - \lambda$$

Dalla formula:

$$\Delta\lambda_x = \Delta\varphi_{cx} \cdot \text{tang } Rv$$

si ricava:

$$\Delta\varphi_{cx} = \Delta\lambda_x \cdot \text{cotg } Rv$$

e quindi: $\varphi_{cx} = \varphi_c + \Delta\varphi_{cx}$

da cui, con passaggio inverso, nelle Tavole Nautiche, si ricava φ_x .

Il segno di $\Delta\varphi_{cx}$ sarà N se Rv è compresa nel I o IV quadrante; sarà S se Rv è compresa nel II o III quadrante.

- Esempio:

Una nave diretta da Valparaiso (Cile) allo Stretto di Tsugaru (Giappone) naviga per Lossodromia tra i punti:

$$A (\varphi = 33^\circ \text{ S}; \lambda = 071^\circ 45' \text{ W}) \quad B (\varphi' = 41^\circ 40' \text{ N}; \lambda = 141^\circ 30' \text{ E})$$

Calcolare la longitudine con il meridiano $\lambda_x = 100^\circ \text{ W}$.

Calcolo: $Rv = 298^\circ 43'.8 \quad m = 9320.2 \text{ mg}$

$$\Delta\lambda_x = \lambda_x - \lambda$$

$$\begin{array}{r} \lambda_x = 100^\circ 00'.0 \\ - \lambda = 071^\circ 45'.0 \text{ W} \\ \hline \lambda_x = 028^\circ 15'.0 \text{ W} \end{array}$$

$$\Delta\varphi_{cX} = \Delta\lambda_x \cdot \cotg R_V$$

$$\Delta\varphi_{cX} = 1695'.0 \cdot 0,5481647 = 929'.1 N$$

$$\varphi_c = 2086'.9 S$$

$$+ \Delta\varphi_{cX} = 929'.1 N$$

$$\varphi_{cX} = 1157'.8 S$$

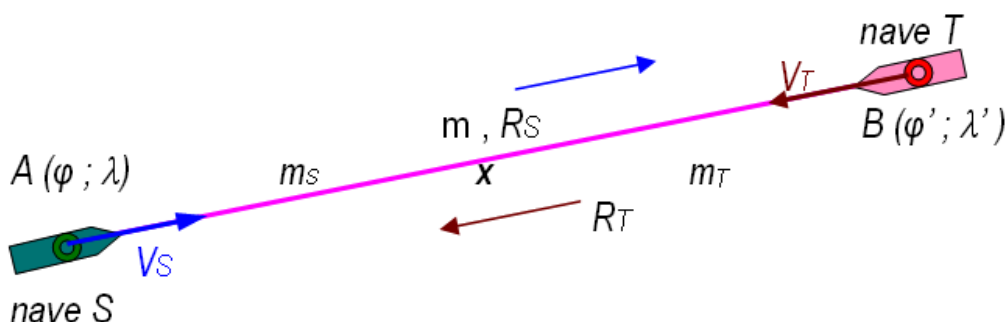
$$\varphi_x = 19^\circ 03'.6 S$$

CASI PARTICOLARI DELLA NAVIGAZIONE LOSSODROMICA

Consideriamo due navi che navigano sulla stessa *Lossodromia*: una nave S parte dal punto A ($\varphi ; \lambda$) e con velocità V_S dirige per B ($\varphi' ; \lambda'$).

Un'altra nave T parte da B e con velocità V_T dirige per A.

- 1° Caso: la nave S e la nave T partono simultaneamente in senso opposto



Considerando A il punto di partenza e B il punto di arrivo, si calcola (2° Problema di Lossodromia) la R_S e il cammino m .

Tale cammino rappresenta la distanza iniziale fra le due navi che ogni ora si riduce di $(V_S + V_T)$ mg, e si annullerà (cioè le due navi si incontreranno) dopo ore di navigazione:

$$\Delta t^h = \frac{m}{V_S + V_T}$$

La nave S (con rotta R_S) avrà percorso un cammino : $m_S = V_S \cdot \Delta t^h$

La nave T (con rotta R_T) avrà percorso un cammino : $m_T = V_T \cdot \Delta t^h$

La $R_T = R_S \pm 180^\circ$ (rotta opposta)

Le coordinate del punto di incontro X delle due navi si calcoleranno risolvendo il 1° Problema di Lossodromia:

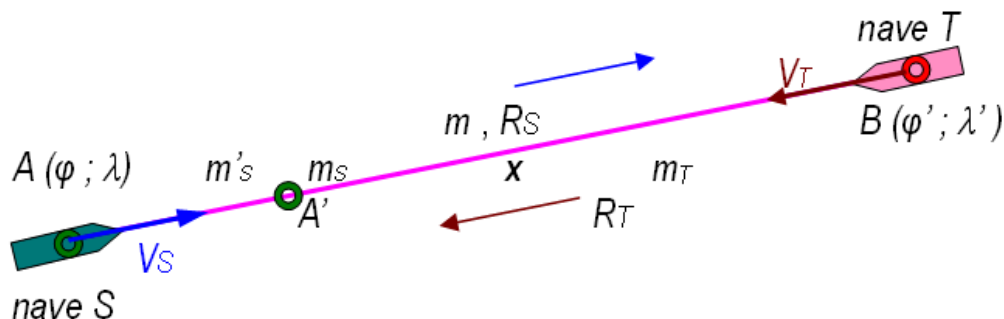
A ($\varphi ; \lambda$) R_S determinare le coordinate di X ($\varphi_X ; \lambda_X$)
 $m_S = V_S \cdot \Delta t^h$

NOTA. Si possono calcolare le coordinate del punto d'incontro X anche partendo da B:

B ($\varphi' ; \lambda'$) $R_T = R_S \pm 180^\circ$ determinare le coordinate di X ($\varphi_X ; \lambda_X$)
 $m_T = V_T \cdot \Delta t^h$

- 2° Caso: la nave S e la nave T partono dai punti A e B in istanti diversi

La nave S parte Δt^h prima della nave T. Considerando sempre A punto di partenza e B punto di arrivo, si calcola la rotta R_S ed il cammino m fra i due punti.



Quando parte la nave T, la nave S ha già percorso un cammino:

$$m'_S = V_S \cdot \Delta t^h$$

Il cammino che dovrà percorrere la nave S sarà ancora (a partire da A'):

$$m_S = V_S \cdot \Delta T^h$$

Quello della nave T, a partire da B e con rotta R_T opposta ad R_S , sarà:

$$m_T = V_T \cdot \Delta T^h$$

Possiamo scrivere la seguente identità:

$$m = m'_S + m_S + m_T$$

ossia:

$$m = V_S \cdot \Delta t^h + V_S \cdot \Delta T^h + V_T \cdot \Delta T^h$$

ovvero:

$$m = V_S \cdot \Delta t^h + (V_S + V_T) \cdot \Delta T^h$$

da cui:

$$\Delta T^h = \frac{m - V_S \cdot \Delta t^h}{V_S + V_T}$$

Per avere le coordinate del punto d'incontro X, si dovrà risolvere il 1° Problema di Lossodromia:

A ($\varphi; \lambda$) R_S determinare le coordinate di X ($\varphi_X; \lambda_X$)
 $m_S = V_S \cdot \Delta t^h + V_S \cdot \Delta T^h$

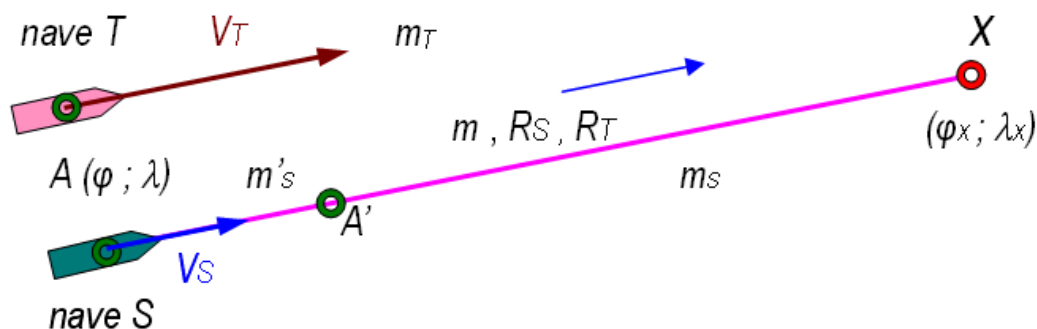
oppure:

B ($\varphi'; \lambda'$) $R_T = R_S \pm 180^\circ$ determinare le coordinate di X ($\varphi_X; \lambda_X$)
 $m_T = V_T \cdot \Delta T^h$

- 3° Caso: inseguimento

Le due navi, S e T, partono entrambe dal punto $A (\varphi ; \lambda)$; la nave T, Δt^h dopo la nave S, e seguono la stessa rotta ($R_S = R_T$) ma con velocità $V_T > V_S$.

Si vogliono conoscere le coordinate del punto X in cui la nave T raggiunge la nave S.



Nell'istante in cui parte la nave T, la nave S ha già percorso un cammino:

$$m'_S = V_S \cdot \Delta t^h$$

che rappresenta la distanza iniziale fra le due navi.

Poiché la nave T ha una velocità $V_T > V_S$ della nave S, quando l'avrà raggiunto, vorrà dire che ha percorso un cammino:

$$m_T = V_T \cdot \Delta T^h$$

e la nave S avrà percorso ancora:

$$m_S = V_S \cdot \Delta T^h$$

Possiamo scrivere la seguente identità:

$$m_T = m'_S + m_S$$

ossia:

$$V_T \cdot \Delta T^h = V_S \cdot \Delta t^h + V_S \cdot \Delta T^h$$

ovvero:

$$(V_T - V_S) \cdot \Delta T^h = V_S \cdot \Delta t^h$$

da cui:

$$\Delta T^h = \frac{V_S \cdot \Delta t^h}{V_T - V_S}$$

Per avere le coordinate del punto X in cui la nave T raggiunge la nave S, basta risolvere il 1° Problema di Lossodromia:

$A (\varphi' ; \lambda')$ R_T determinare le coordinate di $X (\varphi_X ; \lambda_X)$
 $m_T = V_T \cdot \Delta T^h$

oppure:

$A (\varphi ; \lambda)$ R_S determinare le coordinate di $X (\varphi_X ; \lambda_X)$
 $m_S = V_S \cdot \Delta t^h + V_S \cdot \Delta T^h$

INDICE

PREFAZIONE	Pag 2
------------------	-------

NAVIGAZIONE TRADIZIONALE 1 - I

<i>COMPETENZA IN ESITO N. 5</i> Organizzare la spedizione in rapporto alle motivazioni del viaggio ed alla sicurezza degli spostamenti. »	4
SCIENZE DELLA NAVIGAZIONE	» 5
Funzione e scopo della navigazione	» 5
I problemi della navigazione marittima	» 6
Forma e grandezza della Terra	» 9
La sfera terrestre	» 11
Miglio marino	» 12
Coordinate geografiche	» 13
Differenza di Latitudine e differenza di Longitudine di due punti	» 13
Linea meridiana e linea Est-Ovest	» 16
Rosa dei Venti	» 17
Le traiettorie sulla sfera per la navigazione	» 18
Prore e Rotte	» 20
Magnetismo Navale	» 22
La bussola magnetica marina	» 24
Tipi di bussole	» 26
Accessori delle bussole magnetiche	» 31
Grafometri	» 32
Principi fondamentali della compensazione	» 35
Compensazione speditiva	» 37
Orientare la nave su una determinata prora magnetica	» 41
Giri di bussola e tabella delle deviazioni residue	» 42
Conversione e correzione delle prore e dei rilevamenti	» 44
Misura della velocità	» 46
La navigazione in presenza di vento e corrente	» 53
Problemi sulle correnti	» 56
LE CARTE NAUTICHE	» 60
La carta geografica	» 60
Tipi di carte	» 62
Proiezioni prospettiche e per sviluppo	» 62
Cenni sulle carte gnomoniche	» 65
Requisiti delle carte nautiche	» 66
La carta cilindrica tangente diretta centrale	» 66
La carta di Mercatore	» 68
La lossodromia e l'ortodromia sulla carta di Mercatore	» 71
Costruzione della carta di Mercatore	» 71

Lettura ed interpretazione delle carte nautiche	» 75
Altre pubblicazioni nautiche	» 81
NAVIGAZIONE COSTIERA	» 83
Generalità	» 83
Le linee di posizione	» 83
La determinazione del punto nave	» 89
Le distanze in navigazione costiera	» 96
Segnalamenti marittimi	» 99
IL CARTEGGIO NAUTICO	» 108
Strumenti per il carteggio nautico	» 109
Principali operazioni sulla carta nautica	» 111
Norme e simboli per il carteggio	» 114
NAVIGAZIONE STIMATA	» 119
La navigazione lossodromica: generalità	» 119
Il punto stimato e sua approssimazione	» 120
I problemi della navigazione lossodromica	» 121
Casi particolari della navigazione lossodromia	» 130

P. Di Barmalio