

Elementi di navigazione piana

Contenuto

- Introduzione
- Coordinate, Distanze, Velocità
- Magnetismo, bussola
- Declinazione, Deviazione
- Prora, Rotta
- Scarroccio
- Correnti
- Riassunto finale: Calcolo della rotta

http://www.pamini.ch/html/corso_ccs.html

Ing. Renato PAMINI

1

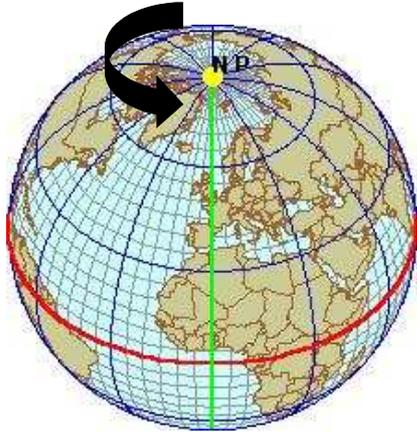
Introduzione

- La navigazione piana si occupa della condotta della navigazione marittima (preparazione dell'itinerario, condotta, controllo del movimento sul mare) utilizzando rappresentazioni piane della superficie terrestre
- Utilizza procedimenti geometrici e analitici valevoli sul piano

Ing. Renato PAMINI

2

La terra



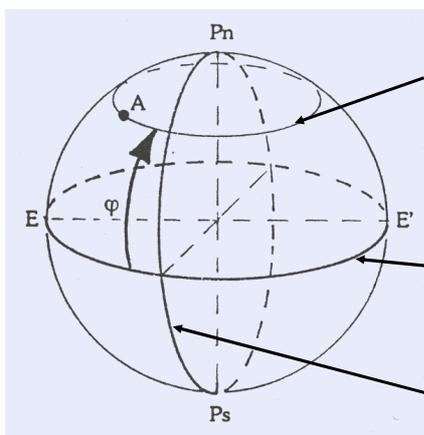
Raggio equatoriale: 6378 km
Raggio polare: 6356 km

La Terra ruota su se stessa in senso antiorario intorno all'asse terrestre (NP-SP) e su un'orbita ellittica intorno al Sole.

Ing. Renato PAMINI

3

Riferimenti terrestri



Paralleli (lunghezza variabile)

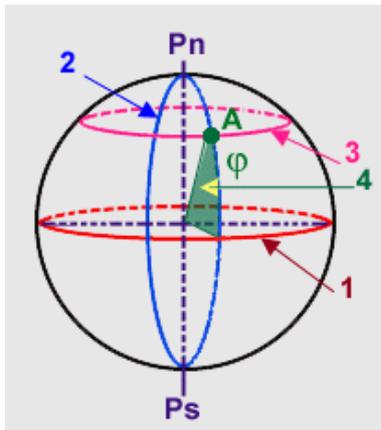
Equatore (cerchio massimo)

Meridiani (infiniti)

Ing. Renato PAMINI

4

Latitudine



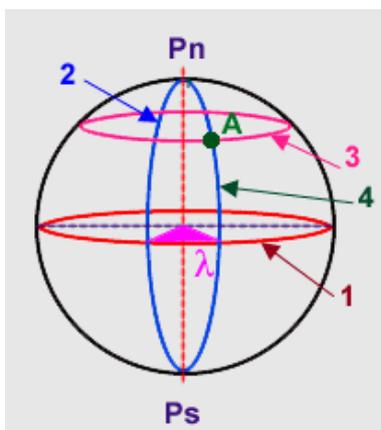
- 1 - Equatore
- 2 - Meridiano di Greenwich
- 3 - Parallelo di A
- 4 - Latitudine di A

Da 0° a 90°N → Emisfero Nord
Da 0° a 90°S → Emisfero Sud

Ing. Renato PAMINI

5

Longitudine



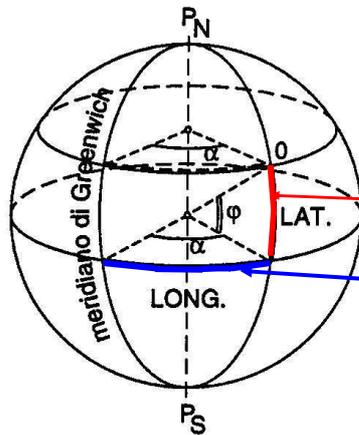
- 1 - Equatore
- 2 - Meridiano di Greenwich
- 3 - Parallelo di A
- 4 - Meridiano di A

Da 0° a 180°E → Verso oriente
Da 0° a 180°W → Verso occidente

Ing. Renato PAMINI

6

Coordinate geografiche



Esempio:
Lugano: 46-00.2 N / 008-57.1 E

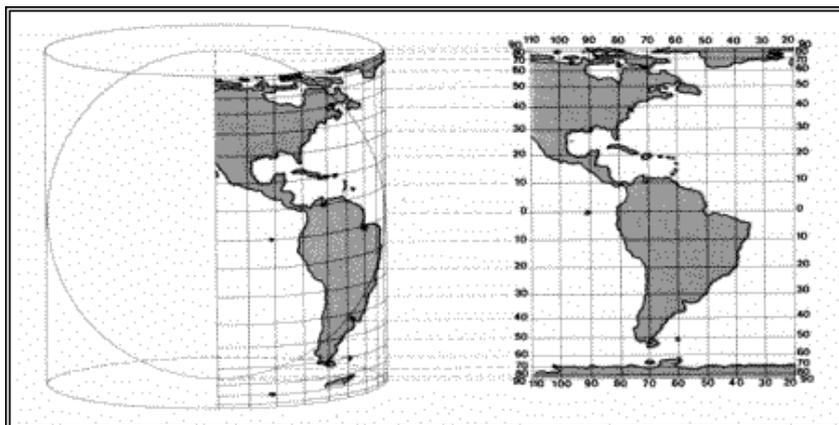
LATITUDINE (ϕ)

LONGITUDINE (α)

Ing. Renato PAMINI

7

Proiezione cilindrica di Lambert

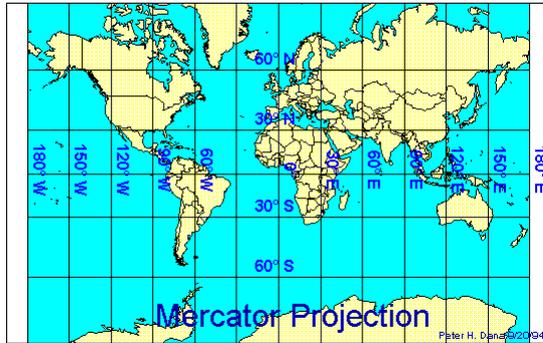


Le maglie del reticolo **non sono uguali** (quadrato all'equatore poi rettangolari)

Ing. Renato PAMINI

8

Carta di Mercatore



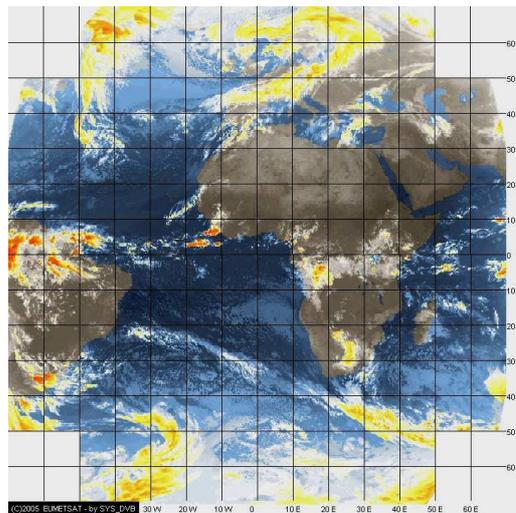
Proiezione cilindrica modificata (i meridiani sono rette parallele egualmente distanziate, mentre i paralleli sono disegnati ad intervalli sempre maggiori via via che si procede verso i poli).
Carta notevolmente deformata ma rigorosamente **isogonica**.

Gerardo **Mercatore** (1512-1594) filosofo e teologo fiammingo

Ing. Renato PAMINI

9

Elaborazione immagine da Satellite Meteosat 8 in proiezione Mercatore



Ing. Renato PAMINI

10

Come la carta di Mercatore manipola la nostra visione del mondo



CONFRONTO NORD – SUD

Nord del mondo 49.030.000 Km²
Sud del Mondo 100.260.000 Km²



CONFRONTO AFRICA – EX URSS

Ex-URSS 22.400.000 Km²
Africa 30.258.010 Km²

Ing. Renato PAMINI

11

Come la carta di Mercatore manipola la nostra visione del mondo



CONFRONTO GROENLANDIA – AFRICA

Groenlandia 2.176.165 Km²
Africa 30.258.010 Km²



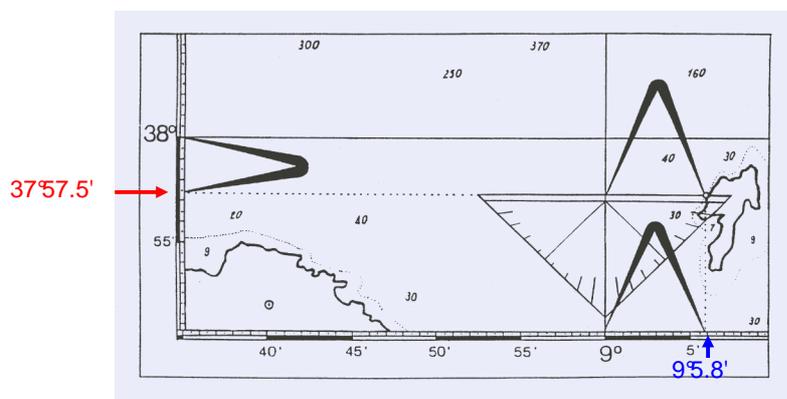
CONFRONTO GROENLANDIA - CINA

Groenlandia 2.176.165 Km²
Cina 9.575.388 Km²

Ing. Renato PAMINI

12

Come si legge una posizione

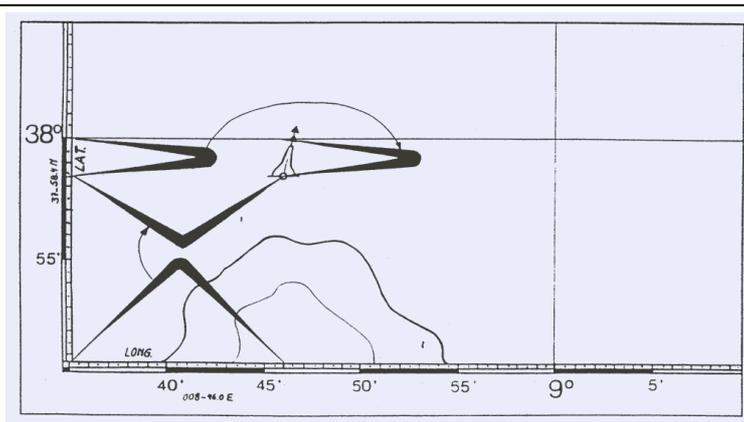


Posizione: **37-57.5 N** / **009-5.8 E**

Ing. Renato PAMINI

13

Trovare la posizione della Boa



Posizione **37-58.4 N** / **008-46.0 E**

Ing. Renato PAMINI

14

Misura delle distanze

Miglio nautico (M)
corrisponde alla lunghezza di
un primo (1') di cerchio massimo

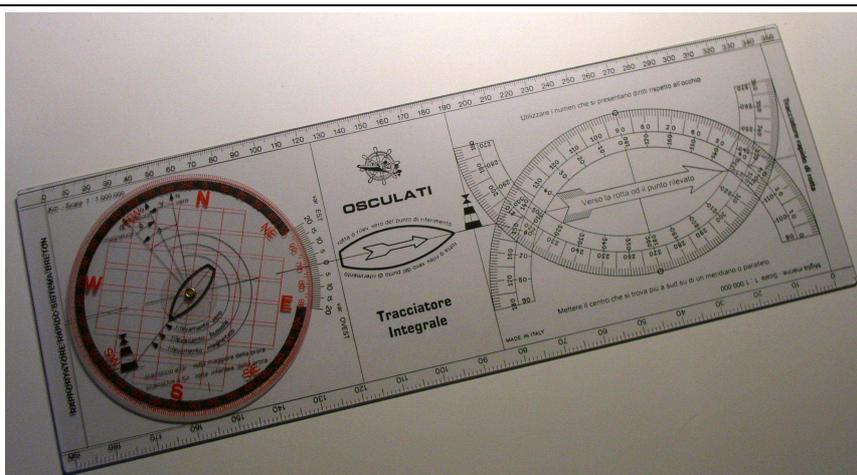
Equivale a **1852 m**

$1^\circ = 60 \text{ M}$; **Equatore** = $360^\circ \cdot 60\text{M} = 21'600 \text{ M}$

Ing. Renato PAMINI

15

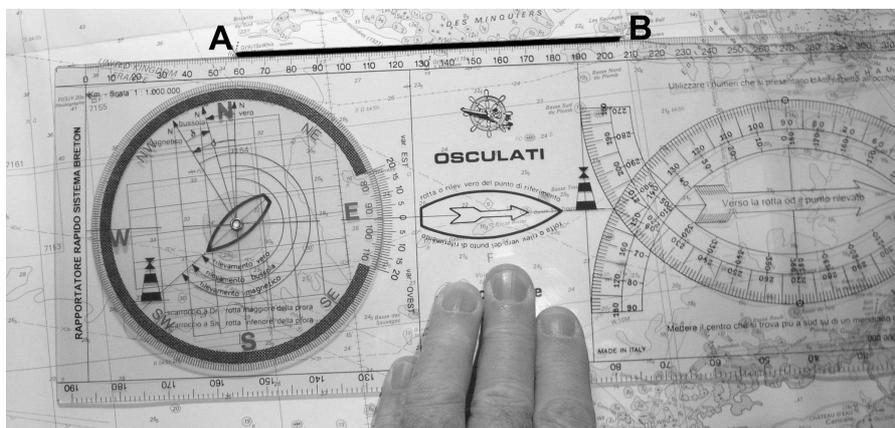
Regolo Bretone



Ing. Renato PAMINI

16

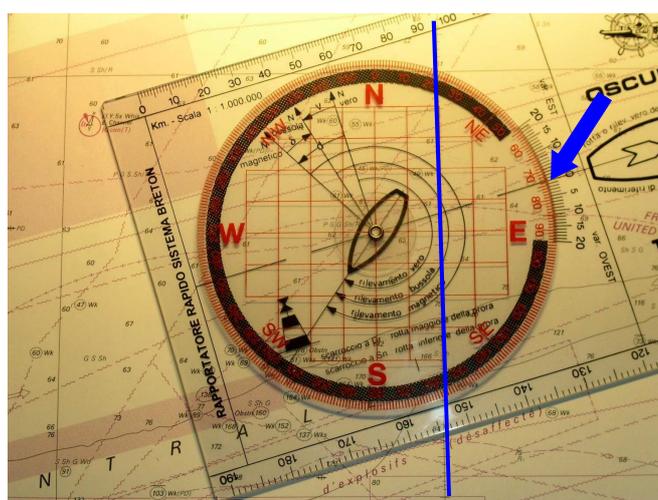
Per determinare la direzione AB



Ing. Renato PAMINI

17

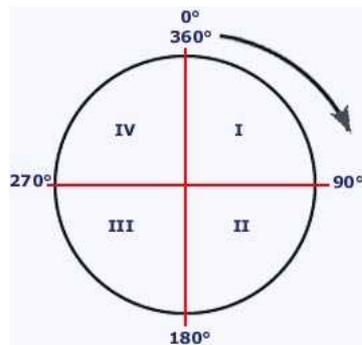
Lettura dell'angolo rispetto al Nord



Ing. Renato PAMINI

18

Punti cardinali



Ing. Renato PAMINI

19

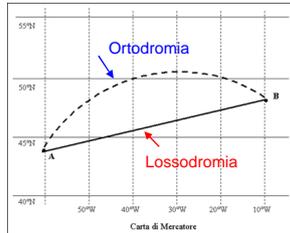
Caratteristiche delle carte nautiche

- Le carte nautiche debbono possedere particolari caratteristiche, che rendono più agevole la pianificazione della navigazione. Queste caratteristiche sono:
 - la **isogonicità**, caratteristica secondo la quale esiste l'eguaglianza tra un angolo misurato sulla terra e il corrispondente angolo misurato sulla carta nautica;
 - la **rettifica delle traiettorie**, che consente quindi di segnare con una semiretta la curva della **lossodromia** (particolare tipo di traiettoria nella quale viene **mantenuto costante l'angolo formato con i meridiani**, che, sulla sfera terrestre, è rappresentata da una curva a spirale).

Ing. Renato PAMINI

20

La lossodromia (vedi Cap 3 CCS)



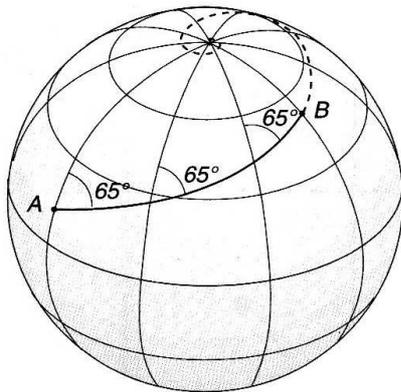
Si definisce **lossodromia** una qualsiasi linea che mantenga sempre lo stesso angolo rispetto ai meridiani; sulla Terra, a causa della convergenza dei meridiani verso i poli, la lossodromia (quando non coincide con un parallelo o con un meridiano) è costituita da una curva che si va avvolgendo a spirale attorno al polo fino a raggiungerlo; **nella carta di Mercatore la lossodromia viene invece rappresentata con**

una retta; tale carta risulta quindi particolarmente adatta per la navigazione: infatti in mare per navigare da un porto ad un altro, non sempre si segue la **linea ortodromica** (che è veramente la linea più breve che li congiunge); spesso si preferisce mantenere, **con l'aiuto della bussola**, una rotta che formi sempre lo stesso angolo con il nord; tale rotta, che coincide appunto con la lossodromia, è facilissima da scegliere su questa carta, essendo rappresentata dal segmento di retta che unisce i due porti

Ing. Renato PAMINI

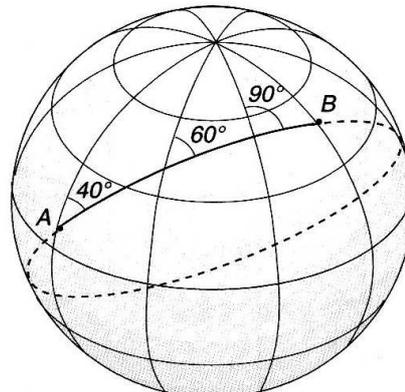
21

Percorsi riportati sul globo terrestre



LOSSODROMIA

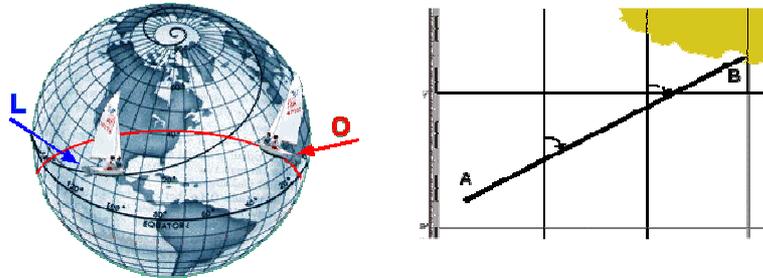
Ing. Renato PAMINI



ORTODROMIA
(percorso più breve)

22

Lossodromia e carta nautica



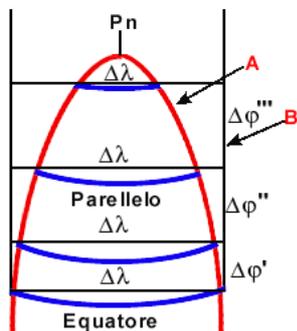
Sulla superficie terrestre la **traiettoria rossa** rappresenta una **Ortodromia**, la **spirale di colore scuro**, che taglia i meridiani sotto lo stesso angolo, è una **Lossodromia**.

Sulla carta nautica la lossodromia viene rappresentata da una linea che taglia i meridiani con angolo costante.

Ing. Renato PAMINI

23

Latitudine sulla carta di Mercatore



In questo tipo di rappresentazione, dal momento che sulla Terra i meridiani convergono tutti verso i poli, è stato necessario dilatare, man mano che dall'Equatore si procede verso i poli, l'ampiezza dei paralleli compresi tra due meridiani, affinché questa divenga simile alla lunghezza del corrispondente arco di Equatore.

A questo allungamento dei paralleli è dovuta seguire una dilatazione della lunghezza del meridiano in corrispondenza dei due paralleli.

Questa deformazione fa sì che nella carta di Mercatore **la distanza tra i paralleli sia sempre più grande, man mano che dall'Equatore si procede verso i poli.**

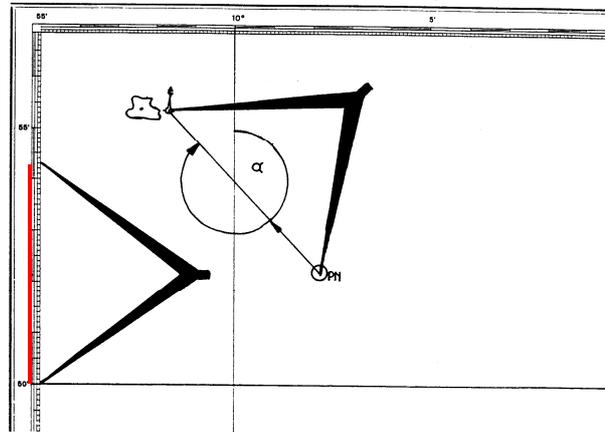
Questa variazione nella distanza tra i paralleli comporta, necessariamente, una continua variabilità nella scala delle latitudini, che cresce dall'Equatore verso i Poli.

È bene ricordare che la misura di una distanza tra due punti deve essere sempre letta in corrispondenza del valore della latitudine media dei punti.

Ing. Renato PAMINI

24

Direzione e distanza fra due punti



Distanza: **4.3 M**

Direzione: **317°**

Ing. Renato PAMINI

25

Esercizio: direzione dal faro di Cap Fréhel a faro dell'isola Chausey



Ing. Renato PAMINI

26

Misura della velocità

Velocità : distanza percorsa nell'unità di tempo

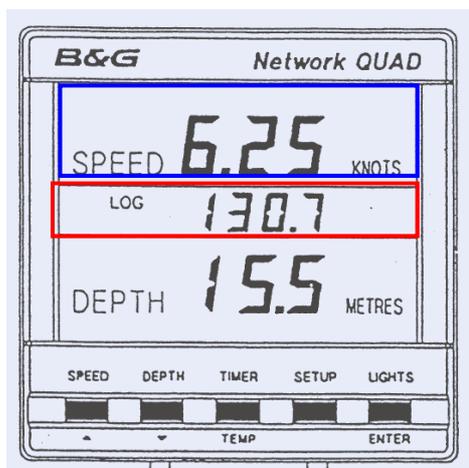
$$1 \text{ M/h} = 1 \text{ kn}$$

1 miglio all'ora = 1 nodo

Ing. Renato PAMINI

27

Solcometro o log



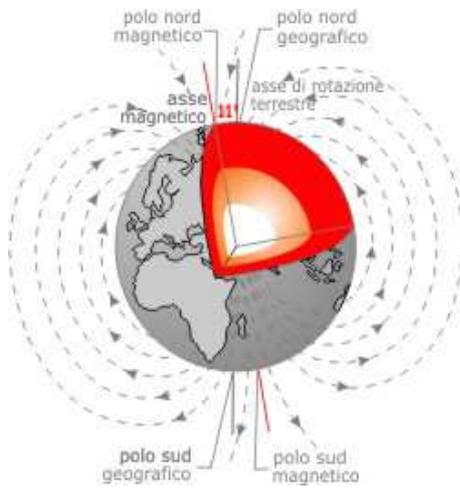
Velocità della nave

Distanza percorsa

Ing. Renato PAMINI

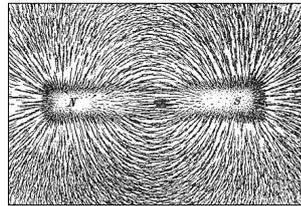
28

Magnetismo terrestre



L'asse magnetico non coincide con l'asse di rotazione terrestre (circa 11°).

L'ago magnetico della bussola indica sempre il Nord magnetico.

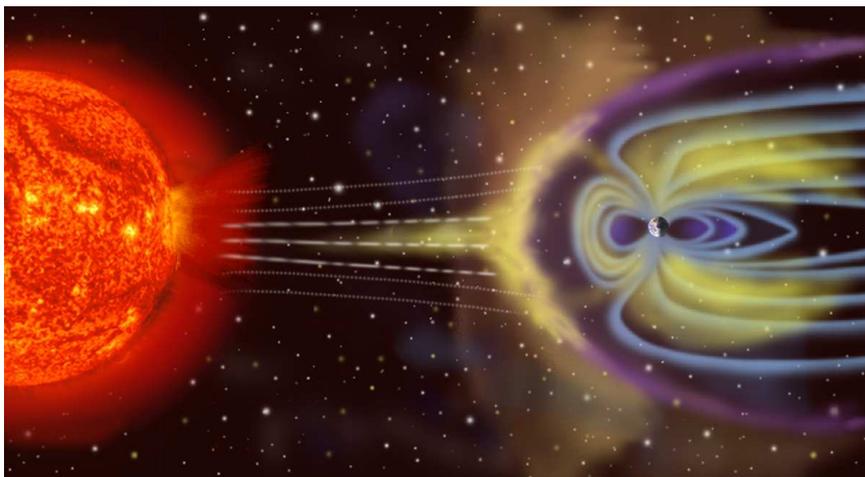


Linee di forza dovute ad un magnete

Ing. Renato PAMINI

29

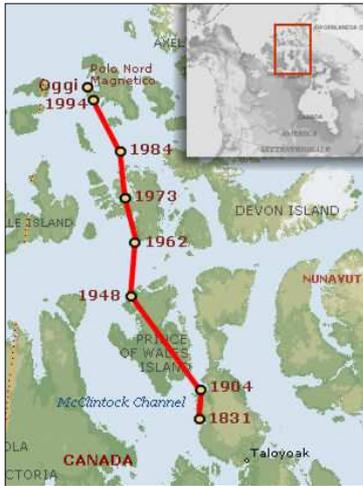
Il campo magnetico terrestre fa da scudo alla superficie della Terra dalle particelle cariche del vento solare



Ing. Renato PAMINI

30

Spostamento del Polo Nord magnetico nel tempo.



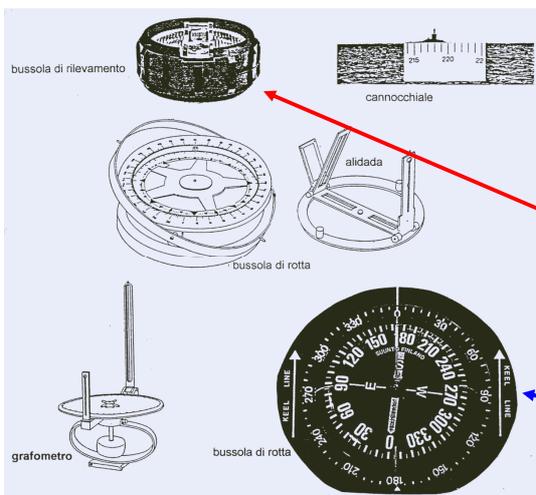
Ing. Renato PAMINI



Posizione attuale del Polo Nord magnetico

31

Bussola



La **bussola** è il principale aiuto per il navigante.

Permette di **rilevare** una posizione (**bussola di rilevamento**).

Permette di **pilotare** la nave (**bussola di rotta**).

Ing. Renato PAMINI

32

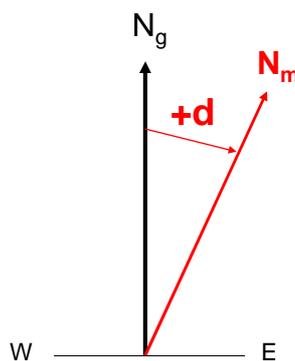
Correzioni importanti

- Le indicazioni della bussola sono influenzate dal comportamento inhomogeneo del magnetismo terrestre (**declinazione magnetica**) e dai materiali magnetici di bordo (**deviazione magnetica**).
- Dobbiamo quindi tener conto di questi fattori e correggere i valori misurati.

Ing. Renato PAMINI

33

Declinazione magnetica

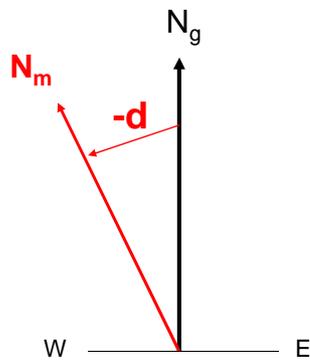


Declinazione: angolo fra N_g e N_m (**positiva** se N_m è a destra del N_g)

Ing. Renato PAMINI

34

Declinazione magnetica (2)



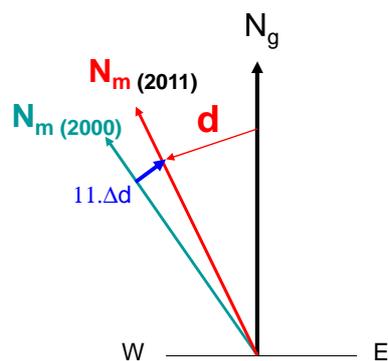
Declinazione: angolo fra N_g e N_m (**negativa** se N_m è a sinistra del N_g)

Ing. Renato PAMINI

35

Declinazione magnetica carta 6966

Esercizio



$$d(2011) = d(2000) + 11 \Delta d = 3^{\circ}40' W + 11 \cdot (9' E) = 3^{\circ}40' W + 1^{\circ}39' E = \mathbf{2^{\circ}01' W}$$

Ing. Renato PAMINI

36

Deviazione magnetica

- La bussola è influenzata dai **materiali magnetici di bordo**
- Deve quindi essere **tarata** effettuando i **giri di bussola**
- Il risultato è la tabella della correzione della bussola (**tabella della deviazione**)

Ing. Renato PAMINI

37

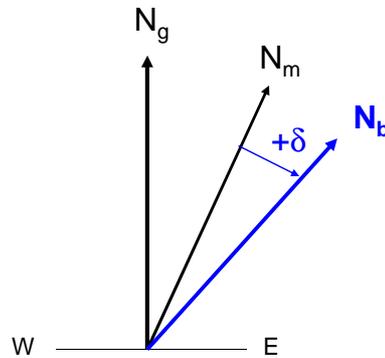
Tabella della deviazione

Angolo	Deviazione (δ)	Angolo	Deviazione (δ)
000	- 2	180	+ 2
010	+ 1	190	+ 2
020	+ 3	200	+ 1
030	+ 5	210	- 1
040	+ 7	220	- 2
050	+ 8	230	- 3
060	+ 9	240	- 4
070	+ 10	250	- 5
080	+ 10	260	- 6
090	+ 10	270	- 8
100	+ 9	280	- 9
110	+ 8	290	- 9
120	+ 7	300	- 10
130	+ 6	310	- 10
140	+ 6	320	- 9
150	+ 5	330	- 8
160	+ 4	340	- 6
170	+ 3	350	- 4

Ing. Renato PAMINI

38

Deviazione magnetica



Deviazione: angolo fra N_m e N_b (**positiva** se N_b è a destra del N_m)

Ing. Renato PAMINI

39

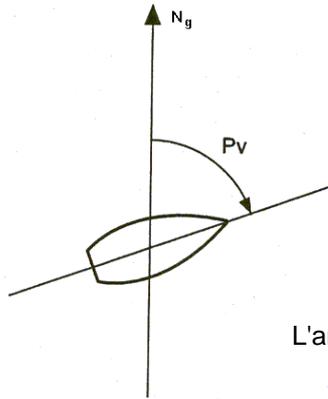
RIASSUNTO INTERMEDIO

- La declinazione d si trova sulla carta e deve essere aggiornata all'anno attuale
$$N_m = N_g + d$$
- La deviazione δ si deduce dalla tabella di deviazione
$$N_b = N_m + \delta$$
- Regola dei segni: angoli verso E sono positivi mentre verso W sono negativi

Ing. Renato PAMINI

40

PRORA: orientazione della nave



La **prora** è l'angolo fra l'asse di chiglia della nave e una direzione di riferimento

L'angolo fra il N_g è detto **prora vera** (P_v)

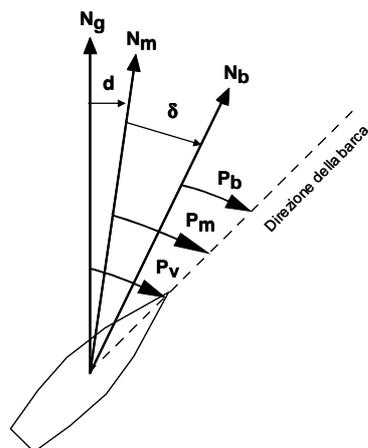
L'angolo fra il N_m è detto **prora magnetica** (P_m)

L'angolo fra il N_b è detto **prora bussola** (P_b)

Ing. Renato PAMINI

41

Formule per il calcolo della prora



Prora vera

$$P_v = P_m + d$$

Prora magnetica

$$P_m = P_b + \delta$$

$$P_v = P_b + d + \delta$$

Ing. Renato PAMINI

42

Esempi di calcoli

Dati: declinazione $d = + 002$ e deviazione $\delta = + 003$.

Sia data $P_b = 073$, possiamo calcolare P_m e P_v :

$$P_m = P_b + \delta = 073 + 003 = 076$$

$$P_v = P_m + d = 076 + 002 = 078$$

Sia data $P_v = 131$, possiamo calcolare P_m e P_b :

$$P_m = P_v - d = 131 - 002 = 129$$

$$P_b = P_m - \delta = 129 - 003 = 126$$

Esempi di calcoli (2)

Dati: declinazione $d = - 004$ e deviazione $\delta = - 006$.

Sia data $P_b = 078$, possiamo calcolare P_m e P_v :

$$P_m = P_b + \delta = 078 + (-006) = 078 - 006 = 072$$

$$P_v = P_m + d = 072 + (-004) = 072 - 004 = 068$$

Sia data $P_v = 241$, possiamo calcolare P_m e P_b :

$$P_m = P_v - d = 241 - (-004) = 241 + 004 = 245$$

$$P_b = P_m - \delta = 245 - (-006) = 245 + 006 = 251$$

Esempi di calcoli (3)

Dati: declinazione $d = -004$ e deviazione $\delta = +006$.

Sia data $P_b = 078$, possiamo calcolare P_m e P_v :

$$P_m = P_b + \delta = 078 + (+006) = 078 + 006 = 084$$

$$P_v = P_m + d = 084 + (-004) = 084 - 004 = 080$$

Sia data $P_v = 241$, possiamo calcolare P_m e P_b :

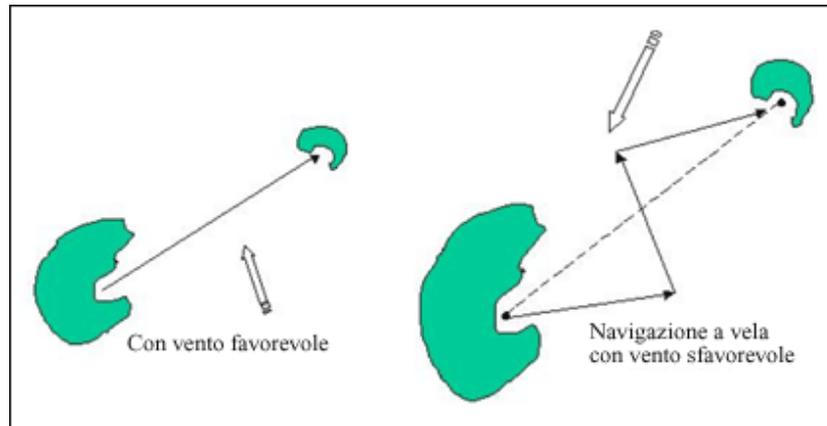
$$P_m = P_v - d = 241 - (-004) = 241 + 004 = 245$$

$$P_b = P_m - \delta = 245 - (+006) = 245 - 006 = 239$$

Rotta di una nave

- La **rotta** è il percorso che compie la nave sulla superficie terrestre
- Si dice **rotta rispetto al fondo** R_{vf}
- È influenzata dallo **scarroccio** (effetto del vento quando si naviga di bolina) e dalla **deriva** (effetto delle correnti)
- La rotta è una **grandezza vettoriale** (caratterizzata da una direzione, verso e lunghezza)

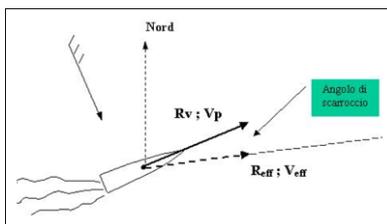
Navigazione



Ing. Renato PAMINI

47

Scarroccio



Con il termine "**scarroccio**" si indica lo scostamento della traiettoria della nave, rispetto a quella impostata, dovuto alla pressione laterale del vento sul fianco della nave o dell'imbarcazione (navigazione di bolina).

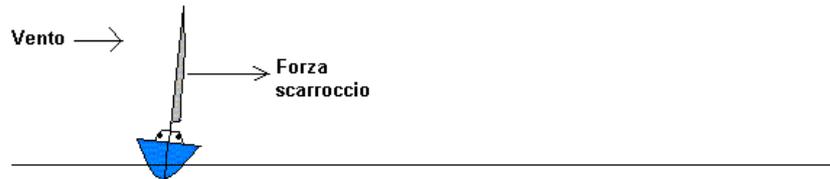
Tanto maggiore è la forza del vento tanto maggiore sarà lo "scarroccio". L'effetto del vento è proporzionale all'ampiezza delle sovrastrutture e della parte emersa dello scafo della nave. Le caratteristiche della parte immersa della carena possono contenere l'effetto del vento, limitando lo scarroccio. Una nave con grande pescaggio e a pieno carico scarroccia meno di una nave con poco pescaggio e scarica.

Le navi e le imbarcazioni a vela sono molto più esposte alla pressione del vento laterale; le caratteristiche della carena dotata di **una chiglia profonda** sono appunto studiate **per contrastare lo scarroccio**.

Ing. Renato PAMINI

48

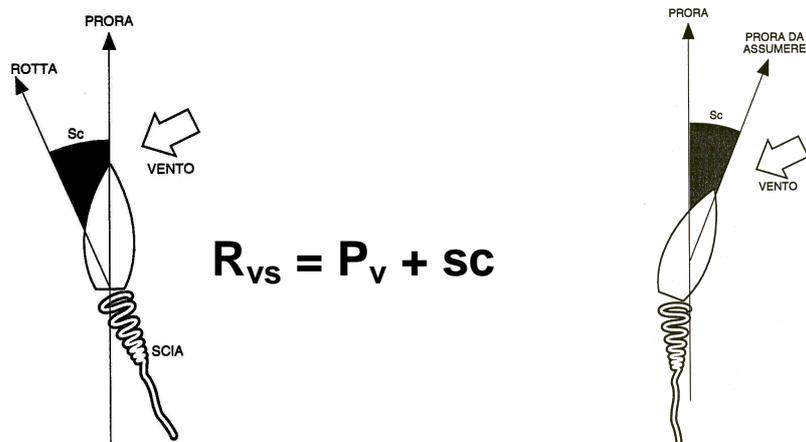
La chiglia compensa lo scarroccio



Ing. Renato PAMINI

49

Scarroccio



Ing. Renato PAMINI

50

Calcolo R_{vs} con scarroccio

Sia dato uno scarroccio di 2 gradi con vento proveniente da destra (quindi $sc = -002$) e una prora vera $P_v = 347$.

Possiamo calcolare la R_{vs} come segue:

$$R_{vs} = P_v + sc = 347 + (-002) = 345$$

Se il vento provenisse da sinistra si avrebbe uno scarroccio $sc = +002$ e la R_{vs} sarebbe:

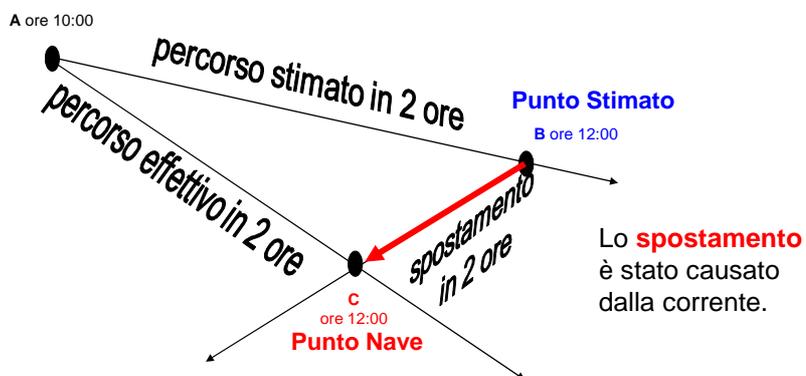
$$R_{vs} = P_v + sc = 347 + (+002) = 349$$

Le correnti

- La corrente è il movimento della massa del mare rispetto al fondo.
- Possono essere generate
 - dalle maree
 - o essere presenti in modo permanente (Corrente del Golfo, che parte dal Golfo del Messico e si dirige verso l'Atlantico Centrale)

→ **provocano uno spostamento della rotta**
(da **Punto Stimato** a **Punto Nave**)

Effetto della corrente

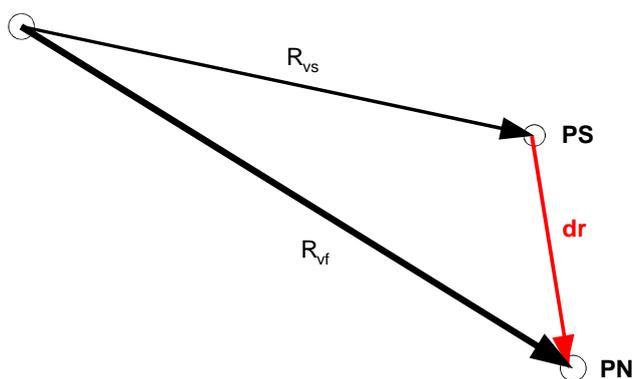


La direzione della corrente viene indicata **verso** il punto cardinale cui è diretta (*contrariamente a quanto si fa con il vento*).

Ing. Renato PAMINI

53

Deriva di corrente (dr)



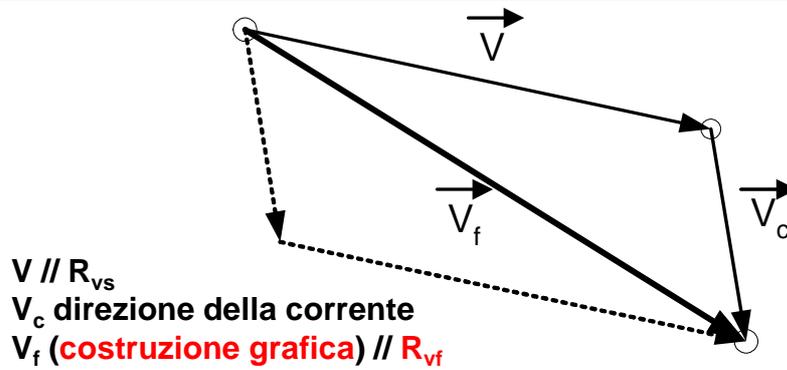
ATTENZIONE:

La somma è vettoriale, quindi si deve operare graficamente

Ing. Renato PAMINI

54

Caso 1: Data R_{vs} trovare R_{vf}



La velocità rispetto al fondo è la **somma vettoriale** della velocità della nave rispetto all'acqua e della velocità della corrente

Ing. Renato PAMINI

55

Caso 1: Esercizio

Ci muoviamo con una R_{vs} di 340 ad una velocità V di 6.4 kn.

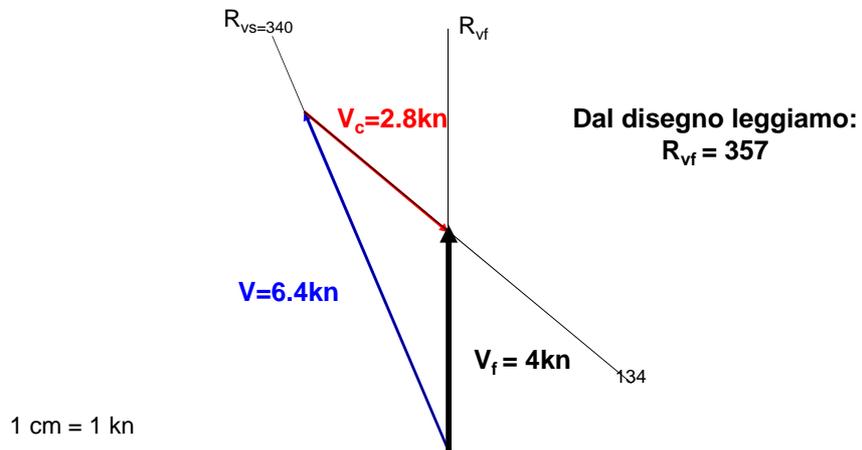
Ci troviamo in presenza di una corrente V_c di 2.8 kn e direzione 134.

Determinare la direzione della rotta vera sul fondo R_{vf} e la velocità V_f con la quale ci siamo mossi.

Ing. Renato PAMINI

56

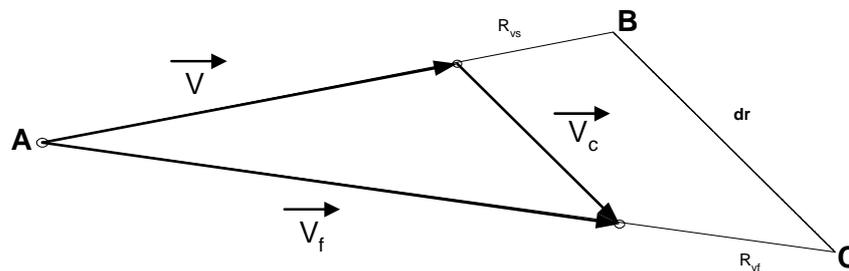
Caso 1: Soluzione



Ing. Renato PAMINI

57

Caso 2: Calcolare V_c



Data direzione della R_{vs} e il tempo calcoliamo V

Data direzione della R_{vf} e il tempo calcoliamo V_f

Con il disegno determiniamo V_c

Ing. Renato PAMINI

58

Caso 2: Esercizio

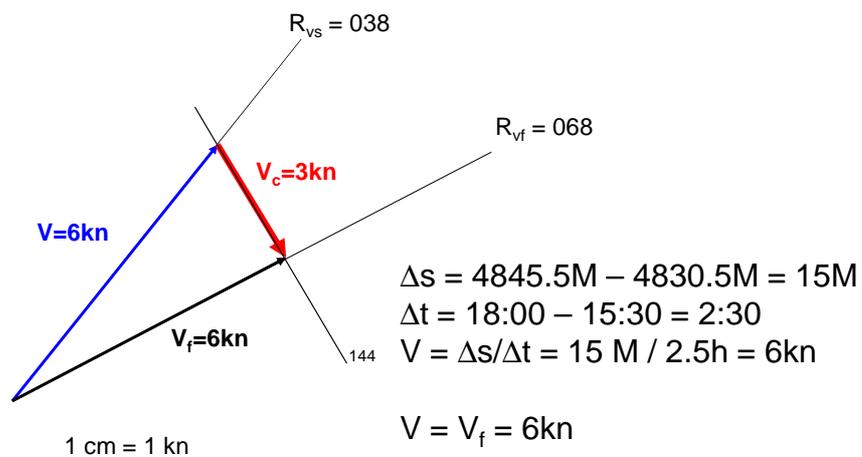
Siamo partiti dal punto A alle ore 15:30 quando il log indicava 4830.5 M. Navighiamo percorrendo una R_{vs} di 038. Alle ore 18:00 arriviamo nel punto C e il log indica il valore di 4845.5 M. Misuriamo sulla carta la R_{vf} e constatiamo che vale 068.

Determinare la direzione e la velocità della corrente che ha prodotto questa deriva tenendo conto che la corrente non cambia il modulo della velocità.

Ing. Renato PAMINI

59

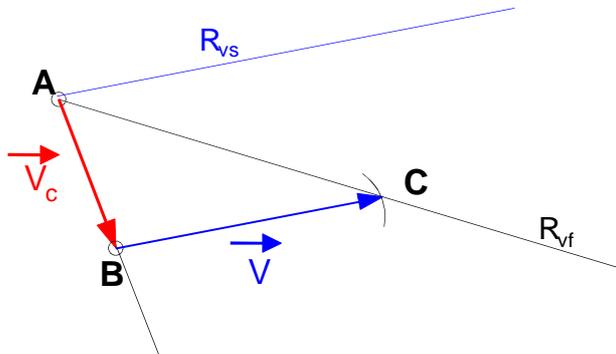
Caso 2: Soluzione



Ing. Renato PAMINI

60

Caso 3: Rotta R_{vs} per raggiungere un determinato punto



Ing. Renato PAMINI

61

Caso 3: Esercizio

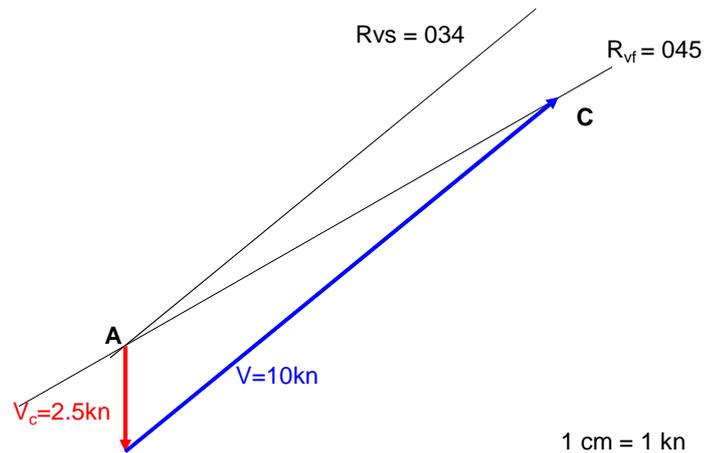
La rotta vera sul fondo deve essere di 045. Siamo soggetti ad una corrente di 2.5 kn di direzione S. La velocità della nostra nave è di 10 kn.

Quale direzione (R_{vs}) dobbiamo seguire per raggiungere la nostra destinazione?

Ing. Renato PAMINI

62

Caso 3: Soluzione



Ing. Renato PAMINI

63

CALCOLO ROTTA (1)

↓ I segni non cambiano	P_b	direzione dell'asse della barca rispetto al N_b
	δ	deviazione magnetica dovuta ai materiali magnetici a bordo (vedi tabella)
	P_m	direzione dell'asse della barca rispetto al N_m
	d	declinazione magnetica (W - , E +) dovuta alla differenza fra il N_m e il N_g
	P_v	direzione dell'asse della barca rispetto al N_g
	sc	scarroccio dovuto al vento durante le andature di bolina
	R_{vs}	direzione del percorso della barca (rotta) sulla superficie dell'acqua
		↑ I segni cambiano

$$R_{vs} = P_b + d + \delta + sc$$

Ing. Renato PAMINI

64

CALCOLO ROTTA (2)

R_{vs}	rotta vera di superficie
dr	deriva dovuta alla corrente
R_{vf}	rotta vera sul fondo cioè il percorso equivalente a quello letto sulla carta

$$\vec{R}_{vf} = \vec{R}_{vs} + \vec{dr}$$

Il calcolo è eseguito mediante disegno (somma vettoriale)