FORMULARIO DI NAVIGAZIONE

Nota Bene : L'estensore non si assume nessuna responsabilita' sul contenuto, ne' sull'utilizzo di questo formulario

Argomento	Precisa	Approssimata
Ellissoide terrestre 1924	Semiasse maggiore 6378,388 = a Semiasse Minore 6356,912 = b Schiacciamento 1/297 = s =(a-b)/a	
Ellissoide ICAO WGS-84	Semiasse maggiore 6378,137 Schiacciamento 1/298.26	
Differenza Latitudine **" Longitudine**	Δφ = φ' – φ (arrivo – partenza) Δλ = λ' – λ (" ")	
Antipodi	φ' = - φ λ' = λ + 180	

Unita' Misura

GRANDEZZA	DIMENSIONI	UNITA' MKS	UNITA' CGS
lunghezza	L	m	cm
massa	M	Kg	g
tempo	T	s	s
velocità	$L\,T^{-1}$	m/s	cm/s
accelerazione	$L\,T^{-2}$	m/s^2	cm/s^2
forza	$M\,L\,T^{-2}$	N	dyn
lavoro	$M\,L^2\,T^{-2}$	J	erg

Pollice (Inch) = 2,54 cm Piede (foot) = 0,3048 M Miglio NM = 1852 m

1 radiante = 57°,296

Temperature:

Gradi centigradi C° Kelvin K	K = C + 273
Gradi Kelvin K Gradi centigradi C°	C = K - 273
Gradi centigradi C° Fahrenheit F°	F = (C *1.8) + 32
Gradi Fahrenheit F° Gradi centigradi C°	C = (F - 32) * 0.55

Pressioni.

Pressione standard a quota zero =
1.013.250 Baria= 1,01325 Bar= 1.013,25 mBar= 1013,25 hPa= 101.325 Pa= 29,92 "Hg= 760 mm Hg

Bar verso Psi (lbf/$inch^2$) ->	B = (Psi / 14.5)
Psi (lbf/$inch^2$) verso Bar ->	Psi = B * 0.06895
Psi verso Once/inch2 ->	Psi= Once/inch2*16
Atmosfera verso Bar ->	Atm. = Bar * 1.013
hPa verso "Hg ->	hPa = "Hg * 33,87
"Hg verso hPa ->	"Hg = hPa * 0,0295

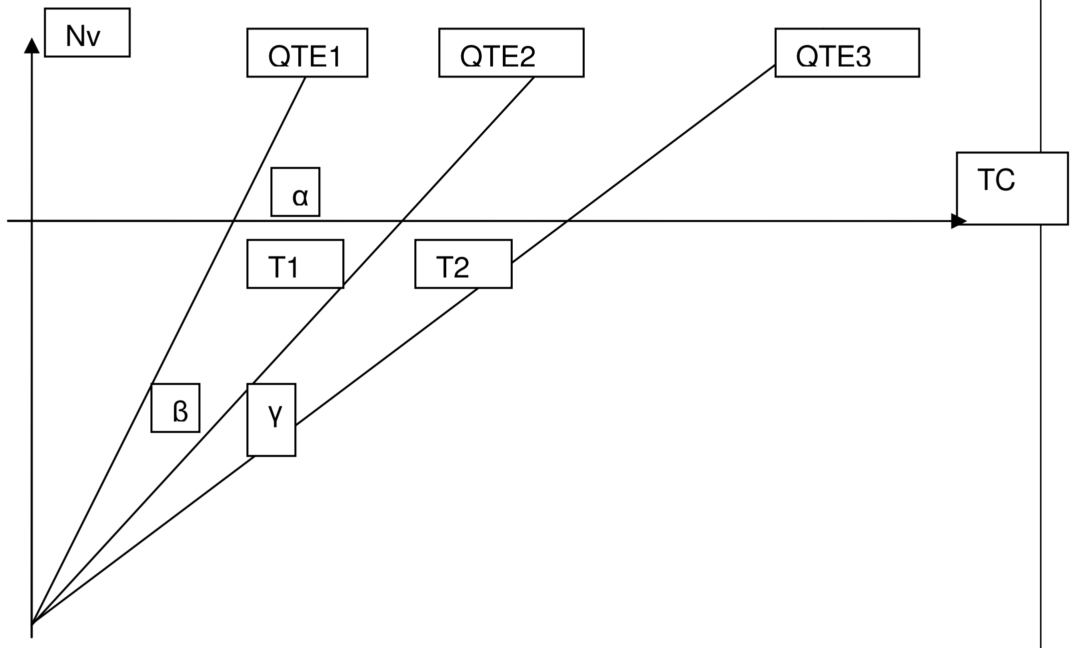
Densita' aria

ρ= p/RT = 1,225 Kg/m3

Volume

Quart (USA) =	LiT / 0.94
Galloni USA =	LiT / 3.78
Galloni UK =	LiT / 4.54
Oncie (U.S. fl oz) =	LiT / 0.029 L
Oncie (UK fl oz) =	LiT / 0.0284 L

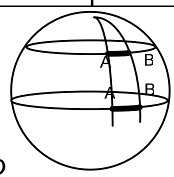
	Distanze Piedi (ft) = m / 0.3048 Pollici (inch) = mm / 25.4 Miglia terres = m / 1609 Miglia marine = m / 1852 Yard = m / 0.914 **Potenza** CV verso Watt - > 1 CV = 735 W **Pesi** 1 Libbra (Pound) = 0,45359 Kg **Velocita'** 1 Not Kt (Nodi) = 1,852 Km/Ora 1 Miglia/Ora = 1,6 Km/Ora 1 Metri/Sec = 3,6 Km/Ora
Velocita' angolare terrestre **Rosa dei Venti**	2π /86164 = 0,000072921 rad/s Nord **Tramontana** Nord Est **Grecale** Est **Levante** Sud est **Scirocco** Sud **Ostro-Mezzogirono** Sud Ovest **Libeccio** Ovest **Ponente** Nord Ovest **Maestrale**
Raggio orizzonte	Raggio NM = $1,93 \sqrt{h_m}$ Dove h_m e' la quota dell'osservatore in metri
Rotte Prue Rilevamenti	$Ril_v = P_v + Ril_{po}$ TB = TH + RB TH=MH+VAR TC=MC+VAR TB=MB+VAR MH=CH+DEV TH=CH +DEV + VAR
Rilevamenti	Dalla stazione verso l' AM **QDR** rispetto al Nm **QTE** rispetto il Nv Dall' AM verso la stazione **QDM** rispetto il Nm **QUJ** rispetto il Nv **QUJ = TH + RilPo**

<table>
<tr>
<td>Rotta di un AM rilevato tre volte</td>
<td>


T1 ; T2 = intervallo di tempo tra due rilevamenti (anche non uguali)

$$K = \frac{T_1 \, sen \ \gamma}{T_2 \, sen \ \beta}$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{sen\ (\beta + \gamma)}{K - \cos(\beta + \gamma)}\right)$$

Con Alfa angolo tra il primo rilevamento e la TC . TT = TC = QDJ +/- α
</td>
</tr>
<tr>
<td>Arco Parallelo AB e corrispondente arco Equatore A’B’</td>
<td>


AB = A’B’cos φ
</td>
</tr>
<tr>
<td>Piccole Lossodromie</td>
<td>
Noti A , Rv, m

Δφ= mcosRv μ= msenRv con Rv rotta quadrantale Δλ= μ / cos φm (fi medio)

Noti : A, B

$$\tan Rv = \frac{\Delta\lambda \cos \varphi_m}{\Delta\varphi}$$

Da cui la rotta quadrantale Rv.

1° Quadr. TC = TC quadr.
2° “ TC = 180° - TC quadr.
3° “ TC = 180 + TC quadr.
4° “ TC = 360 – TC quadr.

$$m = \Delta\varphi / \cos Rv$$

Con Rv rotta quadrantale.
</td>
</tr>
</table>

Campo Magnetico Terrestre	Forza Magnetica . $F = \sqrt{(H^2 + Z^2)}$ Inclinazione magnetica : $\frac{Z}{H} = \tan \theta_m$ Relazioni per la Declinazione: TH = MH +VAR (δ) TC = MC +VAR TB = MB +VAR VAR positiva (E) , se Nm a E rispetto meridiano geografico	
Campo magnetico AM	Declinazione Magnetica: $\overrightarrow{H'} = \overrightarrow{H} + \overrightarrow{L} + \overrightarrow{T}$ $B^\circ = \frac{L}{Hsen\,1^\circ} ; C^\circ = \frac{T}{Hsen\,1^\circ}$ $\boxed{\delta^\circ = A^\circ + B^\circ senPb + C^\circ \cos Pb + D^\circ sen 2Pb + E^\circ \cos 2Pb}$	
Correzione e Conversione Prore e Rotte	MH = CH + DEV (d) TH = CH + DEV + VAR TC = CH + DEV + VAR + WA VAR positiva (E) , se Nm a E rispetto meridiano geografico DEV positiva se Nb a destra rispetto Nm WCA positiva se vento da sinistra	
Virata Corretta	$Tan\ \Delta = \frac{v^2}{\rho g}$ Dove delta e' l'angolo di bank , v la velocita' dell' AM e ρ il raggio di virata $\rho = \frac{vT}{2\pi}$ con T Tempo di virata di 360°	
Deviazione di virata	$\tan \delta_i = \frac{Zsen\ \Delta}{H} = \tan \theta_m sen\ \Delta$ Con θ inclinazione magnetica Virata Standard (3°/sec) per Nord interrompere 30° prima (Undershoot) " " " Sud " 30° dopo (Overshoot) " " " Est/Ovest " quando si raggiunge la prua voluta	
Atmosfera Standard	**GENERALE** Livello mare : 1013,25 HhPa , TEMP. ISA =15℃ = 288,16°K $\rho_0 = 1{,}225\ \ Kg_m / m^3$ troposfera finoa 11000 m Stratosfera fino a 32.000 m **TEMPERATURA a una certa quota** $T = T_0 - aH$ a = 0,0065℃ /m oppure 2℃/1000Ft	**TEMPERATURA** 15 ℃ - (Migliaia Ft x 2) = ISA 16℃ – (Migliaia Ft x 2) = ISA Per quote sup. a 15000 Ft

	PRESSIONE $\Delta p = -\rho g_0 \Delta H$ $g_0 = 9{,}8\ m/s^2$ $p = p_0\left(1 - \frac{a}{T_0}H\right)^{5,25}$ **DENSITA'** **(nominale in aria tipo)** $\rho = \rho_0\left(1 - \frac{a}{T_0}H\right)^{4,25}$ **reale , nota la temp. SAT :** $\rho = \rho_0 \frac{T_0}{SAT}\left(1 - \frac{a}{T_0}H\right)^{5,25}$	Per quote sup. a 36000 ft ISA = cost = -56 °C **PRESSIONE** $\Delta p = 1\,hPa\ \ /\ 27\ \ Ft$ Oppure = 1 mB / 8,5 m Oppure = 1 " Hg / 1000 Ft
Quota di Pressione	$H = \frac{T_0}{a}\left[1 - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{0,1905}\right]$	
Quota di Densita'	$H' = \frac{T_0}{a}\left[1 - \left(\frac{T}{SAT}\right)^{0,235}\left(1 - \frac{a}{T_0}H\right)\right]$	
Velocita' del Suono	$s = \sqrt{\gamma RT} = 20{,}05\sqrt{T}$ $s_0 = 340{,}29\ m/s$ $s = s_0\sqrt{1 - \frac{a}{T_0}H}$ $M = \frac{V_a}{s}$ Da cui si puo' esprimere la V_a come: $V_a = M\sqrt{\gamma RT}$	
Misura della Temperatura	**SAT (**detta anche **Tr o OAT)** temperatura esterna statica **TAT (detta anche Tt)** Temperatura totale **IAT (detta anche Ti)** Temperatura indicata dallo strumento Spesso confondibile con la	• **Static Air Temperature** (SAT o Tr o OAT); **it is the temperature that we need to determine.** • **Total Air Temperature** (TAT or T_t): if all of the kinetic energy of the air resulting from the

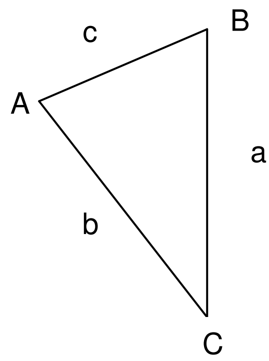
<table>
<tr>
<td></td>
<td>RAT (detta anche Tc)
$$SAT = T_r = \frac{T_T}{\left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2\right)}$$
Con γ = 1,4 e T_T Temp. Totale (TAT)
M = Numero di Mach
$$SAT = T_r = \frac{T_C}{\left(1 + C_T \frac{\gamma - 1}{2} M^2\right)}$$
$$C_t = \frac{T_c - T_r}{T_t - T_r} = \frac{RAT - SAT}{TAT - SAT}$$
$$\Delta T = T_r - T_c = -C_T T_r \frac{\gamma - 1}{2} M^2$$
$$\Delta T = -K C_t V_a^2$$
Con Va = TAS aeromobile e
K = 0,000132 per TAS in nodi</td>
<td>aircraft's motion was absorbed. Because this is impossible, it can never be measured!
• Recovery Temperature (Tc - RAT): Diventa uguale alla Tt se si utilizza il “fattore di recupero” .
• Measured Temperature (Ti - IAT): As the name implies, this is the temperature that is actually measured by the aircraft's temperature probe. It differs from the recovery temperature, Tc, because of parasitic heating or cooling of the temperature sensor.</td>
</tr>
<tr>
<td>Regolazioni Altimetro</td>
<td colspan="2">Regolazione Standard (QNE)
Si inserisce la pres.stand. di 1013,25 hPa . Lo strumento fornisce la Pressure Altitude PA , ci da’ i livelli di volo.
RICHIEDE CORREZIONE DI PRESSIONE E TEMPERATURA

Regolazione su press. esistente a livello mare (QNH).
Ci da la QNH Altitude.
Il QNH puo’ essere ricavato da :
QNH = QFE + PAV (da relazioni Standard)
Con PAV = 1013,25 – Press.Prevista Standard per la localita’.
Oppure piu’ approssimat. con : Elevazione luogo / 27
RICHIEDE CORREZIONE DI TEMPERATURA

Regolazione su press. esistente a livello mare (QFF) al posto del QNH.
Si parte dal QFE e si considera l’atmosfera reale.
QFF = QFE + h/8,4 con h altitudine in metri aeroporto
Regolazione su pressione esistente a livello aeroporto (QFE).
Pressione a livello aeroportuale. Ci da l’altezza di volo rispetto l’aeroporto.</td>
</tr>
<tr>
<td>Correzioni Altimetro

Quota di Pressione</td>
<td><u>CORREZIONE PER LA PRESSIONE (passo dalla PA alla IA)</u></td>
<td>CORREZIONE PER LA PRESSIONE</td>
</tr>
</table>

PA (H) Quota Vera TA (Hv) Quota Indicata IA (Hi) (QNH ALT)	IA= QNH ALT = Hi = PA +(QNH-1013,25) x 27 **<u>CORREZIONE PER LA TEMPERATURA (passo dalla IA alla TA)</u>** $TA = H_v = H_i \frac{SAT}{(T_0 - aH)}$ Dove H Press. Altitude, TA o Hv la quota reale, Hi la quota indicata con l'altimetro sul QNH, detta anche IA. SAT = ISA + (+- ΔT)	$C_{QNH} = (QNH - 1013,25)27$ **CORREZIONE PER LA TEMPERATURA** $TA = H_v = H_i \left(1 + \frac{\Delta T}{T}\right)$ Dove Hi e' omonimo di QNH (QFE) ALT , ΔT = Differenza tra Temp. Prevista in aria Stand. ISA e quella reale (SAT) e T = 250 °K (media troposfera). Che puo' essere scritta: $TA = IA + \left(\frac{4}{1000} IA * \Delta T\right)$ Essendo IA omonimo di QNH(QFE) ALT Altra maniera di scriverlo : $TA = PA + (\pm C_{QNH}) + (\pm C_{\Delta t})$ Dove $C_{\Delta T} = \frac{4}{1000}(\pm \Delta T) IA$
Correzioni Anemometro	**CORREZIONE PER GLI ERRORI DI POSIZIONE** Da IAS a CAS (RAS) attraverso i grafici del costruttore del velivolo **CORREZIONE PER LA COMPRESSIBILITA'** Da CAS ad EAS attraverso grafici o tabelle se velocita' abbastanza elevata **CORREZIONE PER LA TEMPERATURA** $TAS = \frac{EAS}{\sqrt{\sigma}}$ $\sigma = \frac{T_0}{SAT}\left(1 - \frac{a}{T_0} H\right)^{5,25}$	**DA CAS (RAS) a TAS** : $TAS = CAS + \left[\left(2 \frac{CAS}{100}\right)\frac{H}{1000}\right]$ Con H = Altit.di Pressione Poi posso correggere per la compress. Se necessario (>300Kt) **TAS media di salita** : TASm = (TAS al suolo + TAS in quota)/2
	METODO EMPIRICO CALCOLO TAS DA IAS --Take the IAS. -Add 1% for every 600 ft of standard altitude. -Add 1% for every 5°c above SAT (or substract for temp below SAT) Example : 200kt at 15000 ft where OAT= 0°c 15000 / 600 = 25 (%)	

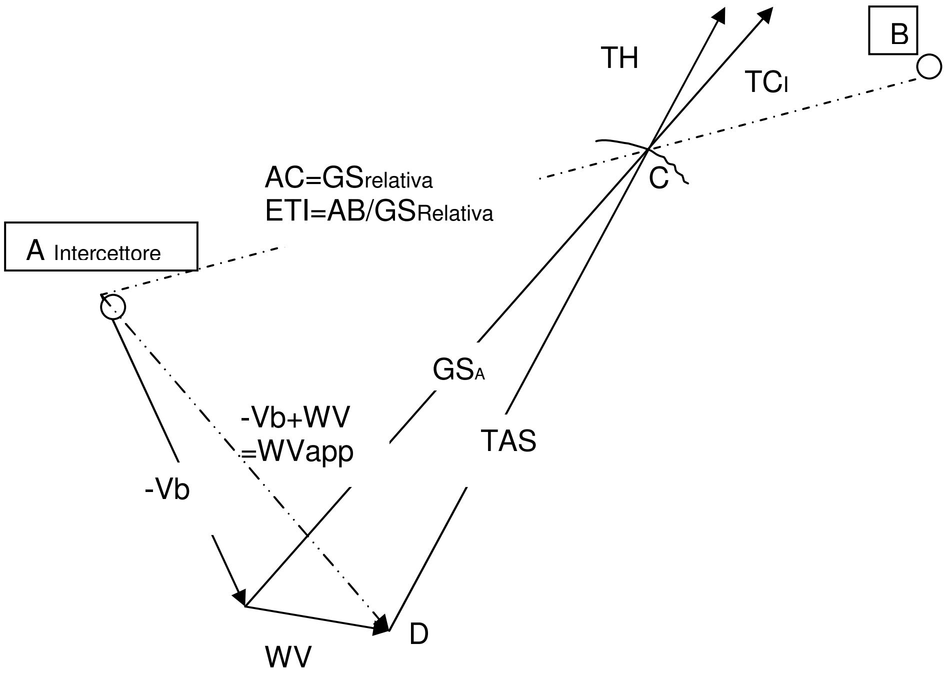
<table>
<tr><td></td><td colspan="2">and SAT at 15000 is -15°c. Therefore I am at SAT+15 so another 3%
Total correction is 25 + 3 = 28%
Then my TAS is 200kt + 56kt --> TAS=256kt</td></tr>
<tr><td>Vento</td><td colspan="2">Sempre vale $\vec{GS} = \vec{TAS} + \vec{WV}$ come vettori
TC = TH + WA TH=CH +DEV + VAR TC=CH+DEV+VAR+WA
Essendo WA (DER) l’angolo di deriva (con segno).
L’angolo di correzione WCA = - WA


Per un lato qualsiasi (es. c) di un <u>qualsiasi</u> triangolo:
$$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab\cos C}$$
Relazione tra lati ed angoli opposti:
$$\frac{a}{\sin \quad A} = \frac{b}{\sin \quad B} = \frac{c}{\sin \quad C}$$</td></tr>
<tr><td>Rientro in rotta dopo uno scarrocciamento di angolo α</td><td></td><td>Accostata di 30° +α
Tempo di rientro:
$$Minuti = \frac{2\,\alpha\, t_{volo}}{60}$$</td></tr>
<tr><td>Sistemi di Coordinate</td><td colspan="2">AZIMUTALI
1) Normali
Altezza h (0°-90°) , Azimut a (0°-360°)

2)Sferiche
Distanza zenitale
z=90°-h con h altezza
Angolo Azimutale
$\hat{Z} = N\ (a)\ E$ se a <180 Per Latit. NORD
$\hat{Z} = N\,(360° - a)W$ se a >180°
$\hat{Z} = S\,(180° - a)\,E$ se a <180° Per Latit. SUD
$\hat{Z} = S\,(a - 180°)W$ se a >180°

ORARIE
1) Normali
Declinazione δ (0°-90°) , Angolo Orario t (0°-360°).

2) Sferiche</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td>Distanza Polare
p= 90-δ con δ declinazione
Angolo al polo
$\hat{P}_W = t$ se t<180° t angolo orario
$\hat{P}_E = 360 - t$ se t>180° il pedice indica l'emisfero dell'astro</td></tr>
<tr><td>Il TEMPO</td><td>$LMT = GMT + \lambda^h$ dove λ^h e' la Long. espressa in tempo.
$ZT = UT\ (GMT) + \lambda_f$ dove λ_f e' la Long. del Fuso espressa in tempo. Entrambe si ottengono dividendo la Long. Geogr x 15 . Per la λ_f si approssima al primo intero piu' vicino (es: 40°:15=2,66 -> $\lambda_h = 2^h 40'$ e $\lambda_f = 3^h$ mentre 35°:15 = 2,333-> $\lambda_h = 2^h 20'$ e $\lambda_f = 2^h$
$ZTC = \lambda_f - \lambda^h$</td></tr>
<tr><td>Intercettazione</td><td>

Comporre i vettori Vento e –Vb ottendo il vento apparente (AD). Aprire il compasso per la TAS puntando in D ed intercettare la congiungente AB . La direzione della TAS individua la TH.
Componendo WV e TAS ho come sempre la GS_A (di Intercettazione vera). La sua direzione rappresenta la TC_I .
Il segmento AC individua la GS relativa. Il tempo di intercettazione e' dato da AB diviso GS relativa.
Se si vuole trovare la TAS minima per intercettare, abbassare la perpendicolare alla AB dal punto D.
Nel disegno la distanza che si da ad AB non ha alcun rilievo dal punto di vista della determinazione delle velocita' e direzioni.</td></tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>Allontanamento da una base e rientro</td>
<td>

Assenza di Vento

$$t = 2\frac{m}{TAS}$$

Dove m = distanza al punto di inversione rotta e **t = tempo missione**

Vento allineato alla rotta

$$t = t_1 + t_2 = 2\frac{m}{TAS - \frac{WV^2}{TAS}}$$

<u>Raggio di Azione</u>

$T = t_1 + t_2$ *Tempo di missione* (*a volte si intende Autonomia Oraria*) **E**

$$ROA = R = T\frac{GS_1 \times GS_2}{GS_1 + GS_2} \quad con\ GS_1\ e\ GS_2\ velocita\ andata\ e\ ritorno$$

$spesso GS_1 e GS_2 sono indicate con GS_o e GS_H$

Da cui il Raggio di Azione per un'ora di autonomia:

$$\frac{GS_1 \times GS_2}{GS_1 + GS_2}$$

Vale anche la seguente , essendo D la distanza di andata + ritorno:

$$ROA = D \times \frac{GS_2}{GS_1 + GS_2}$$

<u>Time to Turn (detto anche Raggio di Azione in Tempo):</u>

$$TTT = \frac{R}{GS_1} = T \times \frac{GS_2}{GS_1 + GS_2}$$

I problemi relativi alla presenza di vento si risolvono partendo dalla TAS e ricavando le GS di andata e ritorno con i soliti metodi del triangolo del vento. Lo stesso vale se la base e' mobile (o il rientro e' previsto su un alternato) nel qual caso dovro' prima comporre il vettore vento a quello derivante dalla base mobile (o alternato), detto vento fittizio, e poi procedere con un normale problema senza base alternata . Ecco la sequenza dettagliata:

Indico con :

GSo e GSh le velocita' reali di andata e ritorno (cosi' come le TH e le TC), WV il vento reale, Wf il Vento Fittizio dovuto all'alternato (o nave), Wa il Vento Apparente , somma del vento reale e quello fittizio, GSor e GShr le veloc. relative ai calcoli con il Vento Apparente

Procedo come segue:

1) **Calcolo della GSo e THo con normale Triang. Vento (moto reale di allontanamento).**
2) **Determino Wf = vento fittizio = veloc. della nave** (con direzione pero' opposta) **oppure distanza tra alternato e**

</td>
</tr>
</table>

principale diviso il tempo di missione *T* (con direzione a "spingere" l'alternato verso la base di partenza) **.**

3) **Determino il vento fittizio Wa somma vettoriale di WV e Wf.**
4) **Calcolo la TCor e la GSor , quindi la TChr (180+-TCor) usando come dato di partenza la THo (**triangolo del vento**)**
5) **Calcolo** (triangolo del vento) **la GShr partendo dalla TChr.**
6) **Determino il *TTT* con GSor e GShr.**
7) **Determino il *ROA* in miglia moltiplicando *TTT* per GSo**

Punto Critico PET (X nel disegno) tra base partenza A e base arrivo B raggiunto in t1 (ugual tempo (t-t1) per raggiungere B o tornare in A partendo da x)

$$t_1 = \frac{m_1}{GS_1} = m\frac{GS_2}{GS_1(GS_1 + GS_2)}$$ tempo in cui si raggiunge il PET

Oppure

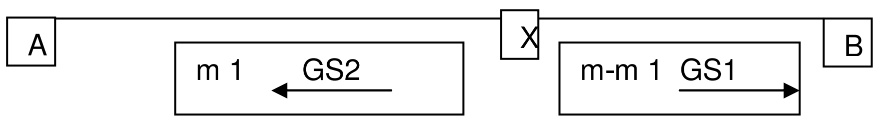
$$t_1 = t\,\frac{GS_2}{GS_1 + GS_2}$$ **con t = tempo necessario a percorrere AB =t1+t2**

Se il tempo **t** diventa **l'autonomia (detta anche E, Endurance) ,** il punto critico si identifica con il **Punto di non Ritorno (PNR) . Quindi la stessa si puo' anche scrivere:**

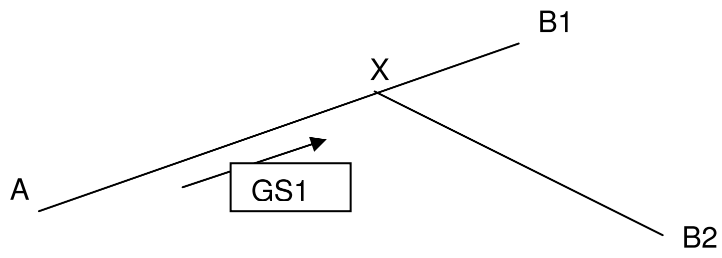
$$\frac{t}{t_1} = \frac{E}{t_{1(PNR)}} = \frac{GS_1 + GS_2}{GS_2}$$

Sono anche da ricordare le seguenti proporzioni:

$$\frac{GS_1}{60} = \frac{m_1}{t_1} = \frac{m_{1(PNR)}}{t_{1(PNR)}}$$



Punto critico PET tra base di arrivo e base Alternata



Determino prima il tempo necessario a percorrere A-B1 **t = m/GS1** con m distanza
A-B1, poi risolvo un normale problema di **raggio di Azione ROA** con base alternata B2 da calcolarsi con il tempo di missione uguale a **t.**

Idem se A e' una base mobile e nel tempo **t** si viene a trovare in B2 .

RAGGIO DI AZIONE ROA SU PIU' TRATTE

1) Si calcolano le GS1 e la GS2 per la prima tratta.
2) Si calcola il tempo di A e R della prima tratta e si sommano . Se il risultato fosse > Tempo Assegnato , il ROA si trova sulla prima tratta e lo si calcola normalmente.
3) Se no si procede nella stessa maniera per le tratte residue con il tempo rimasto dal Tempo Assegnato meno quello totale A/R per ciascuna tratta. Il ROA si calcola normalmente <u>*sulla sola tratta*</u> che non si riesce piu' a fare totalmente con T=residuo.

Esempio con T= 80 minuti :

	I° TRATTA	II° TRATTA	III° TRATTA	IV° TRATTA	V° TRATTA	
Tempo A/R	25'	15'	30'	23'	10'	
Tempo Resid.	80-25=55	55-15=40	40-30=10	10-23 !!!! <0 Da qui (**sulla IV° tratta)** si calcola il ROA con T=10		

PUNTO CRITICO PET SU PIU' TRATTE

1) Si calcola la GS1 per tutte le tratte.
2) Si calcola il tempo necessario a percorrere le tratte solo in andata tramite la GS1.
3) Ricavo l'autonomia necessaria sommando i singoli tempi di andata.
4) Procedo come sopra per il ROA con Tempo Assegnato = a questo tempo calcolato somma delle andate.

Cartografia	**Ellissoide Terrestre WGS-84** Semiasse maggiore = a = 6.378.137 Mt Schiacciamento = s = 1/298,257223563 = (a-b)/a Eccentricita' = 0,08181919 = c/a rapp. Tra semidistanza focale e semiasse maggiore ***Dist. Sulla carta = Dist. Sulla Terra x Scala*** **Scala Globo rappresentativo** $\sigma_g = \frac{1}{R/r} \quad es. = \frac{1}{1000000}$ **Scala Carta (se proiez. Tangente)** con n = modulo di riduzione (o deformazione) $\sigma = \frac{n}{R/r}$ lineare Isogona se n sui meridiani uguale a n sui paralleli Equidistante se n = cost in tutti i punti **Scala carta (se proiez. Secante)** $\sigma = n_0 \frac{n}{R/r}$ Con $n_0 = \frac{r'}{r}$ rapporto tra raggio sfera tangente alla carta e raggio sfera secante .
Proiezione cilindrica tangente	**Relazione di corrispondenza (Coord. Cartesiane rispetto quelle geografiche):** x= λr y= r tan φ x = λ y = tan φ per r=1 Ordinate in radianti da moltiplicare per il raggio del Mappam. in mm per avere mm. Moduli di riduzione (deformazione) lineare: $n_m = \frac{1}{\cos^2 \varphi} = \sec^2 \varphi$ $n_p = \frac{1}{\cos \varphi} = \sec \varphi$ Scala Equatoriale $\sigma = \frac{1}{R/r}$ in quanto n=1 Scala alla Lat. 40° $\sigma = \frac{n_m}{R/r} = \frac{\sec^2 40°}{R/r}$
Carta proiezione cilindrica di Mercatore	**Isogona – Rettifica le Lossodromie - Le Ortodromie sono rettificate con *approssimazione* tra i +15° e -15° di Lat.** **X=**

	$$n_m\, forzato = n_p = \sec\varphi = n$$ $$Scale \quad per \quad Latitudini = Scale \quad per \quad Longitud.*\sec\varphi$$ Scala Equatoriale (Longitudini) $\sigma_e = \frac{1}{R/r}$ in quanto n=1 Scala alla Lat. 40° $\sigma = \frac{n}{R/r} = \frac{\sec 40°}{R/r} = \sigma_e \sec\varphi$ Distanza tra i Merid. sulla carta (mm) = Distanza tra i Merid. sulla Terra (mm)/Scala Equatoriale (gradi x60x1852x1000)/Scala Equatoriale Per passare dalla scala di una certa latitudine ad una di un'altra passare attraverso la scala equatoriale.
	Relazione di corrispondenza (Coord. Cartesiane rispetto quelle geografiche): **Terra sferica** **Per cilindro tangente:** Ascisse (meridiani) $x = \lambda r[mm] = \lambda[rad.]$ $y = \ln\tan\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right) = \varphi_c$ Ordinate (paralleli) in **primi di grado:** $y = 3437{,}7468 \ln\tan\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right) = \varphi_c$ Oppure $y = \varphi_c = 7915{,}7 Log \tan\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right) = [primi]$ **Per cilindro secante :** essendo lungo l'equatore $n = n_0 \sec\varphi = \cos\varphi_0 \sec\varphi$, con φ_0 lat.parallelo standard , tutte le relazioni precedenti devono essere moltiplicate per $n_0 = \cos\varphi_0$.
	Ellissoide **Per cilindro tangente:** $x = \lambda$ Ordinate in **primi di grado:** $\varphi_c = 7915{,}7 Log\left[\tan\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right)\left(\frac{1 - e * sen\varphi}{1 + e * sen\varphi}\right)^{e/2}\right]$ con e= eccentricita'

	Oppure $y = 7915{,}7 Log \tan\left(45° + \frac{\psi}{2}\right) = \varphi_c$ Essendo $\tan \psi = (1 - e^2)\tan \varphi$ NOTA : La scala della carta deve fare riferimento alla sfera terrestre di raggio = a = 6.378.137 Mt (semiasse maggiore dell'ellissoide). **Per cilindro secante vale quanto sopra per la proiezione cilindrica**
LOSSODROMIE	**Noti A , Rv, m** $\Delta \varphi = m \cos R$ $\Delta \lambda = (\varphi_c' - \varphi_c)\tan R = \Delta \varphi_c \tan R$ R=rotta circolare $\Delta\varphi$ prende il primo segno della rotta quadrantale, mentre $\Delta\lambda$ prende il secondo. **Noti A, B** $\tan R = \frac{\Delta \lambda}{\Delta \varphi_c}$ $m = \Delta \lambda \cos \varphi_m / senR$ R= rotta quadrantale **Distanza per rotte prossime a 90°** $m = \frac{\Delta \lambda \cos \varphi_m}{senR}$
Carta conica tangente	**Moduli di riduzione lineare:** $n_p = \sec(\varphi - \varphi_0)$ $n_m = \sec^2(\varphi - \varphi_0)$ **con φ_0 lat. Parallelo standard (isomecoica)** Scala Equatoriale $\sigma = \frac{1}{R/r}$ in quanto n=1 Scala alla Lat. 40° $\sigma = \frac{n_m}{R/r} = \frac{\sec^2(40° - \varphi_0)}{R/r}$ **Costante di Convergenza:** $\frac{\Delta\omega}{\Delta\lambda} = k = sen\,\varphi_0$. **Reticolo:** **Meridiano Fondamentale (di riferimento**) serve normalmente ad allineare un reticolo e quindi definire un Ng (Grid Nord) . La **Convergenza C** di un

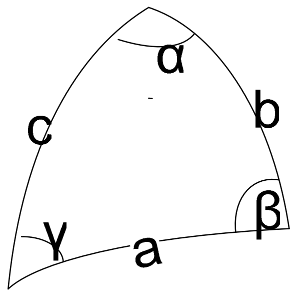
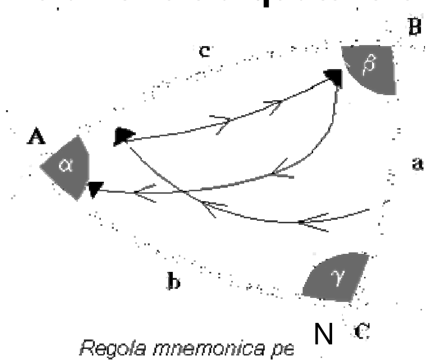
	Meridiano e' l'angolo che esso forma con il Meridiano di riferimento ed e' **= GC – TC** , di segno positivo se la direzione del Nv Capita ad E del Ng, il che si verifica per longitudini a W del Meridiano di riferimento (da cui il segno del **Δλ** del punto che si considera). **Latitudine** | **Convergenza Δω** | Δλ rispetto Merd. Fond. **NORD** | <0 | **E** **NORD** | >0 | **W** **SUD** | <0 | **W** **SUD** | **>0** | **E** **Relazione di corrispondenza (Coord. Polari rispetto quelle geografiche):** $\omega = k\lambda = sen\ \varphi_0 \lambda$ $\rho = \frac{\cos\varphi}{k\cos(\varphi - \varphi_0)}$ **Questo risultato e' espresso in radianti. Per averlo nella stessa unita' di misura del raggio terrestre r, deve essere moltiplicato per tale valore.**
Carta di **Lambert**	**Isogona – Scala costante – Rettifica le Ortodromie**
	Terra Sferica **Cono Tangente** **Costante di Convergenza:** $\frac{\Delta\omega}{\Delta\lambda} = k = sen\ \varphi_0$ **con** φ_0 **lat. Parallelo standard** **Moduli di riduzione lineare:** $n = n_m = n_p = \frac{k\rho}{\cos\varphi} = K\rho_e \frac{\left[\tan\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)\right]^k}{\cos\varphi}$ La scala quindi dipende dalla Latitudine. **Relazione di corrispondenza (Coord. Polari rispetto quelle geografiche):** $\omega = k\lambda = sen\ \varphi_0 \lambda$ $\rho = \rho_e \left[\tan\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)\right]^k$ **Con** φ_0 **lat. Del parallelo standard e con il Raggio dell' Equatore sulla**

	carta ρ_e uguale a: $$\rho_e = \frac{\cos\varphi_0}{k\left[\tan\left(45° - \frac{\varphi_0}{2}\right)\right]^k}$$ **Questo risultato e' espresso in radianti. Per averlo nella stessa unita' di misura del raggio della sfera terrestre rappresentativa r, deve essere moltiplicato per tale valore.** **Cono Secante** Il cono secante equivale a considerare una sfera rappresentativa tangente al nuovo cono (spostato in basso) di raggio $r' \prec r$ con $n_0 = \frac{r'}{r}$ $\quad r' = r\cos\left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}\right)$ **Costante di Convergenza:** $$\frac{\Delta\omega}{\Delta\lambda} = k = sen\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$$ **con φ_1 e φ_2 Lat. Dei paralleli standard.** Il valore di K sopra riportato e' valido solo per modeste differenze di Latitudine tra i paralleli standard; quella qui sotto e' una formula generale per k: $$k = \frac{Log\ \cos\varphi_1 - Log\ \cos\varphi_2}{Log\ \tan\left(45° - \frac{\varphi_1}{2}\right) - Log\ \tan\left(45° - \frac{\varphi_2}{2}\right)}$$ **Moduli di riduzione lineare** $$n = n_m = n_p = \frac{k\rho}{\cos\varphi} = kn_0\rho_e\frac{\left[\tan\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)\right]^k}{\cos\varphi}$$ **Relazione di corrispondenza (Coord. Polari rispetto quelle geografiche):** $$\omega = k\lambda = sen\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\lambda$$ $$\rho = n_0\rho_e\left[\tan\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)\right]^k$$ con φ_1 e φ_2 Lat. dei paralleli standard e con il nuovo Raggio dell'

	Equatore sulla carta $\rho_e^{'} = n_0 \rho_e$ uguale a: $n_0 \rho_e = \rho_e^{'} = \dfrac{\cos \varphi_1}{k\left[\tan\left(45° - \dfrac{\varphi_1}{2}\right)\right]^k}$ Questo risultato e' espresso in radianti. Per averlo nella stessa unita' di misura del raggio della sfera terrestre rappresentativa r, deve essere moltiplicato per tale valore. **In definitiva per Lambert secante vale:** $n_0 = \dfrac{r^{'}}{r} = \dfrac{\rho_e^{'}}{\rho_e}$ I Paralleli sono archi di circonferenza il cui raggio e' diminuito del rapporto n_0 rispetto Lambert tangente.
	Ellissoide Valgono le formule qui sopra riportate per Terra Sferica , usando la latitudine geocentrica al posto della geografica. $\tan \psi = (1 - e^2)\tan \varphi$ Con il riferimento al WGS-84, si puo' usare e= 0,08181919 NOTA : La scala della carta deve fare riferimento alla sfera terrestre di raggio = a = 6.378.137 Mt (semiasse maggiore dell'ellissoide).
Carta Stereografica Polare	**Isogona. – Lossodromia=spirale logaritmica – Ortodromia= Arco di cerchio che diventa tanto piu' rettilinea quanto piu' vicina al polo.** l'equidistanza è rispettata solo su cerchi concentrici rispetto al punto di tangenza, ma con scale diverse in funzione dei rispettivi raggi. Non sono carte equivalenti ma sono però rigorosamente isogoniche. Sono state adottate, con convenzione internazionale, per la rappresentazione delle calotte polari. **Carta tangente** **Relazione di corrispondenza (Coord. Polari rispetto quelle geografiche):** $\omega = \lambda$ $\rho = 2\tan\left(45° - \dfrac{\varphi}{2}\right)$ Radianti, da moltiplicare per il raggio r della sfera rappresentativa per averlo nella sua stessa unita' di misura. NOTA : $\rho_e = 2r$ **Modulo di riduzione lineare (unico in quanto isogona):** $n = \sec^2\left(45° - \dfrac{\varphi}{2}\right)$ **Carta Secante**

<table>
<tr><td></td><td>$\omega = \lambda$
$\rho = 2 n_0 \tan\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)$
Radianti, da moltiplicare per il raggio r della sfera rappresentativa per averlo nella sua stessa unita’ di misura.
$n = n_0 \sec^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)$</td></tr>
<tr><td>Proiezione Gnomonica Polare</td><td>l’equidistanza è rispettata solo su cerchi concentrici rispetto al punto di tangenza, ed anche qui con scale diverse in funzione dei rispettivi raggi. Non sono né carte equivalenti né isogoniche– Rettifica le Ortodromie

Carta tangente
Relazione di corrispondenza (Coord. Polari rispetto quelle geografiche):
$\omega = \lambda$
$\rho = \cot \varphi$
Radianti, da moltiplicare per il raggio r della sfera rappresentativa per averlo nella sua stessa unita’ di misura. NOTA : $\rho_e = \infty$
Moduli di riduzione lineare :
$n_m = \frac{1}{sen^2 \varphi}$
$n_p = \frac{1}{sen \varphi}$</td></tr>
<tr><td>Carte UTM a reticolato per proiezione cilindrica Trasversa</td><td>Terra divisa in 60 spicchi (sui meridiani) di 6° (3° a sinistra e 3° a destra del meridiano centrale di tangenza) a partire dall’antimeridiano della Data (λ=180) verso E.
Ogni fuso diviso in altezza in 20 fasce(zone) ciascuna di 8° di latitudine a partire dal parallelo 80° S verso N(solo la fascia da 72°N a 84°N ha ampiezza di 12°).
Ogni fascia e’ contrassegnata da lettere tra C ed X (non usate la I e la O).
Esempio: la fascia tra 6° e 12° E , e tra i paralleli 40° e 48° N (Italia) viene indicata con 32T (Fuso 32, fascia (zona)T) . La larghezza della zona decresce verso i poli.
Ogni fascia e’ suddivisa in cellule quadrate di lato 100 Km disposte simmetricamente rispetto il meridiano centrale del fuso, con lato a lui parallelo, ciascuna contrassegnata da una coppia di lettere indicanti la colonna e la riga .
Ogni cellula puo’ essere suddivisa ulteriormente in elementi di lato p.es. 10 Km , e cosi’ via. Viene quindi tracciato un reticolato.
Esempio : punto in 32TNL658482 si legge
Fuso 32 , fascia (zona) T , cellula NL,
Coordinate 65,8 e 48,2 Km (da cui cellula di 100 Km di lato) che indicano l’ascissa (65,8 Km) e l’ordinata (48,2)del punto ’rispetto l’origine posta nell’angolo sinistro in basso della cellula.</td></tr>
</table>

	Altre carte possono anche dare le coordinate assolute rispetto l'Equatore(Falso Equatore) e il meridiano (Falso Meridiano) . **Direzione Alfa tra due punti P1 e P2 di Coord. X1,y1,x2,y2:** $\tan \alpha = \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}$ **Distanza tra due punti P1 e P2:** $P_1 P_2 = \frac{x_2 - x_1}{sen \ \alpha} = \frac{y_2 - y_1}{\cos \ \alpha}$ **Oppure:** $P_1 P_2 = \sqrt{(x_1 - x_2) + (y_1 - y_2)}$
Navigazione Ortodromica	 **Relazione di Eulero (tra tre lati ed un angolo):** $\cos a = \cos b \cos c + senbsenc \ \cos \alpha$ **E cosi' per ogni angolo** **Relazione tra i lati e gli angoli opposti (teorema dei seni):** $\frac{sena}{sen \ \alpha} = \frac{senb}{sen \ \beta} = \frac{senc}{sen \ \gamma}$ essendo a,b,c gli angoli al centro che sottendono i rispettivi archi di circ. massima. **Relazione tra quattrio elementi consecutivi (Viète):**  *Regola mnemonica pe teorema delle cotangenti* Sono 6 relazioni che si possono ricavare secondo la regola mnemonica

:scrivere nell'ordine le funzioni

cot, sen, cos
e poi le stesse nell'ordine inverso . Quindi:

cot sen = cos cos + sen cot

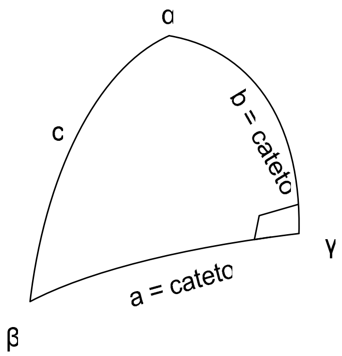
esempio di relazione tra gli elementi consecutivi a, β, c, α:

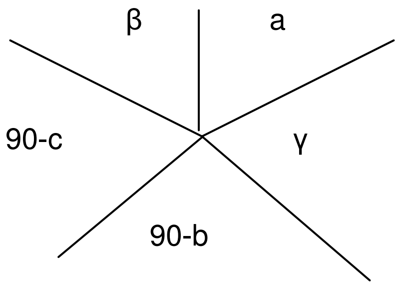
$$\cot a \, sen \beta = \cos \beta \cos c + sen c \cot \alpha$$

Notare che gli elementi centrali β e c sono ripetuti due volte di segu**ito.**

Nel caso di triangolo con un agolo retto :
le formule sono piu' semplici poiche' bastano due elementi per ricavare gli altri tre.

La formula di Nepero:





Il coseno di un elemento qualsiasi e' = al prodotto delle cotangenti degli elementi adiacenti della stella, o al prodotto dei seni dei due elementi lontani.
Es. si conoscono il cateto b e l'angolo β:

$$\cos(90° - c) = \cot \beta \cot(90° - b)$$

Oppure:

$$\cos(90° - b) = sen \beta sen \alpha$$

Da cui $senb = sen \beta sen \alpha$

Equazione dell' Ortodromica (vale per tutti i suoi punti):

$$\tan \varphi = \tan \alpha \, sen (\lambda - \lambda_n)$$

Dove α e' l'inclinazione dell' O. sull' Equatore e λn la longitudine del nodo principale, che puo' essere ricavata dalla seguente:

$$\tan\left(\frac{\lambda_2 + \lambda_1}{2} - \lambda_n\right) = \frac{sen(\varphi_2 + \varphi_1)}{sen(\varphi_2 - \varphi_1)} \tan\left(\frac{\lambda_2 + \lambda_1}{2}\right)$$

dove sono indicate le coordinate di due punti qualsiasi dell'O.

Relazione tra l'angolo dell'O. α e l'angolo θ tra il meridiano di un punto di latitudine φ e l'ortodromia stessa:

$$sen\,\theta = \cos\alpha \sec\varphi$$

Relazione dell'angolo dell'O. α con latitudine del vertice dell'O.(vedi sotto) :

$\varphi_v = \alpha$ oppure , se alfa maggiore di 90° $\varphi_v = 180 - \alpha$

SOLUZIONI PROBLEMI ORTODROMIA

Ricordare:

1. In tutte le seguenti espressioni si considera sempre positiva la latitudine φ di partenza (sia che sia di segno Nord o Sud), mentre la latitudine φ' di arrivo sara' da considerare positiva solo se ha lo stesso segno di quella di partenza.
2. Se |Δλ|>180 fare 360-| Δλ| e cambiargli il segno.
   Es. Δλ = - 226 → fare 360 – 226 = 34 → Δλ = 34

Distanza Ortodromica (Eulero):

$$\cos d_o = sen\,\varphi sen\,\varphi' + \cos\varphi\cos\varphi'\cos\Delta\lambda$$

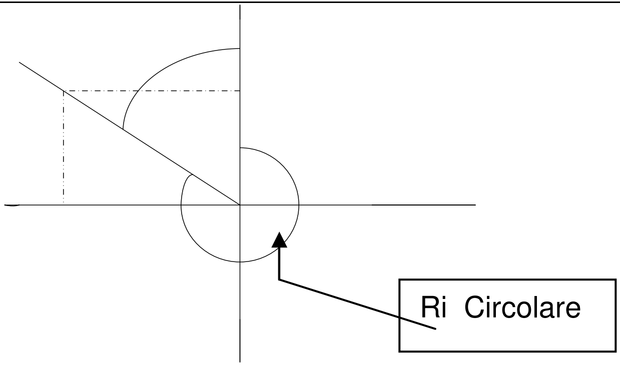
In cui il primo termine e' positivo se i punti hanno lo stesso segno di Lat. , ed il secondo termine e' positivo se delta landa < 90°.
Essa e' minore o maggiore di 90° a seconda che il segno del calcolo e' positivo o negativo (se negativo fare d_o=180 - d_o)

Calcolo Rotta Quadrantale Iniziale (Viète):

$$\tan R_i = \frac{sen\,\Delta\lambda}{\tan\varphi'\cos\varphi - sen\,\varphi\cos\Delta\lambda}$$

Usare il <u>valore assoluto</u> di Δλ in questo calcolo.
Se il segno del calcolo e' >0 lasciare Ri <90°, se e' <0 fare Ri=180-Ri.
<u>E' questo il valore assoluto angolare quadrantale (anche > di 90) da usare nelle altre formule successive, non il circolare.</u>
Il risultato *Ri* si riporta da N o da S a seconda del segno della Lat. di partenza, verso E o verso W a seconda del segno di Δλ. Sono quindi rotte semicircolari.
Da questa costruzione si puo' ricavare la rotta vera circolare *Ric.*

Altro sistema
Si calcolino le seguenti coordinate cartesiane **<u>usando qui pero' i segni geografici</u>** :
X= sen Δλ cos φ'
Y= cos φ sen φ' - sen φ cos φ' cos Δλ , si disegni il punto corrispondente e si misuri l'angolo con il goniometro a partire dall'asse Y (N) in senso orario. Questa e' gia' la rotta **circolare** iniziale.



Per ricavare l'angolo assoluto Ri da utilizzare nelle altre formule misurare l'angolo disegnato <u>sempre da N,</u> verso E o W a seconda del I segno di $\Delta\lambda$ (semicircolare).

Calcolo Rotta finale (Viète):

preventivamente calcolo l'angolo complementare Beta usando il valore assoluto di $\Delta\lambda$:

$$\tan \beta = \frac{sen\ \Delta\lambda}{\tan \varphi \cos \varphi' - sen\ \varphi' \cos \Delta\lambda}$$

Il risultato *Rf* si tratta esattamente come Ri (vedi sopra). Poi si ricava Rfc
Facendo a seconda dei casi :

$$R_f = 180 \pm \beta$$

Altro Sistema

Come per il caso della rotta iniziale , ricavando Ric e badando poi a fare sempre $R_f = 180 - \beta$

Differenza tra rotta iniziale e finale :

$$\cot \frac{\Delta R}{2} = \frac{\cos \frac{\Delta\varphi}{2}}{sen\ \varphi_m} \cot \frac{\Delta\lambda}{2}$$

Calcolo coordinate del Vertice:

Longitudine

$$\cot \Delta\lambda_v = sen\, \varphi \tan R_i$$

Dove $\Delta\lambda_v$ e' la diff. di Long. tra il punto Iniziale ed il vertice che viene sempre presa minore di 90°

SEGNO DI Δλv	
Ri < 90°	Stesso segno di **Δλ**
Ri > 90°	Segno contrario a **Δλ**

La **longitudine** del vertice e' data da:

$$\lambda_v = \lambda + \Delta\lambda_v$$

Latitudine

$$\cos\varphi_v = \cos\varphi \, senR_i$$

Imporre lo stesso segno della latitudine di partenza.

Se la rota iniziale e l'angolo β sono entrambi minori di 90° il vertice si trova tra il punto di partenza ed il punto di arrivo

Nota : La φ_v coincide con l'angolo φ di inclinazione dell' O. sull Equatore.

Calcolo delle coordinate di un punto X dopo una distanza d_o dalla partenza assegnata:

Longitudine:

$$\cot\Delta\lambda_x = \frac{\cos\varphi}{senR_i \tan d_o} - \frac{sen\,\varphi}{\tan R_i}$$

A $\Delta\lambda_x$ si assegna lo stesso segno di $\Delta\lambda$ delle semicircolari ; Sara' <90° se la Cot e' positiva, >90° se negativa (fare 180-$\Delta\lambda_x$) . Poi si esegue $\lambda_x = \lambda + \Delta\lambda_x$ dove λ e' la Long. del punto di partenza.

Latitudine:

$$sen\varphi_x = sen\varphi\cos d_o + \cos\varphi\, sen d_o \cos R_i$$

Incontro dell' Ortodromica col Meridiano (Waypoints) :

Posso ricavare la latitudine del punto x di incontro con un meridiano posto a $\Delta\lambda_x$ rispetto il punto di partenza posto a λ.

$$\tan\varphi_x = \tan\varphi\cos\Delta\lambda_x + \frac{sen\,\Delta\lambda_x}{\cos\varphi\tan R_i}$$

Incontro dell' Ortodromia con il parallelo di Lat. φ_x :

Cio' avviene in due punti simmetrici x_1 e x_2 rispetto il vertice (se $\varphi_x < \varphi_v$) considerando la loro diff. di Long. con il vertice:

$$\cos\Delta\lambda_{xv} = \tan\varphi_x \cot\varphi_v$$

Le longitudini poi si possono ricavare da:

$$\lambda_x = \lambda_v \pm \Delta\lambda_{xv}$$

Caso particolare la intersezione con l'Equatore per il quale essendo $\varphi = 0°$ si ha $\Delta\lambda_{xv} = 90°$ che vuol dire intersezione nei nodi.

Differenza di distanza tra un percorso Lossodromico ed uno ortodromico:

$$\Delta = m_{loss} - d_{ort} = \frac{m_{loss}^3}{24} senR_v \tan^2 \varphi_m \frac{1}{3438^2}$$ in miglia Nautiche

Date le coordinate del punto di partenza A(φλ), la rotta iniziale Ri e la longitudine (latitudine) del punto generico P sulla O., determinare la sua latitudine (longitudine).

$$\tan \varphi_P = \tan \varphi_A \cos \Delta\lambda_P + \sec \varphi_A sen \Delta\lambda_P \cot R_i$$

Se il secondo membro risulta positivo allora la φ avrà
lo stesso segno della latitudine del punto di partenza *A*; se il valore
finale è negativo, allora il cardine della latitudine di *P* sarà quello opposto
di quello di partenza.

Oppure nota la latitudine (parallelo) ricavare la longitudine attraverso i seguenti passaggi :

$$\cos \Delta\lambda_P = \tan \varphi_P \cot \varphi_V$$

Dove φ_V e' la latitudine del Vertice piu' vicino al punto di intersezione col parallelo. Se il parallelo di intersezione si trova nello stesso emisfero del vertice allora il valore di $\Delta\lambda_P$ è minore di 90° altrimenti sarà maggiore di 90°. La longitudine dei due punti di intersezione con il parallelo sarà finalmente:

$$\boxed{[\lambda_P]_{1,2} = \lambda_V + (\pm \Delta\lambda_P)}$$

GIROSCOPIO	**Velocita' Angolare** $\Omega = \frac{\pi n}{30}[Rad/\sec]$ con n giri al minuto **Velocita' lineare a distanza r** $\vec{v} = \vec{\Omega}\, r$ **Quantita' di Moto** $\vec{q} = m\,\vec{v}$ **Momento Angolare (della q di moto)** $\vec{L} = m\,\vec{v}\,r = m\,\vec{\Omega}\,r^2 = I\vec{\Omega}$ **con I = Momento di Inerzia** = m x r2 ***Precessione*** **Coppia applicata** $\vec{C} = \vec{\omega} \times \vec{L}$ **dove $\vec{\omega}$ Velocita' angolare della precessione** ***Precessione Forzata*** $-\vec{C} = \vec{L} \times \vec{\omega}$ con –C coppia resistente ***Girometro – Misuratore di Velocita' Angolare*** $L\,\omega = K_m\,\alpha$ con Km rigidita' delle molle, α angolo di deflessione ***Girodirezionale*** ***Deriva Apparente per la rotazione terrestre*** $velocita\ 'angolare \quad \omega = \sigma sen\,\varphi$ dove φ latitudine del luogo e $\sigma = \frac{2\pi}{86164} = 0{,}000073 \quad [Rad \ / \sec]$ velocita' angolare della terra ***Deriva apparente dovuta alla convergenza dei Meridiani*** Velocita' angolare : $C° = \frac{V}{60} senTc \tan\varphi [Gradi/h]$ Con V velocita' aereo, Tc True Course , φ Latitudine. ***Prua finale dovuta a deriva apparente dopo un tempo h (ore) a partire da una prua iniziale Pi (Emisf. Nord):*** $P_f = P_i + \left(\sigma sen\,\varphi \times \frac{360}{2\pi} \times 3600 + \frac{V}{60} senTC \tan\varphi\right) \times h$ ***Prora Indicata*** $\tan P_i = \tan P \cos\phi$ dove P e' la prora effettiva e Φ l'angolo di bank.
RILEVAMENTO RADIOGONIOMETRICO	In generale un rilevamento, sia esso effettutato con strumentazione a terra piuttosto che a bordo (ADF) , deve poi essere usato in volo su una

<table>
<tr><td></td><td>carta, attraverso il facile tracciamento di una retta che parte dalla stazione di Terra con un angolo Rilo rispetto il suo meridiano.</td></tr>
<tr><td>RADIO GONIOMETRIA DA TERRA</td><td>QUJ=QDM+VAR
QTE=QDR+VAR
Line of Position (LOP)
Arco di Circonferenza Massima (Ortodromia) che forma con il meridiano per la stazione un angolo Rilo che viene comunicato allo AM.
Lambert
LOP coincide con retta ortodromica tracciata con Rilo iniziale
Mercatore
LOP non coincide con ortodromia (curva) che ha tangente iniziale = Rilo, bensi' con retta lossodromica tracciata con Rilo+ γ, dove γ e' la correzione di Givry:
$$\gamma = \frac{\Delta \lambda}{2} sen \varphi_m$$
Il Rilf sulla tangente all'ortodromia nel punto di posizione risulta uguale al Rilo + 2γ</td></tr>
<tr><td>RADIO GONIOMETRIA DA BORDO</td><td>L'apparato di bordo fornisce in angolo Rilo
Line of Position (LOP)
Non e' Ortodromia ma una curva di nome Linea di Azimut
Lambert
Dalla Stazione a Terra si traccia una retta con angolo
$180 + Ril_o + C$
Essendo C la Convergenza dei Meridiani
$C = 2\gamma = \Delta \lambda \, sen \varphi_m$
Mercatore
Dalla Stazione a Terra si traccia una retta con angolo
$180 + Ril_o + \gamma$ Il segno di γ e' dato da:
<table>
<tr><td>Emisfero/Rilevamento della stazione a</td><td>E</td><td>W</td></tr>
<tr><td>NORD</td><td>+</td><td>-</td></tr>
<tr><td>SUD</td><td>-</td><td>+</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Navigazione Isobarica</td><td>$$V = \frac{21,47}{sen \varphi} \frac{\Delta H}{\Delta x}$$ Velocita' vento geostrofico in Kt con ΔH in piedi (differenza di quota tra due linee di livello successive), Δx loro distanza in NM, φ latitudine (non meno di 15°).
$$V_n = XC = \frac{21,47}{sen \varphi} \frac{\Delta H}{V_a t}$$ Cross Component (normale alla traiettoria del velivolo) , Va=TAS , t tempo impiegato a percorrere la tratta (almeno 30') .
$$Z_n = \frac{21,47}{sen \varphi} \frac{\Delta H}{V_a}$$ Spostamento normale alla traiettoria seguita a</td></tr>
</table>

causa dell’azione del vento , quando si vola a Va per un tempo t. Normalmente ΔH si puo’ calcolare tenendo presente due serie di letture del Radar altimetro (R) e della PA contemporanee , e facendone poi la media, secondo la relazione:

$$\Delta \mathrm{H} = (R_B - P_B) - (R_A - P_A) = D_2 - D_1$$

Emisfero	**Si vola verso**	**Segno DH (D2-D1)**	**Spostamento verso**
Nord	Alta pressione	Positivo	Sinistra
Sud	Alta pressione	Negativo	Destra
Nord	Bassa pressione	Negativo	Destra
Sud	Bassa pressione	Positivo	Sinistra

Vento variabile lungo la rotta :

$$senWCA = \frac{Z_n}{m}$$

Angolo di Deriva Unico (SHF detto anche Bellamy Drift) tenuto tra A e B distanti m. Da WCA si ricava TH che si mantiene. Lungo la tratta si possono verificare Gli Zn reali, ricavandone la traiettoria effettiva tenuta.

Sistema di Navigazione Doppler

$$\Delta f = \frac{2}{\lambda} V \cos \gamma$$

Differenza di Freq. Letta dalla strumento per veliv. perfettamente allineato **(teorica)** , con λ lunghezza d’onda, γ angolo tra la direzione di emissione e l’asse longitudinale velivolo, V velocita’ velivolo (GS).

A) Componenti della V *quasi* reale *(piano alare ancora coincidente con orizzontale)* <u>in presenza di vento</u> per Giano-X (4 fasci):

Le Vx, Vy e Vz qui sotto sono riferite ad una terna solidale al suolo.

$$V_x = \frac{\lambda}{4 \cos \alpha \cos \beta} (\Delta f_2 - \Delta f_4)$$

$$V_y = \frac{\lambda}{4 \cos \alpha sen \beta} (\Delta f_3 - \Delta f_4)$$

$$V_z = \frac{\lambda}{4 sen \alpha} (\Delta f_1 + \Delta f_4)$$

Con φ depressione del fascio rispetto il piano alare e β angolo tra il piano di simmetria dell’ AM ed il fascio.

Da cui:

$$GS = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

e

$$\tan WA = \frac{V_y}{V_x}$$

con WA angolo di deriva in quel momento.

B) Componenti della V reale *(Angolo di beccheggio θ e di rollio Φ)*

<table>
<tr>
<td></td>
<td>

<u>in presenza di vento</u> per Giano-X (4 fasci):
Si calcolano le componenti , che in questo caso indicheremo con il doppio apice “, con le tre del caso A). Esse sono riferite alla terna X”,Y”,Z” solidale con l’AM. Poi si usano nelle relazioni qui sotto per ottenere le componenti rispetto la terna solidale al suolo:

$$V_x = \cos\theta V_x'' + sen\,\theta sen\,\phi V_y'' + sen\,\theta\cos\phi V_z''$$
$$V_y = \cos\phi V_y'' - sen\,\phi V_z''$$
$$V_z = -sen\,\theta V_x'' + \cos\theta sen\,\phi V_y'' + \cos\theta sen\,\phi V_y'' + \cos\theta\cos\phi V_z''$$

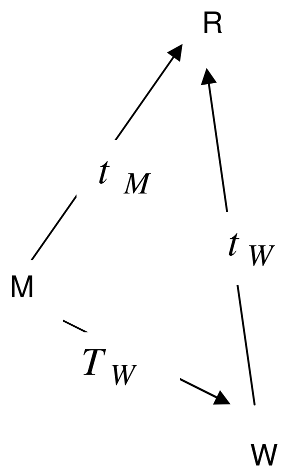
Per al GS e la WA vale quanto scritto al caso A).
</td>
</tr>
<tr>
<td>**Navigazione Iperbolica**</td>
<td>

Distanza di una (sola) Staz. Ricetrasm. :
$d = c(t_r - t_e)$ dove tr e te sono gli istanti di ricezione e emissione, e c la velocita’ della luce = 300.000 Km/sec. Oppure $d = \frac{c}{2\pi f}(\varphi_r - \varphi_e)$ dove f e’ la frequenza e φ le fasi dell’onda di emissione.

Differenza di Distanza tra l’A/M e due Staz. Ricetrasm. A e B :
$\Delta d = d_a - d_b = c(t_A - t_B)$ dove tA e tB sono gli istanti di ricezione . Oppure

$$\Delta d = \frac{c}{2\pi f}(\varphi_A - \varphi_B) = \frac{c}{2\pi f}\Delta\varphi$$

Sistema Loran



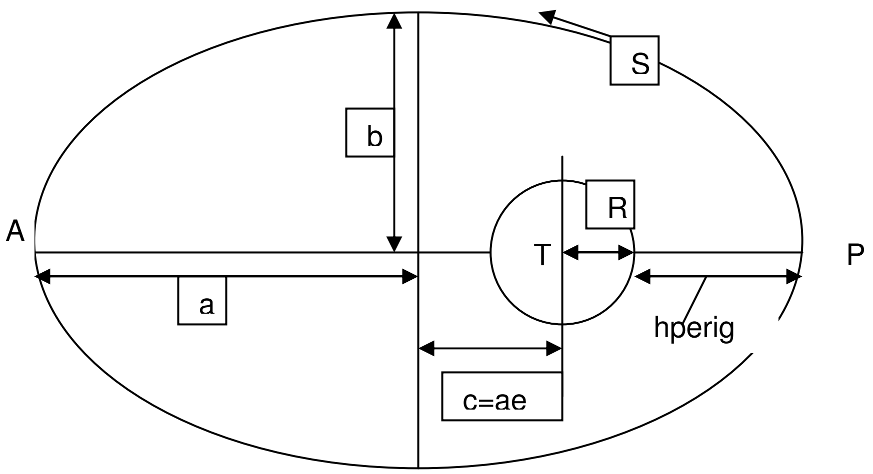
Dove M=Master , W = Slave , R posizione ricetrasm. (A/M),
MW Linea Base,
t e T i tempi necessari alle onde per percorrere i relativi tratti,
e δ il Delay Time. Vale :

$$\Delta t = T_W + \delta_W + t_W - t_M$$

Analogamente per gli altri Slave.

Luoghi notevoli :
Sulla Linea Base (dalla parte dello Slave) : $\Delta t = \delta$
Sulla Linea Base (dalla parte dello Master) : $\Delta t = 2T + \delta$

Sulla Linea di Centro : $\Delta t = T + \delta$
</td>
</tr>
</table>

Satelliti Artificiali	 **Eccentricita'** = c/a rapp. Tra semidistanza focale e semiasse maggiore $b = \sqrt{a^2 - c^2} = a\sqrt{1 - e^2}$ **Altezze Perigeo e Apogeo:** $h_{perig} = a(1 - e) - R$ $h_{apog} = a(1 + e) - R$ **Periodo Orbitale:** $T = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{GM}}$ con GM costante= $3.986x10^{14} m^3 / s^2$ **Velocita' angolare Media (Rad/sec) :** $n = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{GM}{a^3}}$
Navigazione satellitare	**Distanza effettiva tra un punto della superficie terrestre ed il satellite:** $R_i = R_i' - c\Delta t_{ri} - c(\Delta t_u - \Delta t_i)$ Con Δt_{ri} ritardo del segnale per rifrazione atmosferica, $R_i' = c(t_a' - t_i')$ pseudo-distanza , c velocita' luce, t_a' pseudo-istante arrivo, t_i' pseudo-istante partenza, rispettivamente uguali a : $t_a' = t_a + \Delta t_u$ e $t_i' = t_i + \Delta t_i$ Con Δt_u e Δt_i gli errori degli orologi dell' Utente e del Satellite
Navigazione a Reticolo	$GC = TC + C$ $GC = MC + VAR + C$ $GV = VAR + C$ $GC = MC + GV$ Con GC = Grid Corse, TC= True Corse, C= Convergenza = kΔλ, k = costante di Convergenza, VAR=declinazione, GV=

	Grivazione(Grivation) Se la convergenza e' negativa e la latitudine e' N, allora la differenza di Longitudine e' di segno E.
Navigazione Inerziale	