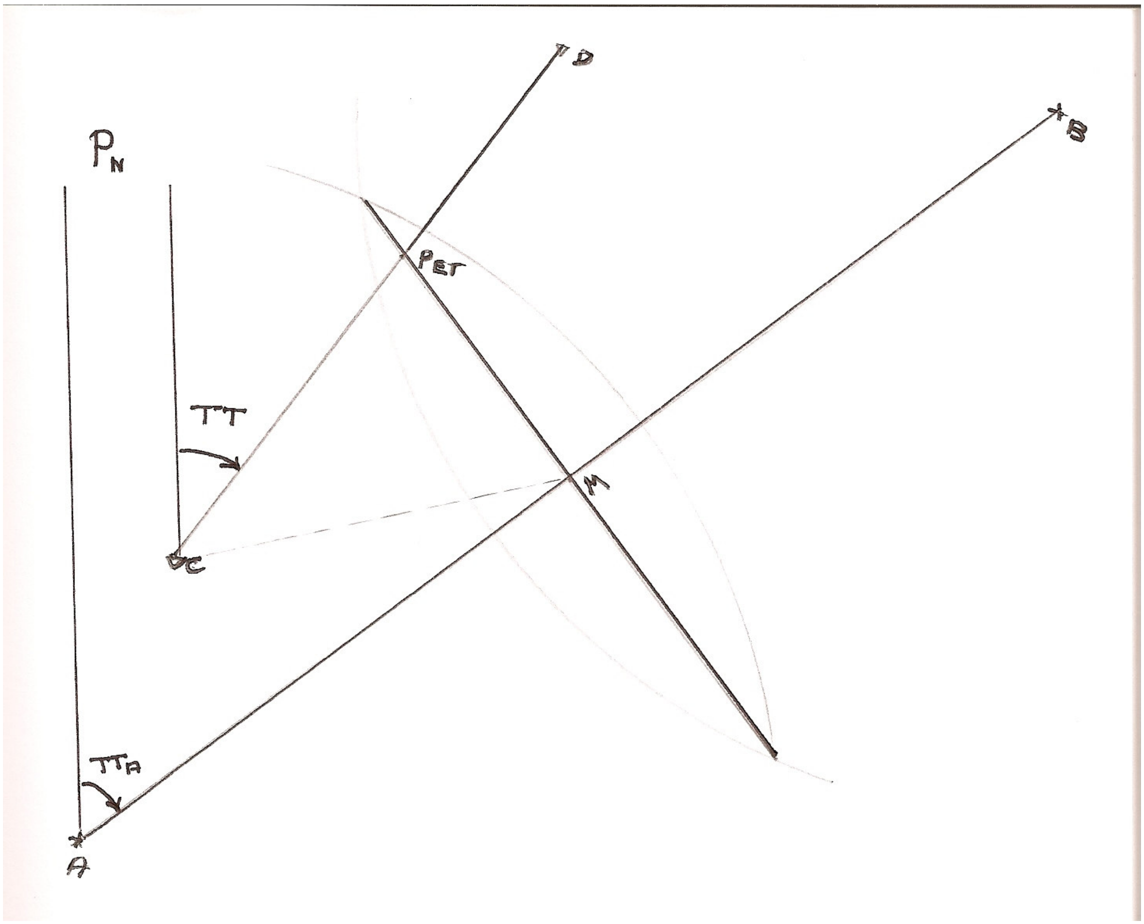
Hoofdstuk 17 Point of Equal Time

17.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een analytische berekening gegeven ter bepaling van het PET (ETP), zonder rekening te houden met de ter plaatse heersende wind. In het LIDO computer vluchtplan worden de PET's ook als no wind PET opgegeven, het is wettelijk ook niet verplicht om de wind PET te bepalen, de ETOPS cirkels gelden dus voor one engine inoperative and zero wind.
Voor het berekenen van het PET, moet worden gebruik gemaakt van de Bol Trigonometrie. De afstanden bij bijvoorbeeld 180 minuten ETOPS, zijn grootcirkels, de stralen van de ETOPS cirkels zijn voor de B777-200ER 1200 nm, dit is echt niet meer als een rechte lijn te beschouwen .De loxodroom (Rumbline) is in de vlakke navigatie te gebruiken bij afstanden onder de 500 nm.
Er wordt uitgegaan van twee enroute alternates A en B waarvan de coördinaten bekend zijn, verder worden begin-en eindpunt genomen van het leg waarin zich de PET moet bevinden. Uit de schets is het een en ander voorgesteld, de lijn CD is de te vliegen route met koers TT, AB is de verbindingslijn tussen de twee uitwijk luchthavens en M is het middelpunt van AB, de loodlijn vanuit M snijdt de koerslijn CD in het PET.



figuur 17.1 Constructieve bepaling van de met behulp van de ETOPS cirkels

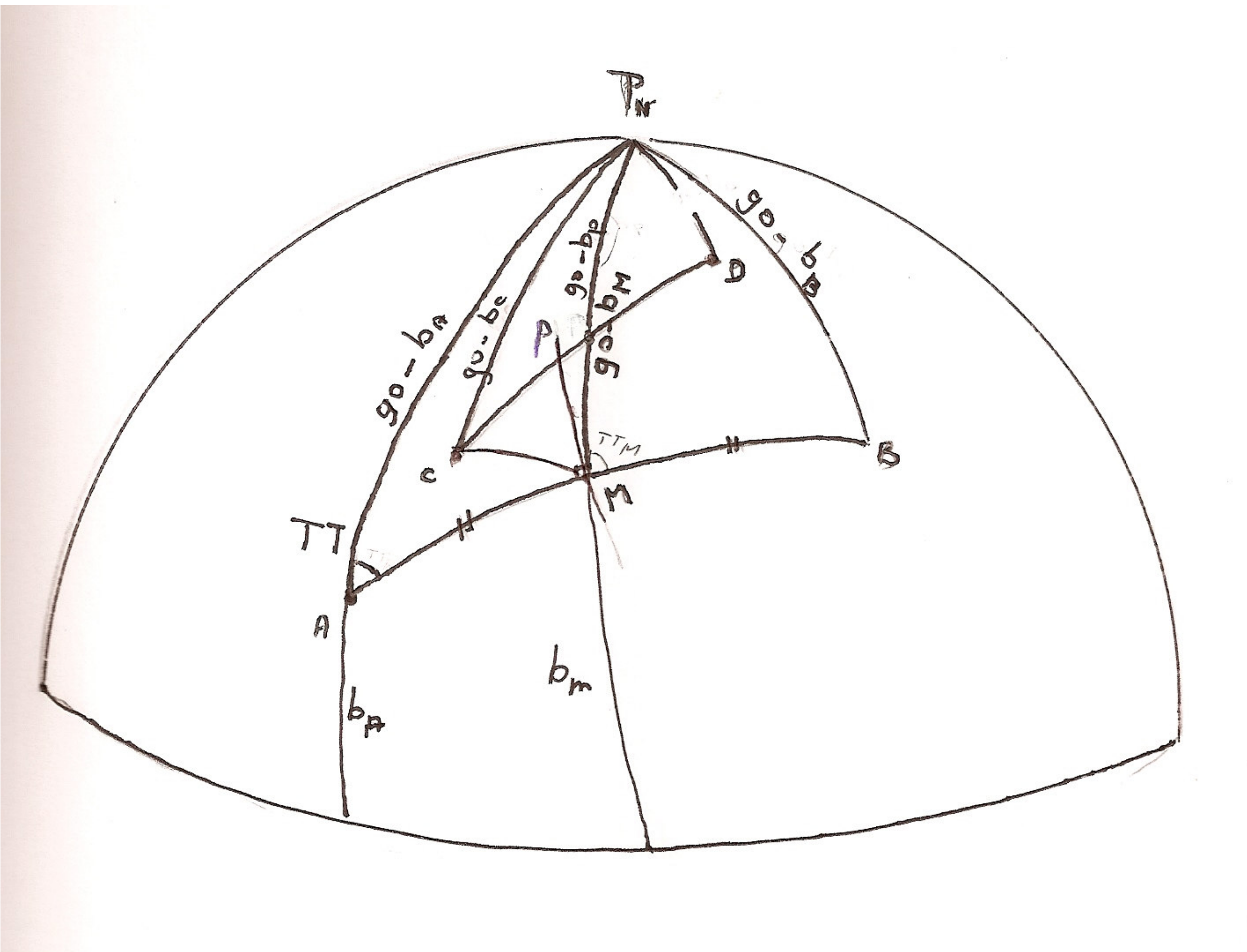
17.2 Bolgoniometrie

Uit de onderstaande figuur ziet men hoe dit alles er in werkelijkheid uitziet, de “rechte lijnen”zijn in werkelijkheid delen van grootcirkels. In de hierna gevolgde wiskundige berekening van het PET, wordt gebruik gemaakt van formules uit de bol driehoeksmeting, twee formules zijn hierbij van belang dit zijn de Cosinusregel en de sinusregel, deze formules lijken op die uit de vlakke driehoeksmeting. Men moet bij de bol driehoeksmeting bedenken dat ook de zijden van de driehoek in graden moeten worden uitgedrukt en verder moet men bedenken dan de som van de 3 hoeken geen 180 hoeft te zijn (0<de som der zijden<360 en 180<de som der hoeken<540)

Zonder bewijs wordt de cosinusregel en sinusregel gegeven.

$$\cos c = \cos a . \cos b + \sin a . \sin b . \cos \gamma \qquad \frac{\sin a}{\sin \alpha} = \frac{\sin b}{\sin \beta} = \frac{\sin c}{\sin \gamma}$$

Voorstelling van de ligging van het PET met behulp van Grootcirkels



Figuur 17.2 grootcirkel driehoeken waarmee de Pet berekend kan woorden.

17.3 Berekening ligging PET

Uit sfeer op de vorige bladzijden, kunnen een aantal driehoeken getekend worden, waarmee de coördinaten van het PET kan worden gevonden.
Allereerst driehoek APB, voor de lengte van AB geldt de cosinusregel;

$$\boxed{\begin{aligned} AB &= 60 * ar\cos\left(\cos(90-b_A)*\cos(90-b_B)+\sin(90-b_A)*\sin(90-b_B)*\cos\Delta lon_{AB}\right) \\ AB &= 60 * ar\cos(\sin b_A * \sin b_B + \cos b_A * \cos b_B * \cos\Delta l_{AB}) \end{aligned}}$$

Voor de TT van AB geldt dat 0<TT<180 dus in oostelijke richting geldt de volgende formule:

$$\boxed{TT_A = ar\cos s\left(\frac{\sin b_B - \sin b_A \cos AB}{\cos bA \sin AB}\right)}$$

Wanneer de richting AB in westelijke richting is, dan geldt voor de TT_{AB} = 360-TT_A, verder geldt in bovenstaande formules NB >0 en ZB <0

De afstand van a naar M is 1/2AB zodat voor de breedte van M geldt:

$$\boxed{Lat.M = ar\sin\left(\sin b_A \cos AM + \cos b_A \sin AM \cos TT_A\right)}$$

Het lengteverschil tussen A en M wordt nu:

$$\boxed{\Delta L_{AB} = ar\sin\left(\frac{\sin TT_A \sin AM}{\cos b_M}\right)}$$ Dit is de sinusregel.

Nu zijn de coördinaten van M bekend, de TT vanuit M wordt gevonden door rekening te houden met de convergentie tussen de meridianen A en M:

$$\boxed{Conv. = \Delta L_{AM} \sin\left(\frac{b_A + b_M}{2}\right)}$$

Nu wordt de boldriehoek CP_ND onder de loep genomen, de coördinaten van C en D zijn bekend en kunnen uit de kaart worden gehaald, met de cos.regel wordt CD berekend;

$$\boxed{CD = 60 * ar\cos\left(\sin b_C \sin b_D + \cos b_C \cos b_D \cos\Delta l_{CD}\right)}$$

de TT vanuit C, is koers die gevlogen wordt:

$$\boxed{TT_C = ar\cos\left(\frac{\sin b_D - \sin b_C \cos CD}{\cos b_C \sin CD}\right)}$$

wordt nu naar de TT gekeken bij de meridiaan van de PET, dan moet de convergentie tussen C en PET worden bepaald, maar breedte van de PET is nog onbekend, eerst wordt de convergentie tussen Meridiaan van C en D berekend:

$$\boxed{conv. = \Delta l_{CD} \sin(\frac{b_C + b_D}{2})}$$

Nu wordt aangenomen dat de convergentie tussen C en het PET de helft is

$$\boxed{conv_{CP} \approx 1/2 Conv._{CD}}$$

De afstand CM met de cosinusregel:

$$\boxed{CM = 60 * ar\cos\left(\sin b_C \sin b_m + \cos b_C \cos b_M \cos \Delta l_{CM}\right)}$$

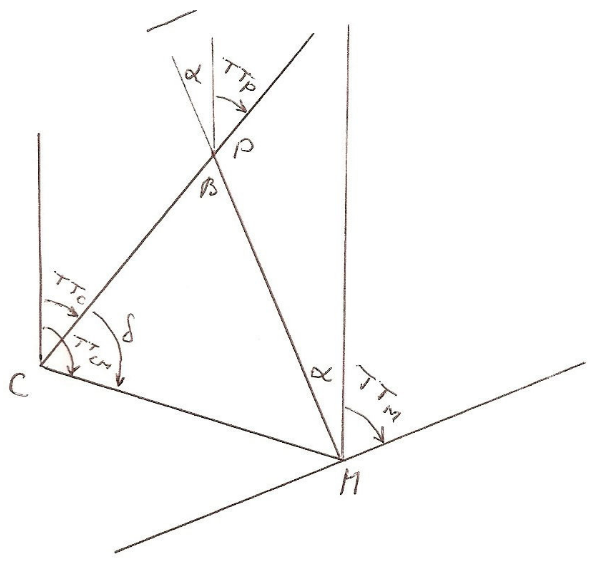
$$\boxed{TT_{CM} = ar\cos\left(\frac{\sin b_m - \sin b_C \cos CM}{\cos b_C \sin CM}\right)}$$

Hoek tussen CP en CM:

$\boxed{\delta = TT_{CM} - TT_C}$ $\boxed{\alpha = 90 - TT_M}$ $\beta = \alpha + TT_P$

De driehoek CPM wordt als vlakke driehoek beschouwd, gezien de kleine afstanden is dit geoorloofd. Met de sinusregel voor de vlakke trigonometrie wordt dit:

$$\boxed{MP = \frac{CM * \sin \delta}{\sin \beta}}$$



figuur 17.3

Tot slot kan met de boltrigonometrie is driehoek PP_NM, de breedte en de lengte van het PET worden berekend:

$$\boxed{b_{PET} = ar\sin\left(\cos PM \sin b_M + \sin PM \cos b_M \cos\alpha\right)}$$

$$\boxed{\Delta l_{PM} = ar\sin\left(\frac{\sin PM \sin\alpha}{\sin b_{pet}}\right)}$$

$\boxed{l_{pet} = l_M \pm \Delta l_{PM}}$ +/- hangt af of M ten westen of ten oosten van PET ligt.

Opmerking;
Deze bewerkelijke methode om de no wind Pet te vinden, verdient niet de voorkeur makkelijker is het om de constructie in de kaart uit voeren.