

AEROCLUBUL ROMÂNIEI



NOTE DE CURS

NAVIGAȚIE

Aceste Note de Curs sunt proprietatea AEROCLUBULUI ROMÂNIEI și sunt dedicate folosirii exclusiv de către personalul AEROCLUBULUI ROMÂNIEI.

Nici o parte și nici o informație din aceste Note de Curs nu poate fi reprodusă sau transmisă cu nici un scop și sub nici o formă persoanelor neautorizate fără acordul scris al AEROCLUBULUI ROMÂNIEI.

SPAȚIU LĂSAT LIBER INTENȚIONAT



Lista de evidență a amendamentelor

Versiune amendament	Pagini afectate	Data introducerii	Numele/Semnătura

CUPRINS

LISTA DE EVIDENȚĂ A AMENDAMENTELOR.....	4
PARTEA 1. NAVIGAȚIA EFECTUATĂ LA VEDERE	9
1. ELEMENTE DE BAZĂ ALE NAVIGAȚIEI AERIENE	9
1.1 CONSIDERENTE GENERALE	9
1.2 AXE ȘI POLI	10
1.3 MIȘCAREA APARENTĂ ȘI SEZONIERĂ A SOARELUI	11
1.4 CERCURI MARI, CERCURI MICI ȘI LINII ORTODROMICE.....	12
1.5 MERIDIANE DE LONGITUDINE	14
1.6 PARALELE DE LATITUDINE	16
1.7 UTILIZAREA COORDONATELOR DE LATITUDINE ȘI LONGITUDINE PENTRU LOCALIZAREA UNEI ANUMITE POZIȚII.....	17
1.8 UNGHIURI.....	18
1.9 EMISFERELE PĂMÂNTULUI.....	20
2. TIMPUL ȘI CONVERSIA TIMPULUI	21
2.1 TIMPUL APARENT.....	21
2.2 ORA MEDIE LOCALĂ, LMT (LOCAL MEAN TIME)	21
2.3 ORA LOCALĂ (LT)	22
2.4 ORA UNIVERSALĂ COORDONATĂ (UTC).....	22
2.5 FUSELE ORARE	23
2.6 LINIA DE SCHIMBARE A DATEI.....	23
2.7 ORE STANDARD SAU ORE LOCALE.....	25
2.8 MĂSURAREA ȘI EXPRIMAREA TIMPULUI	25
2.9 RELAȚIA DINTRE LONGITUDINE ȘI TIMP.....	26
2.10 TRANSFORMĂRI DIN TIMP ÎN ARC	28
2.11 TRANSFORMĂRI DIN ARC ÎN TIMP	28
2.12 LUMINA PROVENITĂ DE LA SOARE	29
2.13 RĂSĂRITUL ȘI APUSUL.....	29
2.14 ORA APUSULUI ȘI RĂSĂRITULUI	31
2.15 EFECTUL LATITUDINII ASUPRA RĂSĂRITULUI ȘI APUSULUI.....	32
2.16 EFECTUL LONGITUDINII ASUPRA RĂSĂRITULUI ȘI APUSULUI.....	32
2.17 ORA DE VARĂ	32
3. DISTANȚE. UNITĂȚI DE MĂSURĂ ȘI CONVERSIE: MILE NAUTICE, MILE STATUARE, KILOMETRI, METRI ȘI PICIOARE (FT).....	33
4. DIRECȚII. MAGNETISM ȘI BUSOLA MAGNETICĂ.....	35
4.1 GENERALITĂȚI	35
4.2 NORDUL ADEVĂRAT.....	38
4.3 CÂMPUL MAGNETIC AL PĂMÂNTULUI	38
4.4 NORDUL MAGNETIC AL PĂMÂNTULUI, DECLINAȚIA MAGNETICĂ.....	39
4.5 COMPONENTELE VERTICALĂ ȘI ORIZONTALĂ ALE CÂMPULUI MAGNETIC	40
4.6 BUSOLA MAGNETICĂ.....	42
4.7 NORDUL COMPAS. DEVIAȚIA COMPAS.....	42
4.8 INFLUENȚELE MAGNETICE ALE STRUCTURII AERONAVEI.....	44
4.9 EVITAREA INFLUENȚELOR MAGNETICE LA BUSOLĂ	44
4.10 ERORI CAUZATE DE VIRAJE.....	45
4.11 ERORI CAUZATE DE ACCELERAȚII	47
5. HĂRȚI	51
5.1 PROPRIETĂȚI GENERALE ȘI DIFERITE TIPURI DE PROIECȚII.....	51
5.2 PROIECȚIA MERCATOR	54

5.3 PROIECȚIA CONICĂ CONFORMĂ LAMBERT	56
6. HĂRȚI DE NAVIGAȚIE VFR.....	59
6.1 MĂSURAREA LATITUDINII ȘI LONGITUDINII.....	60
6.2 ANALIZA HĂRȚILOR.....	62
6.3 INFORMAȚII TOPOGRAFICE	66
6.4 RELIEFUL.....	66
6.5 CARACTERISTICI CULTURALE	68
7. SIMBOLURI FOLOSITE ÎN HĂRȚILE DE AVIAȚIE VFR	71
7.1. SIMBOLURI FOLOSITE ÎN AVIAȚIE	71
7.2. ORIENTARE ȘI DISTANȚA.....	76
7.3 STRÂNGEREA HĂRȚILOR.....	79
8. PRINCIPIILE NAVIGAȚIEI	81
8.1 IAS, CAS, EAS, TAS ȘI GS (VITEZA INDICATĂ, VITEZA CALIBRATĂ, VITEZA ECHIVALENTĂ, VITEZA ADEVĂRATĂ ȘI VITEZA FAȚĂ DE SOL) ..	81
8.2 CAPUL ADEVĂRAT (CA) ȘI CAPUL MAGNETIC (CM); DRUMUL ADEVĂRAT (DA) ȘI DRUMUL MAGNETIC (DM), DRUMUL COMPAS (DC)	86
8.3 CAPUL COMPAS (CC).....	89
8.4 DETERMINAREA TRIUNGIULUI VITEZELOR	91
8.5 DERIVA, UNGHIIUL DE DERIVĂ.....	91
8.6 UTILIZAREA TAS ȘI A VITEZEI VĂTULUI PENTRU DETERMINAREA DRUMULUI REAL.....	91
9. CALCULATORUL DE NAVIGAȚIE.....	95
9.1 REGULI DE UTILIZARE PENTRU CALCULATORUL ANALOG	96
9.2 RATE DE URCARE/COBORÂRE ȘI RAPOARTE	102
9.3 CALCULUL DISTANȚEI, TIMPULUI ȘI VITEZEI	105
9.4 CALCULUL CONSUMULUI DE COMBUSTIBIL.....	107
9.5 CONVERSIA DISTANȚELOR	109
9.6 CALCULUL TAS.....	111
9.7 CALCULUL ALTITUDINII ADEVĂRATE CU AJUTORUL ALTITUDINII INDICATE ȘI A TEMPERATURII	114
9.8 CALCULUL VITEZEI VÂNTULUI	116
10. NAVIGAȚIA APLICATĂ.....	121
10.1 DETERMINAREA UNEI VITEZE CORESPUNZĂTOARE	122
10.2 CALCULUL ALTITUDINII CORESPUNZĂTOARE	122
10.3 REVIZUIREA VITEZEI FAȚĂ DE SOL	123
10.4 CORECTAREA ABATERILOR DE LA TRAIECT	125
10.5 ESTIME DE TIMP - ETA.....	126
10.6 METODE DE CITIRE A HĂRȚILOR.....	127
10.7 ORIENTAREA DUPĂ HĂRȚĂ	128
10.8 PUNCTE DE VERIFICARE.....	128
10.9 ANTICIPAREA PUNCTELOR DE VERIFICARE	130
10.10 INFORMAȚII AERONAUTICE	137
10.11 JURNALUL DE NAVIGAȚIE/CROCHIUL.....	139
PARTEA 2: RADIONAVIGAȚIE	141
1. TEORIA PROPAGĂRII UNDELOR RADIO	141
1.1 ANTENELE	142
1.2 UNDELE RADIO	143
2.DISPOZITIVUL DE LOCALIZARE A DIRECȚIEI VHF (VDF).....	145
2.1 PRINCIPIUL DE FUNCȚIONARE.....	145
2.2 INFORMAȚII DISPONIBILE DE LA ADF	146
2.3 ACURATEȚEA RELEVMENTULUI VDF.....	148



2.4 ZBORUL PE RUTĂ PRIN VDF.....	149
3. NDB/ADF.....	157
3.1 DESCRIERE GENERALĂ	157
3.2 PRINCIPIUL DE OPERARE	158
3.3 MODALITĂȚILE DE PREZENTARE ALE ADF ÎN CABINĂ.....	161
3.4 FACTORI CE AFECTEAZĂ RAZA DE ACOPERIRE A ADF ȘI ACURATEȚEA	178
4.VOR.....	179
4.1 APLICAȚII ALE VOR	179
4.2 PRINCIPIUL DE FUNCȚIONARE AL VOR	180
4.3 RAZA DE ACOPERIRE A VOR	181
4.4 PREZENTAREA ȘI INTERPRETAREA UNUI VOR	182
4.5 INSTRUMENTELE VOR DIN CABINĂ	186
4.6 FOLOSIREA VOR.....	189
4.7 AFIȘAJUL VOR	194
4.8 FACTORI CE AFECTEAZĂ RAZA OPERAȚIONALĂ A UNUI VOR.....	203
5.DME (DISTANCE MEASURING EQUIPMENT)	205
5.1 PRINCIPIUL DE FUNCȚIONARE AL DME	206
5.2 RAZA DE ACȚIUNE ȘI ACOPERIREA UNUI DME	207
5.3 ACURATEȚEA DME	207
6.RADARUL	208
6.1 PRINCIPIUL DE FUNCȚIONARE AL RADARULUI	209
6.2 RAZA DE ACȚIUNE A UNUI RADAR	210
6.3 RADARUL DE SUPRAVEGHERE PRIMAR	211
6.4 DEZAVANTAJELE RADARULUI PRIMAR	214
6.5 RADARUL DE SUPRAVEGHERE SECUNDAR (SSR)	215
6.6 FOLOSIREA TRANSPONDERULUI ÎN CABINĂ.....	216
7.GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS).....	218
7.1 SISTEMUL GLOBAL DE POZIȚIONARE (GPS)	218
7.2 GALILEO.....	220
7.3 GLONASS.....	221
7.4 ERORI ȘI FACTORI DE AFECTEAZĂ GNSS	222
BIBLIOGRAFIE.....	223



SPAȚIU LĂSAT LIBER INTENȚIONAT



PARTEA 1. NAVIGAȚIA EFECTUATĂ LA VEDERE

1. Elemente de bază ale navigației aeriene

1.1 Considerente generale

Navigația aeriană este știința care se ocupă cu metodele și practicile cele mai eficiente pentru asigurarea deplasării aeronavelor în spațiul aerian menținând deplina siguranță a zborului.

Pentru a se realiza deplasarea, este necesară menținerea aeronavei pe traiectul obligat și cunoașterea permanentă a poziției acesteia în spațiu, a direcției de zbor, a vitezei, a înălțimii și a timpului calculate între reperele obligate.

În funcție de felul zborului, a distanței, a vitezei, a înălțimii și a condițiilor meteo se utilizează una sau mai multe dintre metodele următoare:

- a. metoda *navigației observate*: constă în determinarea poziției aeronavei comparând reperele de pe sol cu semnele convenționale de pe hartă;
- b. metoda *navigației estimate*: constă în determinarea poziției aeronavei după diferite instrumente de la bord și efectuând unele calcule;
- c. metoda *navigației radioelectrice*: constă în determinarea poziției aeronavei folosind mijloacele electronice ale aeronavei și/sau mijloace externe acesteia (amplasate pe sol sau în aer, exemplu: sistem de sateliți);
- d. metoda *navigației astronomice*: constă în determinarea poziției aeronavei după aștrii de pe bolta cerească cu ajutorul unor instrumente optice (de la bordul aeronavei);
- e. metoda *navigației inerțiale*: constă în determinarea poziției aeronavei (și a tuturor celorlalte elemente de zbor) plecând de la principiul determinării accelerației ce ia naștere pe cele 3 axe ale aeronavei;
- f. metoda *navigației izobarice*: constă în determinarea poziției aeronavei plecând de la diferența indicațiilor de înălțime citite la altimetrul barometric și radioelectric.

Pentru a naviga cu o aeronavă eficient pe distanțe lungi sau în condiții de vizibilitate redusă, va trebui să ne referim la o anumită reprezentare schematică a globului. O reprezentare prea încărcată nu este indicată în navigație. Reprezentarea cea mai simplă și precisă a Pământului este sub forma unui glob, ce menține forma sferică a acestuia și care ilustrează diferitele oceane, continente, orașe, etc.

Forma exactă a suprafeței Pământului se află într-o continuă schimbare. Vulcanii erup sau cresc în dimensiune, noi insule apar în timp ce altele se scufundă, alunecările de teren și cutremurele cauzează deplasări masive de pământ, suprafața oceanului se schimbă permanent odată cu mările și crește datorită topirii ghețarilor iar, pe o perioadă lungă de timp, continentele se deplasează gradual.

Forma geometrică regulată cu care Pământul se aseamănă cel mai mult este cea a unei sfere turtite la Poli, formă obținută prin rotirea unei elipse în jurul axei mici.

Corpul geometric ce reprezintă forma teoretică a Pământului, redusă la nivelul oceanelor, fără a ține seama de accidentele de relief, poartă numele de *geoid*.

1.2. Axe și poli

Pământul se rotește în jurul propriei sale axe, axa de rotație, care mai este cunoscută sub numele de *axă polară geografică*. Cele două puncte în care axa intersectează suprafața sferei se numesc:

- Polul Nord geografic* sau *nordul adevărat* (locul de la verticala căruia mișcarea Pământului apare în sens invers mișcării acelor de ceasornic);
- Polul Sud geografic* sau *sudul adevărat*.

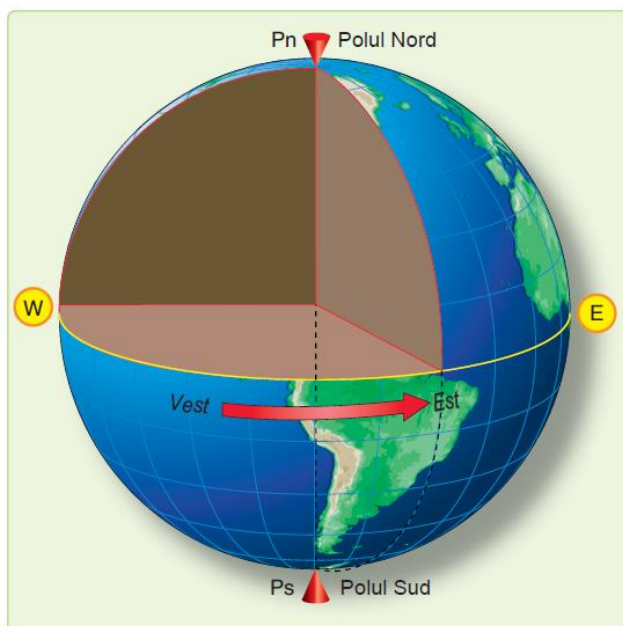


Fig.1.1 Reprezentare schematică a Pământului, a axei geografice și a Polilor

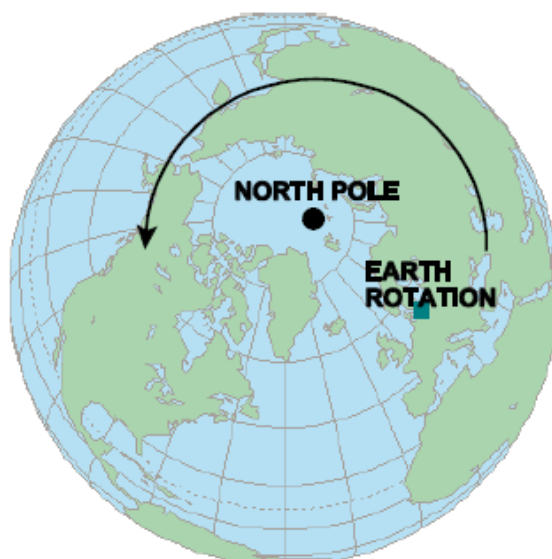


Fig.1.2 Mișcarea Pământului văzută de la verticala Polului Nord

1.3. Mișcarea aparentă și sezonieră a Soarelui

Pentru a putea măsura trecerea timpului, trebuie să ne raportăm la un eveniment care se repetă. Pentru strămoșii noștri, cât și pentru noi, un eveniment repetitiv potrivit este reprezentat de aparenta trecere a Soarelui pe cer - cel mai înalt punct al său pe cer indicând momentul în care umbrele pe care le lasă pe sol sunt cele mai scurte. Soarele pare că traversează cerul o dată pe zi.

Pe o scară de timp mai lungă, observăm succesiunea regulată a anotimpurilor - primăvară, vară, toamnă, iarnă - un ciclu complet al acestora formând ceea ce numim an calendaristic.

Soarele a fost folosit drept ceas timp de mii de ani. Deși în trecut se credea că Soarele se rotește în jurul Pământului, astăzi știm faptul că această afirmație nu este adevărată, în realitate, Pământul se rotește în jurul axei proprii, axa polară geografică, care determină apariția Soarelui pe cer în fiecare zi, de unde și sintagma 'trecerea aparentă a Soarelui'.

Pe măsură ce cunoștințele noastre s-au înmulțit, am realizat faptul că o zi reprezintă durata aproximativă a unei mișcări de rotație a Pământului în jurul axei proprii iar un an reprezintă durata aproximativă a unei mișcări de revoluție, adică parcurgerea de către Pământ a unei orbite complete în jurul Soarelui.

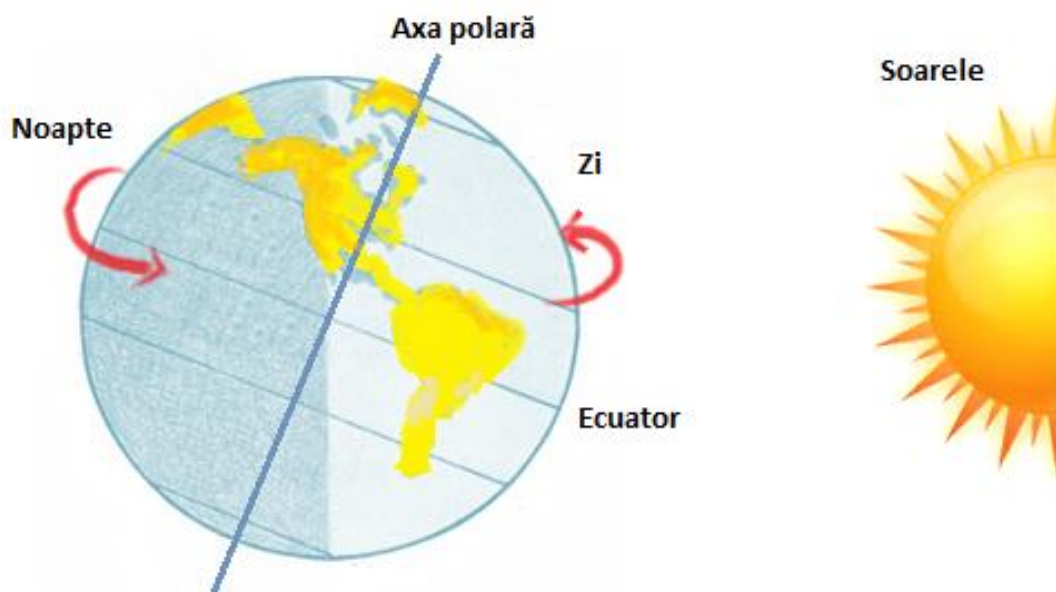


Fig.1.3 Mișcarea de rotație a Pământului

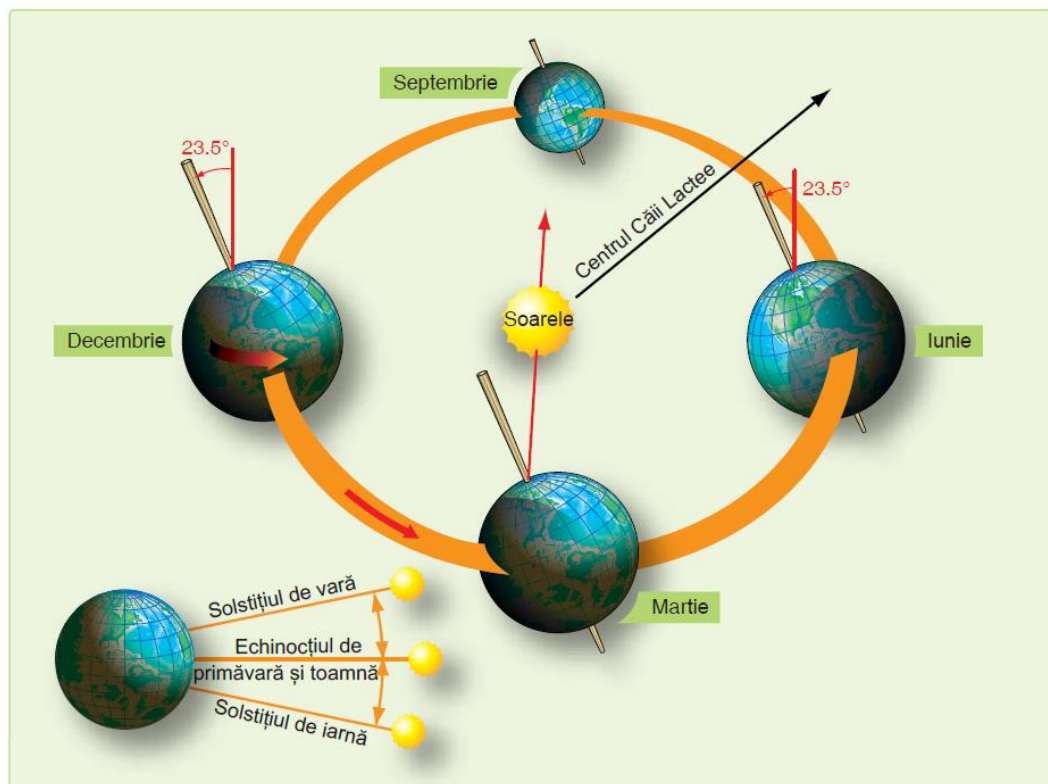


Fig.1.4 Mișcarea de revoluție a Pământului

1.4. Cercuri mari, cercuri mici și linii ortodromice

Un *cerc mare* trasat pe suprafața Pământului este un cerc al cărui plan trece prin centrul Pământului. Proprietățile cele mai importante ale cercurilor mari sunt:

- un cerc mare este cel mai mare cerc ce poate fi trasat pe suprafața Pământului, sau pe orice altă sferă;
- cea mai scurtă distanță dintre oricare două puncte de pe suprafața sferei reprezintă arcul unui cerc mare;
- numai un singur cerc mare poate fi trasat între două puncte de pe suprafața unei sfere (exceptând cazul în care cele două puncte sunt diametral opuse, precum polii geografici, putându-se trasa astfel o infinitate de cercuri mari).

Exemple de cercuri mari:

- cercuri ce conțin meridianele geografice;
- Ecuatorul;
- cercuri ce conțin căile urmate de undele radio.

Un *cerc mic* reprezintă orice cerc de pe suprafața sferei, al cărui centru nu se află în centrul Pământului. Paralele de latitudine (exceptând Ecuatorul) sunt cercuri mici.

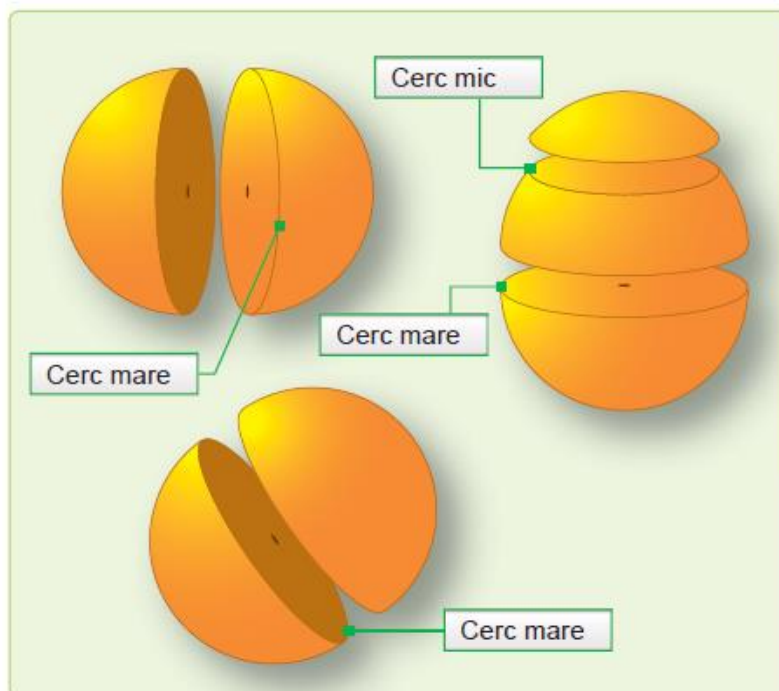


Fig. 1.5 Cercuri mari și cercuri mici

Loxodroma este linia de poziție care trece prin *punctul inițial al traiectului PIT* și *punctul final al traiectului PFT* al drumului aerian și care intersectează toate meridianele sub un unghi constant.

Din punct de vedere geometric, loxodroma, prelungită dincolo de capetele drumului apare ca o spirală care se apropie tot mai mult de Poli dar fără să-i atingă. De la această regulă fac excepție paralelele, meridianele și Ecuatorul.

Zborul pe loxodromă presupune utilizarea unui sistem simplu de la bordul aeronavei și anume busola magnetică (compasul magnetic).

Navigația pe loxodromă este ușoară și convenabilă pe distanțe scurte (sub 1000 Km), deoarece la distanțe de până la acest ordin, în raport cu zborul pe cercul mare, diferențele de lungime sunt mici.

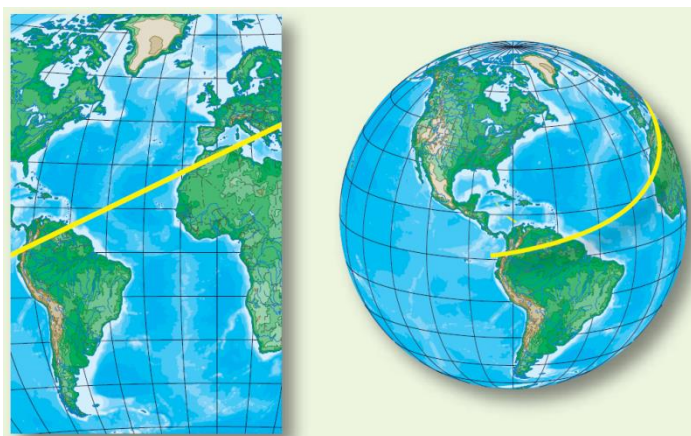


Fig.1.6 Loxodroma

Ortodroma este arcul mic din cercul mare care trece prin punctul de plecare *Punctul Inițial al Traiectului (PIT)* și cel de sosire *Punctul Final al Traiectului (PFT)* al unui traiect de pe suprafața Pământului.

Ortodroma reprezintă cel mai scurt drum aerian între două puncte. Ortodroma se folosește de obicei la zboruri pe distanțe mari (peste 1000 km), în cadrul navigației radioelectrice (unde pe sol sunt amplasate mijloace radioelectrice dispuse pe ortodromă).

Astfel, în cadrul unui zbor între Roma și New York, dacă se merge pe loxodromă, vom trece prin: Ankara, Krasnovodsk, Pekin și măsoară peste 12.300 km, în timp ce zburând pe ortodromă vom trece prin: Leipzig, Leningrad, Long Eniseisk, Blagowescensk și măsoară aproximativ 10.500 km.

O metodă convenabilă de specificare a poziției a oricărui punct pe Pământ este de a-l pune în legătură cu liniile imaginare care formează rețeaua de latitudine și longitudine de pe suprafața Pământului.



Fig. 1.7 Ortodroma dintre Vancouver și Moscova

1.5. Meridiane de longitudine

Referința de bază pentru longitudine este *meridianul Greenwich*, cunoscut de asemenea ca *primul meridian*. Acesta reprezintă acea jumătate a cercului mare care conține axa polară geografică și care trece atât prin Observatorul de la Greenwich de lângă Londra, cât și prin cei doi poli geografici. Primul meridian este desemnat ca având “longitudine 0”.

Cealaltă jumătate a aceluiași cerc mare care conține primul meridian se întinde de la Polul Nord la Polul Sud, dar de cealaltă parte a Pământului față de Greenwich. Acesta străbate partea de vest a Oceanului Pacific și este cunoscut ca “meridianul de longitudine 180°”. Poate fi atins călătorind fie la est de primul meridian fie la vest față de primul meridian, parcurgând aceeași distanță unghiulară (180°). Drept urmare, acesta poate fi denumit fie “meridianul de 180° E” fie “meridianul de 180° W”. Acest meridian mai este cunoscut și ca *antimeridianul Greenwich*. Toate arcurile din cercurile mari care conțin axa polară geografică și care unesc cei doi Poli geografici se numesc *meridiane de longitudine*. Pe suprafața globului pământesc se pot trasa o infinitate de meridiane.

Meridianele de longitudine se specifică prin diferența lor unghiulară în $^{\circ}$ la est sau la vest față de primul meridian.

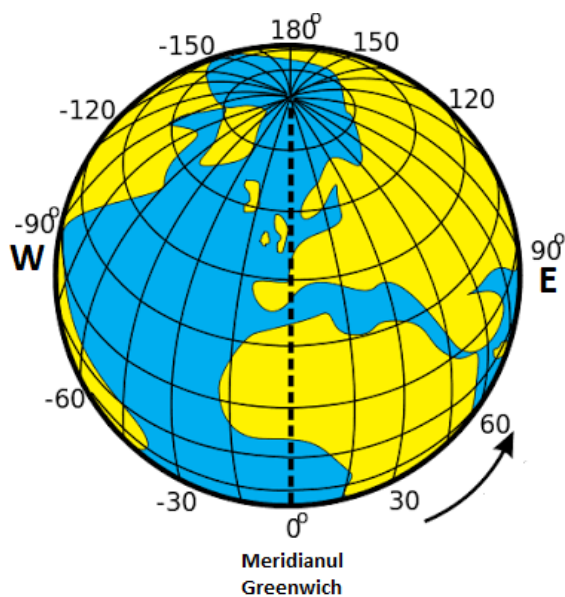
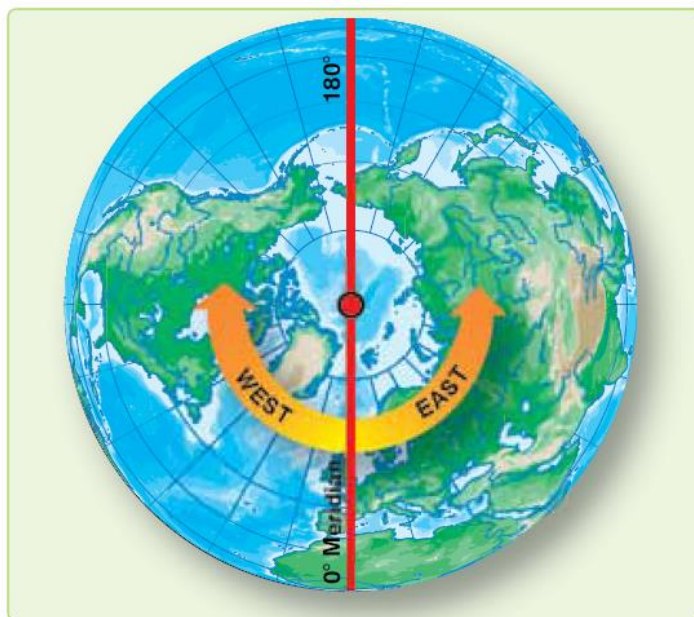


Fig.1.8 Longitudinea se măsoară la est sau la vest de meridianul Greenwich

Longitudinea se măsoară în lungul paralelelor de latitudine, așadar 1 minut de longitudine va varia în lungime depinzând de locația sa pe glob.

Singurul loc unde 1 min de longitudine este egal cu 1 nm (milă nautică) este în jurul Ecuatorului; cu cât latitudinea este mai mare, adică cu cât locul este mai departe față de Ecuator, cu atât mai scurtă va fi distanța în nm a unui minut de longitudine în locul respectiv.

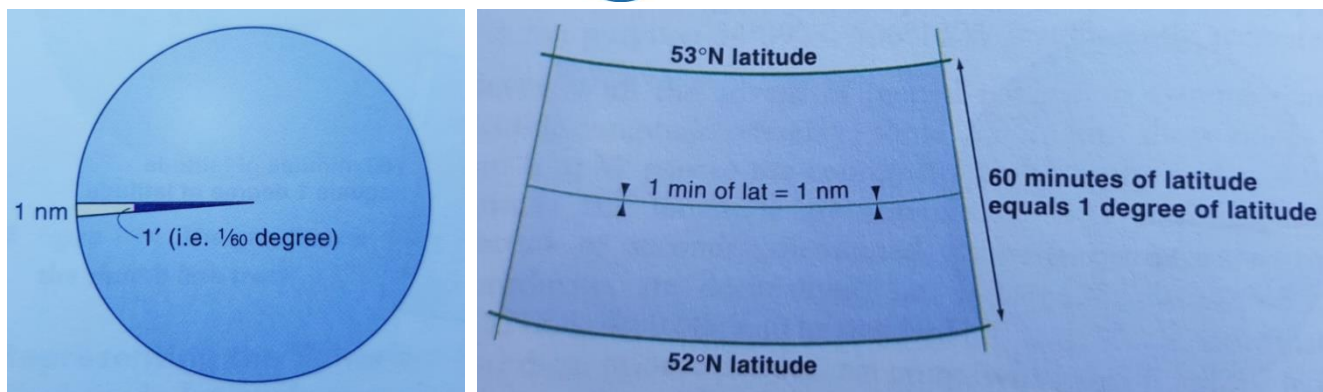


Fig.1.9 1 nm este egal cu lungimea unui minut de arc al unui cerc mare

1.6. Paralele de latitudine

Referința pentru latitudine este planul Ecuatorului, cercul mare al cărui plan este perpendicular pe axa polară geografică.

Latitudinea unei anumite locații este distanța sa unghiulară în grade ($^{\circ}$) de la planul Ecuatorului, măsurată la centrul Pământului, aceasta fiind nordică sau sudică.

O *paralelă de latitudine* unește toate punctele cu aceeași latitudine și, cu excepția Ecuatorului, formează un cerc mic. Paralelele de latitudine sunt paralele atât cu Ecuatorului, cât și între ele.

Paralelele se măsoară de la 0° la 90° către nord și de la 0° la 90° către sud.

Exemplu: latitudine 30° N sau latitudine 30° ,

latitudine 45° S sau latitudine -45°

Intersectând scoarța terestră cu planuri paralele cu Ecuatorul, se obțin o infinitate de cercuri mici, aceste cercuri fiind mai exact paralelele de latitudine.

Cea mai lungă paralelă de latitudine este *Ecuatorul* (latitudine 0°). Celelalte paralele, pe măsură ce ne îndepărtăm de Ecuator spre latitudini mai ridicate, scad progresiv în lungime, până când paralelele de latitudine de 90° , mai precis în polii geografici, devin punctiforme.

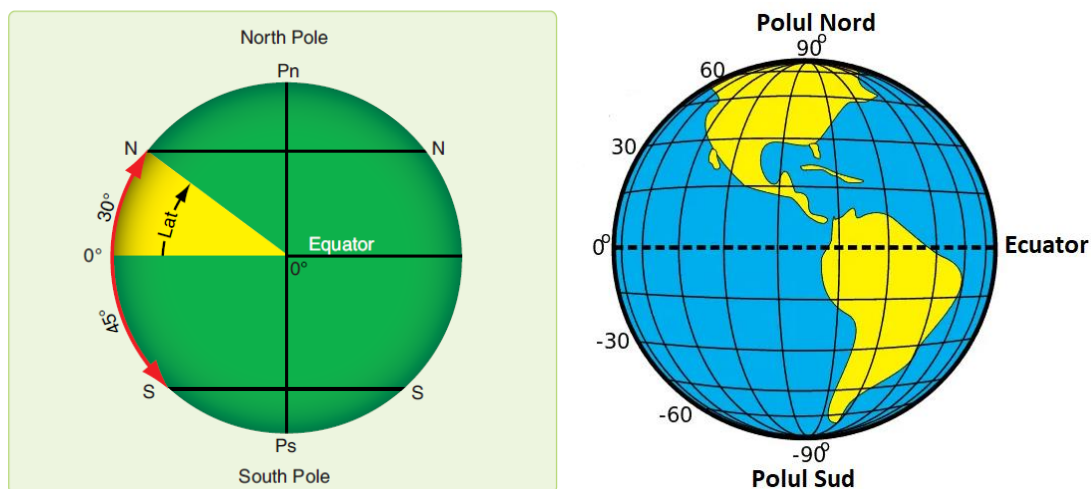


Fig. 1.10 Măsurarea unghiulară a latitudinii

Latitudinea se măsoară în sus și în jos de-a lungul unui meridian de longitudine (care este un cerc mare), și:

1 minut de latitudine în orice punct de pe Pământ = 1 mila nautică (nm)

1.7. Utilizarea coordonatelor de latitudine și longitudine pentru localizarea unei anumite poziții

Paralele de latitudine și meridianele de longitudine formează o rețea imaginară pe suprafața Pământului. Poziția oricărui punct pe glob poate fi specificată prin:

1. *latitudine* - poziția unghiulară la nord sau la sud față de planul Ecuatorului
2. *longitudine* - poziția unghiulară la est sau vest față de primul meridian

De obicei este suficient de precisă specificarea latitudinii și longitudinii unui loc în grade (°) și minute (') ($1^\circ = 60'$ de arc). Pentru precizie maximă, fiecare minut poate fi împărțit în 60 de sec de arc. Simbolurile folosite pentru grade, minute și secunde sunt: °, ' și ''.

De exemplu, poziția orașului București, din România este: 44°26'07"N, 26°06'10"E).

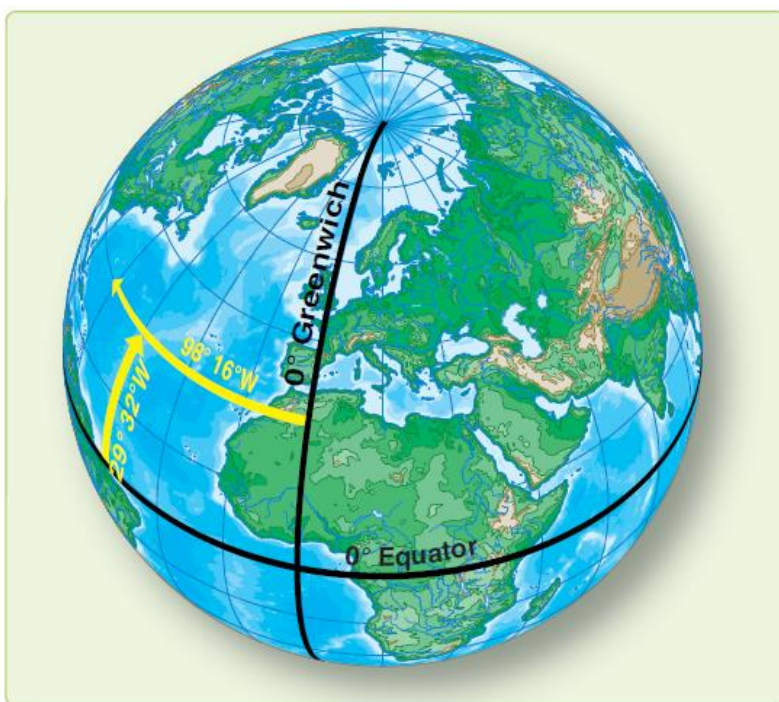


Fig 1.11 Marcarea coordonatelor geografice ale unui punct

Specificarea latitudinii și longitudinii reprezintă o metodă comună de a indica o anumită poziție pe suprafața Pământului și este una din metodele cele mai des întâlnite atunci când se întocmesc planurile de zbor. Atunci când ne aflăm în zbor, există alte mijloace de a specifica poziția aeronavei, cum ar fi:

- a. prin precizarea locului peste care suntem sau pe lângă care trecem, de exemplu "verticală Slatina", "travers Arad"
- b. prin distanța și relevment de la un anumit punct sau radiofar, de exemplu: " 10 nm

pe un relevment de 290° T de localitatea București/VOR Florești “

Nota: Folosirea denumirilor de locații trebuie să fie restrânsă la locații pe care receptorul mesajului ar trebui să le cunoască, și care sunt prezente în majoritatea hărților aeronautice.

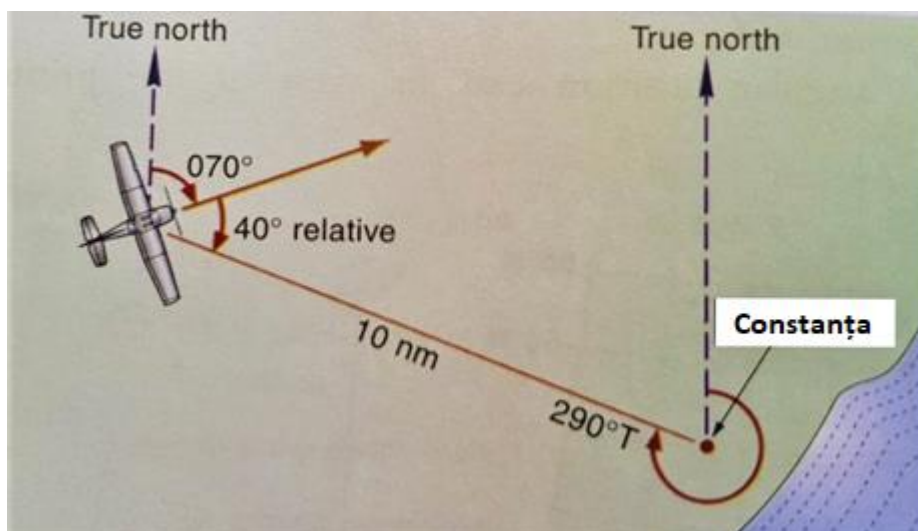


Fig.1.12 Specificarea unei poziții funcție de relevment

1.8. Unghiuri

Referința fundamentală de la care se măsoară unghiurile este nordul adevărat, de la 000° T, prin 090° T, 180° T, 270° T, până la 360° T (T de la True North = Nord Adevărat). Dacă un avion urmează un drum al unui cerc mare (drum ortodromic), direcția drumului față de nordul adevărat se va schimba treptat, va intersecta meridiene succesive la un unghi care se va schimba treptat.

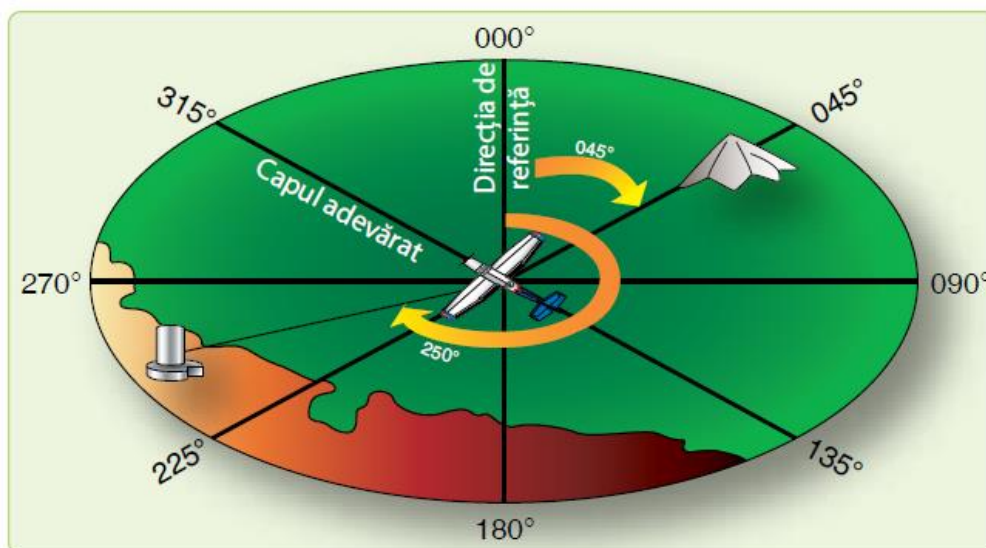


Fig. 1.13 Direcții de referință

Câteodată este mai convenabil să zburăm pe un drum a cărui direcție rămâne constantă când se raportează la nordul adevărat, mai exact, în așa fel încât drumul intersectează toate meridianele de longitudine sub același unghi. Acest drum este cunoscut sub numele de *drum loxodromic* ($RL = Rhumb Line$).

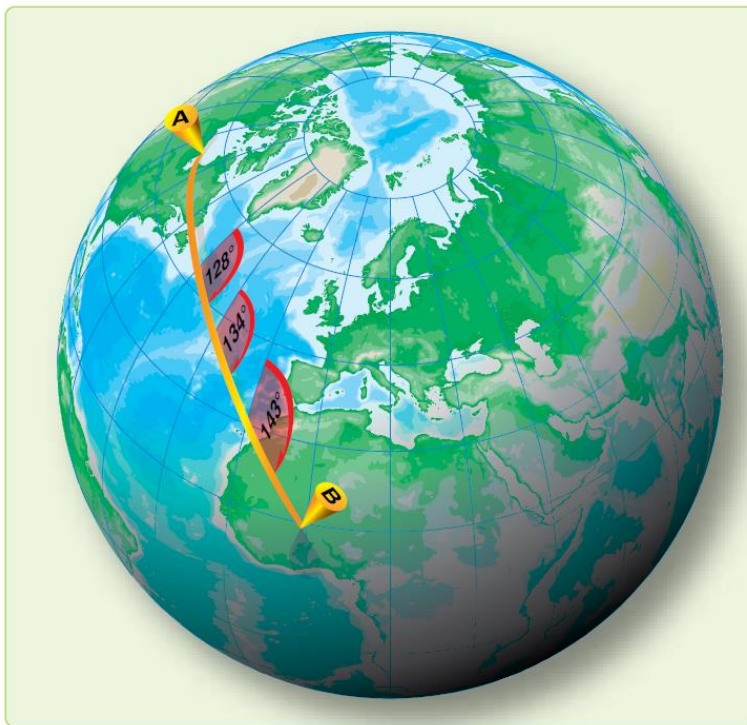


Fig. 1.14 Schimbarea direcției adevărate atunci când se merge pe ortodromă

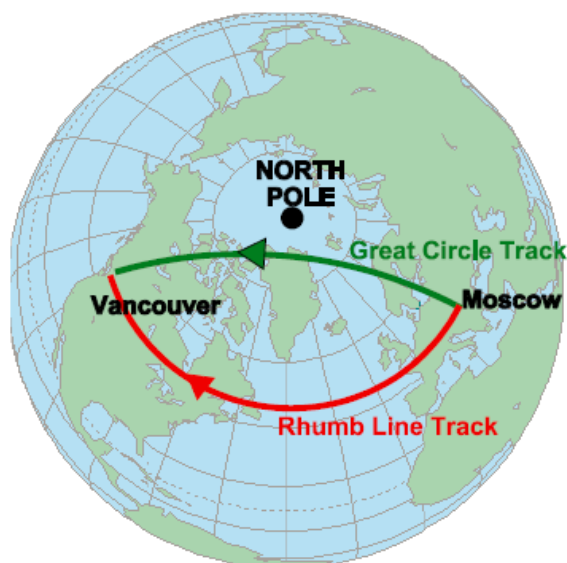


Fig. 1.15 Diferența de drum dintre ortodromă și loxodromă

Traiectul pe loxodromă și traiectul pe ortodromă între două locuri coincid doar dacă acestea sunt fie pe același meridian de longitudine (un cerc mare), drumul dintre ele fiind $180^{\circ}T$ sau $360^{\circ}T$, fie pe Ecuator (care este de asemenea un cerc mare), drumul dintre ele fiind $090^{\circ}T$ sau $270^{\circ}T$.

1.9. Emisferele Pământului

Ecuatorul împarte Pământul în 2 emisfere: una *nordică* numită și *boreală* și o alta *sudică* numită *australă*. Meridianul Greenwich și antimeridianul său taie Pământul în alte două emisfere: *emisfera estică*, aflată la estul meridianului și *emisfera vestică*, aflată la vestul meridianului.

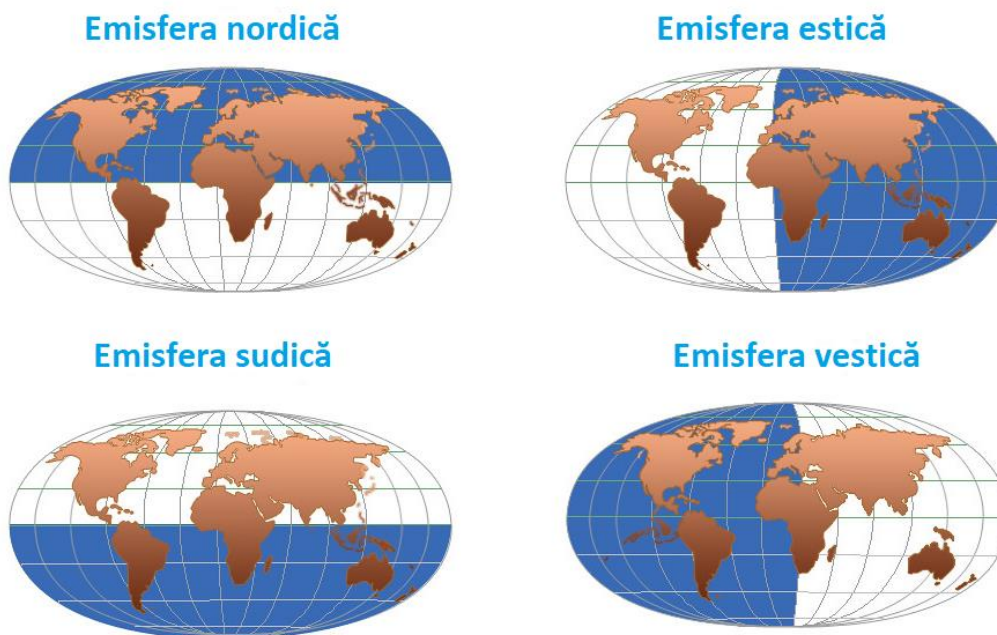


Fig. 1.16 Emisferele Pământului

2. Timpul și conversia timpului

Timpul este foarte important pentru un pilot iar ceasul reprezintă unul dintre instrumentele de bază din cabină. Timpul îți permite să:

- a. reglezi și să monitorizezi activitatea de la bord
- b. măsoți evoluția zborului
- c. anticipezi data sosirii în anumite puncte
- d. calculezi o anduranță sigură pentru zbor
- e. estimezi când se vor îmbunătăți condițiile meteo de la destinație
- f. măsoți perioadele de pauză între zboruri

Timpul este de asemenea folosit pentru a măsura rotația Pământului. Raportăm rotația planetei noastre la poziția altor corpuri cerești, cum ar fi Soarele și alte stele. Folosind timpul putem preciza începutul unei zile, răsăritul, prânzul, apusul, începutul nopții, miezul nopții, răsăritul lunii, apusul lunii, etc.

Rotirea Pământului se face de la vest la est, cu toate că privind Soarele și astrii s-ar părea că Pământul se rotește de la est la vest. Viteza imprimată de mișcarea de rotație a Pământului unui punct situat pe Ecuator este maximă, adică aproximativ 1669 km/h sau 460 m/sec, în timp ce la pol viteza este nulă.

În afara de aceste două mișcări proprii, Pământul se deplasează în univers cu întregul sistem solar.

Pentru a executa o orbită completă în jurul Soarelui, Pământului îi sunt necesare aproximativ 365 și $\frac{1}{4}$ zile, adică 6 ore. Fiind de preferat să avem un număr întreg de zile într-un an, vom defini astfel *anul civil* ca având 365 zile. La finele fiecăror 4 ani, când sferturile de zi vor face cât o zi întreagă, acea zi în plus se va adăuga celor 365 zile formând anul bisect de 366 zile.

2.1. Timpul aparent

Soarele așa cum este el observat pe cer este numit Soarele adevărat sau Soarele aparent. Timpul solar aparent se bazează pe mișcarea Soarelui în timpul deplasării sale pe bolta cerească. Cadranul solar indică cu acuratețe timpul solar aparent. Acest timp nu este util deoarece lungimea aparentă a zilei variază de-a lungul unui an. Ceasul va trebui în aceste condiții să opereze la diferite viteze pentru a putea indica corect timpul aparent. Cu toate acestea, timpul aparent va indica cu precizie tranzitul superior și cel inferior. Tranzitul superior are loc la amiază timpului aparent iar tranzitul inferior la miezul nopții timpului aparent. Dificultățile în utilizarea timpului aparent au condus la introducerea timpului mediu.

2.2 Ora medie locală, LMT (Local Mean Time)

LMT folosește Soarele ca punct de reper celest, iar meridianul local de longitudine drept punctul terestru de referință. Prin urmare, toate punctele de-a lungul aceluiași meridian de longitudine, vor avea același LMT.

LMT de-a lungul unui meridian de longitudine va fi diferit de LMT de-a lungul altui meridian de longitudine, iar această diferență va egala diferența (sau schimbarea) de longitudine exprimată în unități de timp. Cu cât acest loc este mai la est, cu atât LMT este mai în față.

În navigația aeriană, utilitatea principală a timpului local mediu (LMT) este aceea de a determina apusul și răsăritul unor corpuri cerești precum Soarele și Luna.

2.3 Ora locală (LT)

Aceasta reprezintă o metodă de măsurare a rotației Pământului și orice interval de timp dat poate fi reprezentat de un unghi corespondent rotirii Pământului. Să presupunem că Soarele este exact desupra noastră, adică este ora prânzului. Pentru fiecare punct de-a lungul aceluiași meridian de longitudine, Soarele va fi în cel mai înalt punct pe cer din ziua respectivă. Unghiul corespunzător mișcării de rotație a Pământului într-o oră este de 15° iar în 24 ore de 360° .

Exemplu:

Locul A este la 45° longitudine W față de locul B. La cât timp, mai devreme sau mai târziu, va veni ora prânzului în locul A față de locul B?

Răspuns:

45° arc de longitudine = 3 h, și deoarece A este la vest față de B, Prânzul va avea loc trei ore mai târziu în locul A.

2.4 Ora universală coordonată (UTC)

UTC reprezintă timpul mediu local (LMT) al meridianului de longitudine care trece prin observatorul de la Greenwich, lângă Londra. Meridianul Greenwich de longitudine 0, este cunoscut și ca *primul meridian*. Până de curând, standardul internațional de timp era GMT (Greenwich Mean Time), dar a fost înlocuit de UTC, acesta având o definiție mult mai academică și fiind mult mai precis decât GMT.

UTC reprezintă "timpul universal", comunicațiile aeronautice fiind exprimate în funcție de acesta. Din acest motiv, piloții trebuie să fie capabili să convertească corect și rapid ora locală în UTC, și invers.

Meridianele către est sunt înaintea timpului universal, așadar:

Meridiane la est, UTC rămâne în spate

Meridiane la vest, UTC este în față

Exemplu: Dacă este 1531 LMT pe meridianul de longitudine $150^\circ E$, care trece prin Sydney, Australia, cât este ora exprimată în UTC?

$150^\circ = 10 h$, deoarece 15° de arc = 1 h

15 31 LMT la $150^\circ E$

-10 00 din arc in timp

05 31 UTC

Răspuns: 0531 UTC

Nota: Standardul estic de timp Australian se bazează pe meridianul de longitudine 150° E, care se află la 10 h în față UTC. Standardul de timp în Vancouver, Canada se află pe meridianul de longitudine de 120° W așadar se află la 8 h în spatele UTC.

2.5 Fuzele orare

În mod evident, LMT-ul nu este foarte practic în activitatea de zi cu zi, deoarece fiecare meridian de longitudine are propriul său LMT. Vasele aflate pe mare își setează ora către LMT-ul cel mai apropiat care se împarte la 15 (ceea ce înseamnă că, aceste ore vor diferi cu mult față de UTC, mai exact cu $15^\circ = 1$ h).

Deși vasul nu se afla exact pe respectivul meridian, înseamnă că ceasurile lui vor fi setate să indice aceeași oră cu ceasurile celorlalte vase aflate în zonă.

De exemplu, un vas aflat la longitudine $145^\circ 27' E$, când se găsește în proximitatea celui mai apropiat meridian divizibil la 15, adică meridianul de longitudine $150^\circ E$, vasul va seta ceasul pe LMT-ul la $150^\circ E$, și cum această oră diferă de UTC cu $(150 / 15) = 10$ h, va fi cu 10 h înaintea UTC.

Zona $150^\circ E$ se numește “zona minus 10” deoarece:

- meridianul de zonă este divizibil cu 15 de 10 ori
- minus 10, deoarece trebuie să scazi 10 din această zonă de timp pentru a obține UTC (nu uitați că meridianele de longitudine estică sunt în față timpului)

Fuzele orare nu sunt foarte folosite în aviație.

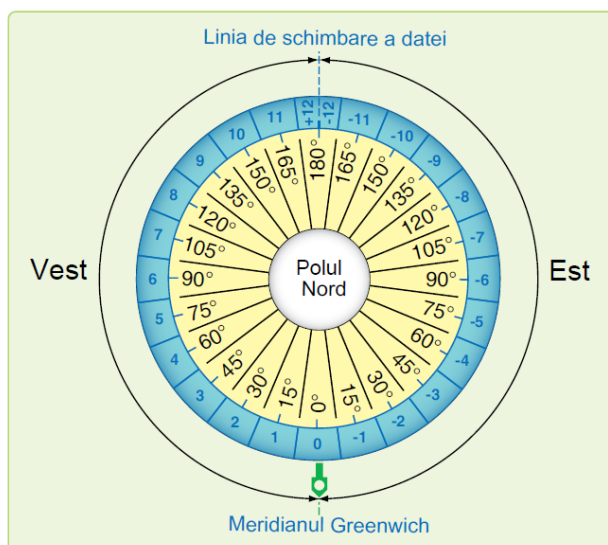


Fig.2.1 Fusele orare standard

2.6 Linia de schimbare a datei

Să presupunem că ora pe meridianul Greenwich este 261200 LMT (adică 261200 UTC). Dacă ne deplasăm instantaneu spre est de la Greenwich la meridianul de $180^\circ E$, LMT-ul aici va fi cu 12 h înaintea LMT de la Greenwich, adică 262400 LMT la $180^\circ E$, sau miezul nopții pe data de 26 LMT la $180^\circ E$.

Dacă ne deplasăm către vest de la Greenwich la meridianul de 180° W, atunci timpul aici va fi cu 12 h în spatele Greenwich, adică 260000, sau cum se scrie de obicei, 252400 LMT la 180° W, miezul nopții zilei de 25. De avut în vedere faptul că este miezul nopții în ambele cazuri, dar pe o parte a meridianului de 180° este miezul nopții în ziua de 25, iar pe cealaltă parte este miezul nopții pe 26.

Meridianele de 180° E și 180° W sunt unul și același meridian - antimeridianul spre Greenwich. Ne aflăm în situația în care este miezul nopții în vecinătatea sa, dar pe date diferite, depinzând de care parte a meridianului de 180° ne aflăm. Plecând într-o călătorie în jurul lumii, la trecerea liniei de schimbare a datei vom pierde o zi călătorind spre vest și vom câștiga una călătorind către est.

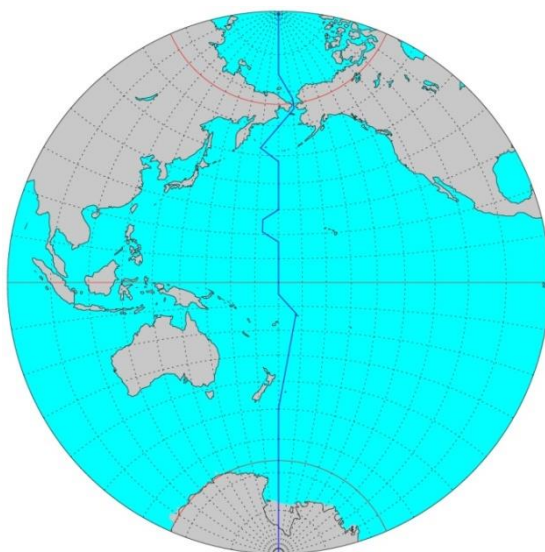


Fig.2.3 Linia de schimbare a datei

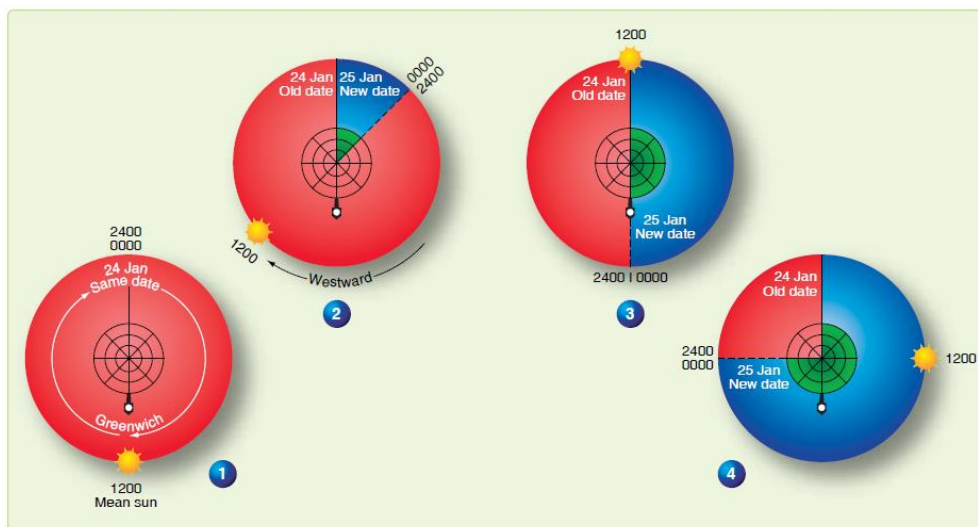


Fig.2.4

Pentru a preveni erorile de dată și pentru a furniza un punct de început al fiecărei zile, s-a stabilit printr-o înțelegere internațională o linie de schimbare a datei, aceasta fiind meridianul de longitudine de 180°, cu câteva devieri pentru a menține anumite grupuri de insule pe același fus orar.

2.7 Ore standard sau ore locale

Orele standard funcționează într-un mod similar cu cel al fusului orar în sensul că într-o anumită zonă geografică ceasurile sunt setate după LMT-ul unui meridian standard. Acesta este cunoscut ca *ora standard* sau *ora locală* (a nu se face confuzie cu LMT) a zonei respective.

Atunci când zborul implică traversarea diferitelor zone, cel mai ușor este să se folosească în întregime ora UTC și să se transforme apoi în ora locală.

Exemplu: Pleci de la Manchester, Marea Britanie într-un zbor de 3h 40min până la Bremen, Germania la ora locală UK 0945, adică 0945 UTC. La ce oră trebuie să te aștepte limuzina la Bremen?

Plecarea Manchester:	09.45 UTC	Timp de zbor:	<u>3.40</u>
ETA Bremen:	13.25 UTC		
Arc în timp:	<u>+1.00</u> (pentru a transforma ora britanică în ora germană)		
	14.25		
Răspuns:	14.25 LT (ora locală Germania)		

2.8 Măsurarea și exprimarea timpului

Pentru măsurarea timpului, se folosește din nou un eveniment repetitiv, cum ar fi oscilația unui pendul, sau vibrațiile atomice dintr-un cristal de cuarț pentru a proiecta ceasuri care măsoară ore, minute și secunde.

Fiecare zi este împărțită în 24 h miezul nopții fiind marcat la începutul unei zile cu 0000 iar la

finalul zilei cu 2400. Ora prânzului (amiezii) este 1200 și marchează jumătatea unei zile.

Termenul AM înseamnă *ante meridian*, ceea ce indică că Soarele nu a trecut încă peste meridianul de longitudine al locului de observație, așadar ora este înaintea prânzului; PM înseamnă *post meridian*, deoarece Soarele a trecut de meridianul locului de observație.

Pentru scopuri legate de planificarea zborului și de navigație nu ne vom referi de obicei la anul sau luna observației, ci numai la *ziua* lunii sub forma *datei* urmată de *ora* și *minute*. Cum majoritatea zborurilor au o durată de câteva ore, cunoaștem fără îndoială luna și anul, prin urmare nu este nevoie de aceste specificații.

Secundele, 1/60 dintr-un minut, reprezintă un interval de timp mult prea scurt și nu sunt luate în considerare, așadar, gruparea de numere ce reprezintă data/ora este exprimată de obicei din 6 cifre.

Grupul de 6 cifre: DATA / TIMP (ZZHHMM)

În acest grup de cifre avem:

- a. data este un grup de două cifre pentru ziua lunii, de la 00 la 31
- b. timpul, scris sub forma unui grup de patru cifre: primele două reprezintă ora de la 00 la 24, iar ultimele două reprezintă minutele de la 00 la 59

Exemplu: *Exprimați 13 septembrie 1986, 10:35 a.m. ca un grup de șase cifre*

Răspuns: *131035*

Exemplu: *Exprimați 3:21 p.m., 17 martie 1987*

3:21 p.m. = 12:00 prânz

+ 3:21

= 15:21 pe ceasul de 24h

Răspuns: *171521*

Grupul de 8 cifre: DATA / TIMP (LLZZHHMM)

Pentru a specifica luna, grupul de șase cifre este precedat de două cifre care reprezintă luna, devenind astfel un grup de opt cifre. Acest grup se folosește des în NOTAM-uri (NOTice to Air Men)

Exemplu:

5:45 p.m., 30 septembrie:

SEP 30 17 45 sau 09 30 17 45 sau 09301745

2.9 Relația dintre longitudine și timp

Pe durata unei zile, Pământul efectuează o rotație completă de 360° față de Soare. Ora zilei reprezintă o metodă de măsură a acestei rotații și indică timpul scurs din ziua respectivă sau cât s-a efectuat din rotație.

Ca și observatori pe Pământ, nu simțim rotația în jurul axei sale, ci mai degrabă ni se pare că vedem cum Soarele se rotește în jurul Pământului. Într-o zi solară medie, Soarele va lăsa impresia că a parcurs toate cele 360° de longitudine din jurul Pământului.

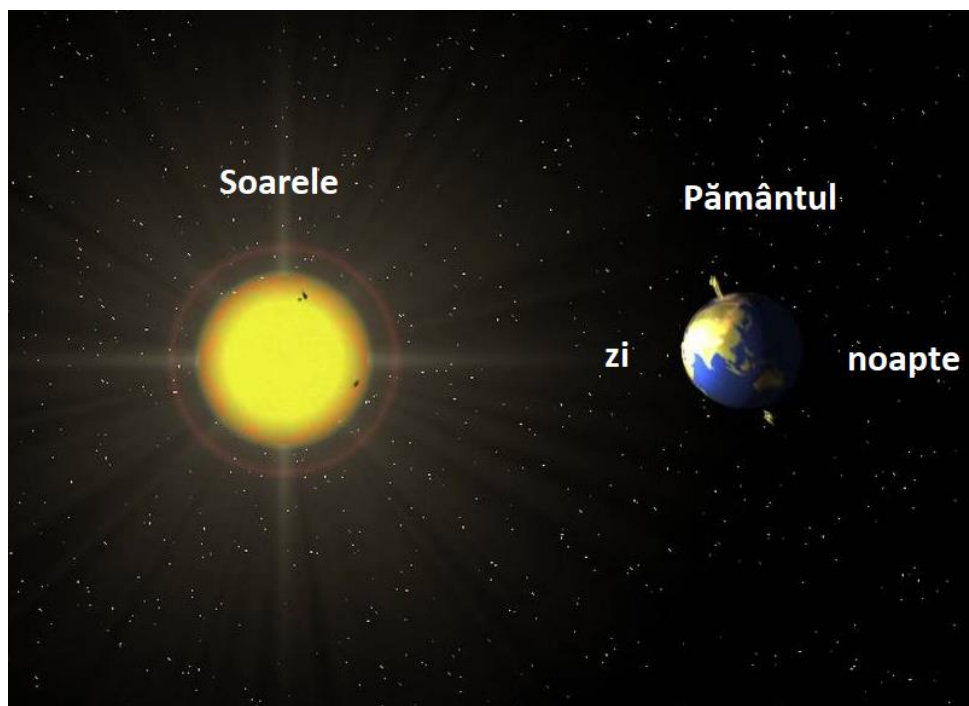


Fig.2.5

Diferența unghiulară dintre longitudini diferite este cunoscută sub numele de arc de longitudine și are o relație directă cu timpul.

Arcul de longitudine în grade (°), minute (') și secunde (") de arc se raportează la intervalul de timp conform tabelului de mai jos.

ARC	TIMP
360° longitudine	24 h
15° longitudine	1 h
15' longitudine	1 minut
15'' longitudine	1 secunda
1° longitudine	4 minute
1' longitudine	4 secunde
1'' longitudine	1/15 secunde

2.10 Transformări din timp în arc

1. Se vor înmulți orele cu 15 pentru a obține ° (1 h = 15° arc de longitudine)
2. Se vor înmulți minutele cu 15 pentru a obține ' (1 min = 15' sau 1/4°) apoi rezultatul se transformă în ° și '
3. Se fac adunările pe °, ', ''

Exemplu: Transformați 9 h 23 min în unități de arc

$$9 \text{ h} \times 15^\circ = 135^\circ;$$

$$\underline{23 \text{ min} \times 15' = 345' = 5^\circ 45'}$$

Răspuns: adunând, 9h23min = 140° 45'

2.11 Transformări din arc în timp

1. Se împart gradele cu 15 pentru a obține orele, și se înmulțesc cele care rămân cu 4 pentru a obține minutele de timp
2. Se împart minutele de arc cu 15 pentru a obține minutele de timp, se înmulțesc cele rămase cu 4 pentru a obține secunde de timp.
3. Se fac adunările pe h, min, sec

Exemplu: Transformați 140° 49' de arc de longitudine în unități de timp

$$140 / 15 = 9 \text{ h}, 5 \text{ rămase} \times 4 = 20 \text{ min de timp, adică } 140^\circ \text{ de arc} = 9 \text{ h } 20 \text{ min}$$

$$49 / 15 = 3 \text{ min de timp, cu } 4 \text{ rămase} \times 4 = 16 \text{ sec de timp}$$

Răspuns: 9h 23 min 16 sec

2.12 Lumina provenită de la Soare

Razele Soarelui luminează diferite zone ale globului la diferite unghiuri funcție de latitudine și anotimp.

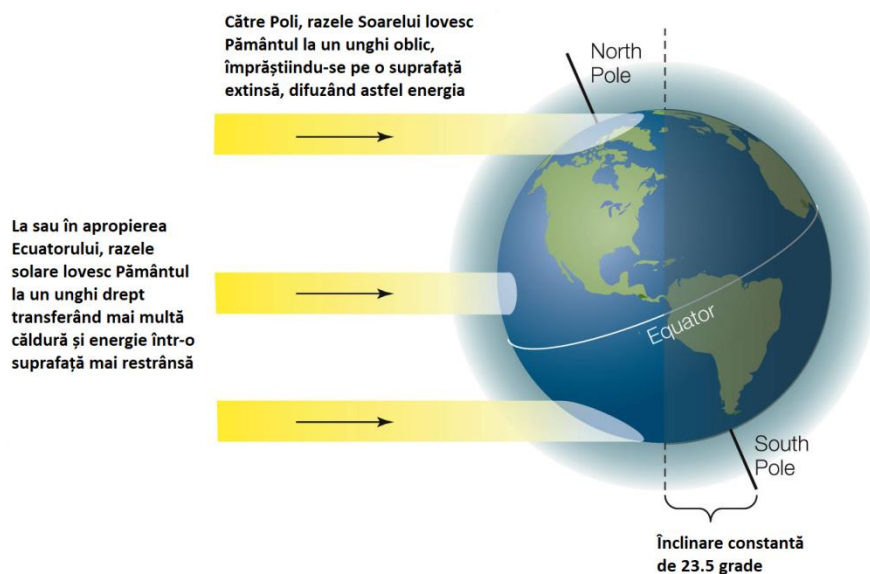


Fig.2.6

2.13 Răsăritul și apusul

Răsăritul Soarelui are loc atunci când partea superioară a discului Soarelui (prima parte vizibilă) se află la orizont. *Apusul* are loc atunci când partea superioară a discului solar (ultima parte vizibilă) dispare sub orizont. Lumina Soarelui apare între răsărit și apus.

Așa cum am observat cu toții atunci când ne trezim devreme, începe să se lumineze cu mult înainte de răsăritul Soarelui, lumina rămânând chiar și după apusul acestuia. Această perioadă de lumină incompletă, sau întuneric incomplet, se numește *crepuscul (twilight)*, iar perioada de la începutul dimineții până la sfârșitul crepusculului de seară, se numește *lumina zilei (daylight)*.

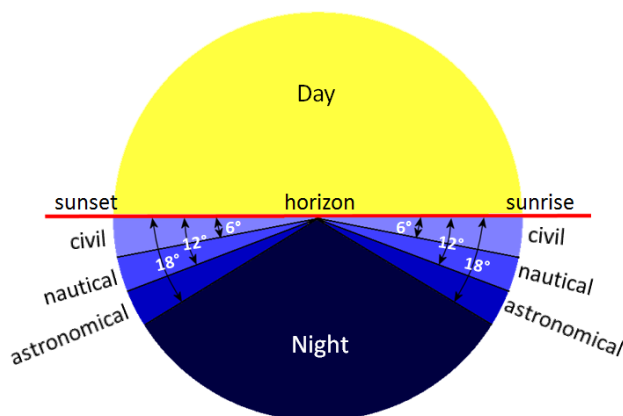


Fig.2.7 Răsăritul/apusul civil/nautic/astronomic

În zona tropicelor, Soarele răsare și apune aproape la 90° față de orizont, ceea ce determină o perioadă a crepusculului de foarte scurtă durată, iar începutul zilei sau nopții se produce foarte rapid.

La latitudini superioare, fie spre Polul Sud sau Nord, Soarele răsare și apune la un unghi oblic față de orizont, prin urmare perioada de crepuscul este mult mai îndelungată iar începutul luminii zilei sau a întinericului se produce într-un mod mult mai lent decât la tropice.

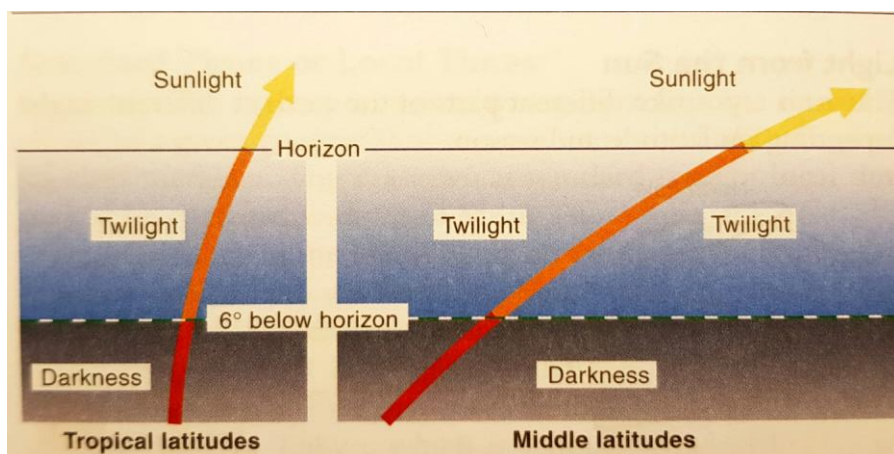


Fig.2.7 Latitudini tropicale și medii

În anumite perioade ale anului, în interiorul cercului Arctic și a celui Antarctic, perioada crepusculului are loc fără ca Soarele să răsară deasupra liniei orizontului întreaga zi. Această situație apare pe timpul iernii.

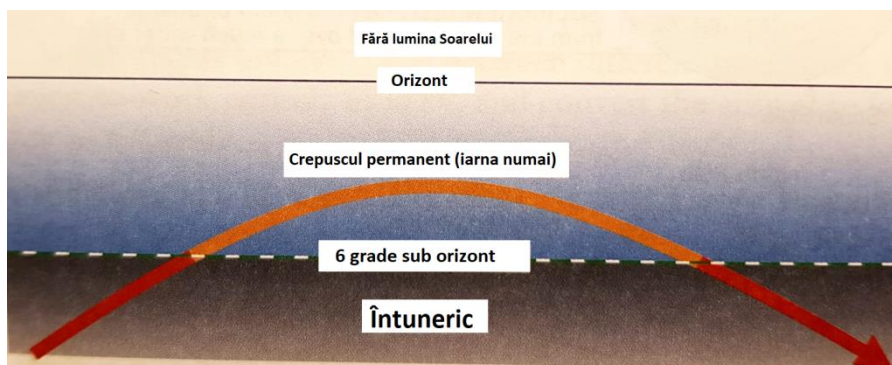


Fig.2.9 Latitudini polare

În vreme ce unui observator aflat la nivelul mării i se poate părea că Soarele a apus deja, o aeronavă aflată exact deasupra aceluiași punct poate vedea încă Soarele strălucind la orizont. Cu alte cuvinte, ora la care Soarele răsare sau apune depinde de altitudinea la care se află observatorul.

De altfel, este posibil să decolezi după apusul Soarelui, la nivelul solului și să urci la o altitudine unde pare că Soarele răsare din nou și strălucește o perioadă scurtă. Aceasta se observă în special în zonele polare când Soarele se află exact sub orizont, așa cum se observă de la nivelul mării, perioade mai îndelungate de timp (crepuscul).

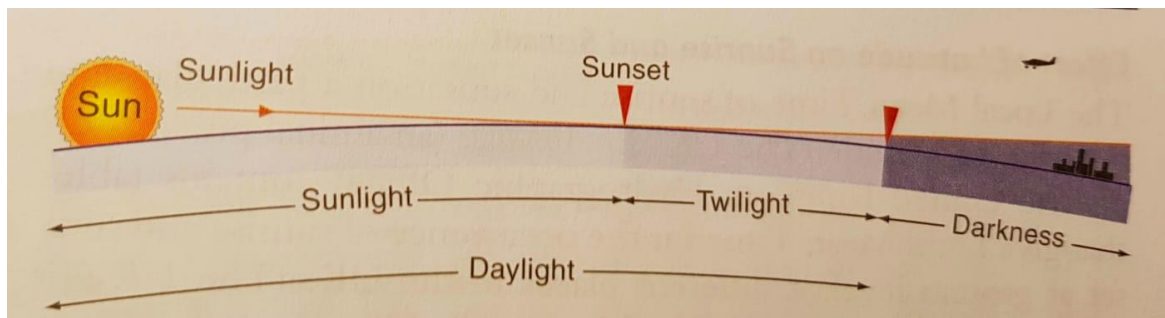


Fig.2.10 Un avion la altitudine poate zbura pe lumină chiar dacă la sol este întuneric

Este foarte ușor să fim păcăliți de lumină la înălțime ca mai apoi să aflăm câteva minute mai târziu, după o coborâre, că s-a întunecat. Înălțimea orografică aflată la vest față de aerodrom va reduce, de asemenea, amplitudinea luminii provenită de la Soare care ajunge în vecinătatea aerodromului pe măsură ce se apropie noaptea.

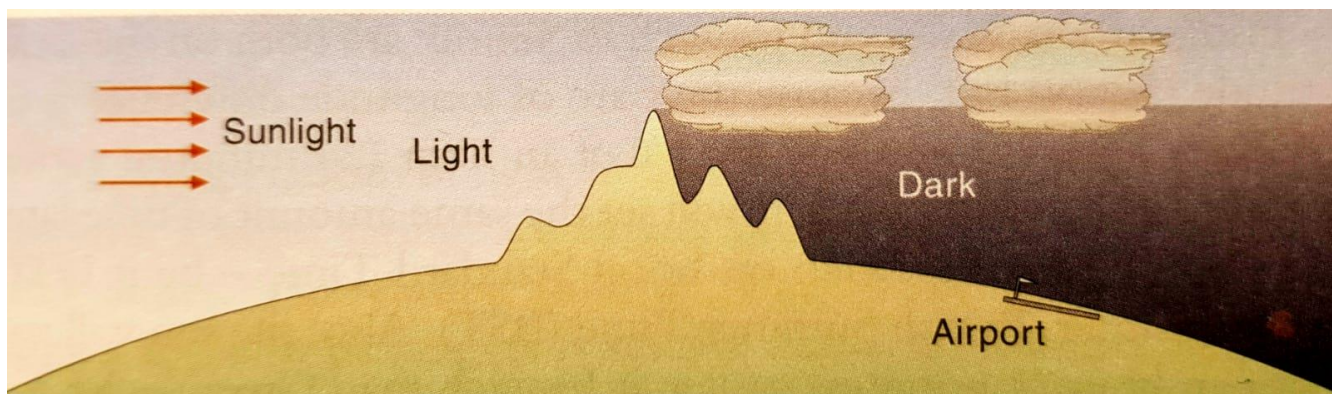


Fig.2.11 Relieful local afectează răsăritul și apusul local

2.14 Ora apusului și răsăritului

Ora la care au loc cele două procese depinde de două lucruri:

- data:** vara, răsăritul are loc cel mai devreme iar apusul mai târziu, adică orele de lumină sunt mai multe vara. Reversul are loc iarna.
- latitudinea:** vara în emisfera nordică, pentru trei locuri diferite situate pe același meridian de longitudine, lumina Soarelui poate avea intensități diferite. Astfel, pentru un loc aflat pe Ecuator sau în apropierea lui poate fi răsărit, pentru un loc aflat deasupra Ecuatorului (în emisfera nordică) Soarele este deja deasupra orizontului, în timp ce pentru un loc aflat sub Ecuator (în emisfera sudică) poate fi încă noapte.

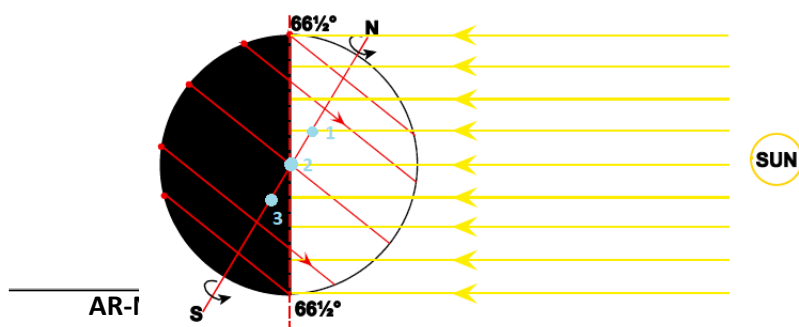


Fig.2.12

2.15 Efectul latitudinii asupra răsăritului și apusului

LMT răsăritului și apusului la o anumită dată depinde de latitudine. Există un tabel care prezintă LMT la care are loc răsăritul și apusul la nivelul solului în diferite locuri.

BUCUREȘTI / Henri Coanda - LROP
443416N 0260506E

MONTH/ DAY	TWIL FROM	SR	SS	TWIL TO	MONTH/ DAY	TWIL FROM	SR	SS	TWIL TO	MONTH/ DAY	TWIL FROM	SR	SS	TWIL TO			
JUL	1	0158	0234	1804	1841	NOV	2	0424	0454	1503	1533	MAR	1	0422	0451	1604	1633
	5	0200	0237	1803	1839		6	0429	0500	1458	1529		5	0415	0444	1609	1638
	9	0203	0239	1801	1837		10	0434	0505	1453	1524		9	0408	0437	1614	1643
	13	0207	0243	1759	1835		14	0439	0510	1449	1520		13	0400	0429	1619	1648
	17	0211	0246	1756	1831		18	0444	0516	1445	1517		17	0353	0422	1625	1653
	21	0216	0250	1753	1828		22	0449	0521	1442	1514		21	0346	0415	1630	1659
	25	0220	0254	1749	1823		26	0454	0526	1439	1511		25	0338	0407	1635	1704
	29	0225	0259	1745	1818		30	0458	0531	1437	1510		29	0330	0400	1640	1709
AUG	2	0230	0303	1740	1813	DEC	4	0502	0535	1436	1509	APR	2	0323	0352	1645	1714
	6	0235	0308	1734	1807		8	0506	0539	1435	1508		6	0315	0345	1650	1719
	10	0240	0312	1729	1801		12	0509	0543	1435	1508		10	0308	0338	1655	1725
	14	0245	0317	1723	1754		16	0512	0546	1436	1509		14	0301	0331	1659	1730
	18	0250	0322	1716	1748		20	0515	0548	1437	1511		18	0254	0324	1704	1735
	22	0255	0326	1710	1741		24	0517	0550	1440	1513		22	0247	0318	1709	1740
	26	0300	0331	1703	1733		28	0518	0551	1442	1516		26	0240	0311	1714	1746
	30	0305	0336	1656	1726								30	0233	0305	1719	1751
SEP	3	0310	0340	1649	1718	JAN	1	0519	0552	1446	1519	MAY	4	0227	0300	1724	1757
	7	0315	0345	1641	1711		5	0519	0552	1449	1522		8	0221	0254	1729	1802
	11	0320	0350	1634	1703		9	0518	0551	1454	1526		12	0216	0250	1733	1807
	15	0325	0354	1626	1656		13	0517	0549	1458	1531		16	0211	0245	1738	1812
	19	0330	0359	1619	1648		17	0515	0547	1503	1535		20	0207	0241	1742	1817
	23	0335	0404	1611	1640		21	0513	0544	1508	1540		24	0203	0238	1746	1821
	27	0339	0408	1604	1633		25	0510	0541	1514	1545		28	0159	0235	1750	1826
							29	0506	0537	1519	1551						
OCT	1	0344	0413	1556	1625	FEB	2	0502	0533	1525	1556	JUN	1	0157	0233	1754	1830
	5	0349	0418	1549	1618		6	0457	0528	1531	1601		5	0155	0231	1757	1833
	9	0354	0423	1542	1611		10	0452	0522	1536	1607		9	0153	0230	1759	1836
	13	0359	0428	1535	1604		14	0447	0517	1542	1612		13	0153	0229	1801	1838
	17	0404	0433	1528	1557		18	0441	0511	1548	1617		17	0153	0230	1803	1840
	21	0409	0438	1521	1551		22	0435	0504	1553	1622		21	0153	0230	1804	1841
	25	0414	0444	1515	1545		26	0428	0458	1558	1628		25	0155	0232	1804	1841
	29	0419	0449	1509	1539								29	0157	0233	1804	1841

Fig.2.13 Tabel ore răsărit și apus pentru aeroportul Otopeni

2.16 Efectul longitudinii asupra răsăritului și apusului

LMT-ul răsăritului și apusului depinde și de longitudinea locului respectiv. Răsăritul la o anumită latitudine are loc la același LMT la fiecare loc, dar locuri diferite pe aceeași latitudine vor avea o oră locală standard diferită, depinzând de longitudine. Același lucru se aplica și apusului.

2.17 Ora de vară

Pentru a profita în timpul verii de perioadele mai lungi de lumină din timpul zilei și de condițiile meteo mai bune, ceasurile în multe țări sunt date înainte, de obicei cu 1h, pentru a da o nouă oră standard cunoscută ca *ora de vară*.



3. Distanțe. Unități de măsură și conversie: mile nautice, mile statute, kilometri, metri și picioare (ft)

Faptul că avem de-a face cu aceleași distanțe dar măsurate cu unități diferite, reprezintă un dezavantaj, drept urmare, în scopuri de navigație vom folosi *mila nautică*. Mila nautică este importantă datorită raportului său cu măsurarea *unghiulară* a latitudinii pe Pământ.

O milă nautică este egală cu lungimea unui minut de arc al oricărui cerc mare de pe glob (presupunând că Pământul reprezintă o sferă perfectă). Lungimea unui grad de latitudine măsurată pe Ecuator este de aproximativ 111 km, dacă se ține seama că lungimea Ecuatorului este de 40 000 km = $40\,000/360^{\circ} = 111,1$ km.

Unei secunde a arcului de latitudine îi corespunde aproximativ lungimea de 30.09 m.

Mila statuară/terestră (folosită în UK) este mai scurtă decât cea nautică. În sistemul metric, ce se bazează pe numărul 1.000, unitatea de distanță este *metrul*. Kilometrul (1.000 m) este folosit pentru distanțe lungi; centimetrul (1/100 m) și milimetrul (1/1.000) pentru distanțe mai scurte.

Un metru este 1/10.000.000 a distanței de la Ecuator la Poli, ceea ce înseamnă că un kilometru este 1/10.000 a distanței de la Ecuator la Poli, așadar distanța aproximativă de la Ecuator la Poli este 10.000 km.

Kilometrul este unitatea standard de distanță pentru Europa și în alte părți ale globului.

$$1 \text{ milă nautică} = 1.15 \text{ mile statute} = 1.852 \text{ kilometri} = 1852 \text{ m}$$

Pentru verificări mentale, rețineți:

$$1 \text{ nm} = 1.15 \text{ sm} = 1.85 \text{ km};$$

$$0.86 \text{ nm} = 1 \text{ sm} = 1.6 \text{ km};$$

$$0.5 \text{ nm} = 0.57 \text{ sm} = 0.92 \text{ km}$$

Unitatea standard de măsurare a altitudinii în majoritatea țărilor este *picioarul (foot)*, dar multe țări estice folosesc *metrul*.

Piloții trebuie să știe cum să facă transformarea corectă între cele două unități (deși de obicei aeronavele sunt echipate cu altimetre separate - unul pentru picioare și altul pentru metri).

Dacă se utilizează o hartă cu înălțimi deasupra nivelului mediu al mării marcată în metri, dar se zboară la o altitudine măsurată în picioare, trebuie să poți transforma corect.

$$1 \text{ nm} = 1.15 \text{ sm}$$

$$1 \text{ sm} = 5.280 \text{ ft}$$

$$1 \text{ nm} = 6.076 \text{ ft}$$

$$1 \text{ km} = 3.280 \text{ ft}$$

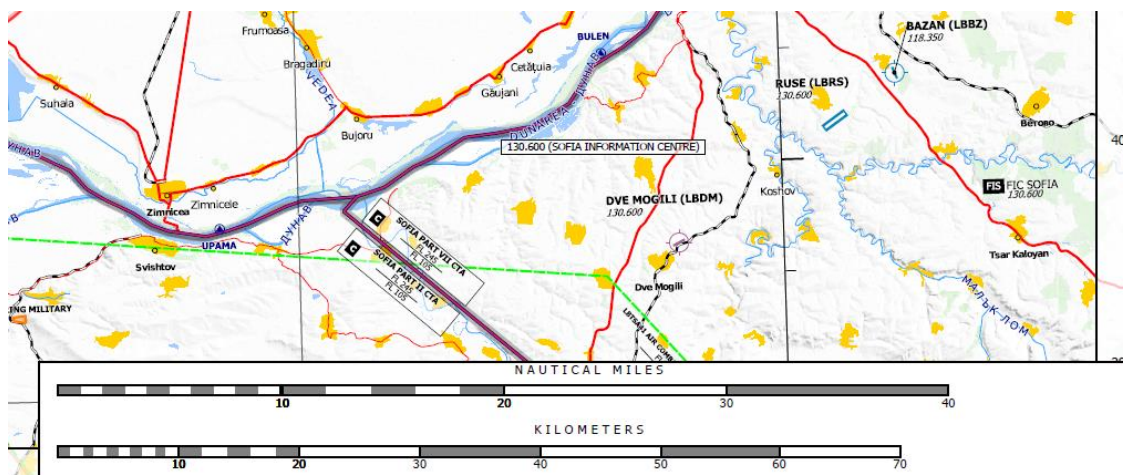


Fig. 3.1

4. Direcții. Magnetism și busola magnetică

4.1 Generalități

Navigatorul trebuie să dețină o serie de cunoștințe de bază în ceea ce privește navigația pentru a putea asigura o identificare precisă a poziției aeronavei. Navigația la vedere asistată de instrumentele de bază oferă navigatorului instrumentele necesare soluționării celor trei probleme de bază ale navigației: poziția aeronavei, direcția de deplasare către destinație și ora sosirii. Utilizând numai un instrument de bază, cum ar fi busola magnetică și cunoscând informații despre derivă, putem naviga direct către orice loc de pe Pământ. Anumite sisteme ajutătoare, cum ar fi radarul, pot crește semnificativ precizia navigației la vedere.

Direcția indică poziția sau orientarea unui punct în spațiu în raport cu un alt punct, fără a ține seama, însă, de distanța dintre ele. Determinarea acesteia se poate face atât în plan orizontal cât și în plan vertical. În toate metodele de navigație aeriană, cunoașterea direcției în plan orizontal, și anume a aceleia de zbor, a reprezentat elementul cel mai important.

Intersecția planului meridianului locului cu planul orizontului geometric al unui punct situat la intersecția Ecuatorului cu meridianul locului, se numește linia nord-sud. O dreaptă perpendiculară pe linia nord-sud se numește linia est-vest. Punctele de intersecție ale acestor linii cu orizontul se numesc *puncte cardinale* și reprezintă cel mai vechi sistem pentru indicarea direcției.

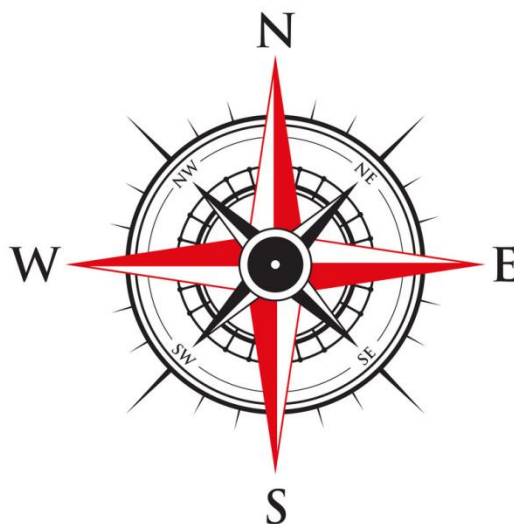


Fig.4.1 Punctele cardinale principale

Sistemul de bază pentru indicarea direcției, utilizat de foarte multă vreme, este cel aratat în Fig.4.1. Direcțiile principale sunt: nordul (N), estul (E) sudul (S) și vestul (W), și se numesc puncte cardinale. Punctele nord și sud sunt cuprinse în meridian iar estul și vestul sunt orientate perpendicular pe direcția nord-sud. Direcțiile mediane între punctele cardinale sunt: nord-est (NE), sud-est (SE) sud-vest (SW) și nord-vest (NW) și se numesc *puncte intercardinale*.

Direcțiile mediane între punctele cardinale și intercardinale alăturate sunt denumite: nord-nord-est (NNE), est-nord-est (ENE), est-sud-est (ESE), sud-sud-est (SSE), sud-sud-vest (SSW), vest-sud-vest (WSW), vest-nord-vest (WNW) și nord-nord-vest (NNW). Reprezentarea

mănunchiului format din cele 16 direcții poartă numele de *roza vânturilor*.

În calculele de navigație aeriană, exprimarea direcțiilor se face însă într-un sistem mult mai precis, și anume acela numeric, al gradelor sexagesimale.

Orizontul este împărțit în 360 de grade, cu originea în punctul Nord, care corespunde meridianului, iar determinările se fac în sensul acelor de ceasornic. Meridianul locului intersectează orizontul la 0° și 180° . Direcția est corespunde cu 90° iar vest cu 270° .

Gradul sexagesimal se notează cu ($^\circ$) și are ca submultipli: minutul ($'$) și secunda ($''$).

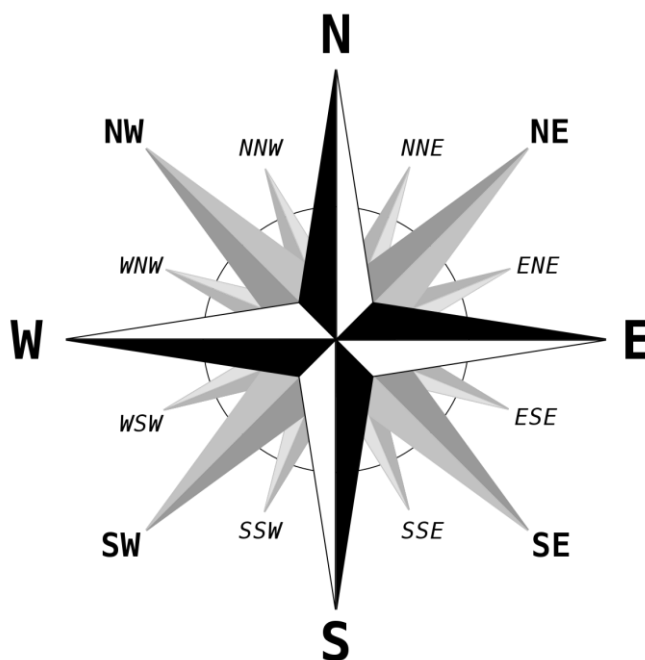


Fig.4.2 Roza vânturilor

În sistemul numeric, direcțiile sunt exprimate în grupe de trei cifre. Astfel, 4° se va scrie 004° . Pentru indicarea direcțiilor aproximative, se utilizează sistemul de grupe de două cifre. În felul acesta, orizontul este împărțit în 36 de direcții, adică din 10° în 10° . Valorile intermediare se rotunjesc la zecile cele mai apropiate. Pentru valori ale direcției sub 10° , prima cifră va fi 0. Astfel, direcția 004° se indică prin 00, direcția 008° prin 01, direcția 072° prin 07, direcția 288° prin 29 ș.a.m.d.

Sistemul acesta este recomandat de către ICAO pentru indicarea orientării pistelor de decolare și aterizare și apar în mod curent pe hărțile de apropiere, hărțile de aerodrom și hărțile de obstacole tip A.

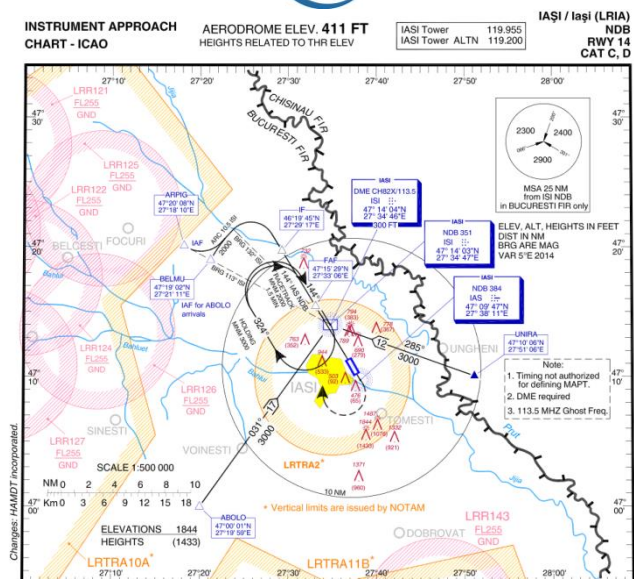


Fig. 4.3 Hartă apropiere ILS pentru LRIA

Determinarea unei direcții în plan orizontal se face prin unghiul de azimut care are ca origine linia nord-sud a meridianului.

Azimutul reprezintă unghiul măsurat în plan orizontal, determinat de planul meridianului punctului de origine și planul ce trece prin verticala punctului de origine și cuprinde direcția ce unește punctul de origine de punctul determinat.

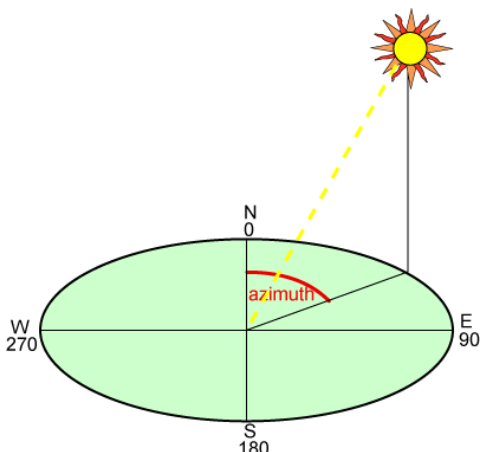


Fig.4.4 Azimut

Relevmentul, este de două feluri: relevment determinat la stația de la sol (sau un reper oarecare) și relevment determinat la bordul aeronavei.

Relevmentul poate fi magnetic sau adevărat, în funcție de nordul față de care îl măsurăm. Astfel, relevmentul determinat la sol este unghiul dintre nordul magnetic sau adevărat al stației și linia avion-stație, iar relevmentul determinat la bordul aeronavei este unghiul dintre nordul magnetic sau adevărat al avionului și linia avion-stație. Acesta din urma diferă cu 180 de grade față de primul.

Câteodată, direcția de origine luată pentru măsurarea relevmentului este prelungirea axului longitudinal al avionului. În acest caz, unghiul măsurat de la axul longitudinal al avionului, partea dinainte, în sensul acelor de ceasornic, spre un reper, se numește *gisment (relative bearing)*

Relevmentul obținut prin mijloace radio se numește *relevment radio* iar dacă este obținut vizual, se numește *relevment optic*.

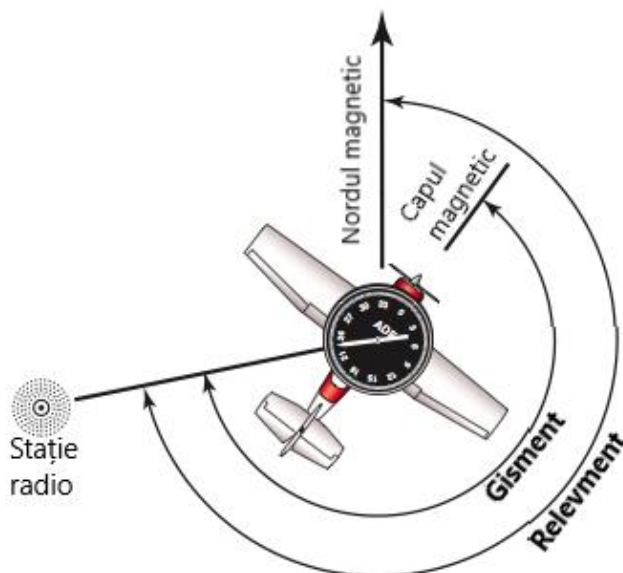


Fig.4.5

4.2 Nordul adevărat

Polul Nord este polul din care, privind mișcarea Pământului aceasta apare în sensul invers al mișcării acelor de ceasornic. Acesta este polul cel mai apropiat regiunilor noastre și se mai numește boreal sau arctic.

Punctul nordic prin care axa de rotație a Pământului străpunge scoarța poartă numele de Nord Adevărat sau Nord Geografic.

4.3 Câmpul magnetic al Pământului

Magnetismul terestru reprezintă un ansamblu de fenomene magnetice datorate constituției neomogene a planetei noastre (nucleul Pământului este constituit din fier și nichel care datorită temperaturilor și presiunilor mari, precum și datorită rotației, generează fenomenul de *inducție magnetică*). Magnetismul terestru suportă și *influențe extraterestre*.

Se consideră că Pământul acționează asemenea unui magnet de dimensiuni enorme având caracteristicile și proprietățile unei bare magnetice.

Câmpul magnetic, forma de manifestare a magnetismului terestru, se caracterizează prin liniile de forță magnetică (meridiane magnetice).

Punerea în evidență a câmpului magnetic terestru se realizează cu ajutorul unui ac magnetic suspendat, liber a se roti în plan orizontal. Acul se va orienta întotdeauna de-a lungul liniilor de forță magnetică care acționează asupra lui.

Direcția de orientare a acului magnetic se consideră a fi direcția meridianului magnetic.

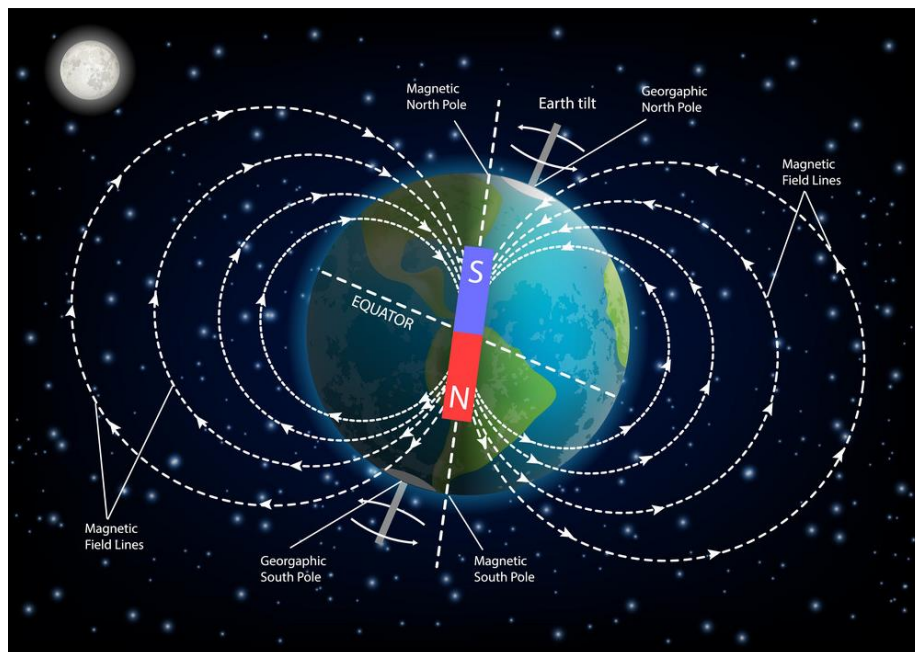


Fig.4.6 Linii de forță magnteică

4.4 Nordul magnetic al Pământului, declinația magnetică

Polul Nord magnetic și Polul Nord geografic nu coincid. Polul Nord magnetic este localizat la aproximativ 73°N și 100°W în zona Insulei Prince of Wales. Polul Sud magnetic este localizat la 68°S și 144°E în Antarctica. Diferența unghiulară între direcția nordului geografic și direcția nordului magnetic (dintre meridianul adevărat și magnetic al locului) se numește *declinație magnetică* și se notează cu ϑ_m .

Declinația magnetică poate fi estică (*pozitivă*) sau vestică (*negativă*), în funcție de direcția meridianului magnetic față de cel geografic.

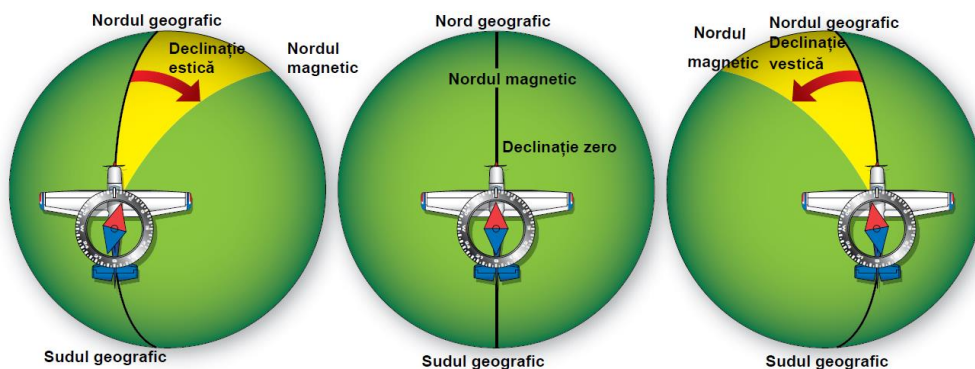


Fig. 4.7

4.5 Componentele verticală și orizontală ale câmpului magnetic

Forța câmpului magnetic a Pământului poate fi descompusă în două componente: una verticală și una orizontală. Intensitatea relativă a celor două componente variază de-a lungul Terrei astfel încât, la poli magnetici, componenta verticală este la intensitate maximă iar cea orizontală la intensitate minimă. La jumătatea drumului dintre cei doi Poli, adică la Ecuator, componenta orizontală are intensitate maximă în timp ce componenta verticală este la minim. Pentru busolele magnetice se folosește numai componenta orizontală ca forță principală. Drept urmare, o busolă magnetică își va pierde precizia în zonele unde forța orizontală este minimă, mai precis în jurul polilor magnetici. Componenta verticală produce o înclinare (cădere) a acului busolei către polul cel mai apropiat atunci când distanța dintre busolă și pol scade.

Liniile care au aceeași înclinație magnetică se numesc *izocline*. Liniile care au înclinație magnetică zero se numesc *acline*.

Unghiul de *înclinație magnetică* este 0° la Ecuator și 90° la Poli.

Dacă se unesc toate punctele de pe suprafața Pământului cu aceeași declinație magnetică, se obțin niște curbe, numite *izogone*. Liniile care au declinația 0° poartă numele de *linii agone*. Pe hărțile aeronautice, izogonele sunt reprezentate printr-o linie întreruptă de culoare mov.

Datorită faptului că nordul magnetic nu coincide, ci se deplasează în jurul Polului Nord geografic, executând o rotație de 360° în timp de peste 800 de ani, *declinația magnetică este variabilă*.

Din aceste motive pe hărți sunt trecute în dreptul liniilor izogone data când au fost trasate, cât și variația anuală a acestora.

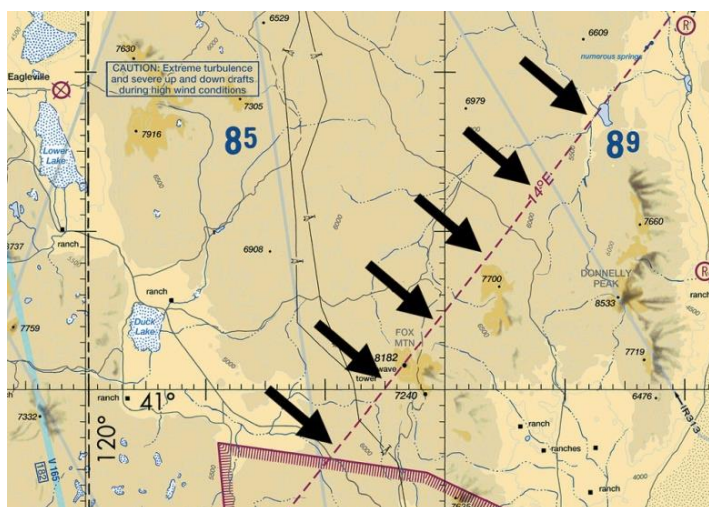


Fig.4.8 Reprezentarea izogonei pe harta aeronautică

În țara noastră variația declinației magnetice este de $5.1'E$ pe an. Pentru a afla declinația magnetică din prezent, se va înmulți diferența de ani (de la data editării hărții și până la data calculului) cu variația declinației ($5,1' \times \text{nr.de ani}$) și se va aduna la declinația trasată pe hartă.

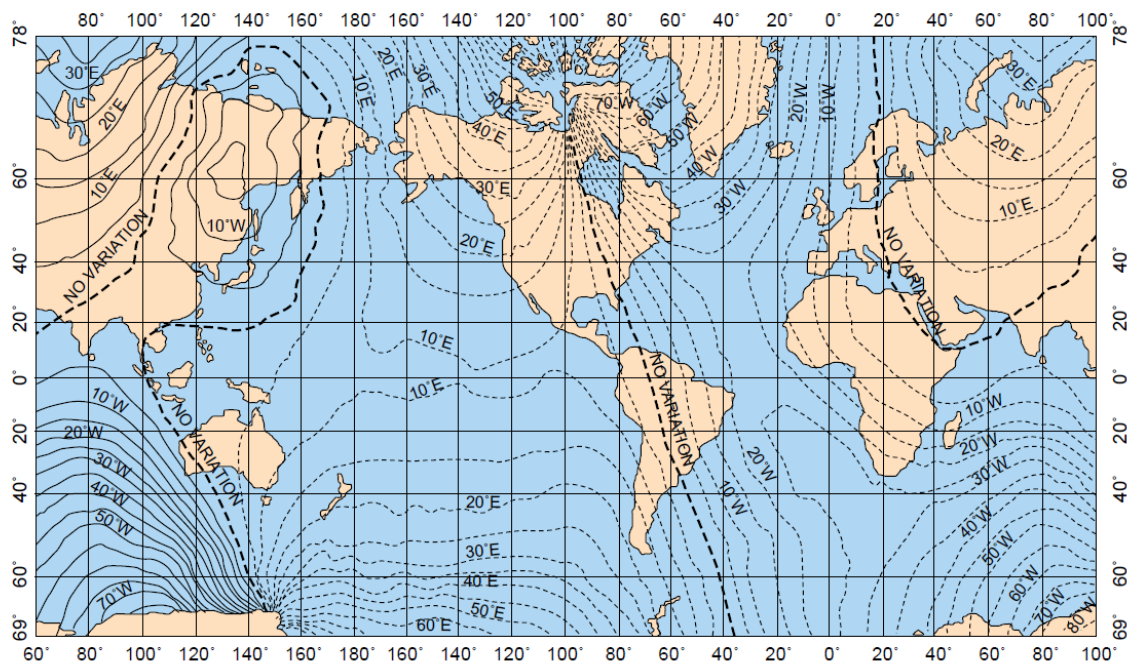


Fig.4.9 Izogone

Datorită faptului că structura geologică a Pământului este foarte diferită din punct de vedere magnetic, de la loc la loc, vom întâlni pe hărțile de navigație aeriană, în afara liniilor cu aceeași declinație, și linii (zone) unde valoarea câmpului magnetic este foarte puternică și cu izogonele deformate. Aceste *zone de anomalii magnetice* se pot întinde de la câteva zeci de metri la câteva sute de Km. O astfel de zonă, unde intensitatea câmpului magnetic este aproape similară cu regiunea polilor, este regiunea Kursk din Rusia (zonă cu bogate zăcăminte de fier).

În afara acestor anomalii, câmpul magnetic terestru este supus și unor *perturbații cu un caracter aleator*. Aceste perturbații se numesc *furtuni magnetice* și au loc în general în zona polilor, dar se mai produc și pe întreg globul.

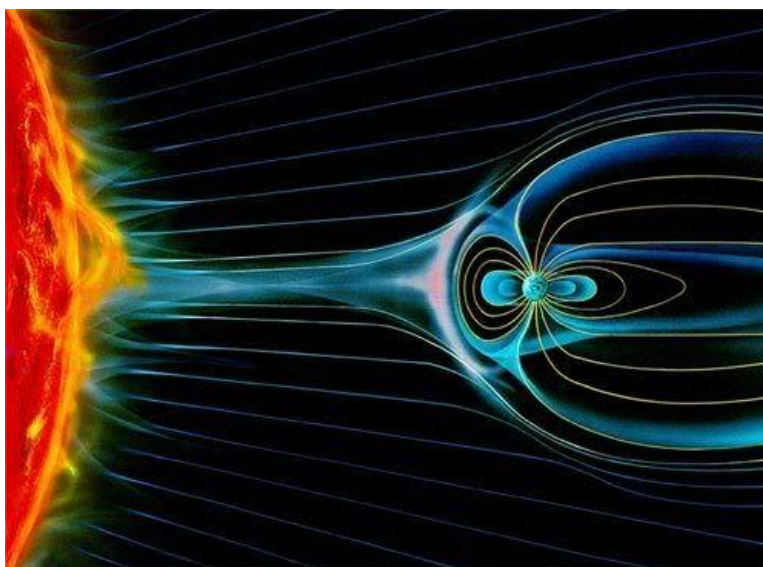


Fig.4.10 Furtună magnetică

Cauzele acestor furtuni magnetice sunt legate de apariția petelor solare, care au o periodicitate

de 11 ani. *Petele solare* sunt zone de emisie a particulelor ionizate care au propriul lor câmp magnetic și care interferează cu cel terestru.

Durata acestor furtuni este de câteva ore; în schimb sunt foarte puternice, înregistrându-se furtuni în cadrul cărora declinația s-a modificat cu 52° . În timpul acestor furtuni acul magnetic este foarte instabil.

4.6 Busola magnetică

Busola magnetică folosește componenta orizontală a liniilor de forță magnetică ale Pământului pentru a indica direcția în plan orizontal. Deși câmpul magnetic al Pământului este ușor perturbabil de influența altor câmpuri magnetice locale, acesta este totuși cea mai utilizată referință direcțională.



Fig. 4.11 Busole magnetice

4.7 Nordul compas. Deviația compas

Apariția câmpului magnetic al avionului, care abate acul compasului de la meridianul magnetic se datorează proprietăților magnetice ale pieselor de oțel ale avionului, aparatelor de radio, dispozitivelor electrice și cablurilor de legătură. Drept rezultat al acțiunii componentei orizontale a câmpului magnetic al Pământului, H , și a forței câmpului magnetic al avionului, F , asupra acului magnetic al compasului aceasta se stabilește pe rezultanta acestor forțe, R , care poate să nu fie orientată în direcția meridianului magnetic.

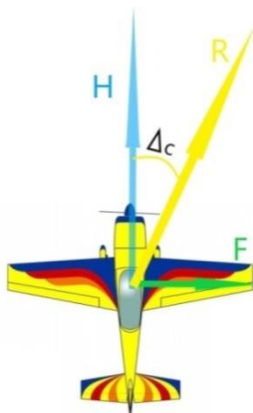


Fig.4.12 Deviația compas

Deviația compas este unghiul format între direcția nordului magnetic (Nm) și direcția nordului compas (Nc), cauzat de existența maselor magnetice de la bordul avionului. În mod normal, deviația poate avea valori de până la 15-20°. Când nordul compas este în dreapta nordului magnetic (către est), deviația are semn pozitiv (+), iar atunci când este deviat spre stânga (către vest) va avea semn negativ (-).

Nordul compas (Nc) este direcția indicată de o busolă magnetică montată la bordul avionului.

Deviația variază în funcție de capul de zbor pe care se afla aeronava, de vreme ce aceste câmpuri magnetice sunt în strânsă relație cu aeronava însăși. Să presupunem că aeronava zboară pe capul 045 sau 225. Dacă rezultanta forțelor este orientată pe diagonală față de axa longitudinală a aeronavei, atunci aceasta va fi aliniată cu câmpul magnetic al Pământului ceea ce nu va cauza o deviere a acului busolei. Cu alte cuvinte, deviația compas pe aceste capuri de zbor este zero.

Decât să se facă mereu corecții ale deviației busolei magnetice, abordarea cea mai facilă pentru fiecare aeronavă în parte este aceea a montării unei plăcuțe în apropierea busolei ce conține un tabel cu deviațiile busolei obținute în urma unor teste.

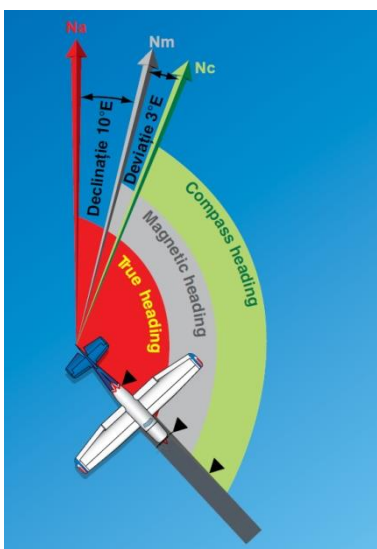


Fig.4.13

Acestă plăcuță arată pilotului ce corecții trebuie făcute la valorile afișate de către busolă în vederea obținerii capului magnetic dorit. În general corecțiile sunt de doar câteva grade, în unele cazuri corecțiile fiind atât de mici încât pilotul nici nu le aplică.



Fig.4.14 Tabel deviații busolă

4.8 Influențele magnetice ale structurii aeronavei

În teoria deviației, masele magnetice care provoacă deviația se obișnuiește să se împartă obișnuit, după proprietățile lor magnetice, în oțel și fier moale.

Fierul moale nu are proprietatea de a păstra însușirile magnetice. De aceea, introdus în câmpul magnetismului terestru acesta capătă o stare magnetică instantanee, care depinde de forma fierului moale și de orientarea avionului.

Să presupunem că în apropierea acului magnetic este așezată o bară de fier moale. Sub influența câmpului magnetic terestru, această bară se va magnetiza și va acționa asupra acului cu forța F , care va devia acul cu unghiul Δc . Rotind acum bara cu 180° , fierul moale se va magnetiza rapid în câmpul magnetic terestru și polii vor rămâne în aceeași poziție în care se găseau anterior. Deviația va rămâne de asemenea neschimbată atât ca semn, cât și ca mărime.

În teoria deviației au fost adoptate următoarele principii cu privire la magnetizarea fierului moale în câmpul magnetic terestru:

- a. Magnetizarea fierului moale este proporțională cu intensitatea magnetismului terestru, care variază în funcție de schimbarea latitudinii magnetice.
- b. Direcția axului magnetic al unei mase de fier moale magnetizate poate să nu coincidă cu direcția liniilor de forță magnetice ale câmpului magnetic terestru (cu meridianul magnetic).
- c. Masele magnetice ale fierului moale, în cazul virajului avionului cu 360° , mențin direcția axului magnetic constatată față de câmpul magnetic terestru (față de meridianul magnetic).
- d. Inducția magnetică, în barele de fier moale depinde de cosinusul unghiului cuprins între direcția meridianului magnetic și axul geometric al barei: inducția magnetică are valoarea maximă H atunci când bara este așezată de-a lungul meridianului și devine egală cu zero, la așezarea barei perpendiculare pe meridian (bara nu se magnetizează).

Masele de fier moale fiind dispuse pe avion sub forma de cerc pot să influențeze asupra acului magnetic al compasului, astfel încât acesta să se stabilească sub un unghi oarecare față de meridianul magnetic. Forța F cu care masele magnetice acționează asupra acului compasului va provoca devierea compasului. În cazul virajului avionului de 360° , direcția și mărimea forței F nu se modifică, deoarece axul magnetic al maselor de fier moale își va menține unghiul constant față de meridianul magnetic.

4.9 Evitarea influențelor magnetice la busolă

Plăcuța cu deviațiile compas se completează de către un inginer care a verificat busola îndreptând botul aeronavei în diferite direcții. Această verificare poate fi făcută atât cu sistemele electrice oprite, cât și cu ele pornite pentru a simula condițiile normale din timpul zborului. Sistemele electrice precum radiourile, generează adesea propriul câmp electric ce poate afecta indicația busolei.

Orice alte influențe magnetice introduse ulterior în aeronavă nu trebuie să existe deoarece pot afecta în mod semnificativ indicațiile busolei. Astfel, un pilot responsabil se va asigura că nici un

material metallic sau magnetic precum pixurile, clipboard-urile, cărțile cu cotor metalic, chei, căști, calculatoare electrice, telefoane mobile, etc., nu va fi pus în apropierea busolei magnetice. Au existat situații în care piloții s-au rătăcit sau au fost temporar nesiguri de poziția lor din cauza unor deviații aleatorii ale indicațiilor busolei cauzate de aceste câmpuri magnetice străine.



Fig.4.15 Obiecte ce afectează indicațiile busolei

4.10 Erori cauzate de viraje

Erorile în viraj sunt cele mai pronunțate atunci când se execută viraje ce trec prin câmpurile magnetice nord (360) sau sud (180) și zero atunci când se execută viraje prin câmpurile magnetice est (090) sau vest (270).

Esența erorii în viraj constă în faptul că, în caz de înclinare a planului de rotație al rozei în raport cu planul orizontal, componenta verticală a magnetismului pământesc dă la rândul-i o componentă care acționează în planul de rotație al rozei și care o îndepărtează față de direcția nord.

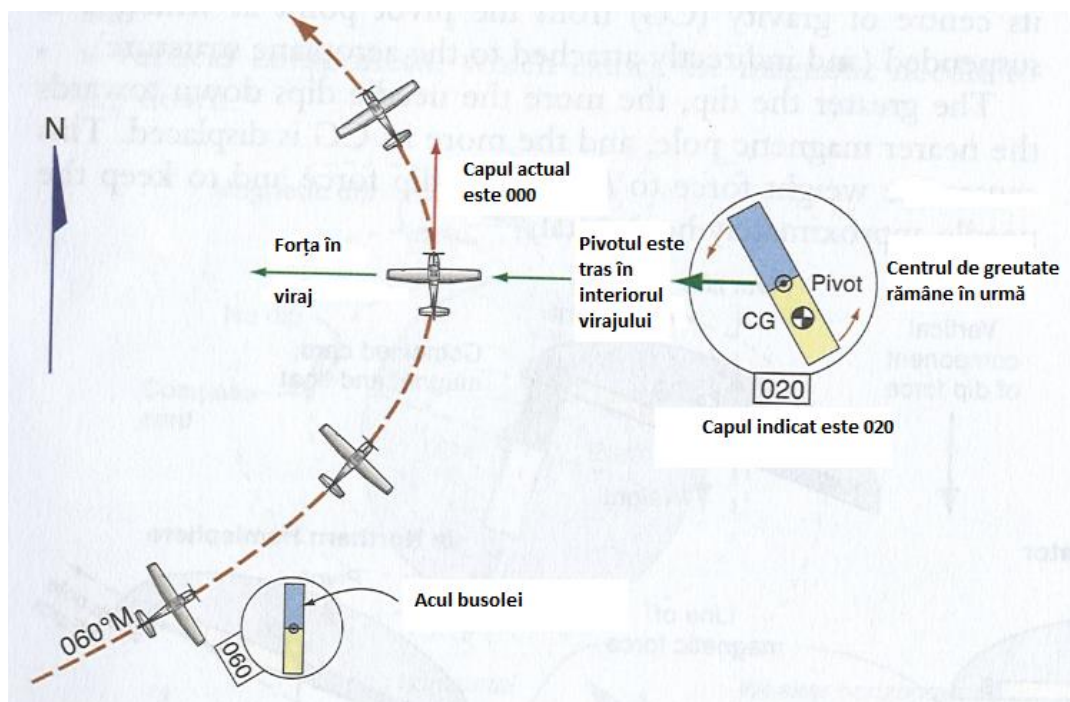


Fig.4.16

Se știe că, în timpul virajului avionului, un pendul care se găsește pe avion se așează pe direcția rezultantei forței centrifuge și a forței de gravitație (verticala aparentă). Roza busolei care reprezintă un pendul, se înclină în timpul virajului avionului în raport cu orizontala, în aceeași



parte ca și avionul. În cazul unui viraj corect, unghiul de înclinare a rozei față de orizontală este egal cu unghiul de înclinare în viraj al avionului.

În Figura 4. o aeronavă zboară inițial pe capul magnetic 060 și execută un viraj stânga trecând prin capul nordic. Centrul de greutate tinde să mențină o traiectorie tangentă la curba virajului și astfel roza busolei se va roti invers acelor de ceasornic conducând la o subindicare a direcției în viraj. Când aeronava virează către 000 M (Nordul Magnetic), busola va indica 020 M. Atunci când se execută viraje către polul magnetic mai îndepărtat, busola va supraindica direcția în viraj.

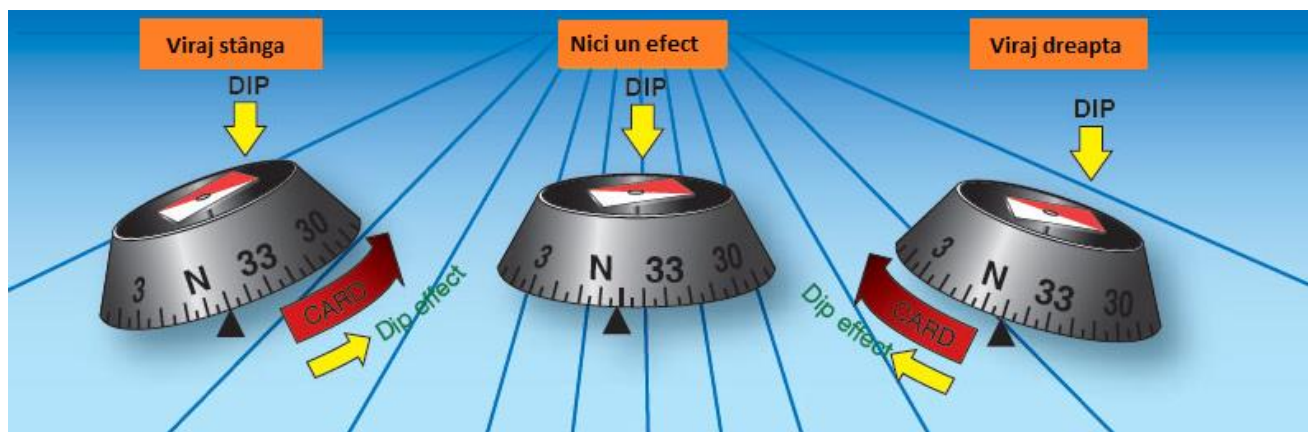


Fig.4.17 Erorile de viraj în emisfera nordică

4.11 Erori cauzate de accelerații

În afară de accelerațiile transversale din timpul virajului, se produc și accelerațiile în lungul axului longitudinal al aeronavei, atunci când împingem sau tragem de manșă, accelerăm sau decelerăm.

Erorile cauzate de accelerații sunt maxime atunci când aeronava se deplasează pe capurile magnetice est (090) sau vest (270) și zero atunci când se afla pe capurile magnetice nord (360) sau sud (180). Accelerația produce o indicație falsă de viraj către polul magnetic cel mai apropiat. Crescând viteza, adică accelerând, către est, în emisfera nordică, acest lucru va imprima o rotire în sens orar a rozei busolei ceea ce va conduce la o subindicare (de exemplu: 080 în loc de 090). Punând problema în alt fel, accelerând către est, centrul de greutate rămâne în urmă, determinând rotația rozei către **dreapta** (în sensul acelor de ceasornic). Acest lucru va da impresia falsă de viraj către nord.

Accelerând către vest, în emisfera nordică, centrul de greutate al rozei busolei va rămâne din nou în urmă, aceasta indicând (incorect de altfel) un viraj către nord.

Decelerând pe un cap estic sau vestic, se va produce o falsă indicație de viraj către polul magnetic mai îndepărtat (adică Polul Sud magnetic zburând în emisfera nordică).

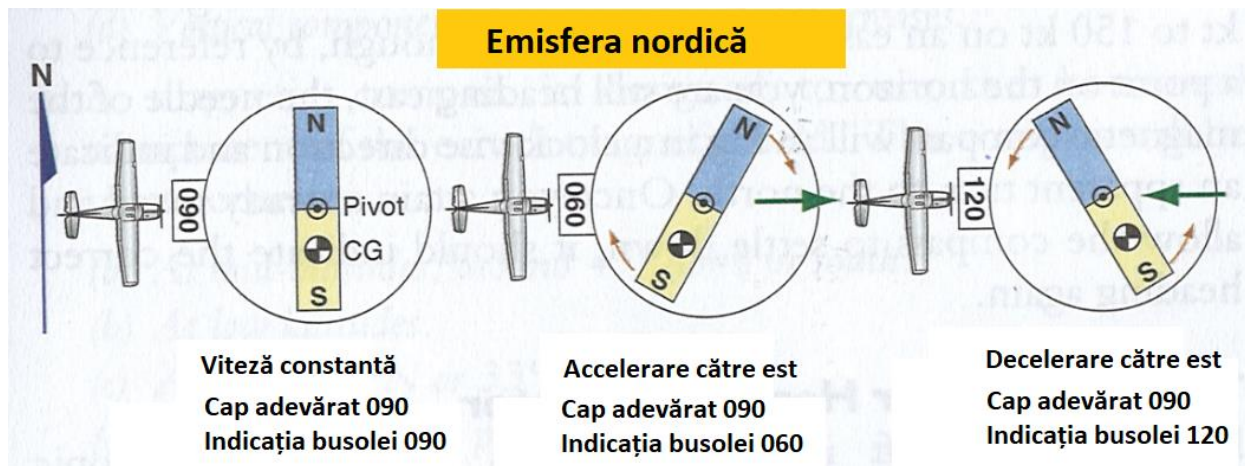


Fig.4.18 Erorile busolei de accelerare și decelerare pe cap estic

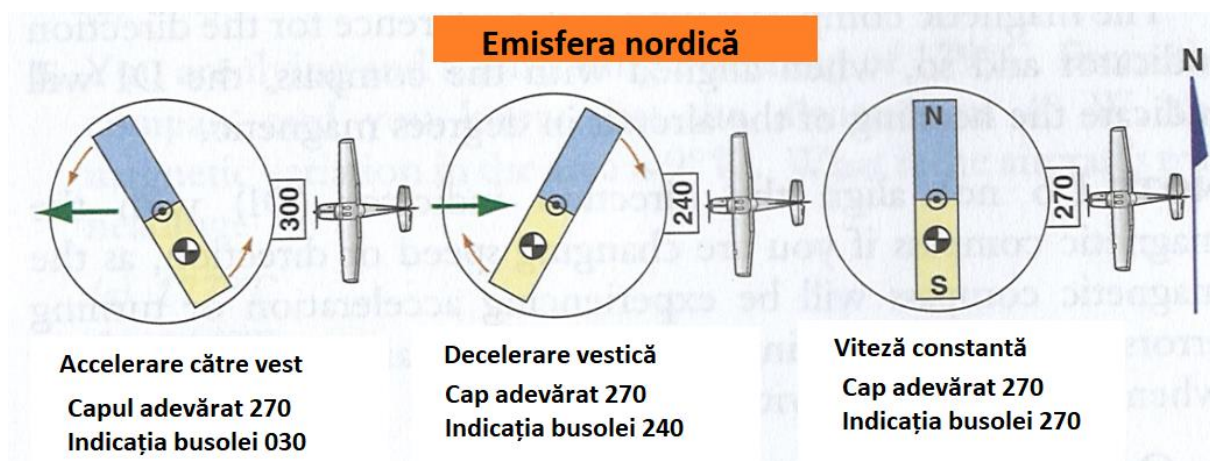


Fig.4.19 Erorile busolei cauzate de accelerare și decelerare pe cap vestic

În timpul cabrajului aeronavei (tragerii de manșă) erorile busolei vor fi similare accelerării rectilinii la același nivel, iar în timpul picajului (împingerii de manșă), erorile busolei vor fi similare decelerării rectilinii la același nivel.

La picaj și cabraj, în special pe capul est și vest, pilotul nu trebuie să mențină direcția de zbor după busolă, decât după ce avionul urcă sau coboară cu o pantă constantă.

Compensarea erorilor de viraj și înclinare produse de accelerație nu se poate face cu mijloace magnetice obișnuite. Aceste erori trebuie acceptate ca o stare de fapt, ele reamintind pilotului că în timpul evoluțiilor citirile la busola magnetică să nu se facă în mod mecanic, ci să țină cont de comportarea rozei busolei magnetice în timpul accelerațiilor. În timpul virajelor, picajelor și cabrajelor, busola magnetică nu poate fi folosită decât împreună cu indicațiile indicatorului de viraj.



În emisfera nordică:

Direcția de deplasare	Mișcarea	Indicația rozei	Inițialele de memorat
spre sud	viraj stânga	scade	S S S
spre sud	viraj dreapta	crește	S D C
spre nord	viraj stânga	crește	N S C
spre nord	viraj dreapta	scade	N D S
spre est	cabraj/accelerare	scade	E C S
spre est	picaj/decelerare	crește	E P C
spre vest	cabraj/accelerare	crește	W C C
spre vest	picaj/decelerare	scade	W P S



SPAȚIU LĂSAT LIBER INTENȚIONAT



5. Hărți

5.1 Proprietăți generale și diferite tipuri de proiecții

Înainte de a discuta despre diverse tipuri de proiecții utilizate la conceperea hărților aeronautice, există câțiva termeni și idei de bază în ceea ce privește hărțile și proiecțiile cu care cititorul trebuie să se familiarizeze.

1. O hartă este o reprezentare plană la scară redusă a suprafeței Pământului sau a unei porțiuni a acestuia.
2. Proiecția hărții formează structura de bază pe care se construiește o hartă și determină caracteristicile fundamentale ale hărții finale.
3. Există o multitudine de dificultăți ce trebuie rezolvate atunci când se reprezintă o porțiune a suprafeței unei sfere pe un plan. Două dintre acestea sunt deformarea și perspectiva.

Atunci când se concepe o hartă, deformarea nu poate fi evitată în totalitate dar poate fi controlată și sistematizată până la un punct. Dacă harta este concepută pentru un anumit scop, aceasta poate fi desenată într-un anumit fel în care tipul de deformare cel mai dăunător acelei reprezentări este redus la minim. Suprafețele care se pot reprezenta într-un plan fără a fi extinse sau separate, precum un con sau un cilindru, poartă numele de suprafețe desfășurabile, în timp ce suprafețe precum sfera sau sferoidul ce nu pot fi reprezentate în plan fără a fi distorsionate se numesc nedesfășurabile. Problema creării unei proiecții stă în dezvoltarea unei metode de transfer a meridianelor și paralelelor într-o manieră ce conservă caracteristicile dorite cât mai mult posibil. Metodele de proiecție sunt fie matematice, fie de perspectivă. Proiecțiile geometrice sau de perspectivă constă în proiectarea unui sistem de coordonate bazat pe forma sferică a Pământului dintr-un punct dat direct pe o suprafață desfășurabilă. Proprietățile și aspectul hărții rezultate depind de doi factori: tipul suprafeței desfășurabile și poziția punctului de proiecție.

4. Proiecția matematică este derivată analitic pentru a oferi anumite proprietăți sau caracteristici ce nu pot fi obținute geometric.

Atunci când navigăm prin referința vizuală față de sol, ne referim la caracteristicile acestuia. O hartă topografică ce arată în detaliu caracteristicile zonei respective este foarte importantă.

La o hartă trebuie luate în considerare următoarele caracteristici:

- a. scara hărții;
- b. proiecția cartografică;
- c. nivelmentul;
- d. planimetria;
- e. hidrografia;
- f. semne convenționale și alte date generale.

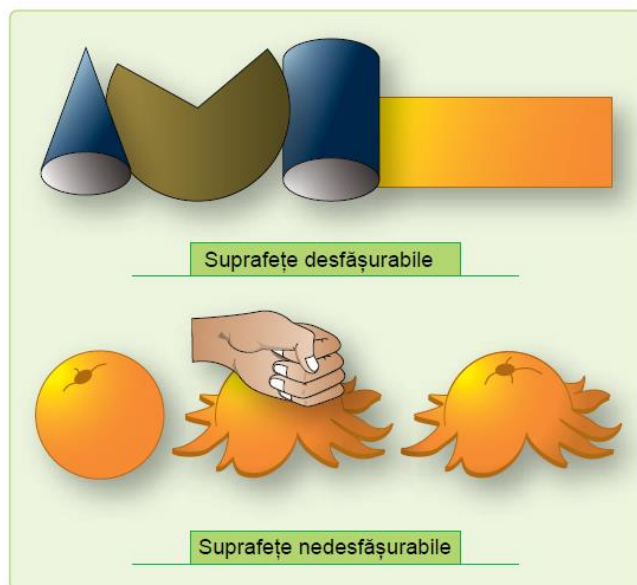


Fig.5.1 Suprafețe desfășurabile și nedesfășurabile

Proiecțiile cartografice se clasifică după 3 criterii:

a. după felul deformărilor;

- *proiecții conforme*, care păstrează egalitatea unghiurilor de pe suprafața Pământului;
- *proiecții echidistante*, care păstrează o corectă proporționalitate a distanțelor;
- *proiecții echivalente*, care păstrează proporționalitatea și forma suprafețelor

b. după suprafața de proiecție;

- după forma suprafeței:

- *cilindrică*;
- *conică și policonică*;
- *azimutală*.

- după dispunerea față de suprafața Pământului:

- *tangente*;
- *secante*.

- după poziție:

- *normale* (în prelungirea axei Pământului);
- *transversale* (perpendiculare pe axa Pământului);
- *oblice* (în altă poziție față de Pământ).

c. după poziția punctului de vedere.

- *centrale*, când punctul de vedere este amplasat în centrul Pământului;
- *stereografice*, când punctul de vedere este amplasat undeva în spațiu;

- *ortografice*, când punctul de vedere este amplasat la infinit.

Caracteristicile unei proiecții cartografice sunt:

- să indice corect unghiurile (să fie *conforme*);
- să păstreze proporționalitatea distanțelor (să fie *echidistante*);
- să prezinte forma adevărată a terenului (să fie *echivalente*);
- ortodroma și loxodroma, principalele linii de poziție să apară ca linii drepte;
- meridianele și paralelele să fie linii drepte.

Deoarece nici o proiecție cartografică nu poate îndeplini aceste condiții simultan, se caută să se respecte condiția principală pentru navigația aeriană și anume respectarea unghiurilor.

Conformitatea este foarte importantă în reprezentarea hărților de navigație aeriană. Pentru ca orice proiecție să fie conformă, scara în orice punct trebuie să fie independentă de azimut. Acest lucru nu înseamnă, totuși, că scara a două puncte de la latitudini diferite este egală, ci înseamnă că scara în orice punct dat este, pe distanțe scurte, egală în toate direcțiile. Pentru a respecta conformitatea, conturul zonelor de pe hartă trebuie să fie conform cu forma elementelor reprezentate. Această condiție se aplică numai suprafețelor de dimensiuni mici și relativ mici. În proiecția întinderilor mari de uscat trebuie neapărat să se reflecte orice deformare inerentă. De vreme ce toate meridianele și paralelele se intersectează la unghiuri drepte, liniile acestora trebuie să păstreze aceeași perpendicularitate pe toate proiecțiile conforme. Această caracteristică permite marcarea punctelor cu ajutorul coordonatelor geografice.

Echidistanța este condiția impusă unei proiecții prin care lungimile de pe o anumită direcție de pe hartă se reprezintă fără deformări și sunt reduse la anumite proporții.

Echivalența este condiția impusă unei proiecții prin care se păstrează proporționalitatea suprafețelor din teren față de suprafețele de pe o anumită hartă. Cu alte cuvinte, raportul dintre ariile de pe proiecție și ariile corespunzătoare de pe suprafața reprezentată este o mărime constantă.

Ortodroma și loxodroma sunt două linii curbe pe care navigatorul și le dorește reprezentate pe hartă ca linii drepte. Singura proiecție care ilustrează toate loxodromele ca fiind linii drepte este proiecția Mercator. Singura proiecție care arată toate ortodromele ca fiind linii drepte este proiecția gnomonică. Cu toate acestea, ea nu este o proiecție conformă și nu se poate utiliza direct pentru obținerea direcțiilor sau distanțelor. Nici o reprezentare conformă nu ilustrează toate ortodromele ca fiind linii drepte.

De obicei, scara hărții indică posibilitatea calculării directe a distanțelor prin măsurarea pe hartă și transformarea valorii obținute, în raport de unitatea de măsură aleasă.

De exemplu, pentru o distanța AB de 32 cm măsurată pe o hartă la scara 1:2.000.000, se va determina valoarea reală a distanței din produsul valorii citite pe harta cu valoarea scării hărții.

Deci pentru harta 1:2.000.000, $1 \text{ cm} = 20 \text{ km}$. Distanța reală = $32 \text{ cm} \times 20 \text{ km} = 640 \text{ km}$.

Atât scara numerică a hărții cât și scara grafică, pentru care de regulă se folosește compasul cu gheare (distanțierul), îndeplinesc același rol în determinarea distanțelor.

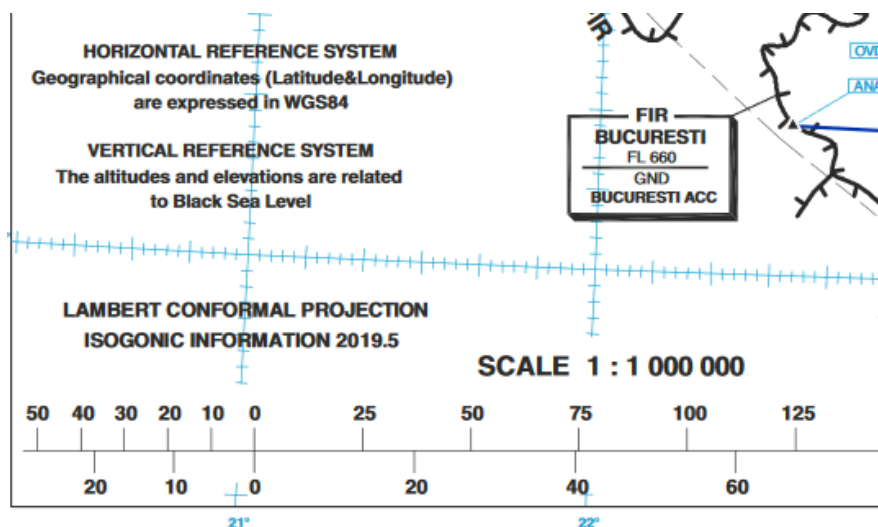


Fig.5.2 Reprezentarea scării pe o hartă aeronautică

5.2 Proiecția Mercator

Proiecția Mercator este o proiecție conformă, neechidistantă și neechivalentă. Aceasta se construiește cu ajutorul transformărilor matematice și nu se poate obține direct cu ajutorul grafic. Caracteristica distinctivă a proiecției Mercator față de celelalte proiecții cilindrice este aceea că la orice latitudine raportul de alungire al meridianelor și paralelelor este același, drept urmare, conservând relația existentă pe globul pământesc. Această alungire este egală cu secanta latitudinii cu o corecție mică cauzată de forma eliptică a Pământului. De vreme ce alungirea este aceeași în toate direcțiile și toate unghiurile sunt reprezentate corect, proiecția este una conformă.

Loxodorme apar sub forma unor linii drepte iar direcțiile acestora pot fi măsurate direct pe hartă. Distanța poate fi de asemenea măsurată direct, dar nu pe o singură scară de dimensiuni pe întreaga hartă, exceptând cazul în care alungirea cauzată de latitudine este mică. Ortodromele apar sub forma unor linii curbe, concave către Ecuator sau convexe către cel mai apropiat pol. Formele ariilor mici sunt aproape corecte, dar suprafețele lor sunt mărite, exceptând cazul în care acestea se află lângă Ecuator. Proiecțiile Mercator au următoarele dezavantaje:

1. Este dificilă măsurarea precisă a distanțelor mari
2. Trebuie aplicat un unghi de conversie capului ortodromei înainte de a o trasa
3. Este inutilă la latitudini mai mari de 80° N sau de 80° S

Proiecția Mercator transversală este o hartă conformă proiectată pentru zone care nu sunt acoperite de către proiecția Mercator ecuatorială. Cu proiecția Mercator transversală, proprietatea meridianelor și paralelelor de a fi drepte își pierde valabilitatea, acestea devenind curbe complexe. Proiecția Mercator transversală, deși este considerată adesea o proiecție pe un cilindru, este în realitate o proiecție neechivalentă, construită matematic.



Fig.5.3 Proiecția Mercator este conformă dar ariile nu sunt egale

Pe scurt, caracteristicile proiecției Mercator sunt:

- meridianele sunt linii drepte paralele și egal distanțate între ele;
- paralelele sunt linii drepte paralele dar neegal distanțate;
- este conformă;
- nu este echidistantă (scara crește spre poli);
- nu este echivalentă (2 suprafețe egale pe teren vor arăta diferit pe hartă; astfel, cea de la latitudinea de 60° va fi de 2 ori mai mare față de cea de la Ecuator);
- loxodroma este o linie dreaptă;
- ortodroma nu este o linie dreaptă.

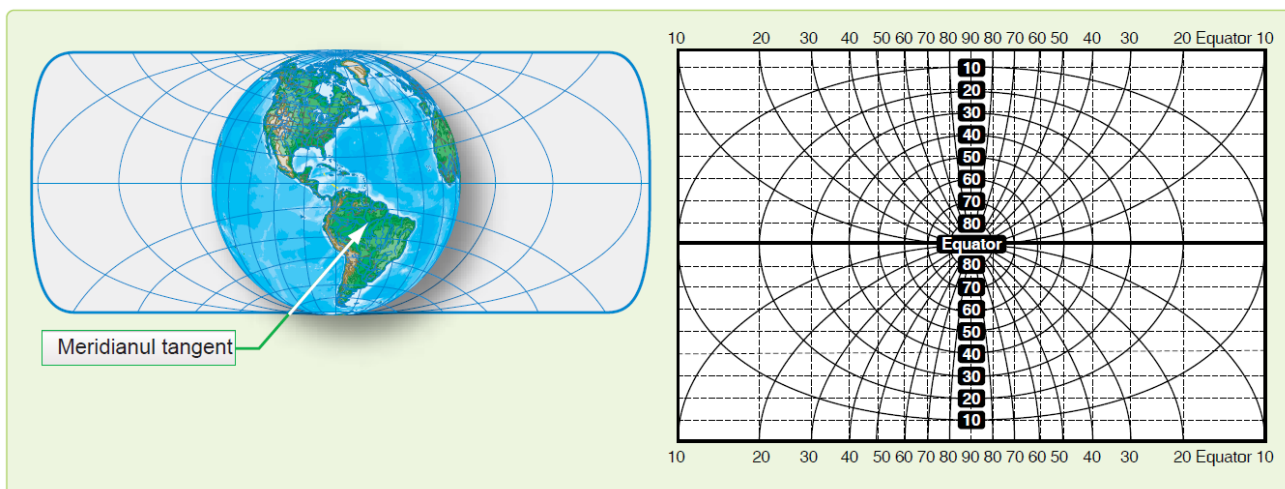


Fig. 5.4 Proiecție conică transversală

5.3 Proiecția conică conformă Lambert

Proiecția conică conformă Lambert este acel tip de proiecție conică în care meridianele sunt niște linii drepte ce se întâlnesc într-un punct comun dincolo de limitele hărții iar paralelele sunt cercuri concentrice, centrul fiecăreia fiind punctul de intersecție al meridianelor. Meridianele și paralelele se intersectează formând unghiuri drepte. Unghiurile formate de oricare două linii sau curbe pe suprafața Pământului sunt reprezentate corect. Proiecția poate fi dezvoltată atât prin metoda grafică cât și prin cea matematică. Această presupune un con secant care intersectează un sferoid prin două paralele de latitudine, numite paralele standard, ale ariei de reprezentat. Paralelele standard sunt reprezentate la scară exactă. Între aceste două paralele, factorul scării este subunitar (scară comprimată) și, dincolo de acestea, supraunitar (scară majorată). Pentru o distribuție unitară a erorii scării, paralelele standard sunt selectate la o șesime și o cincime din lungimea totală a segmentului meridianului central reprezentat.

Principala utilitate a proiecțiilor conice conforme Lambert este cartografierea zonelor cu diferență de latitudine mică și extindere longitudinală mare. Printre avantajele proiecției conice conforme Lambert amintim:

1. Conformitate;
2. Ortodromele sunt approximate prin linii drepte
3. Pentru zonele cu diferență de latitudine mică, scara este aproape constantă. De exemplu, Statele Unite pot fi cartografiate cu paralelele standard la 33°N și 45°N cu o eroare scalară de numai 2% pentru sudul Floridei. Eroarea scalară maximă între $30^{\circ}33'\text{N}$ și $47^{\circ}30'\text{N}$ este de numai 1%.
4. Pozițiile sunt ușor de trasat și citit în termen de latitudine și longitudine. Construcția este relativ simplă.
5. Cele două paralele standard ale sale îi oferă două linii de forță (linii în lungul cărora elementele sunt reprezentate veridic ca formă și scară).
6. Distanțele se pot măsura destul de precis. De exemplu, distanța dintre Pittsburgh și Istanbul este de 5277 nm; distanța măsurată pe o proiecție Lambert fără a aplica factorul scalar este de 5258 nm, însumând o eroare mai mică de 0.4%.

Printre dezavantajele cele mai importante ale proiecției conice conforme Lambert amintim:

1. Loxodromele sunt linii curbe ce nu pot fi trasate cu precizie
2. Scara maximă crește pe măsură ce diferența de latitudine se mărește.
3. Paralelele sunt linii curbe (arce de cercuri concentrice)
4. Continuitatea conformității încetează la fiecare aliniere după longitudinea a două benzi alăturate chiar dacă fiecare dintre acestea este conformă. Dacă ambele benzi au aceeași scară de-a lungul paralelelor standard ale acestora, paralela comună (joncțiunea) are o rază diferită pentru fiecare bandă și din această cauză ele nu se vor îmbina perfect. Prin bandă se înțelege suprafața desfășurată a proiecției.

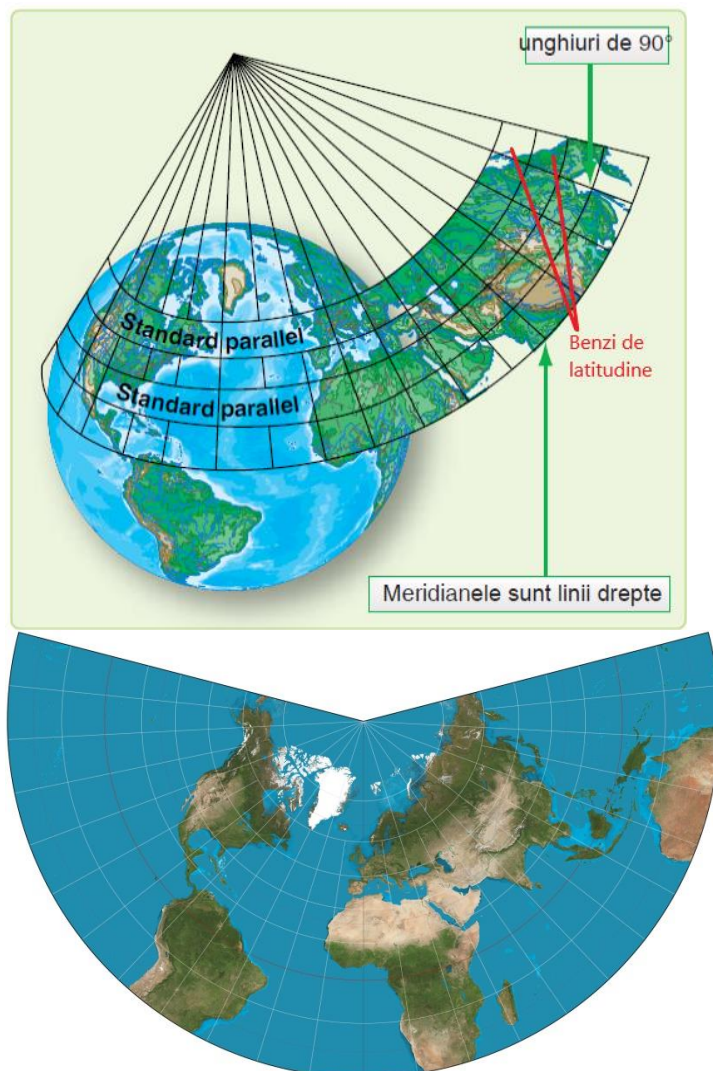


Fig. 5.5 Proiecție conică conformă Lambert

Pe scurt, proiecția conică conformă Lambert are următoarele caracteristici:

- este conformă;
- este echidistantă;
- este echivalentă;
- paralele standard
- meridianele apar ca linii drepte convergente, iar paralelele, arcuri de cerc concentrice;
- ortodroma și loxodroma nu sunt linii drepte

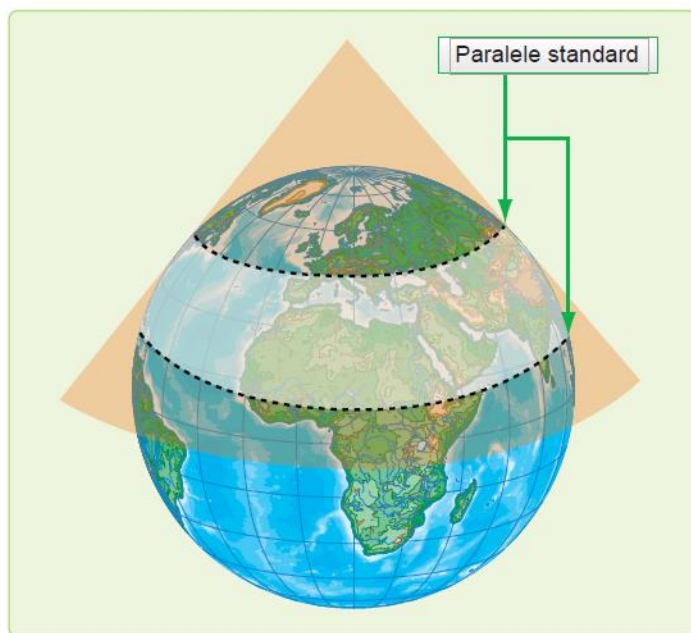


Fig.5.6 Proiecție conică folosind un con secant

6. Hărți de navigație VFR

O hartă aeronautică este în esență o reprezentare pictografică a unei porțiuni din suprafața terestră în care linii și simboluri într-o varietate de culori reprezintă caracteristicile și detaliile observate pe suprafața Pământului. Pe lângă imaginea suprafeței terestre, sunt adăugate multe simboluri ce indică mijloacele ajutătoare de navigație (NAVAIDS) și alte date necesare pentru navigația aeriană. Utilizată corespunzător, o hartă este un mijloc vital navigatorului; utilizată incorect, poate deveni cu ușurință un hazard. Fără hartă, navigația modernă nu ar fi ajuns niciodată la starea de dezvoltare din prezent. Datorită importanței crescute, navigatorul trebuie să fie familiar cu larga varietate de hărți aeronautice și să le poată înțelege multiplele întrebunțări.

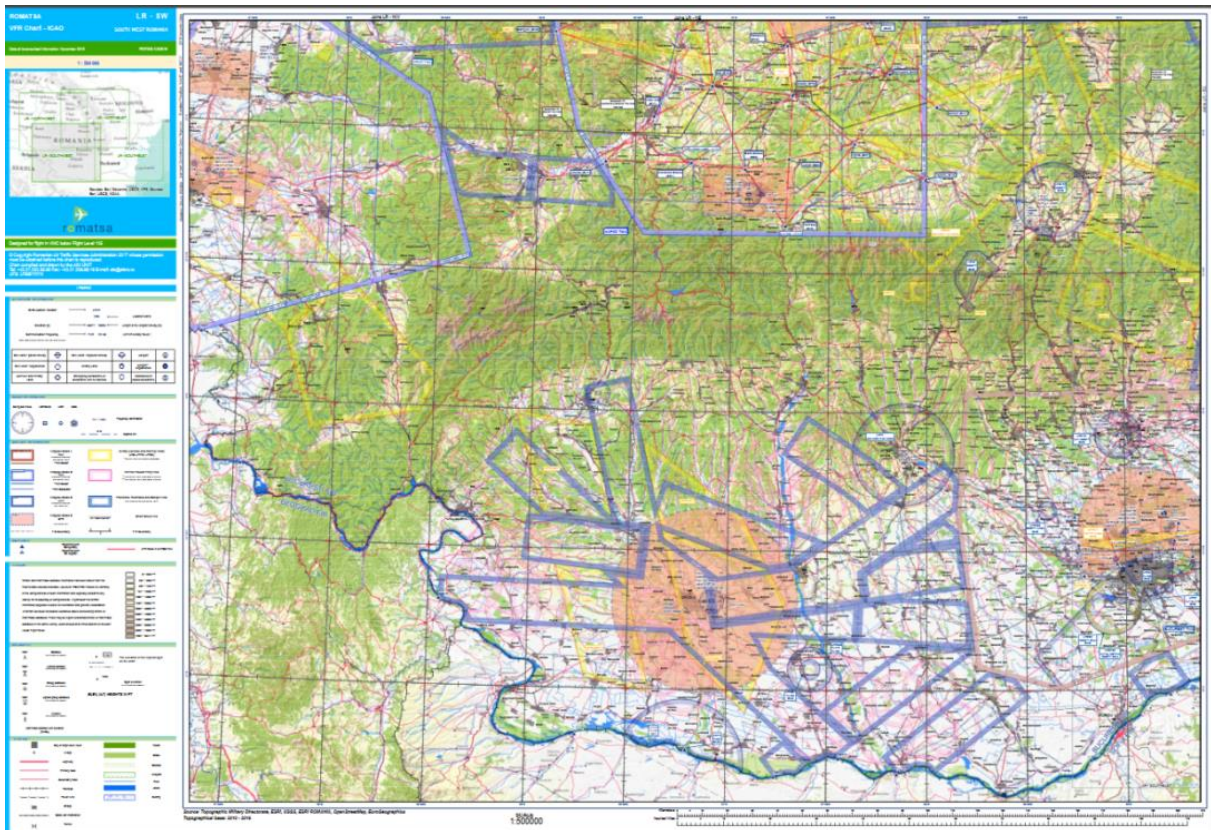


Fig.6.1 Hartă de navigație VFR

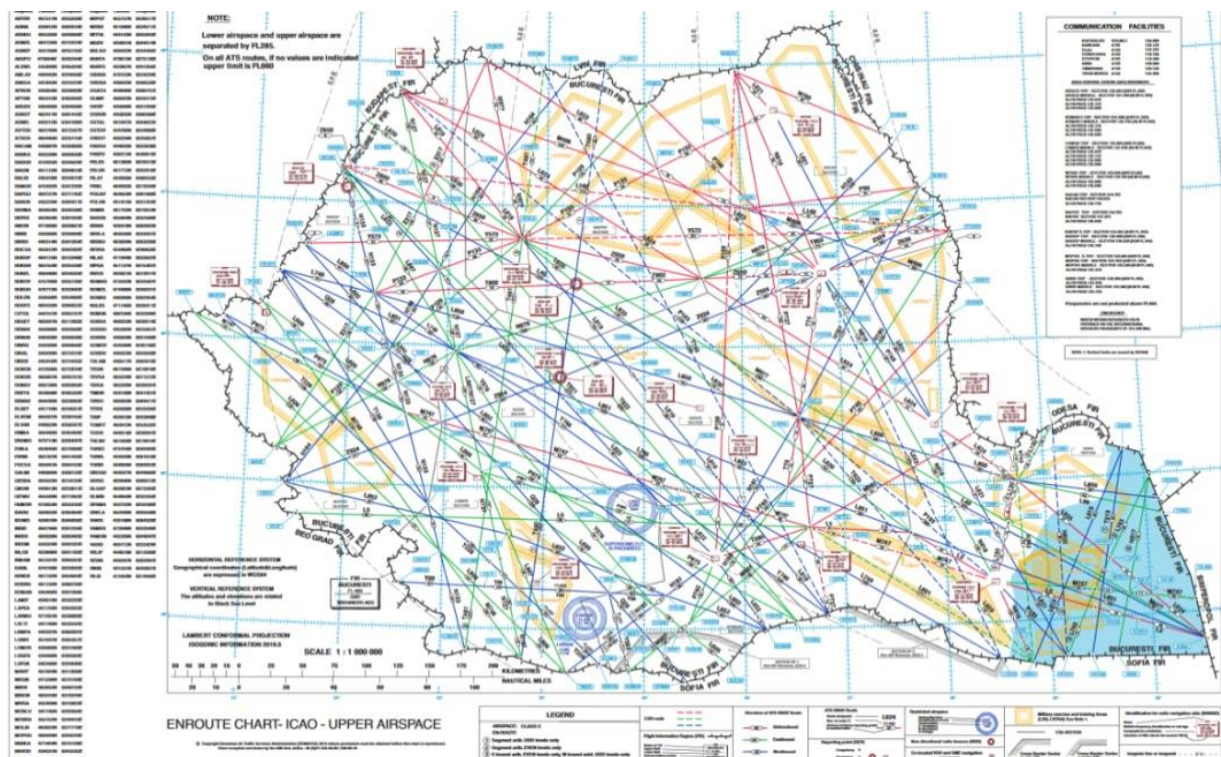


Fig.6.2 Hartă a căilor aeriene de la nivele superioare

6.1 Măsurarea latitudinii și longitudinii

Determinarea latitudinii și longitudinii unui loc

Ca pilot, va trebui uneori să stabiliți latitudinea și longitudinea unui loc.

Pentru a determina latitudinea unui loc:

- Trasați o linie de la est la vest prin locul respectiv, paralelă cu paralele de longitudine;
- De la scările de latitudine care au direcția de la nord la sud spre josul paginii, citiți latitudinea exactă (ar trebui să fie aceeași latitudine pe scara de pe fiecare parte - acest lucru asigură că linia trasată inițial este plasată corect pe hartă).

Notă: În emisfera nordică latitudinea crește către nord și partea superioară a hărții, iar liniile de gradație împart fiecare grad de latitudine în 60 minute, cu semne evidente la fiecare 10 min.

Pentru a determina longitudinea unui loc:

- Trasați o linie de la nord la sud prin locul respectiv, paralelă cu cel mai apropiat meridian de longitudine.
- De la scările de longitudine care au direcția de la est la vest, se poate citi longitudinea exactă (ar trebui să fie aceeași latitudine pe scara de pe fiecare parte. Acest lucru asigură că linia trasată inițial este plasată corect pe hartă).

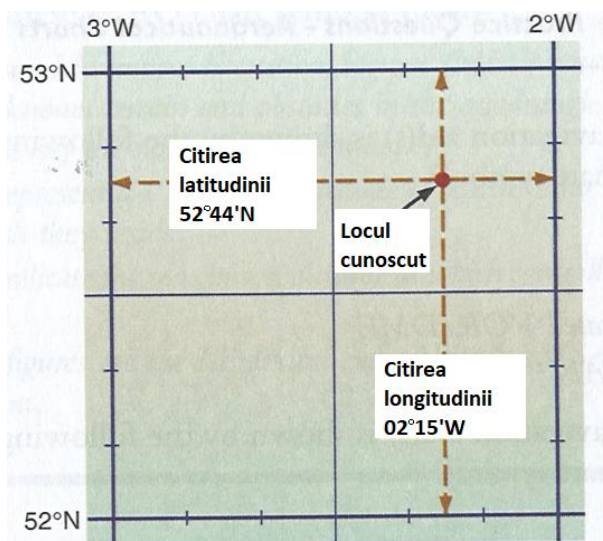


Fig.6.3 Găsirea latitudinii și longitudinii unui punct

Graficul unei poziții

Problema inversă a trasării unui grafic atunci când știm latitudinea și longitudinea este la fel de ușoară:

- Găsiți poziția aproximativă a locului pe hartă
- Însemnați latitudinea dată pe cele mai apropiate două indicații ale latitudinii pe fiecare parte a poziției.
- Însemnați longitudinea dată pe cele mai apropiate două indicații ale longitudinii la nord și la sud de poziție.
- Uniți semnele de latitudine și cele de longitudine. Punctul lor de intersecție reprezintă poziția dorită

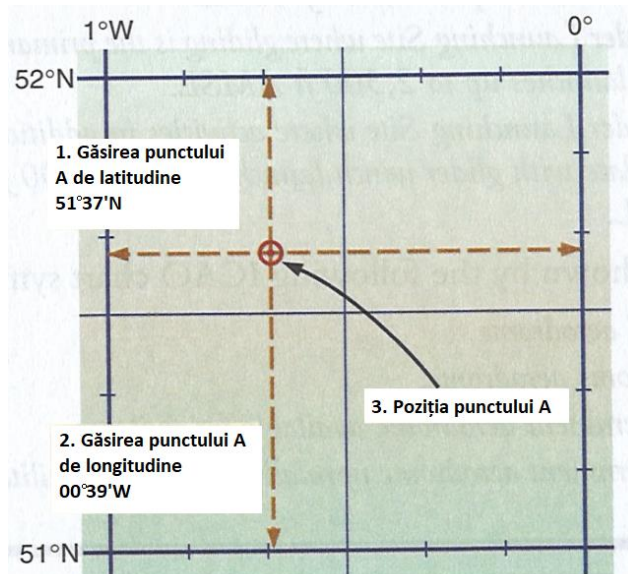


Fig. 6.4 Găsirea locului A având date latitudinea și longitudinea

6.2 Analiza hărților

Hărțile aeronautice sunt destinate:

- calculului preliminar a traiectelor de navigație;
- orientării la vedere și navigației estimate;
- navigației radioelectrice;
- procedurilor de operare IFR și VFR (zbor instrumental și zbor la vedere).

Se deosebesc:

- harta traiectelor de navigație; scara 1:500.000, 1:1.500.000;
- harta de navigație pentru avioane de mare viteză; scara 1:3.000.000;
- harta lumii; scara 1:1.000.000. Aceasta este harta de bază pentru navigația la vedere pe distanțe medii. Aceste hărți acoperă o arie mult mai mare în comparație cu hărțile prezentate anterior. Informațiile aeronautice nu sunt prezentate în detaliu.

Exista 2 feluri de hărți 1:1.000.000:

- Hărți operaționale de navigație (ONC = Operational Navigation Chart)
 - Hărți aeronautice ale lumii OCAO (WAC = World Aeronautical Chart)
- harta de navigație la vedere; scara 1:500.000 care derivă din harta lumii, dar are mai multe elemente;

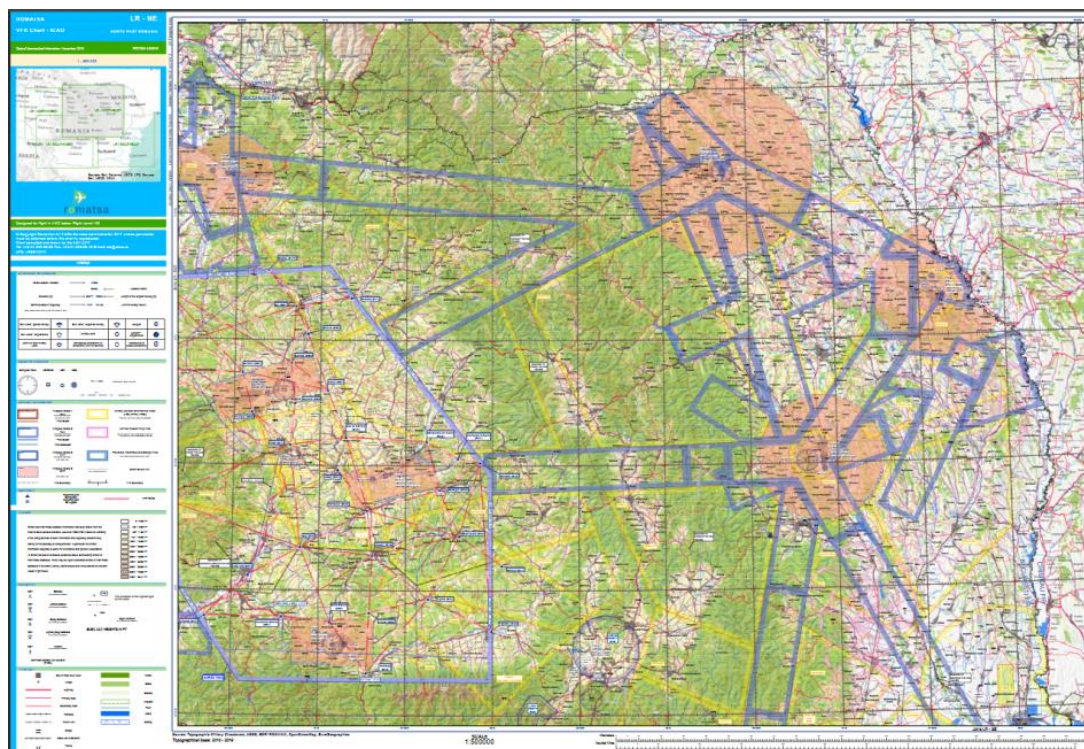


Fig.6.5

- b. harta de radionavigație; scara 1:500.000 - 1:2.000.000, conține axele căilor aeriene, direcțiile magnetice, nivelele minime de zbor, puncte obligatorii de raport, frecvențele și indicativele mijloacelor de radionavigație și a organelor de trafic și alte informații;

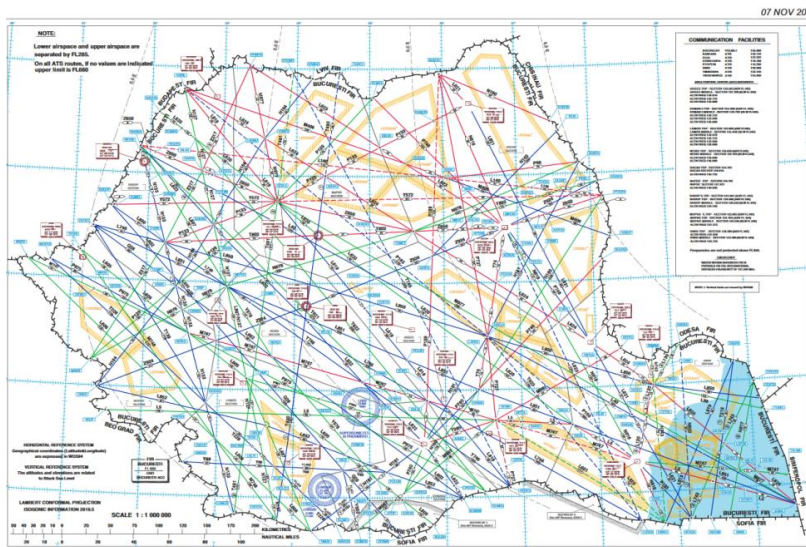


Fig. 6.6

- c. harta procedurii de apropiere după instrumente, scara 1:250.000 conține elemente topografice și hidrografice precum și elementele de navigație radioelectrică pentru executarea procedurilor. Aceste hărți prezintă lucrurile mai în detaliu, și sunt utile, mai ales, în zonele terminale aglomerate, atunci când se operează sub 5.000 ft amsl. Conțin informații topografice și culturale și informații aeronautice pentru un nivel redus care includ:

- toate obiectivele până la 5.000 ft AMSL prezente pe harta 1:500.000
- spațiul aerian controlat cu o limită joasă sau mai jos de 5.000 ft sau FL55 AMSL
- prezentarea aproximativă a pistei la aerodromuri și traseul final de apropiere la aerodromuri în afara spațiului aerian controlat.

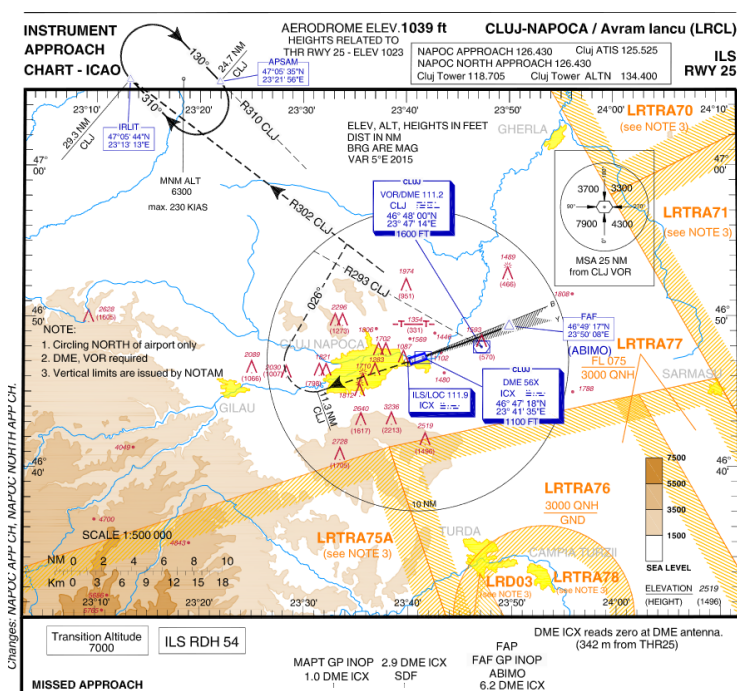


Fig. 6.7

d. harta procedurii de apropiere la vedere, scara 1:200.000 conține aceleași elemente, dar în condiții de zbor VFR (zbor la vedere);

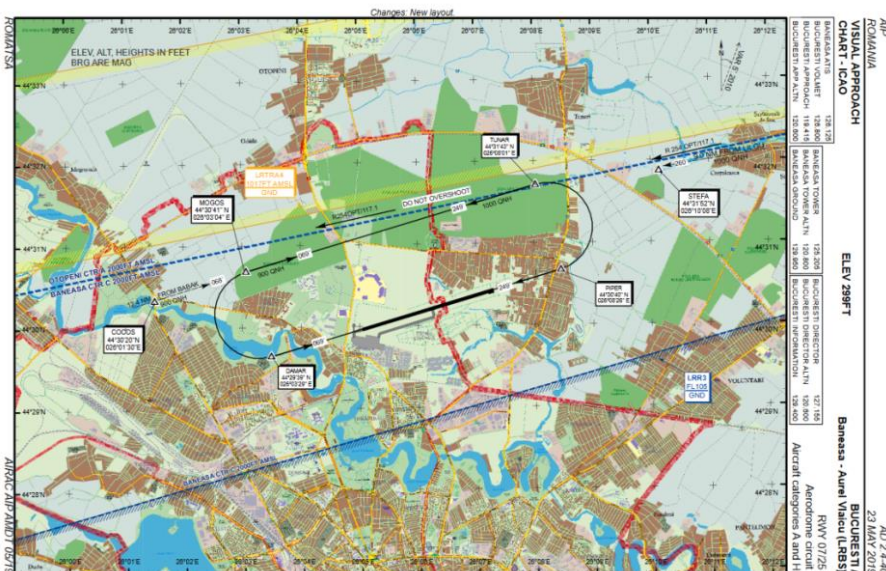


Fig. 6.8

e. harta regiunii terminale de control la scară 1:50.000 destinată procedurii de trecere de la navigația pe căi aeriene la apropierea pentru aterizare. Ea conține rute de plecare și sosire pe direcțiile de decolare - aterizare;

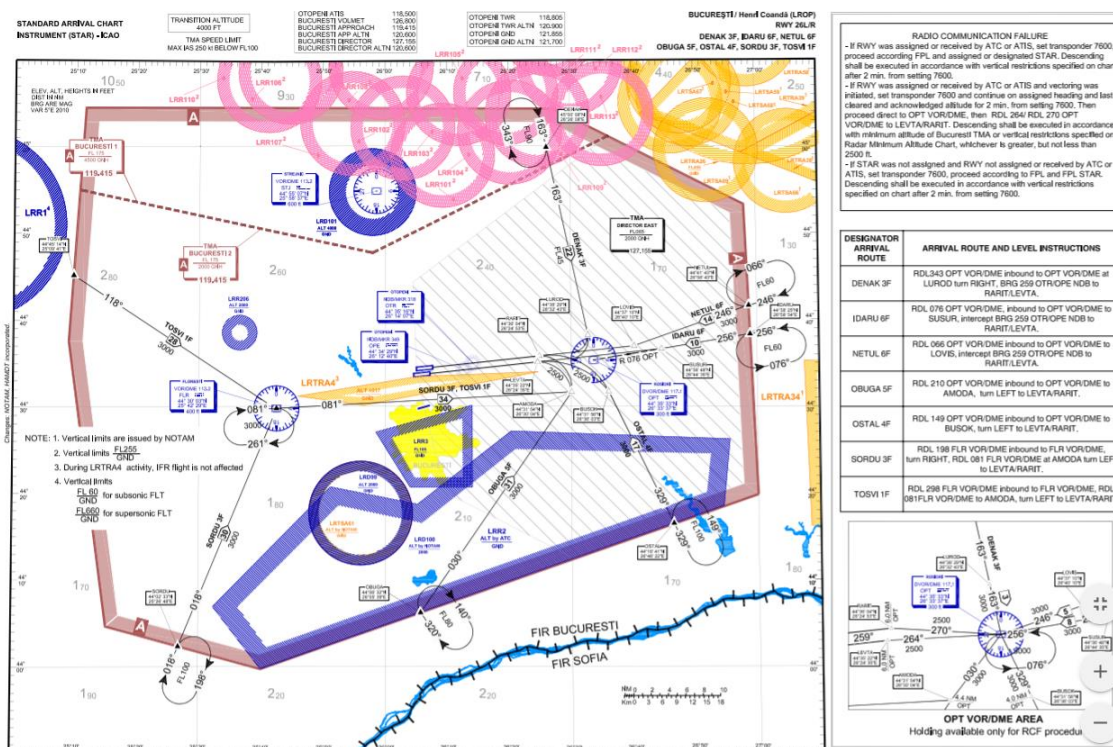


Fig. 6.9

- f. harta de aterizare la scara 1:25.000 conține dimensiunile pistelor și elemente de amplasare generală a mijloacelor și clădirilor aeroportului (aeroclubului);

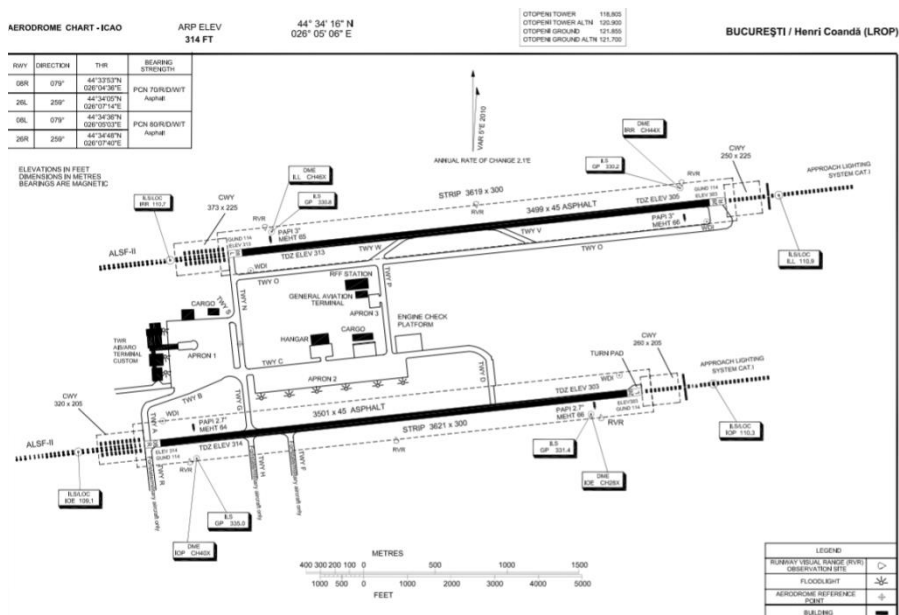


Fig.6.10

- g. harta de aerodrom, scara 1:10.000 conține informații detaliate privitoare la pistă, căile de circulație și platformă.

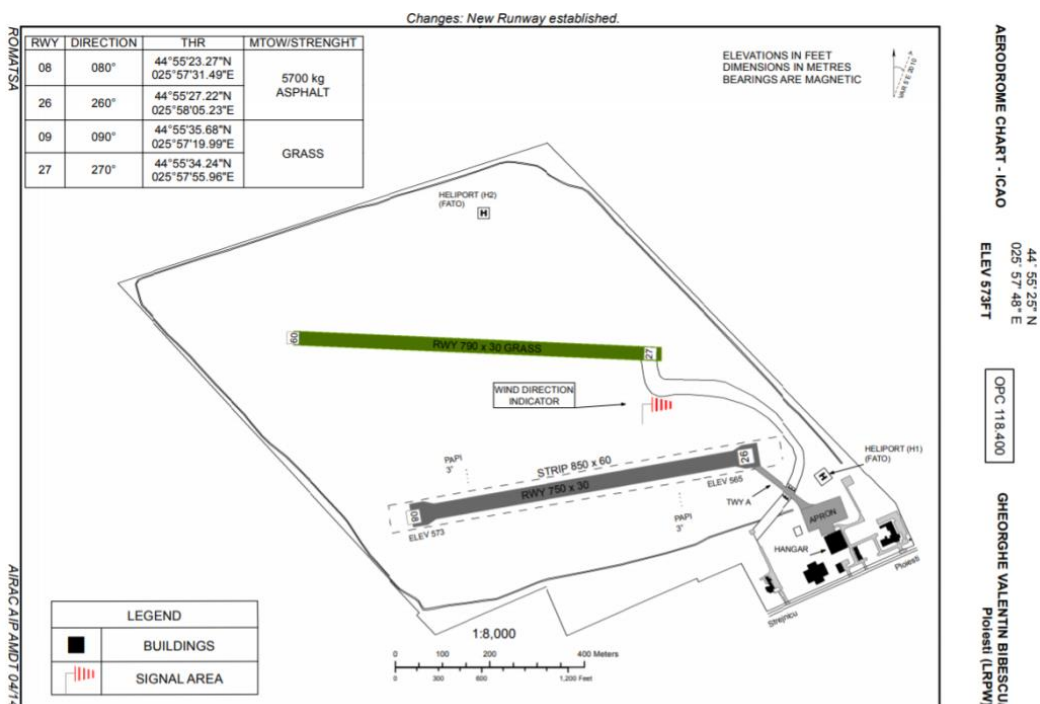


Fig.6.11

6.3 Informații topografice

Acest tip de informații este considerat a fi cel mai important pentru pilot. Evident, nu va putea fi prezentat absolut tot pe hartă. Un lucru este însă cert: ceea ce este prezentat pe o hartă actualizată există cu siguranță și în realitate.

Topografia se bazează pe rețeaua de triangulație geodezică și efectuează măsurători și determinări de detaliu, numite ridicări topografice. Ea completează lucrările geodezice măsurând și înfățișând pe suprafețe relativ mici aspectele terenului. Datorită suprafețelor mici pe care le reprezintă, în topografie nu mai este necesar să țină seama de curbura elipsoidului terestru pentru reprezentare pe hartă.

6.4 Relieful

Harta 1:500.000 folosește contururi și linii care unesc locuri cu aceeași cotă deasupra nivelului mediu al mării pentru a prezenta pe harta reliefului, aceste linii curbe fiind cunoscute sub numele de izohipse. Cu cât liniile sunt mai aproape una de cealaltă, cu atât terenul este mai abrupt.

Cota este indicată printr-un punct negru, iar punctul cel mai înalt, de obicei, este scris mai mare decât celelalte. Pe anumite hărți aeronautice, hașurarea este folosită pentru a da un efect tridimensional pentru a prezenta povârnișuri, stânci sau linii de coastă.

Fiți atenți la hărțile pe care le examinați: pe unele (UK, US etc.) cotele sunt prezentate în picioare (feet) iar pe altele în metri.

Hărțile aeronautice sunt reprezentări reduse la scară a unei suprafețe de teren și care conțin în plus elemente specifice activității de zbor. Aceste hărți prezintă aceleași particularități ca și harta aeronautică a lumii în ceea ce privește detaliile de planimetrie, nivelment, hidrografie, coordonate, etc.

Informațiile aeronautice sunt foarte importante pentru piloți, acestea prezentând nu doar poziția aerodromurilor dar și împărțirea spațiului aerian.

Zonele de trafic de aerodrom (ATZ = Aerodrome Traffic Zone) sunt indicate pe harta doar atunci când se află în afara spațiului aerian controlat.

Nivelmentul reprezintă totalitatea formelor de teren, adică reliefului. El trebuie, în modul cum este redat pe hartă, să îndeplinească următoarele condiții:

- a. să permită citirea ușoară și rapidă a diferitelor forme ale reliefului;
- b. să exprime corect pantele reliefului;
- c. să exprime formele de teren ale reliefului prin mijloace de desen cât mai sugestive și simple.

Reprezentarea nivelmentului se realizează prin unul din următoarele procedee:

- a. curbe de nivel;
- b. hașuri;
- c. tente hipsometrice;
- d. tente umbrite;
- e. cote.

Dintre aceste procedee, cel mai precis mod de reprezentare a reliefului sunt curbele de nivel. Acestea sunt linii ce unesc puncte de egală altitudine sau linii ce unesc cotele terenului ce au aceeași valoare. Procedeele cel mai expresiv este acela al tentelor hipsometrice.

Pentru a se obține rezultate cât mai bune se utilizează procedee combinate, de exemplu curbe de nivel împreună cu tente hipsometrice. Normele internaționale ICAO prevăd reprezentarea reliefului în 12 tente, plecând de la 1 metru cu o culoare verde închisă până la înălțimi peste 8.000 metri, cu o culoare maro închis.

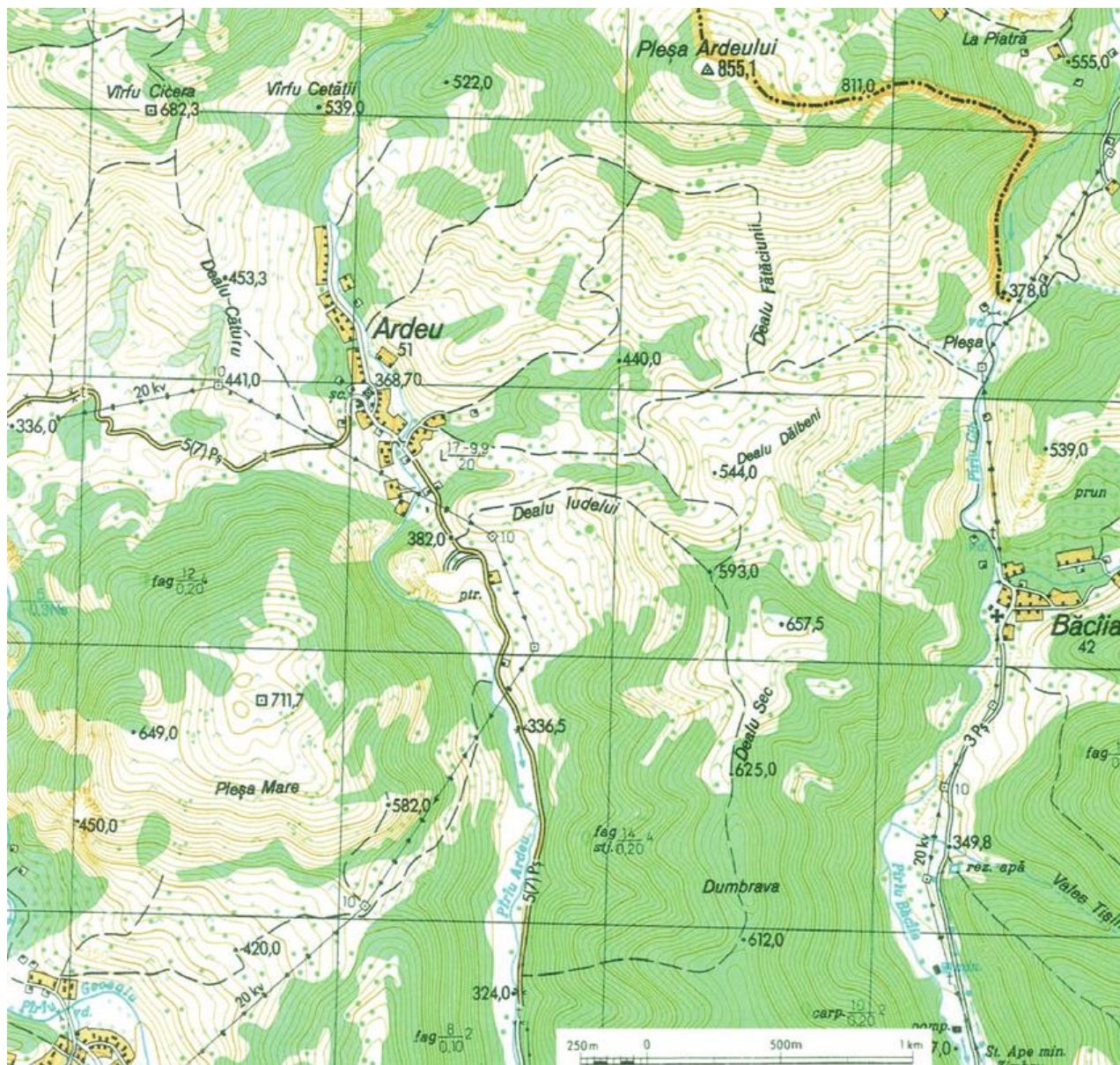


Fig.6.12 Linii de contur

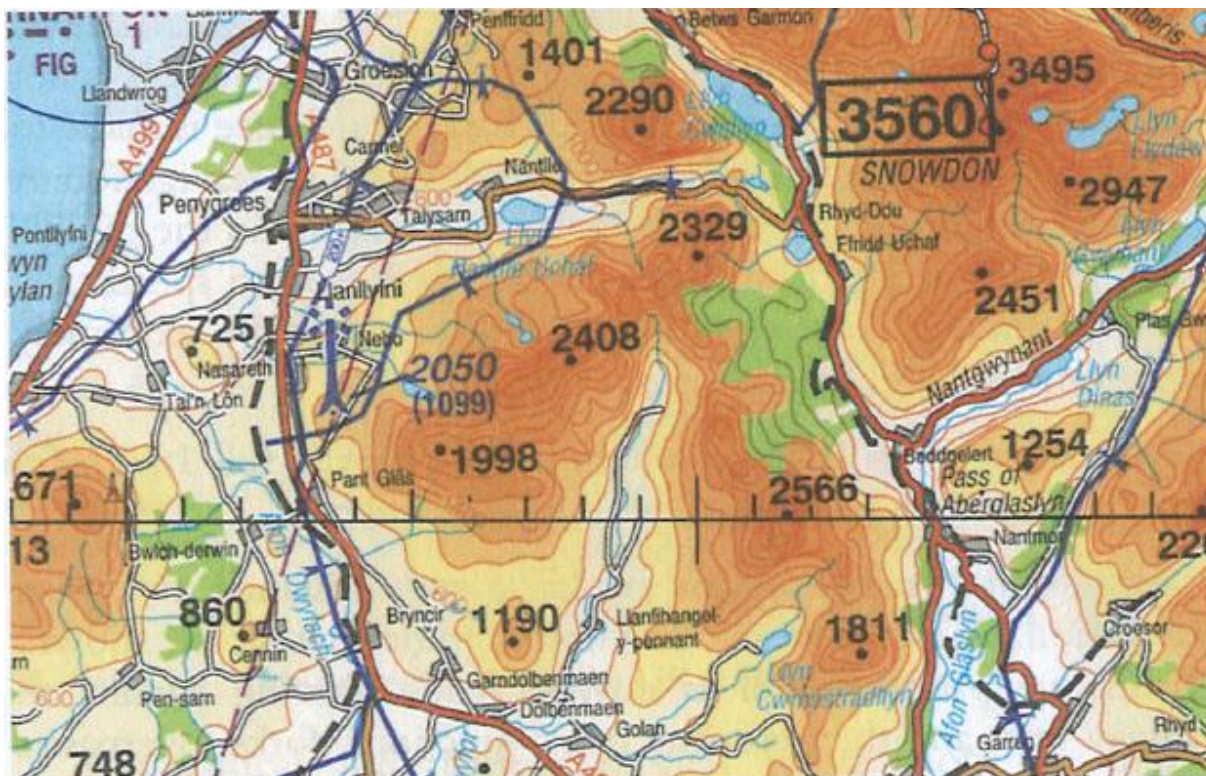


Fig.6.13 Linii de contur și cote

6.5 Caracteristici culturale

Elementele de planimetrie reprezintă totalitatea construcțiilor de pe teren, cum ar fi orașe, fabrici, uzine, școli, construcții izolate, șosele, căi ferate, poduri, turnuri, antene, etc., și se realizează prin semne convenționale.

Înscrierea pe hartă a elementelor de planimetrie este determinată de scopul pentru care a fost întocmită harta, precum și de scara acesteia. De exemplu, pe harta administrativă a unui județ, vor fi trecute toate localitățile chiar și cătunele cu drumurile comunale, care în majoritate vor lipsi de pe harta administrativă a țării executată la o scară mai mică decât prima hartă.

Caracteristici care pot suferi modificări

Hidrografia înfățișează pe hartă, în raport cu scara acesteia, cursurile și suprafețele de apă de pe terenul reprezentat. Hidrografia este naturală când înfățișează râuri permanente sau sezoniere, fluvii, mlaștini, lacuri, mari, etc. și artificială, când intervenția omului a creat cursurile sau suprafețele de apă respective (de exemplu, canale, sisteme de irigație, lacuri de acumulare etc.).

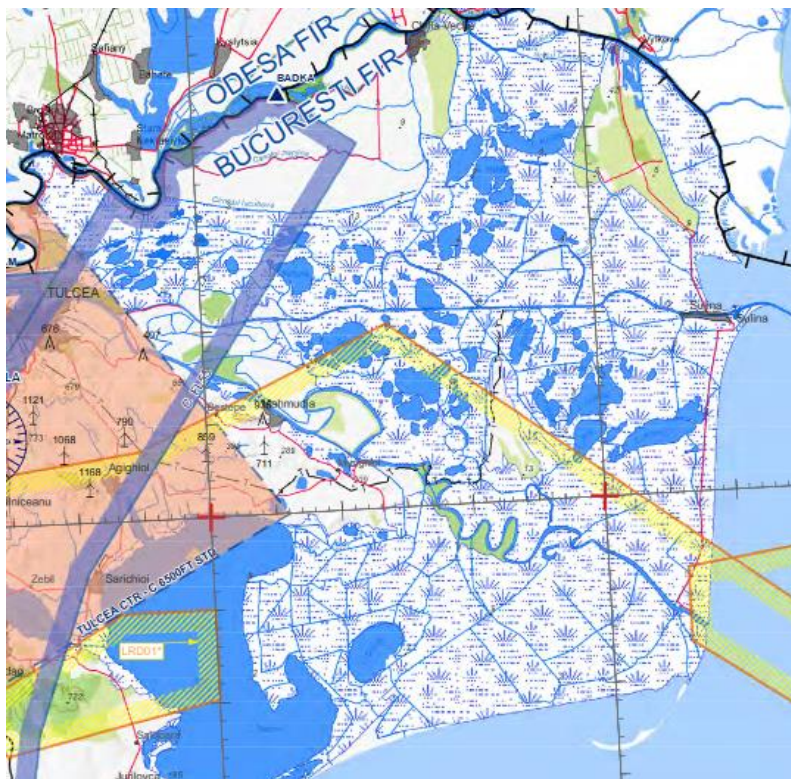


Fig.6.14

Hidrografia este cu atât mai amănunțită cu cât scara hărții este mai mare, atât în ceea ce privește numărul cursurilor de apă cât și ca detalii caracteristice - meandre, golfuri, etc.

Caracteristici permanente

Semnele convenționale și datele de conținut special sunt simbolurile folosite pentru ca harta să poată reprezenta într-un mod cât mai sugestiv atât elementele hărții cât și conținutul ei. Ele sunt denumite "semne convenționale" pentru că sunt stabilite și acceptate internațional și au la bază aspectul lor foarte apropiat de realul schematizat. Majoritatea semnelor convenționale nu respectă scara hărții; ele au în primul rând valoare informativă - de exemplu o cale ferată pe harta 1:200.000 se trasează cu o linie a cărei lățime este de 0.3 mm ceea ce ar însemna că în realitate să fie de circa 70 metri.

Alte semne convenționale, cum ar fi suprafața și forma localităților, sunt redade fidel pe unele hărți la scări mai mari, folosindu-se semnul convențional corespunzător.

Când sunt necesare hărți cu conținut special - repartitia vegetației pe suprafața Pământului - se folosesc semne convenționale adecvate conținutului hărții care apoi sunt explicate în legendă. De regulă, fiecare hartă dispune de o legendă cu semnele convenționale folosite.



SPAȚIU LĂSAT LIBER INTENȚIONAT

7. Simboluri folosite în hărțile de aviație VFR

7.1. Simboluri folosite în aviație

Pe hărțile aeronautice, în funcție de scara la care acestea sunt reprezentate, apar diverse simboluri, trecute bineînțeles în legendă.

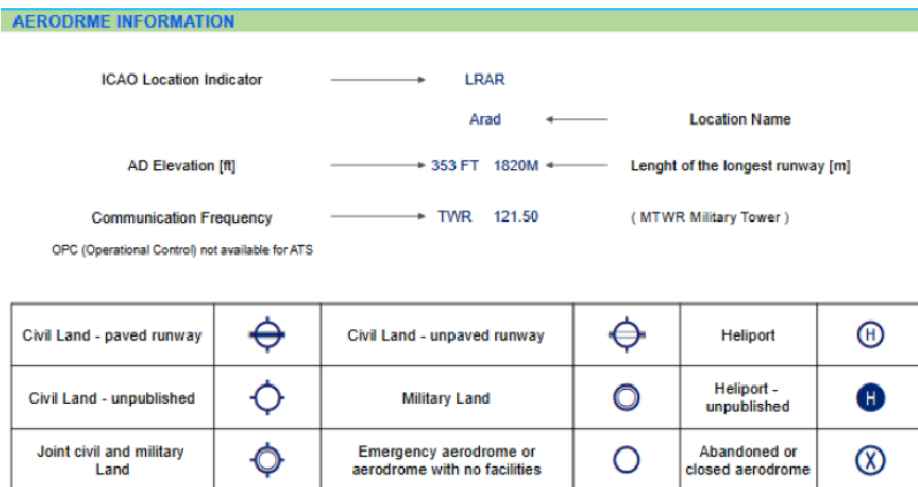


Fig.6.15.

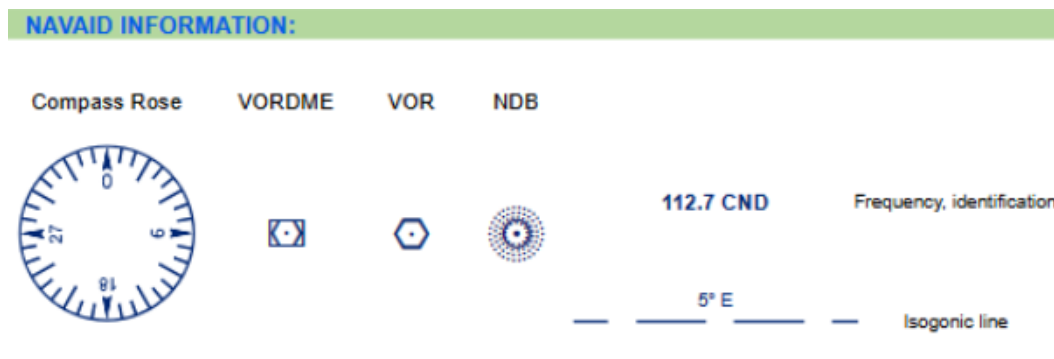


Fig.6.16.

AIRSPACE INFORMATION:

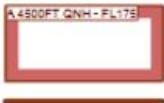





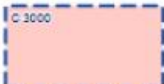



	Airspace Class A TMA (clearance required); with vertical limits - TMA Sector		Military exercise and training Areas (LRD, LRTRA, LRTSA) * vertical limits are issued by NOTAM
	Airspace Class C TMA (clearance required); with vertical limits - TMA Sector - TMA Subsector		Anti-hail Rocket firing Area * with vertical limits from GND to FL255 ** with vertical limits from GND to FL240
	Airspace Class C AWY (clearance required); with lower limit		Prohibited, Restricted and Danger Area with identification and vertical limits
	Airspace Class C CTR with upper limit		Chart Sheet line
	FIS Boundary		FIR Boundary


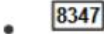





Fig.6.17

WAYPOINTS:

	Reporting point		VFR Routes
	Compulsory Reporting point		
	Reporting point On request		

Fig.6.18

OBSTACLES:

7027	Obstacle with elevation [ft/MSL]			The elevation of the highest spot on the chart
7027	Lighted obstacle with elevation [ft/MSL]		Vf. Moldoveanu N45 35 59 E024 44 10	
7027	Group obstacles with elevation [ft/MSL]		7363	Spot elevation with elevation [ft/MSL]
7027	Lighted group obstacles with elevation [ft/MSL]			
7027	Windmill with elevation [ft/MSL]			
	Man-made obstacle with elevation [ft/MSL]			

ELEV, ALT, HEIGHTS IN FT

Fig.6.19

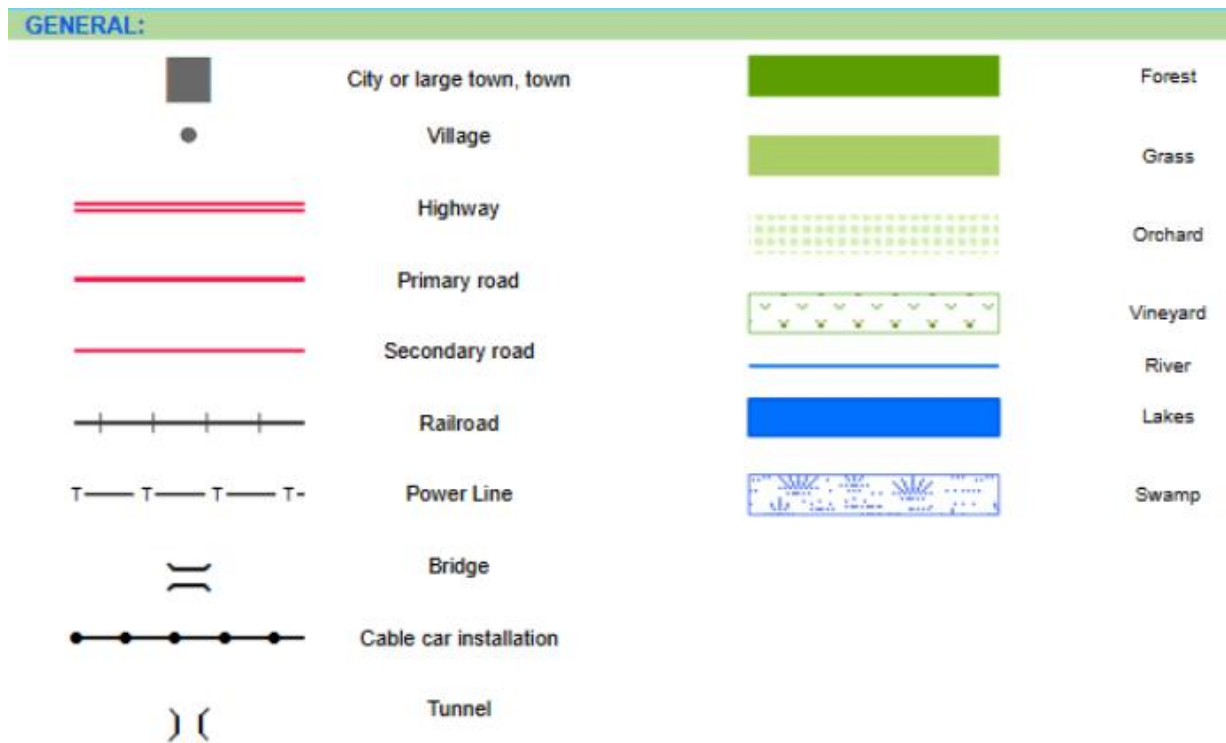


Fig.6.20

Unele simboluri importante sunt enumerate mai jos:

Drenaj și caracteristici hidrografice

Culoarea prin care sunt prezentate cele două este albastrul. De asemenea, alte caracteristici geografice prezente pe hartă sunt râurile, lacurile, canalele, izvoarele, etc. Modul în care apar pe hartă este explicat la legendă. Trebuie să aveți în minte faptul că după o ploaie semnificativă, un mic râu de pe hartă se poate fi transformat într-un torent puternic.

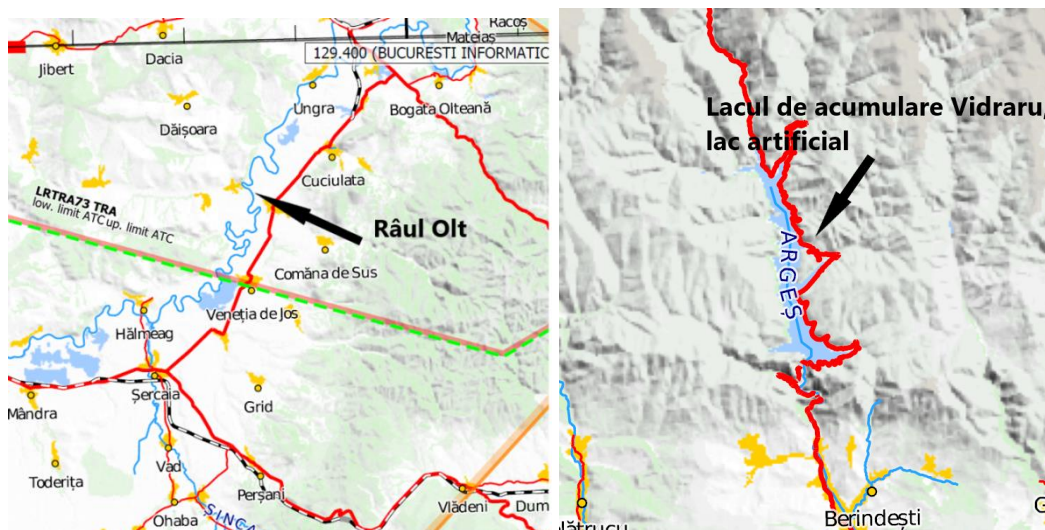


Fig.6.21 Reprezentarea hidrografiei

Zone de risc pentru aviație

Aceste zone sunt de asemenea, ilustrate pe hartă. Acestea includ anumite activități aeriene cum ar fi parașutism sau zborul cu plane, dar și pericole permanente cum ar fi antenele radio sau cablurile de tensiune.

Obstacolele care ajung până la 300 ft sau mai sus de nivelul solului sunt considerate un pericol pentru aviație și sunt simbolizate pe hartă.

Zona de pericol (D = danger)

Reprezintă un spațiu aerian definit în care au loc activități periculoase pentru aviație, la anumite ore, cum ar fi: baloane, exerciții militare cu trageri, tractare de bannere, etc. Aceste zone trebuie evitate. Hărțile prezintă acele zone care depășesc 500 ft AGL (above ground level)

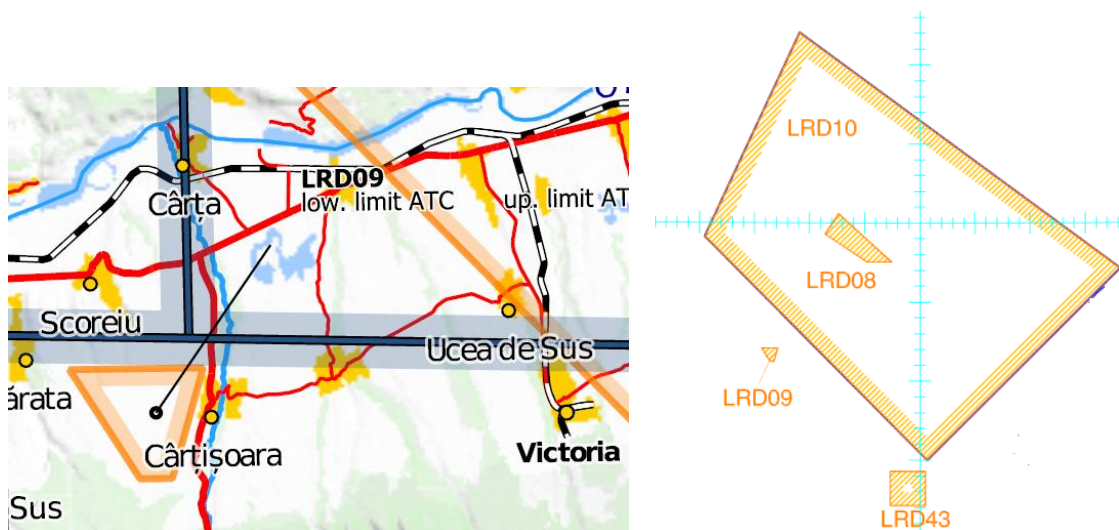


Fig.6.22 Zona periculoasă LRD09

Zona interzisă (P = prohibited)



Fig. 6.23 Zona interzisă de la Cernavodă LRP2

Zona restricționată (R = restricted)

Reprezintă spațiu aerian restricționat zborului în conformitate cu prevederile specifice (vezi AIP ENR sau NOTAM); ariile activate de NOTAM, arii ce reprezintă pericol pentru aviație (sunt ilustrate cu un chenar tăiat sau cercuri); zone delimitate ale spațiului aerian în care se cunoaște prezența stolurilor de păsări, zone ce trebuie evitate, etc.

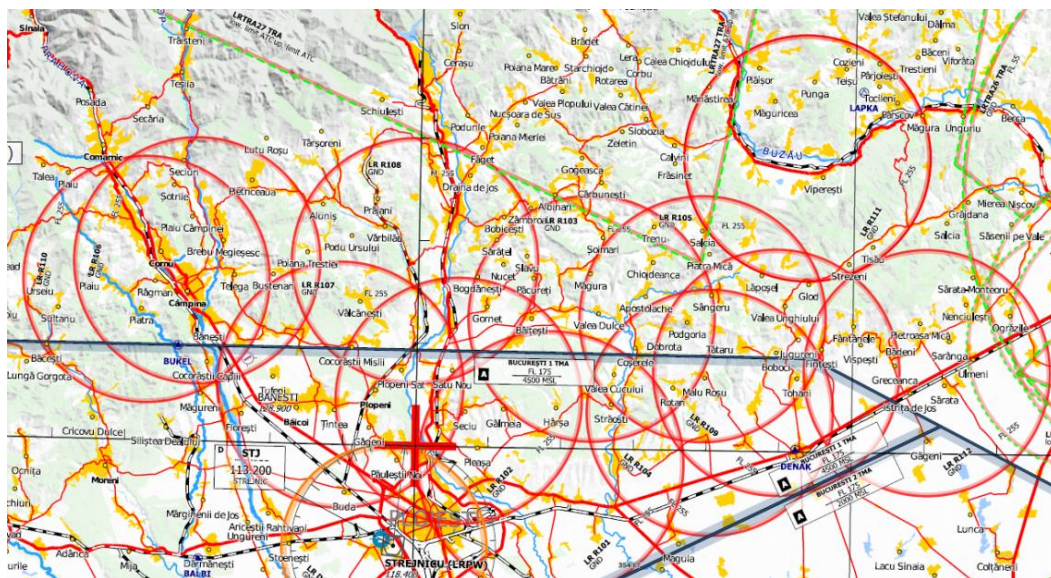


Fig.6.24 Zonele restricționate (LRR) din județele Prahova și Buzău din cauza tragerii cu rachete antigrindină

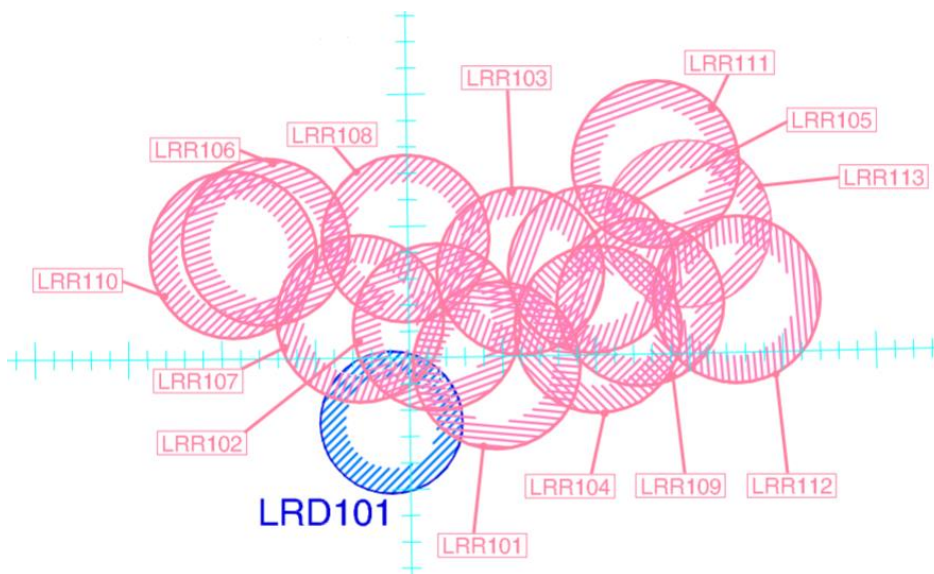


Fig.6.25

Zone cu intensitate ridicată a transmisiilor radio

Spațiu aerian definit în care există energie radio puternică și care poate cauza interferențe sau chiar deteriorări ale echipamentului radio. Aceste zone trebuie evitate.

Informații despre magnetism pe harta 1:500.000

Izogonele: linii care unesc locuri cu aceeași declinație magnetică, ilustrate prin întrerupte, în general de culoare magenta, albastru sau mov, declinația fiind către est. (in Europa de Est)

Linia agonică (acolo unde nordul adevărat și nordul magnetic au aceeași direcție, declinație 0) se află între zonele cu declinație vest și cele cu declinație est. Această linie trece prin sudul Franței.

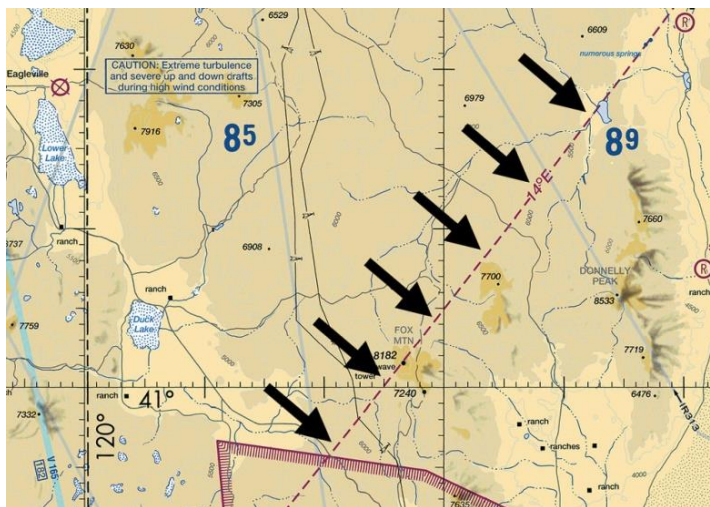


Fig.6.26 Linie izogonă pe o hartă din SUA

7.2. Orientare și distanța

Pentru efectuarea unui zbor de deplasare între două puncte de pe glob, respectiv între două localități, un pilot trebuie să-și pregătească traseul de urmat, pentru aceasta urmând să identifice pe hartă toate elementele necesare pentru a se orienta în timpul zborului și totodată pentru a cunoaște distanța pe care o mai are de parcurs.

De la aerodromul de plecare și până la cel de destinație o aeronavă se deplasează de-a lungul unui *itinerar, traiect sau rută*.

În acest sens vom defini toate elementele necesare în vederea efectuării unui zbor de deplasare, elemente pe care pilotul trebuie să le cunoască în timpul zborului:

- punctul de la aerodromul de plecare sau de lângă acesta (origine a măsurătorilor și calculelor) se numește *Punct Inițial al Traiectului (PIT)*
- punctul de la aerodromul de destinație sau lângă acesta (punctul final al măsurătorilor) se numește *Punct Final al Traiectului (PFT)*.
- linia ce marchează traiectul între PIT și PFT și de-a lungul căreia trebuie să se deplaseze aeronava se numește *Linia Drumului Obligat (LDO)*.
- linia care marchează traiectul de-a lungul căreia se deplasează în mod real o aeronavă se numește *Linia Drumului Real (LDR)*.
- unghiul format între aceste 2 linii se numește *Abatere Laterală Unghiulară (ALU)*.

- f. perpendiculara la LDO dusă de la o aeronavă ce se află pe LDR se numește
- g. *Abatere Laterală Liniară (ALL)*.
- h. punctul în care traiectul își schimbă direcția poartă denumirea de *Punct de Schimbare de Traiect (PST)*, segmentele traiectului se numesc *Tronsoane* iar PI sunt puncte intermediare de verificare a timpului pe un tronson.

Distanța (S) reprezintă intervalul care separă două puncte de interes și se măsoară prin lungimea liniei care le unește.

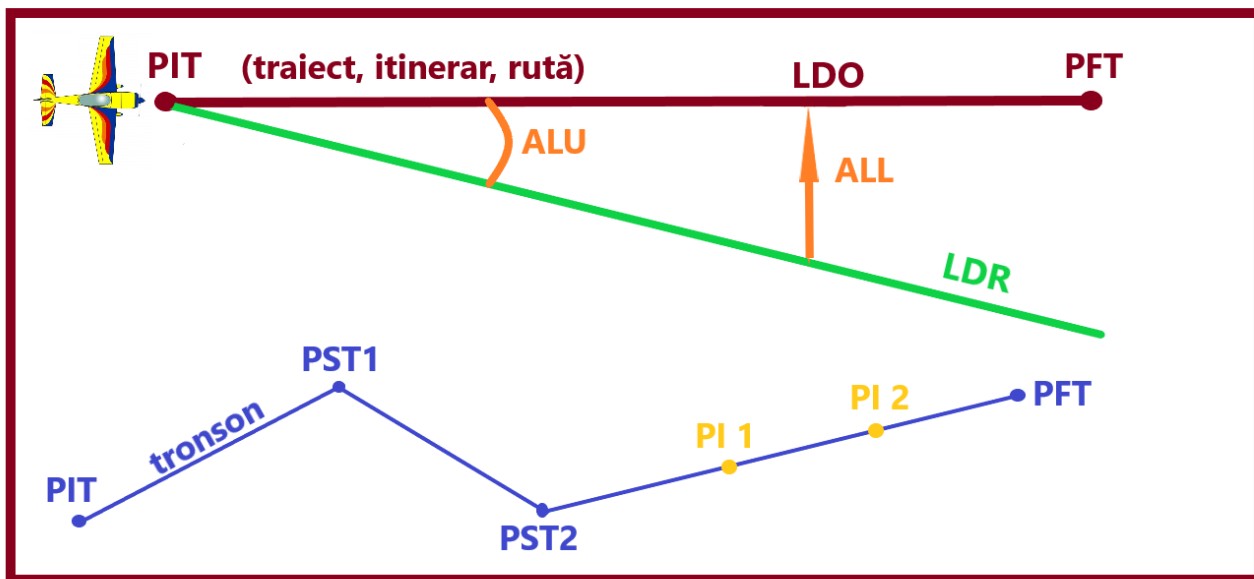


Fig.6.27 Puncte și linii de navigație aeriană

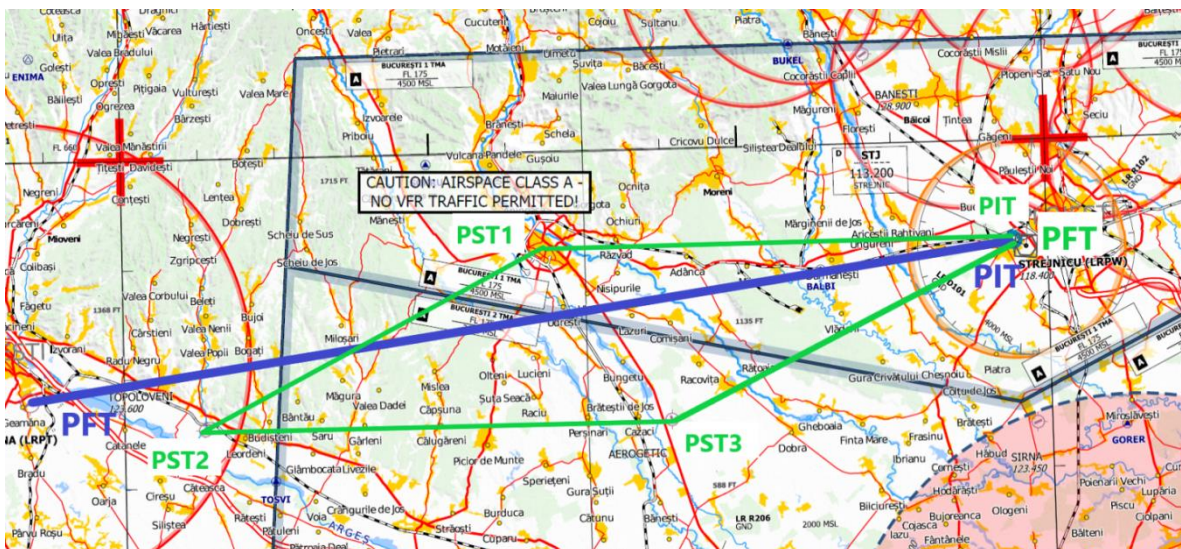


Fig.6.28 Linia albastră: traiect cu un singur tronson,
linia verde: traiect cu 4 tronsoane

Măsurarea distanței pe hartă

Distanța poate fi măsurată folosind diferite metode și va trebui să obțineți o precizie de până la 1 nm, prin folosirea uneia din metodele:

Linia scării gradate. Aceasta se află la baza hărții. Folosind divizorii, sau alte metode, transferați distanța dintre cele două poziții de pe hartă, pe linia gradată.

Scara de latitudine. Acesta este un grafic care se găsește pe partea laterală a fiecărei părți a hărții. În toate punctele de pe Pământ, pentru scopuri practice, 1 min de latitudine = 1 nm. Folosind divizorii, sau alte metode, transferați distanța dintre cele două puncte de pe hartă, pe scara de latitudine. (Deoarece scara pe întreaga hartă poate varia ușor de la o latitudine la alta, folosiți partea scării de latitudine care este aproximativ aceeași cu latitudinea de mijloc a traiectului luat în considerare). Numărul diviziunilor de minut indică distanța în mile nautice.

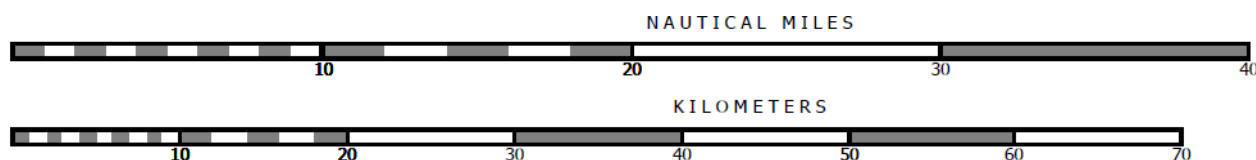


Fig.6.29 Linia scării gradate pe harta VFR

Rigle de măsurat. Riglele de navigație pentru măsurat sunt realizate pentru a măsura distanțele pe hărțile 1:500.000 și 1:250.000 (chiar și 1:1.000.000). Asigurați-vă de faptul că citiți distanța de pe hartă în raport cu gradarea corectă de pe riglă

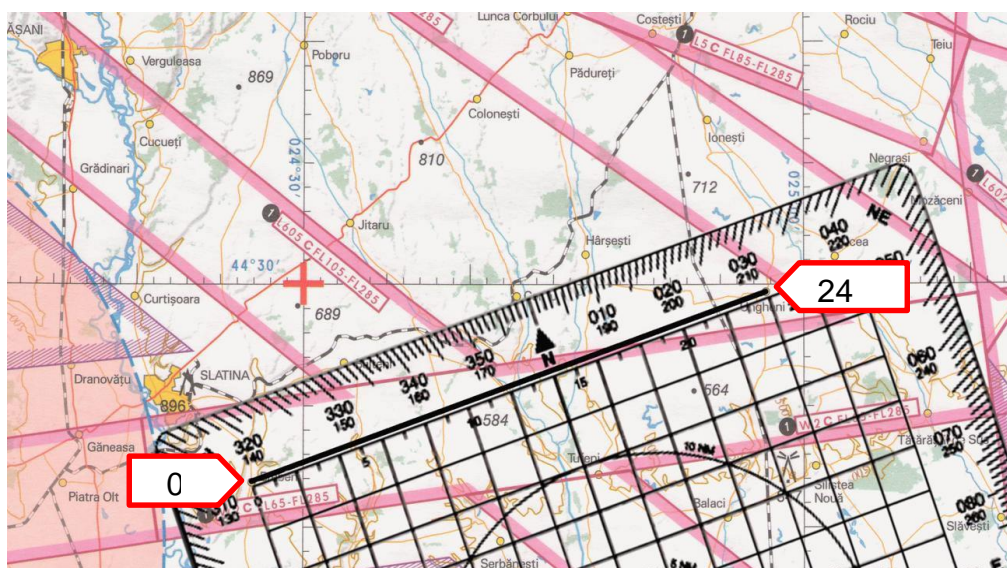


Fig.6.30 Măsurarea distanței cu ajutorul unei rigle gradate

Pregătirea la sol a zborului de deplasare

Pregătirea pentru efectuarea zborului implică operațiunea denumită lucrul cu harta.

Lucrul pe hartă trebuie considerat ca una din fazele cele mai importante din pregătirea preliminară a zborului întrucât determină pe baza datelor primite de la diferitele sectoare de activitate (meteorologie, informare aeronautică, tehnic, infrastructură, etc.) și a calculelor ce se efectuează, elementele de bază pentru executarea propriu zisă a zborului.

Este necesar de precizat că lucrul pe hartă se diferențiază în raport de felul zborului ce urmează să se execute și condițiile în care acesta se va desfășura. Într-un fel se va efectua lucrul pe hartă pentru un zbor VFR și în cu totul alt mod pentru un zbor IFR. Volumul lucrului pe hartă sau cantitatea operațiunilor rezultă mai puțin din felul zborului, cât mult mai mult din amploarea acestuia, întrucât oricare ar fi condițiile efectuării zborului, acesta trebuie pregătit, în mod amănunțit, să cuprindă și să rezolve toate problemele pe care le pune, astfel încât să se asigure o desfășurare fără nici cel mai mic incident. Chiar dacă există o impresie de o mai mare dificultate a zborului după instrumente, rezultat al importanței unilaterale acordate tehnicii de pilotaj, un zbor executat în condiții meteorologice care permit zborul la vedere dar deasupra unui teren cunoscut numai din consultarea hărții, cu repere greu de identificat, de lungă durată, poate constitui un zbor de dificultate mult mai ridicată.

Nu este recomandabil să se categorisească un zbor ca dificil pentru că se execută după instrumente sau ușor pentru că se execută cu vederea solului. Aprecierea unui zbor nu poate fi decât rezultatul unei analize amănunțite a tuturor condițiilor de desfășurare a acestuia. Un prim aspect al acestei aprecieri îl dă modul în care se efectuează lucrul pe hartă; cel de al doilea și definitiv, îl stabilește execuția propriu zisă a zborului.

Felul zborului, la vedere sau după instrumente, diferențiază lucrul pe hartă în sensul că în timp ce o categorie de zboruri necesită anumite informații legate de aspectul solului, relief, repere, cealaltă categorie efectuându-se cu ajutorul nemijlocit al mijloacelor radiotehnice de navigație aeriană, are nevoie de toate informațiile referitoare la aceste instalații și la procedurile ce decurg din exploatarea lor. Aceeași categorisire a zborului se aplică și în ceea ce privește organizarea spațiului aerian, în sensul că în timp ce zborurile VFR se execută în spațiul aerian necontrolat (cu sau fără legătură radio și cu asigurarea protecției zborului prin grija echipajului), zborurile IFR se execută numai în spațiul controlat (pe căi aeriene sau rute precalculate și în zonele de aerodrom) numai cu legătură radio, protecția zborurilor efectuându-se prin grija organelor de dirijare.

Descrierea lucrului pe hartă are oarecum un caracter școlastic, în sensul că operațiunile care în mod obișnuit constituie un tot unitar; realizat în scopul obținerii datelor complete care să asigure reușita zborului propus, sunt analizate în mod fragmentat. Această descriere ar putea crea impresia falsă că cei ce pregătesc zborul sunt obligați să respecte numai acest fel de lucru.

7.3 Strângerea hărților

Plierea și păstrarea hărților pentru zbor. Pentru utilizarea comodă în zbor a hărților este recomandabilă ca planșa folosită să fie pliată mai întâi în două părți, de-a lungul unei drepte orizontale *AB* astfel că fața hărții să fie spre afară și apoi în patru sau șase pliuri "acordeon".

În felul acesta, întreaga hartă poate fi consultată cu ușurință în timpul zborului, desfacând succesiv pliurile.

Astfel pliate, hărțile se păstrează în plicuri transparente confecționate din material plastic, ceea ce reduce considerabil uzura lor. Plicurile la rândul lor sunt prinse în mape speciale cu mecanisme de prindere și care intră în compunerea servietelor de navigație a fiecărui echipaj.



SPAȚIU LĂSAT LIBER INTENȚIONAT

8. Principiile Navigației

8.1 IAS, CAS, EAS, TAS și GS (viteza indicată, viteza calibrată, viteza echivalentă, viteza adevărată și viteza față de sol)

Viteza indicată (IAS) = reprezintă indicația directă citită pe vitezometru (ASI), necorectată pentru variațiile densității atmosferice, erorile de instalare sau erori ale instrumentului. IAS scade pe măsură ce se urcă, deoarece pe măsură ce densitatea aerului scade odată cu creșterea altitudinii, un număr mai mic de molecule de aer vor intra în tubul Pitot. Acest efect este cel mai notabil la aeronavele performante ce operează la altitudini mari. De exemplu, la altitudinea de croazieră, vitezometrul de pe Boeing 737 poate indica în jur de 280 kt când viteza adevărată este mai mare de 400 kt. Piloții folosesc viteza indicată pentru a calcula performanța cea mai bună a aeronavei (vitezele de decolare, urcare, apropiere și aterizare se bazează pe IAS)

Viteza calibrată (CAS) = reprezintă viteza indicată corectată pentru erori de presiune și instrumente (la anumite viteze și cu o anumită configurație a flapsurilor, erorile de presiune și instrument pot însuma câțiva kt). Această eroare are valoarea cea mai ridicată la viteze mici. La croazieră și la viteze mari, viteza indicată și cea calibrată sunt aproximativ la fel. A se face referire la graficul de calibrare a vitezelor pentru a se corecta posibilele erori de viteză.

Viteza echivalentă (EAS) = reprezintă viteza la nivelul mării ce va produce aceeași presiune dinamică incompresibilă ca viteza adevărată la altitudinea la care zboară aeronava. O aeronavă aflată în zbor orizontal se află sub efectul compresibilității. Totodată, viteza calibrată este o funcție dependentă de compresibilitatea presiunii de impact. EAS, pe de altă parte, este o măsură a vitezei care este o funcție a presiunii dinamice incompresibile. Analiza structurală se bazează adeseori pe presiunea dinamică incompresibilă, astfel încât viteza echivalentă este o unealtă utilă în testarea structurală. La nivelul mării, într-o zi cu condiții ISA, CAS și EAS sunt egale, dar numai și numai în aceste condiții.

Viteza adevărată (TAS) = reprezintă CAS corectată pentru altitudine și temperaturi nonstandard. Aceasta este viteza reală a aeronavei prin aer. Deoarece densitatea aerului scade cu creșterea altitudinii, o aeronavă va trebuie să zboare mai repede la altitudini mari în vederea obținerii aceleiași diferențe de presiune dintre cea totală la tubul Pitot și cea statică. Drept urmare, pentru un CAS dat, TAS crește pe măsura creșterii altitudinii sau pentru un TAS dat, CAS scade odată cu creșterea altitudinii. Vitezometru indică TAS numai la nivelul mării în condiții standard, astfel că TAS trebuie calculate funcție de IAS, altitudinea curentă și temperatură. Se poate estima TAS adaugând 2% din IAS pentru fiecare 1000 ft urcați. Piloții utilizează TAS în calculele de navigație și atunci când completează planurile de zbor.

Viteza față de sol (GS) = reprezintă viteza adevărată a aeronavei față de sol. Aceasta este viteza adevărată a aeronavei ajustată funcție de vânt. Viteza față de sol scade în valoare în condițiile unui vânt de față și crește în condițiile unui vânt de coadă.

Pe scurt:

$$\text{CAS} = \text{IAS} + \text{corecții ale erorilor de presiune}$$

$$\text{EAS} = \text{CAS} + \text{corecții ale erorilor de compresibilitate}$$

$$\text{TAS} = \text{EAS} + \text{corecții ale erorilor de densitate}$$

$$\text{TAS} = \text{CAS} + \text{corecții ale erorilor de compresibilitate} + \text{corecții ale erorilor de densitate}$$

Viteza indicată și viteza adevărată vor avea aceeași valoare atunci când vor exista condițiile ISA (International Standard Atmosphere) la MSL (Mean Sea Level = nivelul mediu al mării)). De obicei acest lucru nu se întâmplă. Așadar piloții trebuie să facă anumite calcule simple (mentale sau cu ajutorul comp. de navigație) pentru a determina valoarea TAS.



Fig. 7.1. Vitezometru cu scara de corecție a TAS

Cuvântul ‘viteză’ (airspeed) are mai multe sensuri în aviație:

Performanța aeronavei este raportată la viteza indicată (IAS)

Navigația și planificarea zborului depind de viteza reală a aeronavei, TAS, viteza vântului WV și viteza față de sol GS.

Pentru a afla valoarea presiunii dinamice putem lua presiunea totală și din ea să scădem presiunea statică. Această operațiune se face folosind un grafic, având presiunea totală de la tubul Pitot pe o coordonată, și presiunea statică pe cealaltă coordonată.

Capsula manometrică în sistemul indicatorului vitezei aerului (ASI = airspeed indicator) se poziționează conform diferenței dintre presiunea totală și cea statică (mai exact, a presiunii dinamice). Un ac indicator atașat capsulei manometrice printr-un angrenaj

mecanic se mișcă în jurul indicatorului vitezei pe măsură ce capsula manometrică reacționează la aceste variații de presiune.

Dacă presupunem că densitatea aerului (ρ) rămâne constantă la nivelul mediu al mării (ceea ce nu se întâmplă), scala în jurul căreia se mișcă acul indicator poate fi gradată în unități de viteză. Aceasta are ca rezultat un indicator al vitezei aerului care afișează viteza reală numai în condiții ISA la MSL, mai exact atunci când densitatea aerului este 1.225 kg/m^3 .

Dacă densitatea aerului (ρ) este exact 1.225 kg/m^3 , atunci vitezometrul va afișa o viteză egală cu a vitezei reale a aeronavei prin aer (TAS).

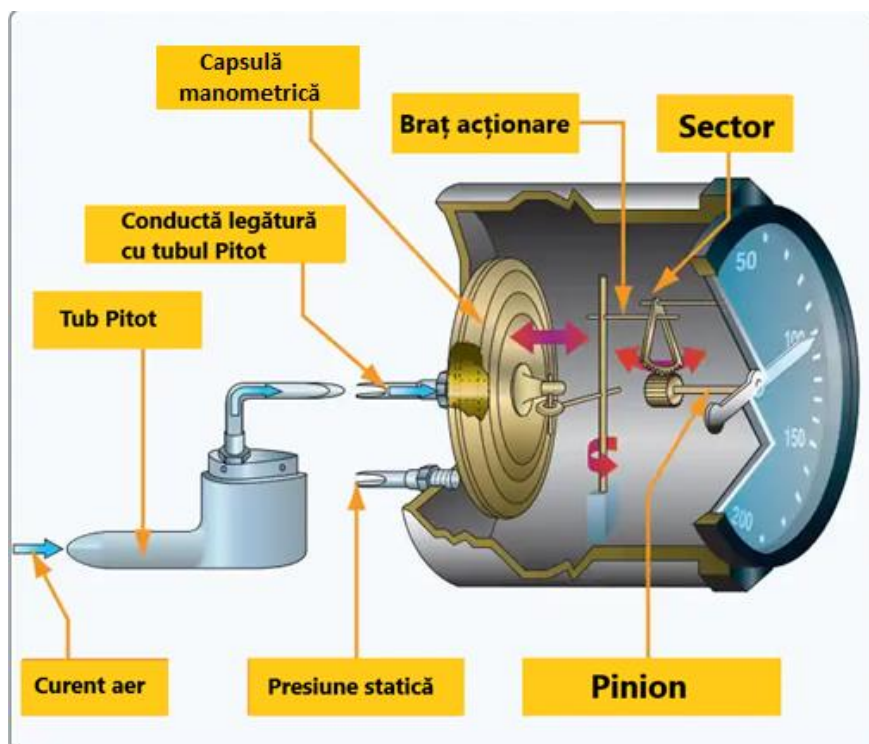


Fig. 7.2. Principiul de funcționare al vitezometrului

Relația dintre TAS și IAS

Aeronava rar va zbura într-o masă de aer care are aceeași densitate respectând condițiile ISA MSL (1.225 kg/m^3). În mod normal, o aeronavă care zboară la altitudine va întâlni o densitate a aerului semnificativ mai mică decât aceasta deoarece densitatea aerului (ρ) scade odată cu altitudinea. Aceasta se va întâmpla și în cazul unei creșteri de temperatură.

Viteza indicată (chiar dacă a fost rectificată pentru a indica viteza corectată) va trebui să fie din nou rectificată pentru *erori de densitate* dacă pilotul știe viteza exactă a aeronavei în aer.

Densitatea aerului variază din două motive:

Temperatura

Aerul rece este mai dens, aerul cald este mai puțin dens, așadar într-o zi caldă o aeronavă va trebui să se deplaseze mai rapid prin aer pentru ca același număr de molecule pe secundă să lovească tubul Pitot și același IAS va fi indicat. TAS care variază odată cu temperatura este unul din motivele pentru care, într-o zi călduroasă, o aeronavă are nevoie de distanțe mai lungi pentru decolări și aterizări.

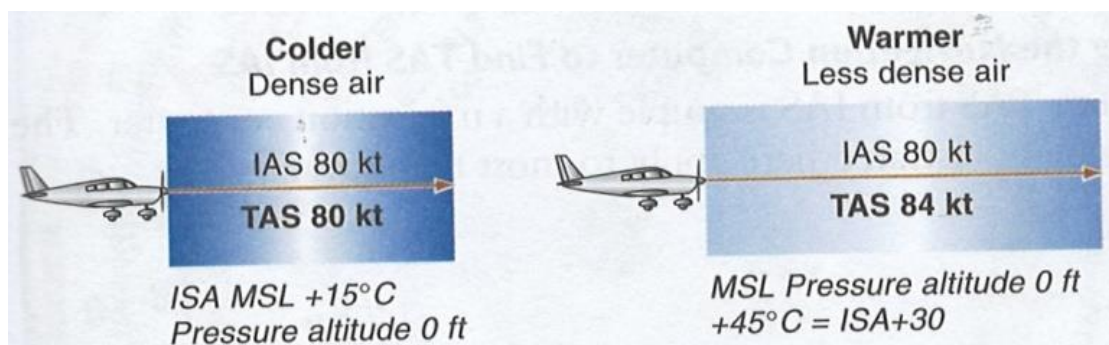


Fig. 7.3. IAS constant: TAS variaza cu temperatura

Presiunea

Cu cât este mai mare altitudinea (mai exact, cu cât este mai mică presiunea aerului) cu atât numărul de molecule este mai scăzut. Pentru două aeronave cu același TAS, aeronava aflată la o altitudine superioară, va avea un IAS mai mic deoarece întâlnește mai puține molecule de aer pe secundă decât aeronava de la un nivel inferior.

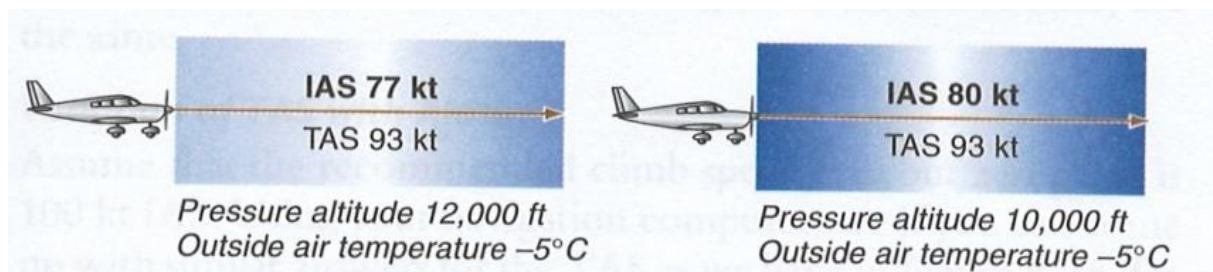


Fig. 7.4. Același TAS: în aer mai puțin dens aeronava are un IAS mai mic

Așadar, la altitudini mari IAS va fi mai mică decât TAS deoarece aeronava va zbura prin aerul mai rarefiat cu o viteză cu mult peste cea indicată de ASI (vitezometru).

Ce se întâmplă când urcăm cu IAS constant?

Pe măsură ce o aeronavă câștigă în altitudine, densitatea aerului (ρ) scade. Dacă adoptăm tehnica clasică de a menține un IAS constant (o presiune dinamică constantă $1/2 \cdot \rho \cdot V^2$), scăderea densității aerului se face printr-o creștere a vitezei TAS.

Cu cât urcăm mai sus, când zburăm la un IAS constant, cu atât TAS este mai mare.

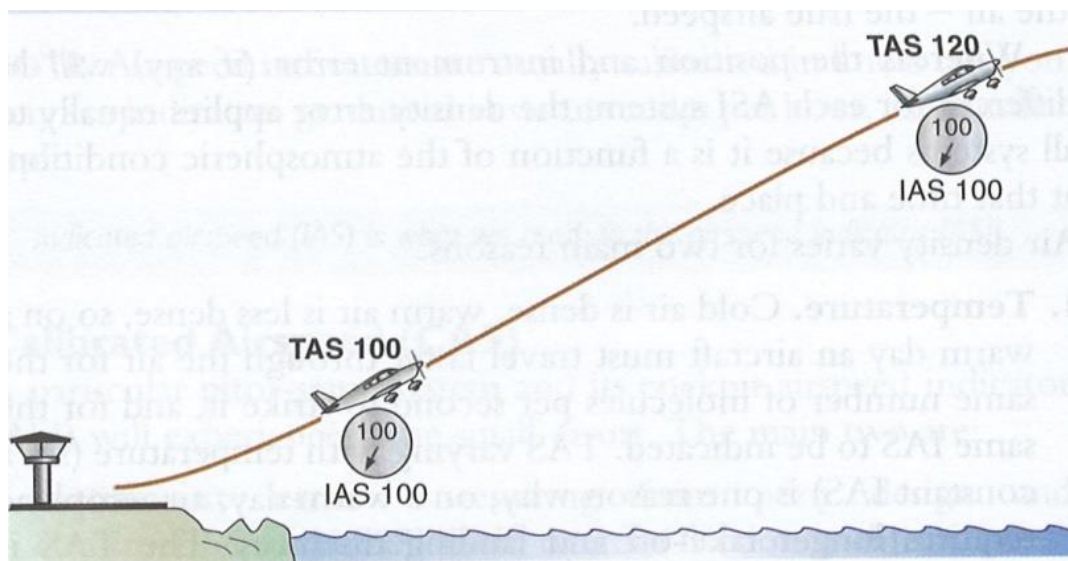


Fig. 7.5.

Să presupunem că viteza recomandată de urcare pentru avionul dvs. este 100 kt IAS. Folosind calculatorul, vom găsi valori pentru TAS ca în figura următoare, pentru o urcare la 100 IAS kt de la MSL la 20.000 ft. (se iau în considerare condițiile standard ale atmosferei, unde temperatura descrește cu 2°C la fiecare 1.000 ft urcați)

Pressure altitude	Temp.	IAS/RAS	TAS
20,000 ft	-25°C	100 kt	137 kt
15,000 ft	-15°C	100 kt	126 kt
10,000 ft	-5°C	100 kt	117 kt
5,000 ft	+5°C	100 kt	108 kt
ISA MSL	+15°C	100 kt	100 kt

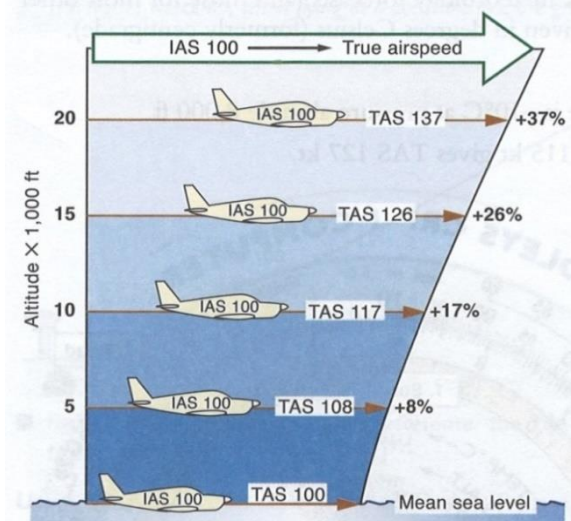


Fig.7.6

Notă: La 5.000 ft, TAS depășește IAS cu aprox. 8%. La 10.000 ft, TAS depășește IAS cu aprox. 17%.

Există cifre la îndemână de reținut pentru calcule mentale aproximative atunci când piloții experimentați vorbesc de vitezele la care avioanele lor pot ajunge. Dacă zburați la 5.000 ft cu IAS 180 kt pe vitezometru, atunci TAS dvs. va fi aproximativ cu 8% mai mare (8% din 180 = 14), adică 194 kt TAS.

Situația la nivelul mediu al mării dacă temperatura variază:

	Temperatura	IAS	TAS	
Presiune de altitudine 0 ft	ISA+20 = +35°C	100 kt	104 kt	<i>Aer mai puțin dens</i>
	ISA+10 = +25°C	100 kt	102 kt	
	ISA = +15°C	100 kt	100 kt	
	ISA-10 = +5°C	100 kt	98 kt	
	ISA-20 = -5°C	100 kt	96 kt	

Cu cât aerul este mai puțin dens, cu atât mai mare este TAS, în comparație cu IAS.

Situația la presiunea de altitudine 10.000 ft, dacă temperatura variază:

	Temperatura	IAS	TAS	
Presiune de altitudine 10.000 ft	ISA+20 = +15°C	100 kt	121 kt	<i>Aer mai puțin dens</i>
	ISA+10 = +5°C	100 kt	119 kt	
	ISA = -5°C	100 kt	117 kt	
	ISA-10 = -15°C	100 kt	115 kt	
	ISA-20 = -25°C	100 kt	113 kt	

Viteza față de fileurile de aer este importantă pentru navigație și planificarea zborului deoarece TAS este viteza reală a avionului prin masa de aer.

8.2 Capul Adevărat (CA) și Capul Magnetic (CM); Drumul Adevărat (DA) și Drumul Magnetic (DM), Drumul Compas (DC)

Având în vedere că declinația magnetică face ca nordul magnetic să fie diferit de cel geografic, putem da următoarele definiții capului magnetic și capului adevărat:

Capul ADEVĂRAT (CA) este unghiul format între prelungirea axei longitudinale a aeronavei și nordul adevărat (NA).

Capul MAGNETIC (CM) este unghiul făcut de prelungirea axei longitudinale a aeronavei cu nordul magnetic (NM).

Atenție:

Dacă nordul magnetic este spre vest față de nordul adevărat (variație vestică), atunci

gradele magnetice (M) vor depăși ca valoare gradele adevărate (T) și invers dacă există variație estică.

Drumul MAGNETIC și drumul ADEVĂRAT:

Având în vedere existența celor 3 norduri: adevărat, magnetic, respectiv compas, se constată existența a 3 tipuri de drumuri: drum adevărat (DA), magnetic (DM) respectiv compas (DC). Ca definiție, un drum este unghiul dintre un nord și linia traiectului. În principiu se utilizează ca linie a traiectului linia drumului obligat (LDO).

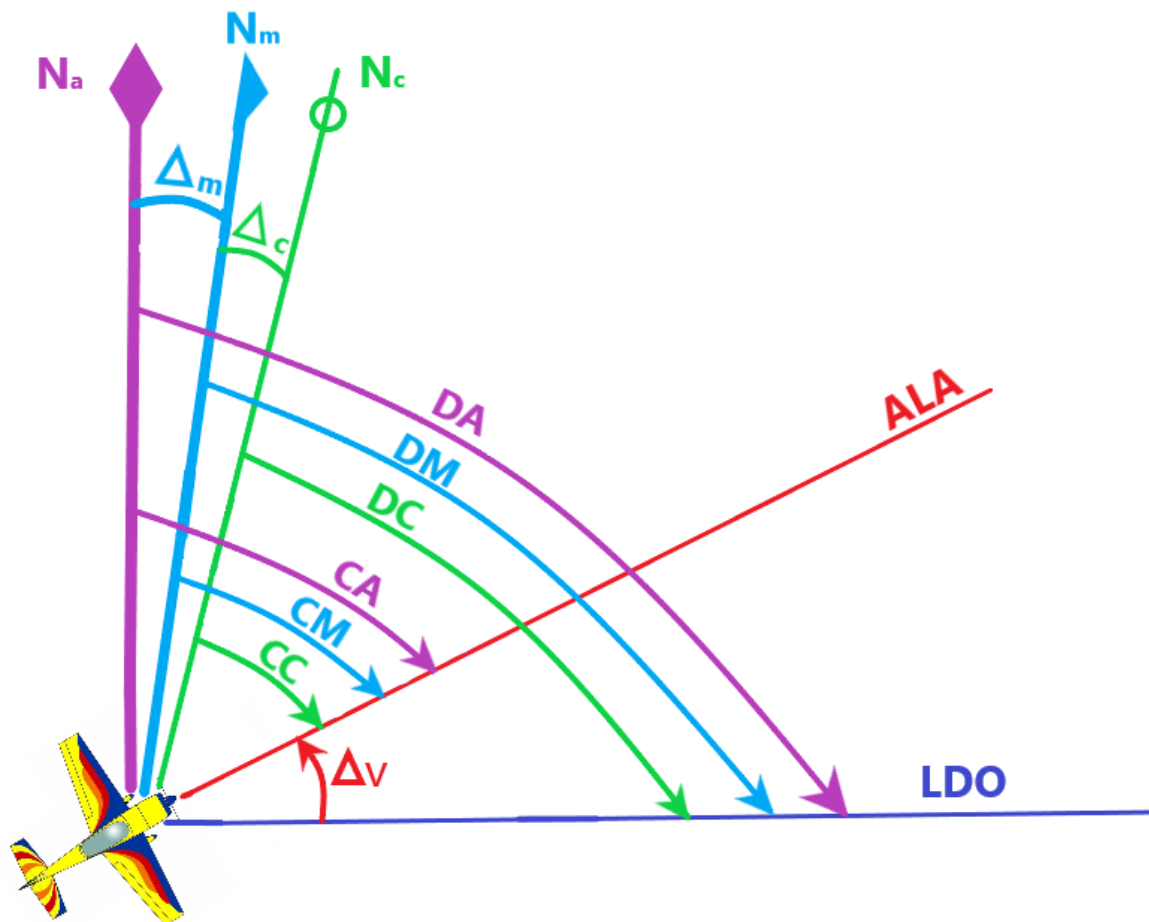


Fig.7.7 Drumuri și capuri

Problemele de unghiuri sunt identice cu cele ale capurilor.

De exemplu:

În timp ce zburăți pe continent, veți direcționa aeronava de $300^\circ M$, în raport cu busola magnetică. De pe o hartă aeronautică determinați că declinația magnetică din apropiere este de $4^\circ W$. Care este direcția adevărată a aeronavei în $^\circ T$?

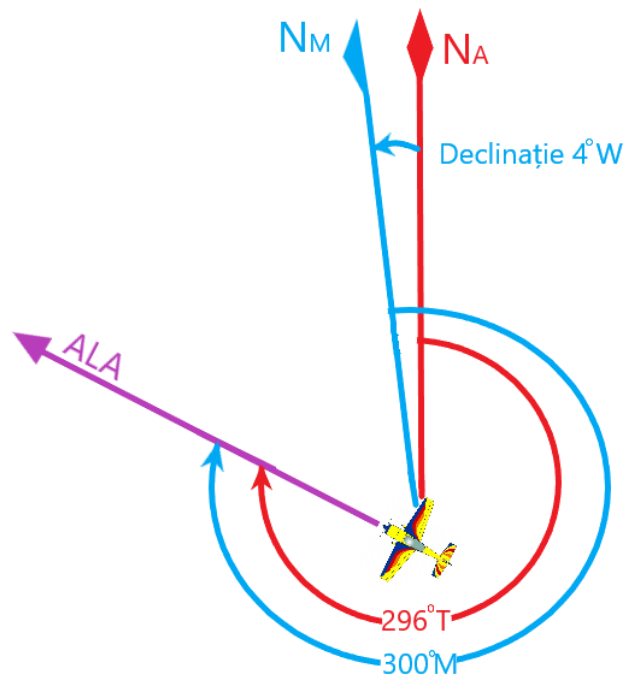


Fig.7.8

Transformați $100^\circ T$ într-o direcție magnetică într-o zonă unde declinația este de $10^\circ E$.

$$100^\circ T$$

$$\underline{-10^\circ E}$$

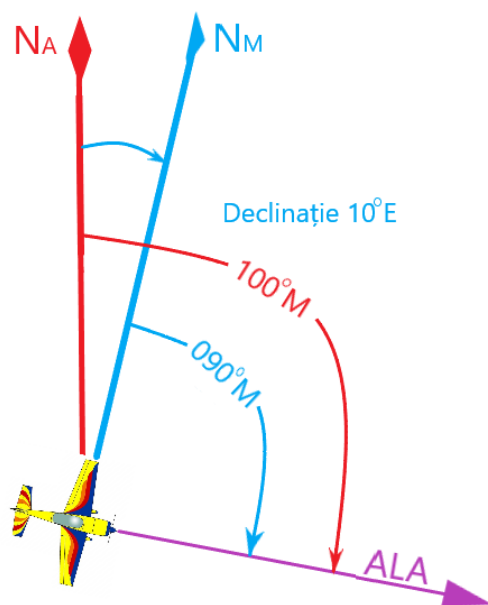
$$090^\circ M \text{ (Răspuns)}$$


Fig. 7.9.

8.3 Capul compas (CC)

O situație similară cu cea precedentă întâlnim și în cazul nordului compas (NC) și a deviației compas (ΔC). În cazul în care deviația compas face ca nordul compas să fie mai spre vest față de nordul magnetic, atunci gradele compas vor avea o valoare mai mare decât gradele magnetice.

De exemplu:

1. O aeronavă zboară pe un cap de 257° indicat pe compasul magnetic. Dacă, având acest cap, deviația este de $3^\circ W$, care este capul magnetic al aeronavei?

$$=257^\circ C \text{ (compas)}$$

$$= \underline{-3^\circ C}$$

$$254^\circ M \text{ (Răspuns)}$$

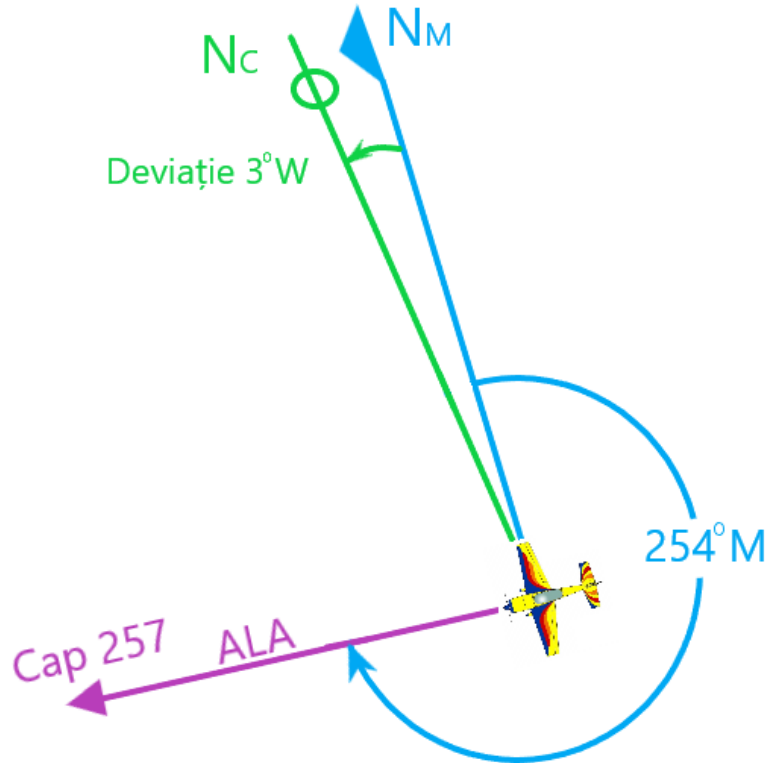


Fig.7.10.

2. Ce direcție a compasului trebuie adoptată pentru a obține un cap magnetic de 029° M, dacă deviația compas este de 2° W?

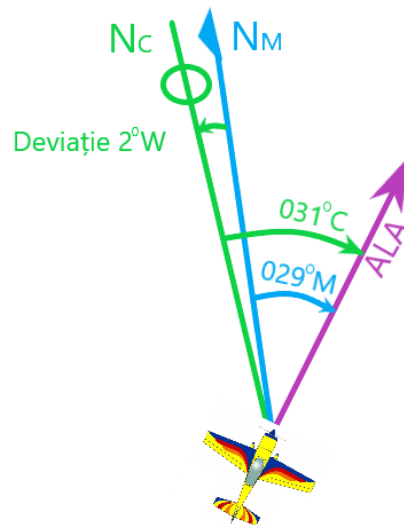


Fig.7.11

Răspuns: 029° M + 2 = 031° C

8.4 Determinarea triunghiului vitezelor

Triunghiul de navigație al vitezelor reprezintă procedeul de bază pentru determinarea elementelor principale de navigație ale zborului.

Triunghiul de navigație al vitezelor se compune din 3 vectori:

- vectorul viteza proprie (TAS);
- vectorul viteza vântul (WV);
- vectorul viteza față de sol (GS).

Cunoscând 2 vectori se determină cel de-al treilea și deriva.

Triunghiul de navigație al vitezelor se poate rezolva grafic, analitic și cu ajutorul calculatoarelor de navigație sau a oricărei rigle de calcul.

Rezolvarea *grafică* a triunghiului de navigație al vitezelor este prezentată în continuare.

8.5 Deriva, unghiul de derivă

De obicei se cunosc drumul adevărat DA, viteza proprie adevărată TAS, direcția și viteza vântului. Se cere să se determine deriva (Δv), viteza față de sol (GS) și capul adevărat (CA).

Se trasează pe o coală de hârtie o scară grafică convenabilă care să cuprindă atât viteza vântului WV cât și TAS. Dintr-un punct ales ca origine, O, se trasează linia drumului obligat LDO. În originea aleasă se amplasează și vectorul vânt la aceeași scară și anume cu originea vectorului în punctul O.

Din vârful vectorului vânt (punctul A), de regulă cu ajutorul unui compas, se trasează un arc de cerc cu o rază egală cu TAS care se intersectează cu LDO. În acest punct de intersecție, B, se amplasează un nou vector WV, cu vârful pe LDO. Se unește punctul de origine O cu originea vectorului vânt WV (punctul C).

S-au obținut astfel două triunghiuri asemenea în care:

$$AB = OC = TAS$$

$$OB = GS \text{ (se măsoară pe scara grafică) iar unghiul } BOC = \Delta v \text{ se măsoară cu raportorul}$$

8.6 Utilizarea TAS și a vitezei vântului pentru determinarea drumului real

Unghiul format între linia drumului obligat și direcția vântului se numește unghiul drumului cu vântul (UDV) (măsurat invers, devine UVD). El se măsoară pe ambele părți ale LDO de la 0° la 180° .

Unghiul format între axa longitudinală a avionului și direcția vântului se numește unghiul capului cu vântul (UCV) (măsurată invers, devine UVC).

UVC va fi întotdeauna mai mic decât UVD cu valoarea derivei.

Exemplu:

CA = 90°; WV = 030° / 60 Km/h; TAS = 240 Km/h

Rezolvând grafic (vezi figura următoare), se obține: $\Delta v = 11^\circ$; GS = 220 Km/h;

CA = 79°; UVD = 60°; UVC = 49°;

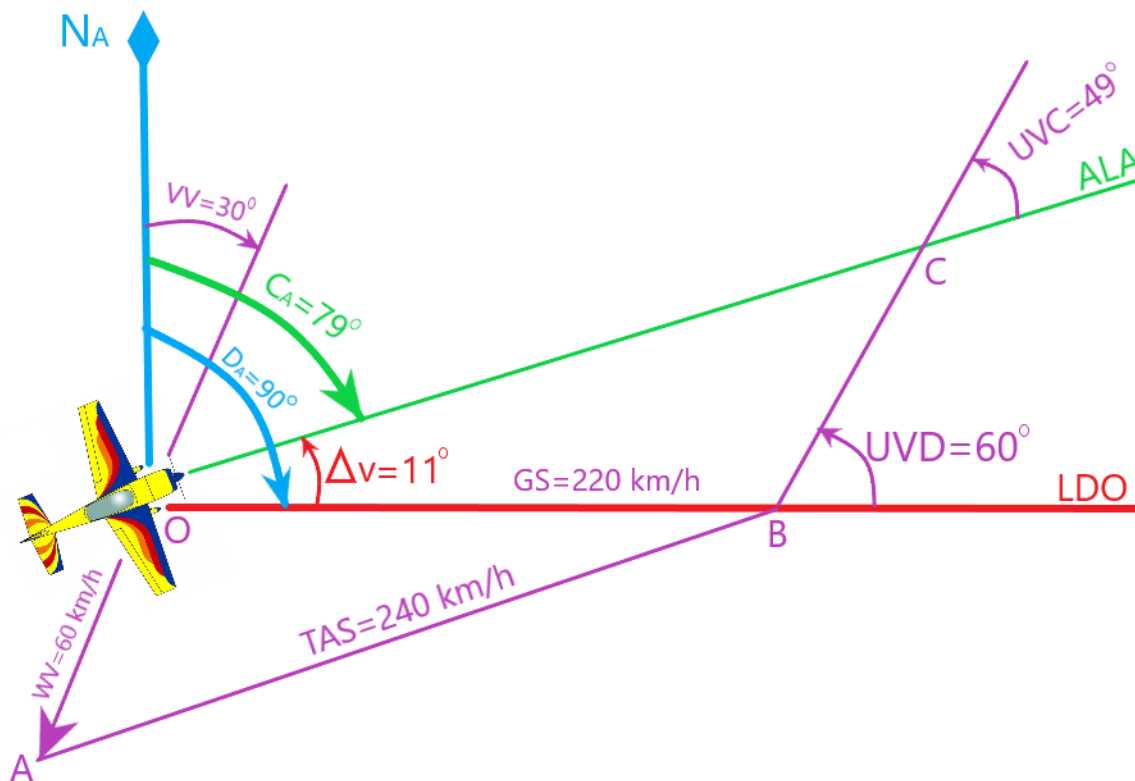


Fig.7.12

Pentru rezolvarea grafică a triunghiului de navigație al vitezelor se poate proceda și astfel:

În punctul O de pe LDO se aplică vectorul TAS și WV.

Construind paralelogramul forțelor se obține componenta OB care reprezintă GS. Unghiul cuprins între TAS și GS (unghiul AOB) este deriva avionului și trebuie măsurată cu raportorul.

Calcularea capului și a vitezei la sol:

Cunoscând drumul adevărat DA, se poate calcula capul adevărat CA cu ajutorul următoarelor formule:

$$CA = DA - (\pm \Delta v)$$

Viteza la sol se obține măsurând pe scara grafică lungimea vectorului OB.

Pentru rezolvarea analitică a triunghiului de navigație al vitezelor se folosește Teorema sinusurilor într-un triunghi oarecare. (vezi figura următoare)

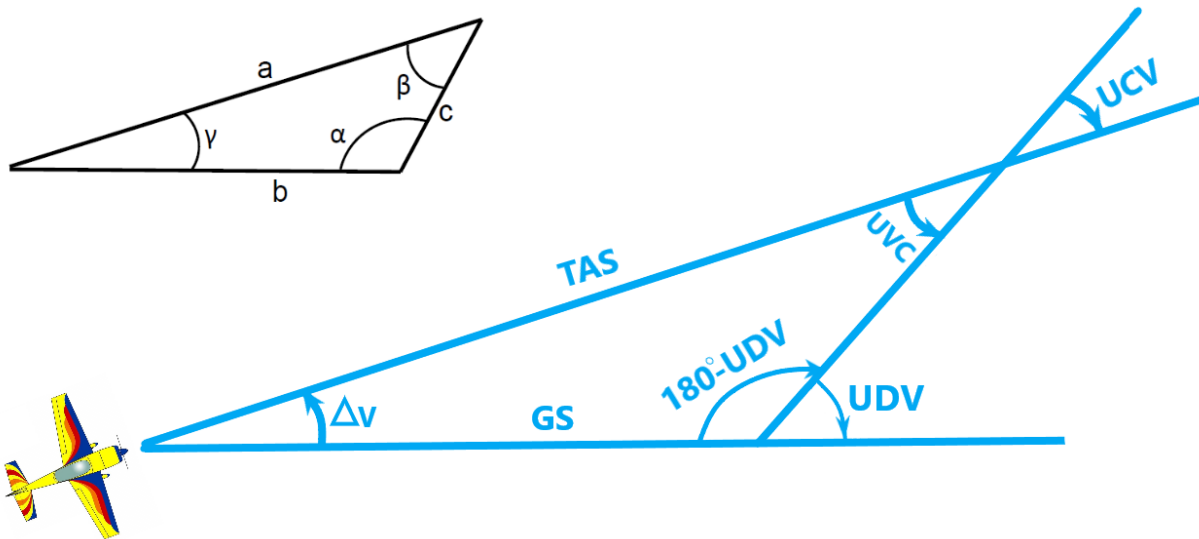


Fig.7.13

Rezolvarea analitică a triunghiului de navigație al vitezelor

În relația de mai sus, cunoscând trei elemente, se poate determina cel de-al patrulea. Această relație se poate aplica și la triunghiul de navigație al vitezelor.

Sunt necesare 2 precizări:

- unghiul adiacent al lui UVD este $180^\circ - UVD$, iar $\sin(180^\circ - UVD) = \sin UVD$;
- unghiul opus vectorului GS este UVC. Relația va deveni:

$$\frac{TAS}{\sin 180 - UVD} = \frac{GS}{\sin UVC} = WV$$

Pentru exemplul din figură se obțin următoarele valori: $UVD = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$

$$\frac{240 \text{ km/h}}{\sin 180 - 60} = \frac{60 \text{ km/h}}{\sin \Delta v}$$

sau

$$\frac{240}{\sin 60^\circ} = \frac{60}{\sin \Delta v}$$

de unde:

$$\sin \Delta v = 0,22, \text{ rezultă}$$

$$\Delta v = 12^\circ 40'. \text{ GS} = 205,5 \text{ Km/h};$$

$$CA = DA - (\Delta v) = 90^\circ - 12^\circ = 78^\circ.$$



Cunoscând capul adevărat, prin rezolvarea triunghiului de navigație al vitezelor se poate afla capul compas.

Cunoscând declinația magnetică (citită pe hartă) și deviația compasului (citită la bordul aeronavei), capul compas se calculează după formula:

$$CC = CA - (\pm\Delta m) - (\pm\Delta c) - (\pm\Delta v)$$

*Formule de calcul

$$DA = DM + (\pm\Delta m)$$

$$CA = CM + (\pm\Delta m)$$

$$DM = DA - (\pm\Delta m)$$

$$CM = CA - (\pm\Delta m)$$

$$DM = DC + (\pm\Delta c)$$

$$CM = CC + (\pm\Delta c)$$

$$DC = DM - (\pm\Delta c)$$

$$CC = CM - (\pm\Delta c)$$

$$DA = DC + (\pm\Delta c) + (\pm\Delta m)$$

$$CA = CC + (\pm\Delta m) + (\pm\Delta c)$$

$$DC = DA - (\pm\Delta c) - (\pm\Delta m)$$

$$CM = CA - (\pm\Delta m) - (\pm\Delta c)$$

*Relații de calcul între drumuri și capuri

$$CA = DA - (\pm\Delta v)$$

$$CM = DM - (\pm\Delta v) = DA - (\pm\Delta m) - (\pm\Delta v)$$

$$CC = DM - (\pm\Delta c) - (\pm\Delta v) = DA - (\pm\Delta m) - (\pm\Delta c) - (\pm\Delta v)$$

$$DA = CC + (\pm\Delta c) + (\pm\Delta m) + (\pm\Delta v)$$

9. Calculatorul de navigație

Calculatorul de navigație este un instrument analog sau digital utilizat în rezolvarea problemelor de navigație și planificare a zborului într-o manieră rapidă și ușoară.

Calculatorul de navigație analog este compus din două fețe:

- față utilizată pentru conversii, altitudine, timp, consum, viteză, distanțe

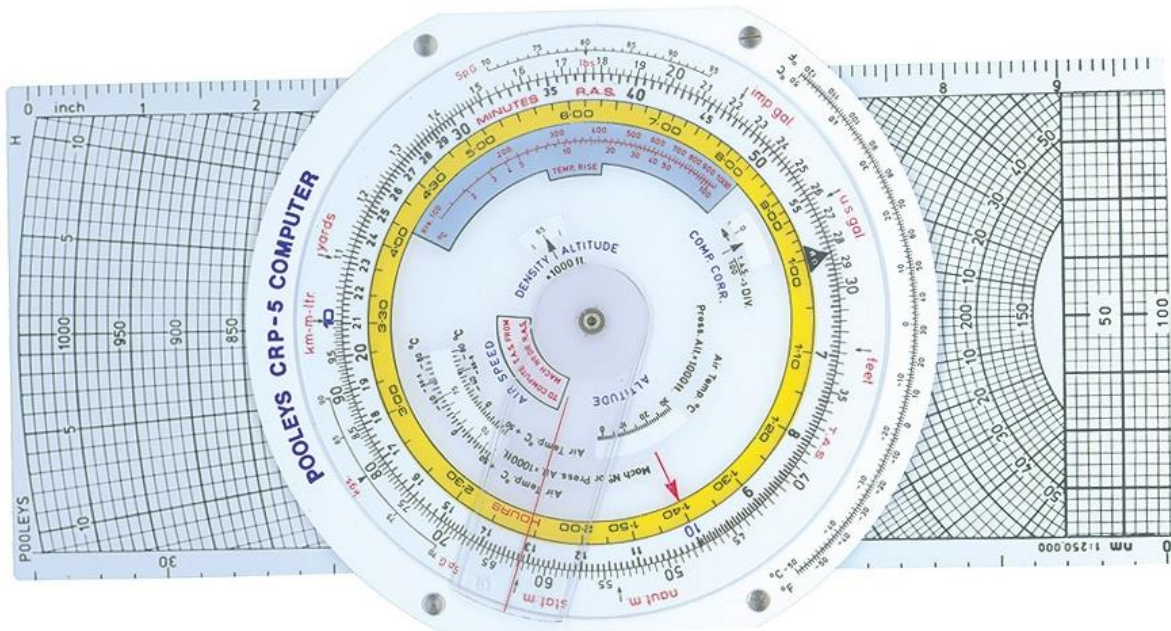


Fig.8.1

- față dedicată vântului

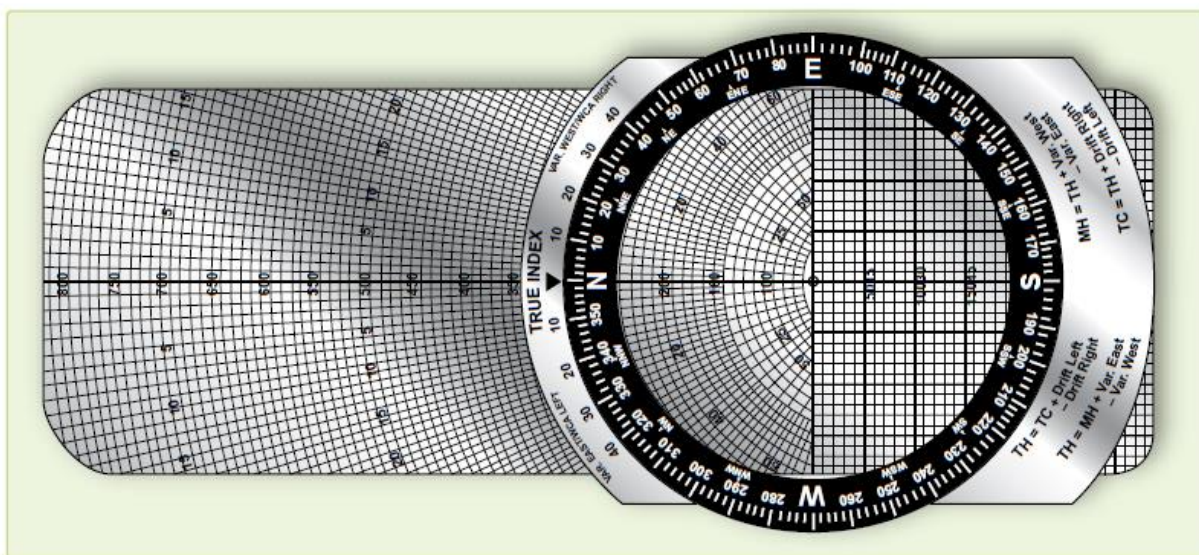


Fig.8.2

9.1 Reguli de utilizare pentru calculatorul analog

Este mult mai ușor de învățat cum să utilizați calculatorul de navigație dacă veți înțelege teoria din spate decât dacă veți învăța să efectuați operațiile în mod mecanic. Apariția calculatoarelor digitale din ultimii 30 ani a condus la o scădere a numărului de elevi piloți care să știe să utilizeze un calculator de navigație clasic.

Vom începe explicarea modului de folosire pornind de la simplă problemă a adunării.

Ne vom imagina că avem de adunat două numere dar fără a fi învățat în prealabil cum să facem acest lucru. O metodă simplă de a rezolva problema este să folosim două rigle.

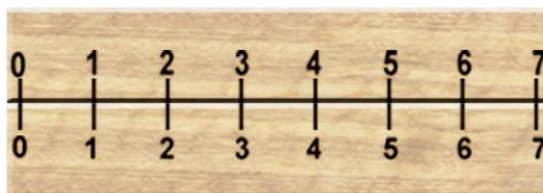
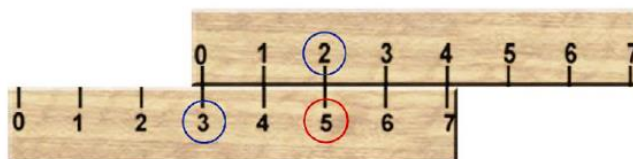


Fig. 8.3

Să presupunem că avem de adunat $3+2$. Vom poziționa indicația zero a riglei de deasupra în dreptul valorii 3 a riglei de dedesubt, ca în figura de mai jos. Acum ne vom uita la valoarea indicată de rigla de jos în dreptul cifrei 2 a riglei de deasupra.



$$3 + 2 = 5$$

Fig. 8.4

Se observă că printr-o simplă aliniere a riglei se poate citi valoarea adunării.

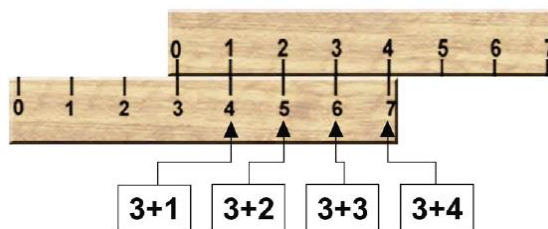
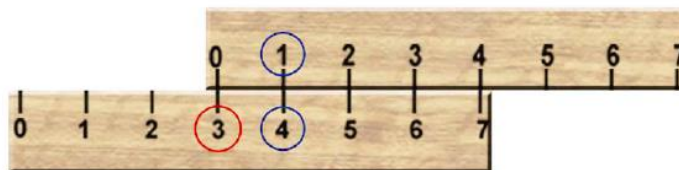


Fig. 8.5

Pentru a scădea două numere, vom alinia, de exemplu, cifra 4 de pe rigla inferioară cu numărul 1 de pe cea superioară iar apoi vom citi valoarea numărului aflat pe rigla inferioară din dreptul valorii zero de pe rigla superioară.



$$4 - 1 = 3$$

Fig.8.6

Acum, reținând această metodă, vom aborda o problemă total diferită. Să presupunem că avem de înmulțit 4×8 , dar fără a fi învățat să efectuăm o înmulțire. Putem aborda această problemă tratând-o ca $2^2 \times 2^3$, adică $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$.

Cu alte cuvinte, pentru a înmulți două numere exprimate ca puteri cu aceeași bază, se adaugă indicele acestora. Dacă punem numerele pe o riglă logaritmică, în locul unei rigle scalare, lungimea riglei va fi funcție de proporția indicilor ei.

Riglă scalară



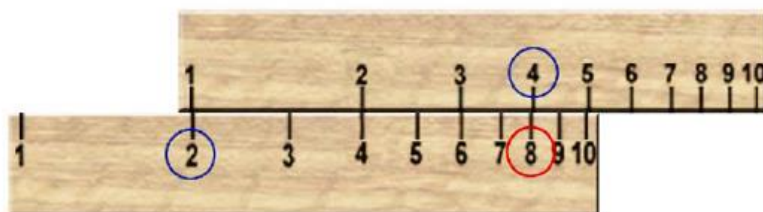
Riglă logaritmică



Fig.8.7

Acum vom putea utiliza mai ușor rigla pentru înmulțiri și împărțiri în locul adunărilor și scăderilor, ceea ce este mult mai util.

De exemplu, pentru a înmulți cu 2, vom alinia cifra 1 a riglei superioare în dreptul cifrei 2 de pe rigla inferioară.



$$2 \times 4 = 8$$

Fig.8.8

Citind scara riglei superioare în orice punct vom regăsi rezultatul înmulțirii aceluși număr cu 2 pe scara riglei inferioare. Acest lucru este valabil pentru orice număr.

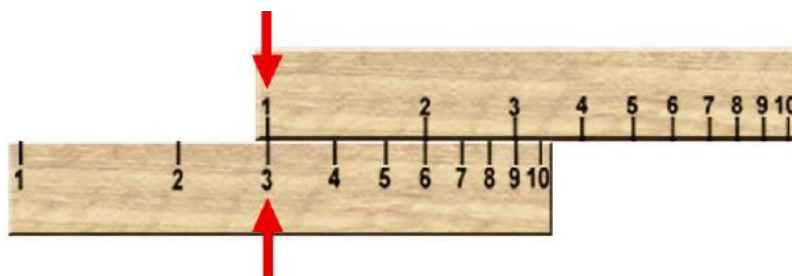


Fig. 8.9

De notat faptul că acest procedeu este valabil și pentru cazul inversării pozițiilor celor două rigle.

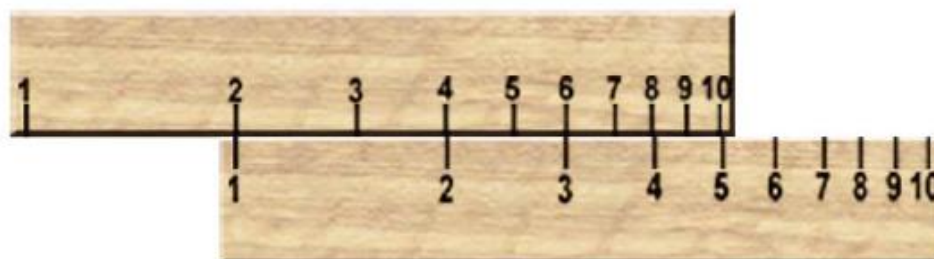
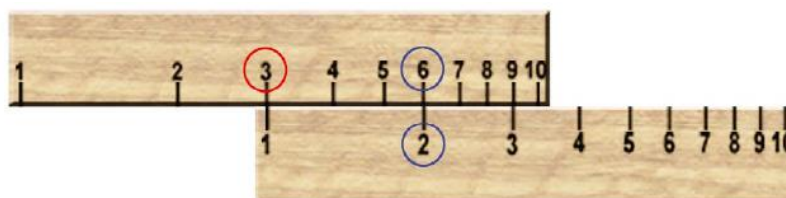


Fig. 8.10

Pentru a împărți două numere, să zicem 6 (pe rigla superioară) cu 2 (pe rigla inferioară), răspunsul va fi afișat pe rigla superioară în dreptul valorii 1 a riglei inferioare.



$$6 \div 2 = 3$$

Fig. 8.11

Calculatorul de navigație transformă, însă, rigla liniară într-una circulară.

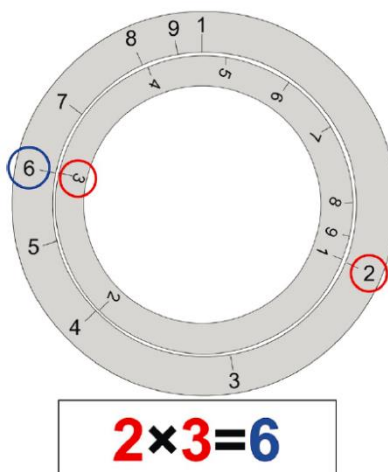


Fig.8.12

Înainte de a începe să utilizăm un calculator de navigație va trebui să analizăm scara acestuia. Pe o scară nu se află valori mai mici de 10 și nici valori mai mari de 99.9. În consecință, vom fi nevoiți să introducem mental zecimalele. De exemplu, numărul 12 poate reprezenta valorile 0.12, 12, 120, 1200, etc. Se va pune punctul zecimal după efectuarea operației cu calculatorul de navigație.

Nici o valoare nu este mai mică de 10

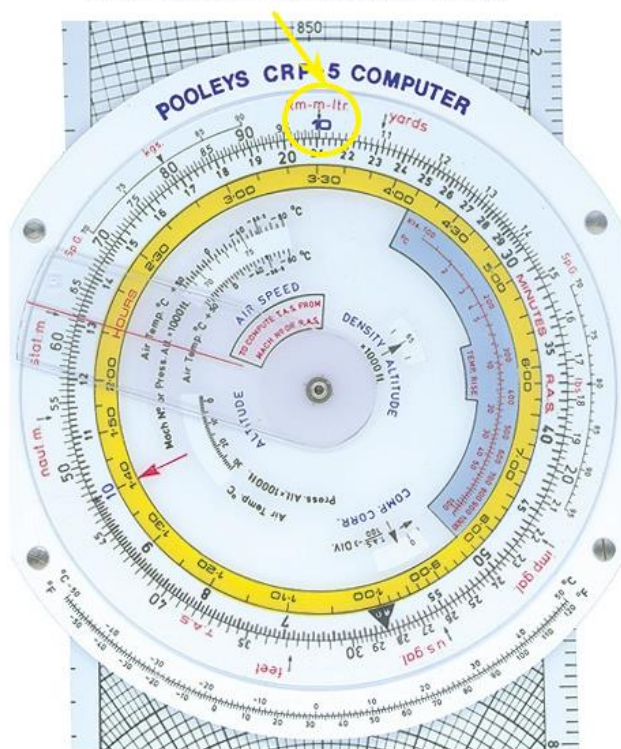


Fig.8.13

Pentru clarificare și o înțelegere mai bună, vom da două exemple.

Exemplul 1

Să presupunem că avem de înmulțit 11.5 cu 2.54. Vom aproxima pentru început calculul. Acesta este aproximativ 10 (11.54) de înmulțit cu 2.5 (2.54), deci răspunsul aproximativ va fi 25 și nu 2.5 sau 250.

Cunoscând acum ordinul de mărime al rezultatului, vom putea folosi rigla circulară. Vom alinia 11.5 de pe scara exterioară cu 1.0 de pe scara interioară.

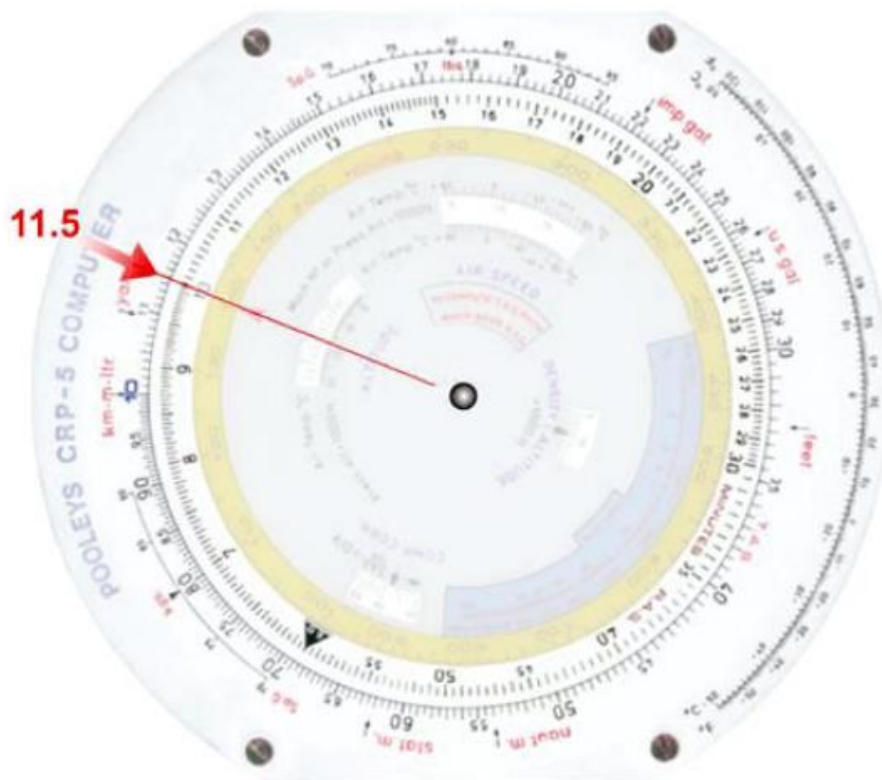


Fig.8.14

Vom căuta acum 2.54 de pe scara interioară și vom citi valoarea de pe scara exterioară din dreptul valorii 2.54.

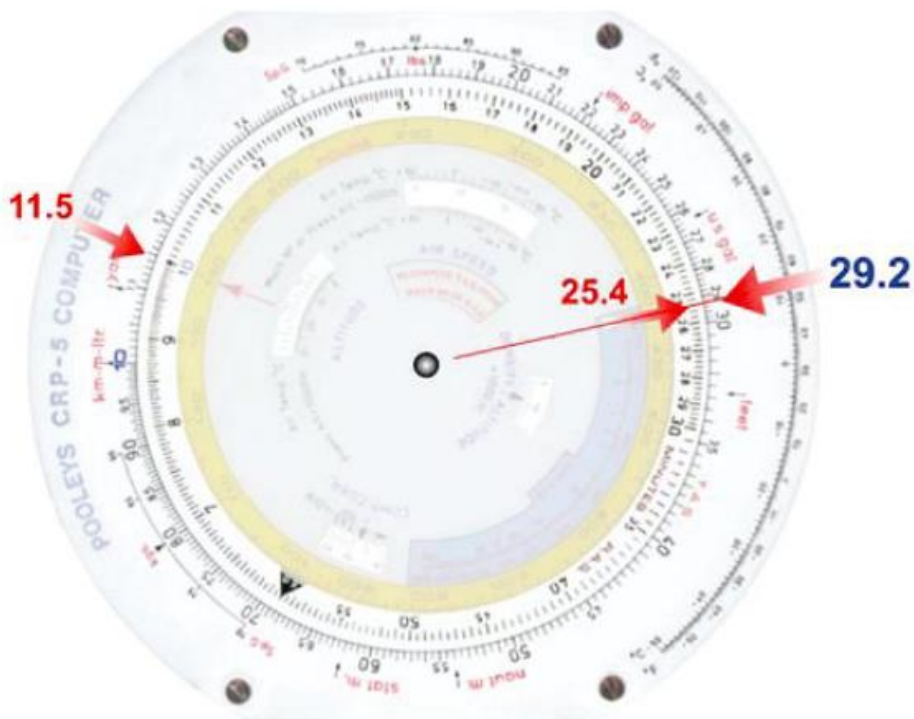


Fig.8.15

Dar este oare corect acest ordin de mărime? Care dintre valorile 2.92, 29.2 sau 292 este răspunsul corect? Știind că din calculul aproximativ răspunsul este 25, atunci 29.2, fiind de același ordin de mărime, va fi răspunsul corect.

Exemplul 2

Vom împărți acum 3050 la 3.28. Calculul aproximativ este făcut prin împărțirea numărului 3000 la 3 adică 1000. Răspunsul nostru va fi o valoare puțin sub 1000, adică 990 și ceva.

Căutăm valoarea 3500 pe scara exterioară și aliniem cursorul pe ea. În continuare căutăm valoarea 3.28 pe scara interioară pe care vom alinia cursorul.

Vom căuta acum numărul 10 pe scara interioară și vom citi din nou valoarea indicată pe scara exterioară.

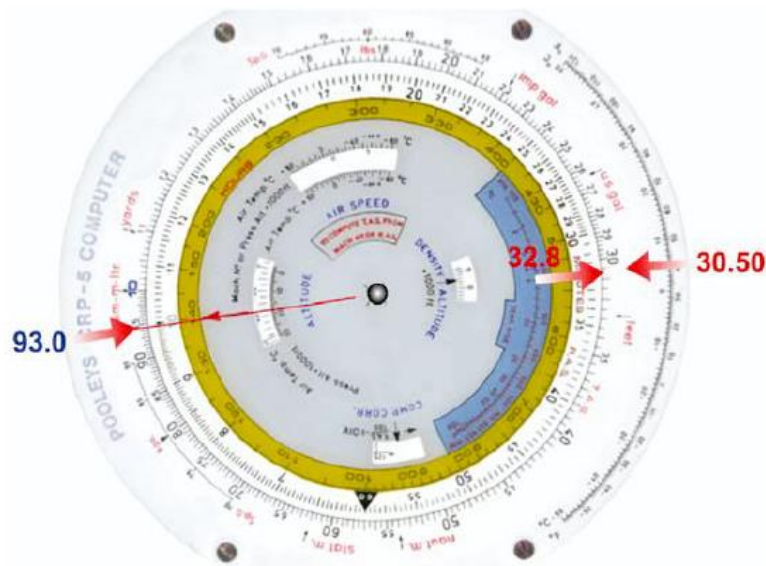


Fig.8.16

Răspunsul inițial este 93.0. Dar este oare acesta ordinul de mărime corect? Cunoaștem că din calculul aproximativ ar trebui să fie în jurul valorii de 900, deci răspunsul corect va fi 930.

9.2 Rate de urcare/coborâre și rapoarte

Vom îmbunătăți înțelegerea procesului de divizare cu ajutorul unui alt exemplu.

Rata de urcare medie a unei aeronave este dată ca fiind 700 ft/min. Cât timp va dura ca aeronava să urce de la 3000 ft la 20000 ft?

Aeronava va urca 17000 ft cu o rată de 700 ft/min. Împărțirea directă a numărului 17000 la 700 va da numărul de minute necesare efectuării ascensiunii.

Care este ordinul aproximativ de mărime corect?

700 ft într-un minut înseamnă 7000 ft în 10 minute și 14000 ft în 20 minute, deci 17000 ft vor fi urcați în 20 și ceva minute.

Ca metodă alternativă, 700 ft/min nu este departe de 1000 ft/min. Deci suma este aproximativ 17000/1000, ceea ce va însemna că valoarea va fi puțin peste 17.

Plasați valoarea 17000 (arătată ca 17) de pe scara exterioră în partea de sus. Roțiți discul pentru a alinia valoarea 700 (arătat ca 7) de pe scara interioară cu valoarea 17.

Roțiți discul în sensul celui mai scurt drum (în sens orar în acest caz) pentru a aduce numărul 10 al scării interioare în partea de sus. Opus valorii 10 de pe scara exterioră este răspunsul 243, ceea ce va conduce la valoarea răspunsului final, adică 24.3 minute.

Se poate, de asemenea, aborda problema într-o manieră puțin diferită, rezolvând-o cu ajutorul rapoartelor.

Aeronava urcă cu 700 ft/min, ceea ce înseamnă că 17000 ft îi va urca în "t" minute. Acest

lucru se poate scrie sub forma:

$$\frac{700}{1} = \frac{17000}{t}$$

Dacă punem această ecuație pe scara calculatorului cu numărătorii 700 și 17000 pe scara exterioară plasați deasupra numitorilor 1 și t de pe scara interioară, vom găsi soluția problemei.

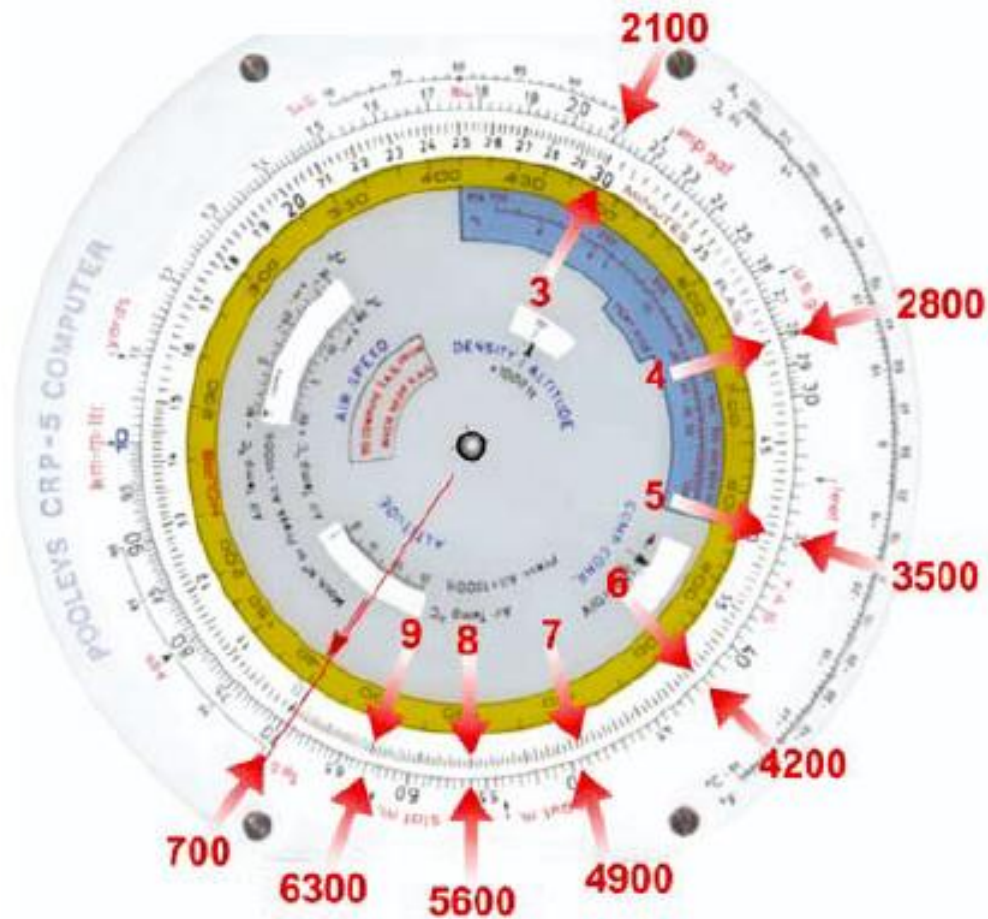


Fig.8.17

Se aliniază 700 (arătat ca 70) de pe scara exterioară exact deasupra valorii 1 (arătată ca 10) a scării interioare.

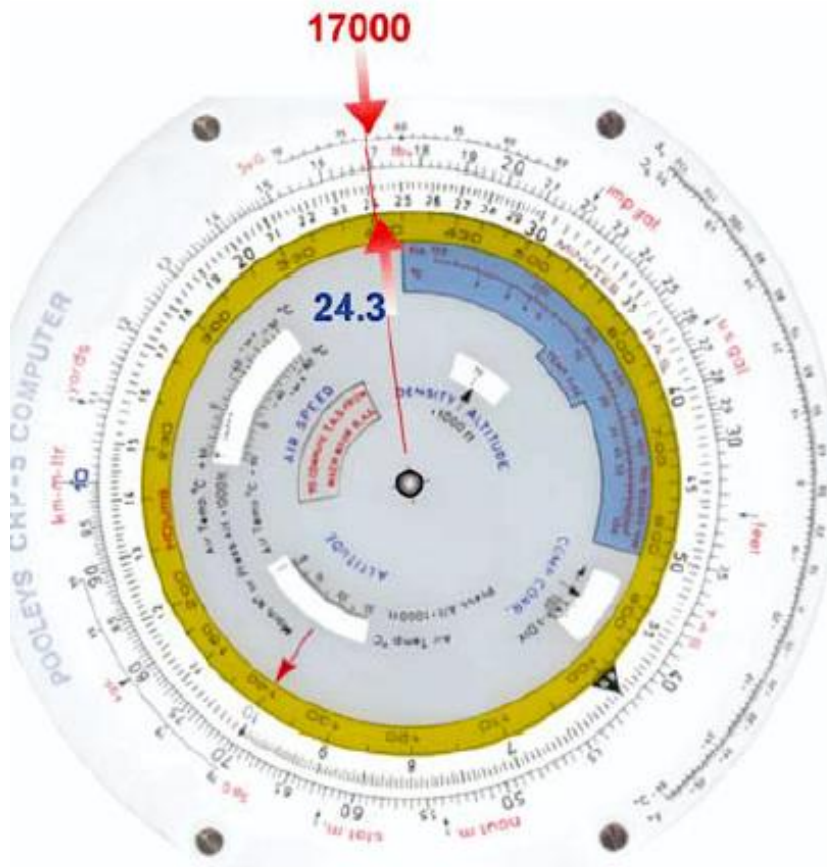


Fig.8.18

Se rotește în sens orar discul și se caută termenii ecuației din partea dreaptă. Se caută valoarea 17000 (arătată ca 17) pe scara exterioară. Imediat sub ea, vom găsi valoarea 24.3 pe scara interioară.

Săgeata roșie de pe scara interioară a unui calculator de navigație este indicată de valoarea "1" și este utilizată ca referință a scării interioare dacă răspunsul căutat are aceeași unitate de măsură. Dacă săgeata roșie este folosită pentru a indica "1 minut", atunci răspunsurile vor fi în minute. Aceasta este valabilă dacă valoarea ratei de urcare/coborâre este raportată la minut. Dacă săgeata roșie este folosită pentru a indica "1 oră", atunci răspunsul așteptat va fi în ore și zecimi de oră.

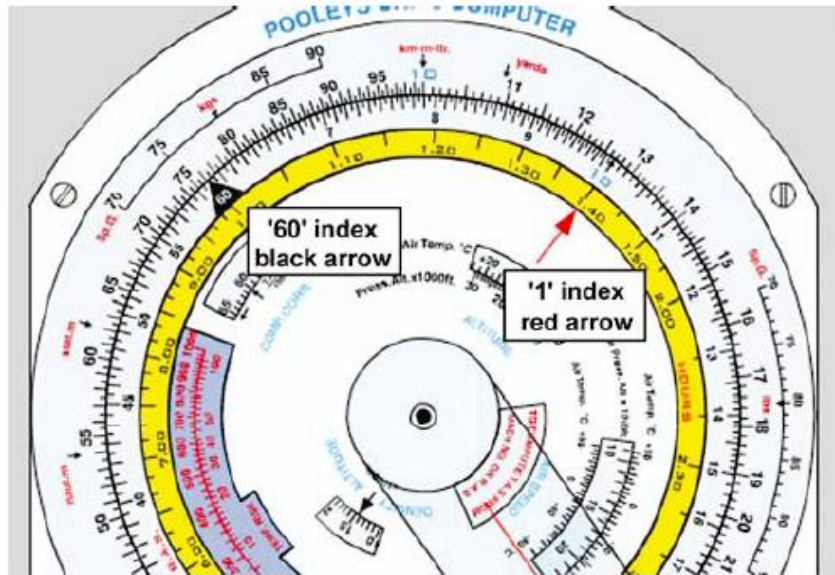


Fig.8.19

9.3 Calculul distanței, timpului și vitezei

În cazul problemelor de distanță, viteză și timp, scara exterioară este folosită **întotdeauna** pentru distanță sau viteză iar scara interioară este folosită **întotdeauna** pentru timp.

Exemplul 1: Cât de departe putem zbura în 48 minute având $GS = 120$ kt?

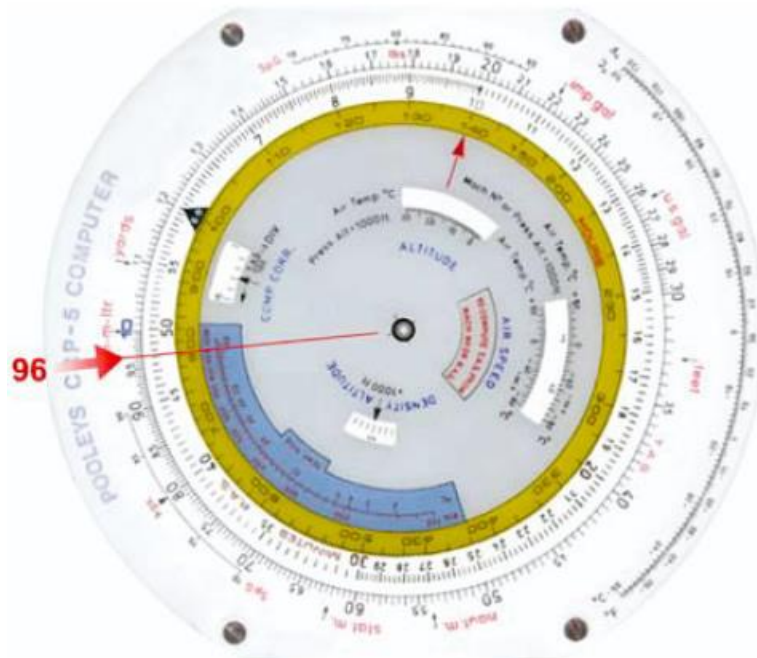


Fig.8.20

Pentru început, vom seta valorile cunoscute. Vom seta viteza față de sol ducând triunghiul negru '60' la valoarea 120 kt de pe scara exterioară. În continuare căutăm valoarea 48 a minutelor pe scara interioară. Citind răspunsul pe scara exterioară vom găsi 96 nm.

Exemplul 2: În 30 minute ați parcurs 90 nm. Cât este valoarea GS?

Vom seta inițial valorile cunoscute, 30 minute pe scara interioară aliniată cu 90 nm pe scara exterioară.

Citim viteza față de sol indicată de triunghiul negru. Valoarea indicată este 18.0. Acum, care este ordinul de mărime? La 18 kt, aeronava este angajată; la 1800 kt aeronava se rupe. Drept urmare, judecând logic, valoarea pe care o căutăm este 180 kt care este chiar și răspunsul corect.



Fig.8.21

Scara galbenă de pe calculatorul de navigație permite convertirea minutelor în ore și minute. Dacă folosim tringhiul negru '60' ca rată orară, vom obține răspunsul în minute, chiar și atunci când este mai mare de o oră.

Să presupunem că un răspuns este egal cu 142.6 minute. Uitându-ne la scara galbenă, putem observa că această valoare este între 2 ore și 2 ore jumătate. Drept urmare, răspunsul va fi 2 ore și 22.6 minute.

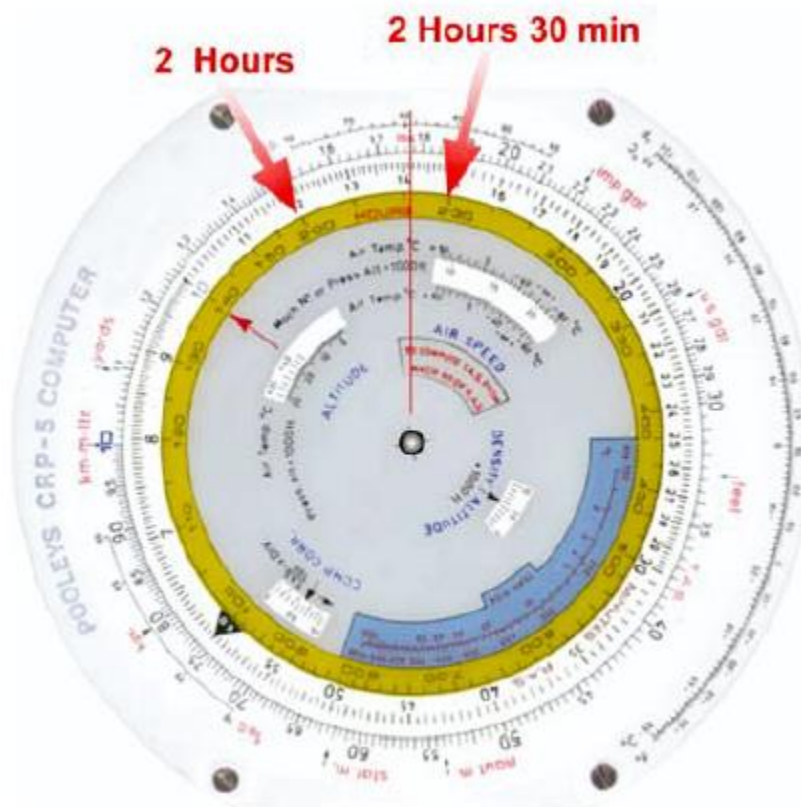


Fig.8.22

Scara albastră va da valoarea diferenței dintre temperatura totală a aerului (TAT) și temperatura statică a aerului (SAT), denumită creștere ram.

$$\text{Creșterea ram} = TAT - SAT$$

Temperatura statică a aerului este temperatura mediului ce înconjoară aeronava fără inexactități cauzate de procesul de măsurare în sine. Aceasta este temperatura de care avem nevoie pentru a calcula TAS din CAS și altitudinea sau pentru a calcula TAS din numărul Mach.

O aproximare bună a valorii creșterii ram este dată de:

$$\text{Creșterea ram} = \left(\frac{TAS}{100}\right)^2 \text{ unde TAS este în kt}$$

9.4 Calculul consumului de combustibil

Problema consumului de combustibil funcționează pe același principiu ca problemele de distanță/viteză/timp. În mod normal obținem un consum orar, deci vom folosi baza 60, și vom citi răspunsul în minute. Dacă se obțin mai mult de 60 minute, vom utiliza scara galbenă pentru conversia minutelor în ore și minute.

Exemplul 1: Consumul dumneavoastră orar este de 2300kg/h. Până la destinație este 1 ora și 37 minute de zbor. Cât combustibil veți folosi?

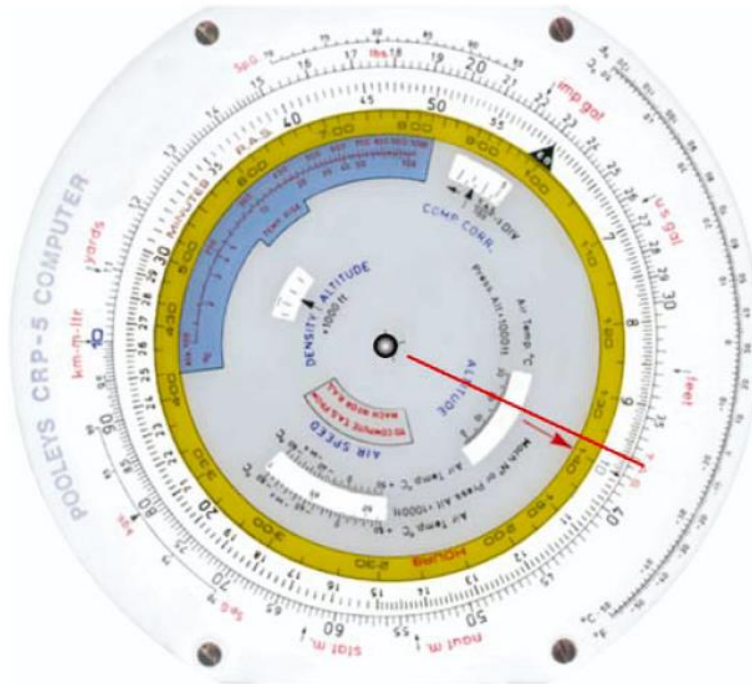


Fig.8.23

Țineți minte că minutele sunt întotdeauna pe scara interioară.

Setați tringhiul negru în dreptul valorii 2300. Aliniați cursorul cu 1 oră 37 minute pe scara galbenă sau 97 minute pe scara interioară. Citiți valoarea răspunsului: 37.2 pe scara exterioară. Ordinul de mărime evident al răspunsului este 3720 kg.

Utilizând un computer digital veți obține valoarea 3718.33 kg.

Exemplul 2: Ați utilizat 3700 litri în 1 oră și 45 minute. Care este consumul dumneavoastră orar?

Se caută valoarea 3700 pe scara exterioară pe care se pune cursorul. Aduceți 1 oră și 45 minute (105 minute) de pe scara minutelor în aliniament cu cursoul. Utilizați scara galbenă pentru a converti orele și minutele în minutele necesare.

Citiți valoarea consumului din dreptul tringhiului negru. Răspunsul este 21.1, dar respectând ordinul de mărime, valoarea consumului va fi 2110 kg/h.

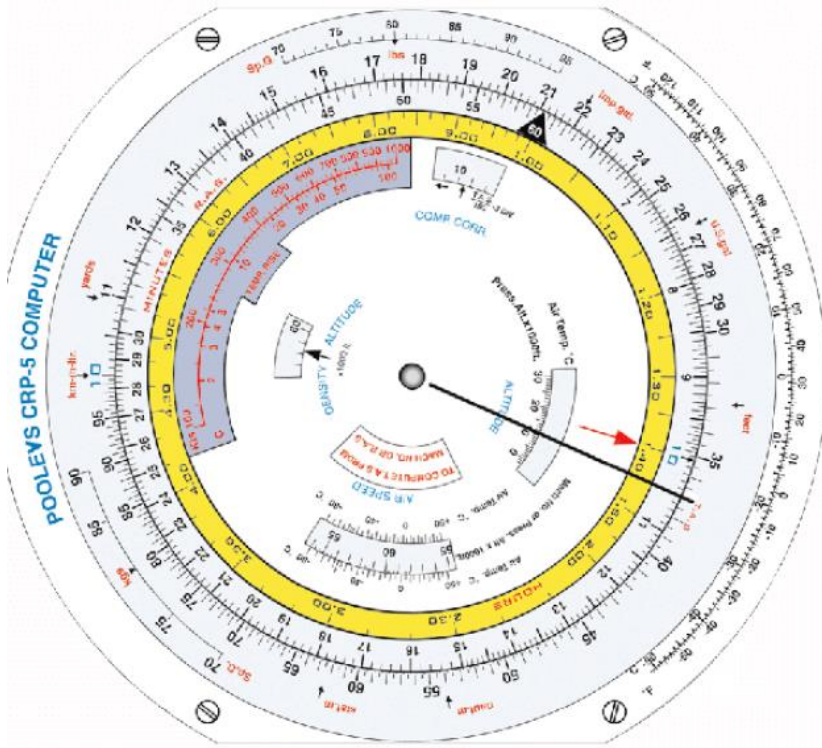


Fig.8.24

9.5 Conversia distanțelor

Calculatorul de navigație poate fi folosit și pentru conversia distanțelor.

În afara scării exterioare sunt marcați diferiți indecși cu culoare roșie pentru 3 tipuri de distanțe.

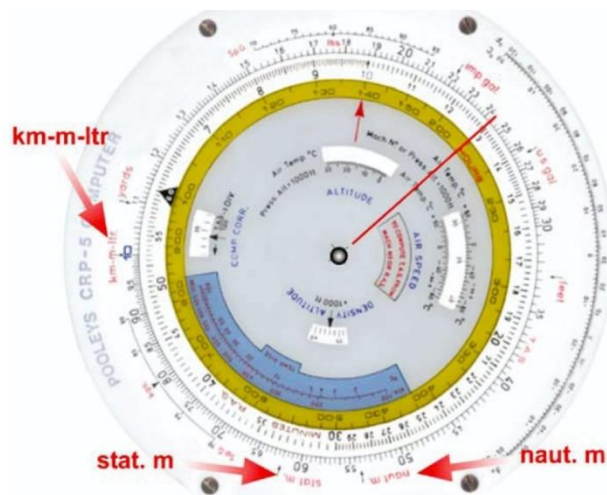


Fig.8.25

Exemplul 1: Converteți 148 km in mile statutare și în mile nautice

Indicele km-m-ltr de pe scara exterioră este la 10 iar indicele naut m este la 54 (sau 5.4). Știm că distanța de la Ecuator la poli este 10000 km sau $90^\circ \times 60 \text{ nm}/^\circ = 5400$ mile nautice. Astfel $5400 \text{ nm} = 10000 \text{ km}$, deci $10 \text{ km} = 5.4 \text{ nm}$.

Aliniați 148 de pe scara interioară cu indicele săgeată km-m-ltr.

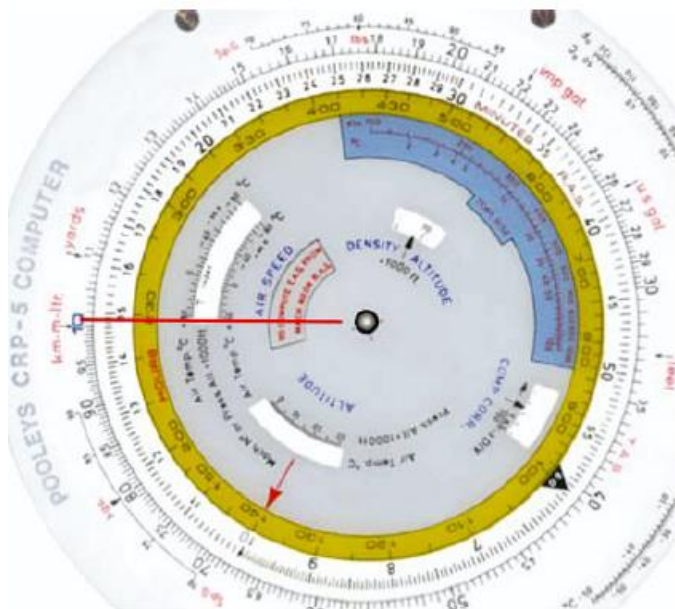


Fig.8.26

Mutați acum cursorul la indicele săgeată naut m. Valoarea afișată este 8.0 (pe scara interioară), echivalentul a 8 nm.



Fig.8.27



Pentru a obține răspunsul în mile statute, vom alinia cursorul cu indicele săgeată stat m și vom citi valoarea 92.

9.6 Calculul TAS

Pentru a corecta CAS în TAS este necesară împărțirea rădăcinii pătrare a densității relative.

$$CAS = TAS \sqrt{\text{densitatea relativă}}$$

Flight Level	ISA Temp (°C)	Pressure (hectopascals)	ISA Density (gm/m ³)	Number of feet to a hectopascal at this level
00	15	1013.25	1225	27
50	5	843	1056	32
100	-5	697	905	37
150	-15	572	771	43
200	-25	466	653	51
250	-35	376	549	61

Densitatea relativă se referă la valoarea acesteia în condiții ISA la MSL, adică 1.225 kg/m³.

Să presupunem că zburăm la 100 kt CAS la FL200 în condiții ISA. Densitatea la acest nivel este 653 g/m³. Pentru a calcula densitatea relativă:

$$\text{densitatea relativă} = \frac{653}{1225} = 0.5331$$

Astfel:

$$\sqrt{\text{densitatea relativă}} = \sqrt{0.5331} = 0.7301$$

$$\text{Deci, cu CAS} = 100 \text{ kt, TAS} = \frac{100}{0.7301} = 136 \text{ kt}$$

Pe calculatorul de navigație avem 4 cadrane marcate VITEZĂ, COMP CORR (corecție de compresibilitate), ALTITUDINE și ALTITUDINE DENSIMETRICĂ.

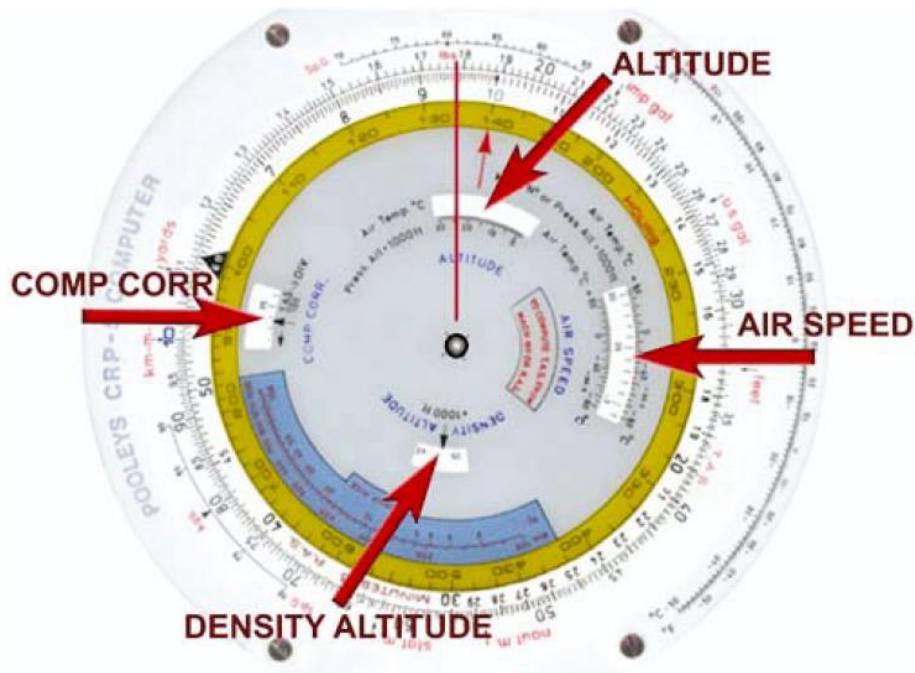


Fig.8.28

În cadranul VITEZĂ, aliniați FL200 cu -25°C . Această acțiune a afectat poziția scării interioare față de cea exterioară, acestea fiind aliniate funcție de raportul rădăcinii pătrate a densității relative. Dacă se dorește verificarea acestui lucru, priviți către valoarea 1 (scrisă ca 10) pe scara exterioară. În dreptul ei, pe scara interioară, se va vedea valoarea raportului, adică 0.7301.

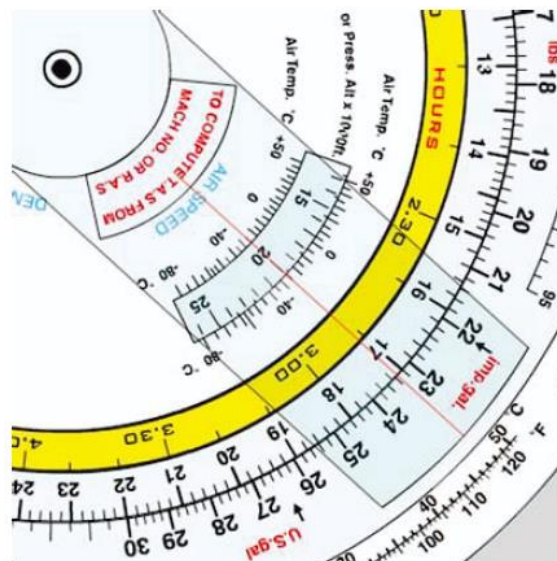


Fig.8.29

Acum, avem CAS pe scara interioară și TAS pe cea exterioară. Conform explicației de mai sus, 100 kt CAS la FL200 și -25°C echivalează cu 136 kt TAS.

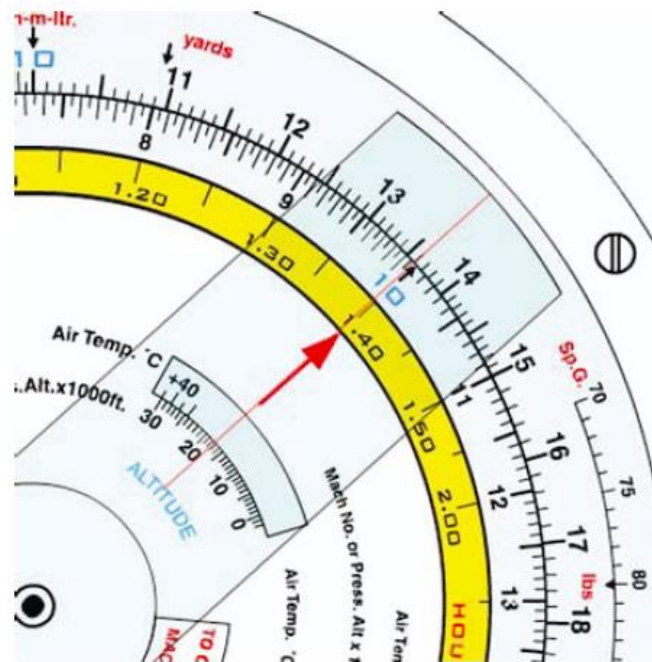


Fig.8.30

O alta metodă, folosind doar calculatorul de navigație este prezentată sub forma următorului exemplu:

Sunteți la 18000 ft iar SAT este -30°C . CAS este 170 kt. Cât este valoarea TAS?

În cadranul VITEZĂ, setați altitudinea (18000 ft) raportată la COAT (-30°C).

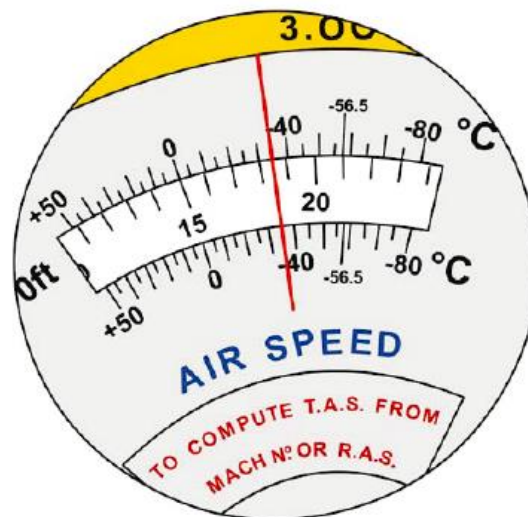


Fig.8.31

Căutați valoarea 170 kt CAS pe scara interioară. Mutați cursorul dacă este nevoie. Citiți acum valoarea indicată de scara exterioară (220 kt TAS)



Fig.8.32

9.7 Calculul altitudinii adevărate cu ajutorul altitudinii indicate și a temperaturii

Altitudinea este calibrată în raport cu atmosfera ISA, așadar cu un set de valori standard. Dacă temperaturile dintr-o anumită zi la diferite nivele ale atmosferei sunt diferite față de ISA, valoarea indicată pe altimetru nu va corespunde cu altitudinea reală. La nivele mari de zbor aceasta nu reprezintă o problemă așa de mare dar, la zborurile de la altitudini joase necesitatea cunoașterii altitudinii reale este importantă pentru a menține o separație față de sol.

$$\text{Altitudinea adevărată} = \text{Altitudinea indicată} + \left(\frac{\text{Deviația ISA}}{273} \times \text{Altitudinea indicată} \right)$$

sau

$$\text{Altitudinea reală} = \text{Altitudinea indicată} + \left(\text{Deviația ISA} \times \frac{4}{1000} \times \text{Altitudinea indicată} \right)$$

Exemplu: Altitudinea indicată este 20000 ft, SAT este -35°C . Care este altitudinea adevărată?
ISA la FL200 este -25°C , așadar SAT a noastră de -35°C este $\text{ISA} - 10^{\circ}\text{C}$. Înlocuind în ecuațiile de mai sus, obținem:

$$\text{Altitudinea reală} = 20000 + \left(-10 \times \frac{4}{1000} \times 20000\right)$$

$$\text{Altitudinea reală} = 20000 + (-800) = 19200 \text{ ft}$$

Utilizând același exemplu, vom calcula cu ajutorul calculatorului de navigație. În cadranul ALTITUDINE, aliniați 20000 ft cu SAT de -35°C . Astfel, s-a stabilit relația dintre scara interioară cu cea exterioară



Fig.8.33

Scara exterioară va indica acum valoarea altitudinii adevărate funcție de altitudinea indicată pe scara interioară, adică 19200 ft.



Fig.8.34

9.8 Calculul vitezei vântului

Un pilot trebuie să cunoască dacă vântul va afecta aeronava în timpul zborului la un anumit nivel. Această informație este disponibilă în prognozele meteorologice, dar problema acestor prognoze este suprafață acoperită și valabilitatea întinsă de-a lungul câtorva ore. În consecință, ele pot fi numai un ghid general asupra unei anumite zone. Dacă se dorește găsirea exactă a vântului care vă va afecta pe dumneavoastră la nivel local în momentul de față, calculatorul de navigație este instrumentul potrivit.

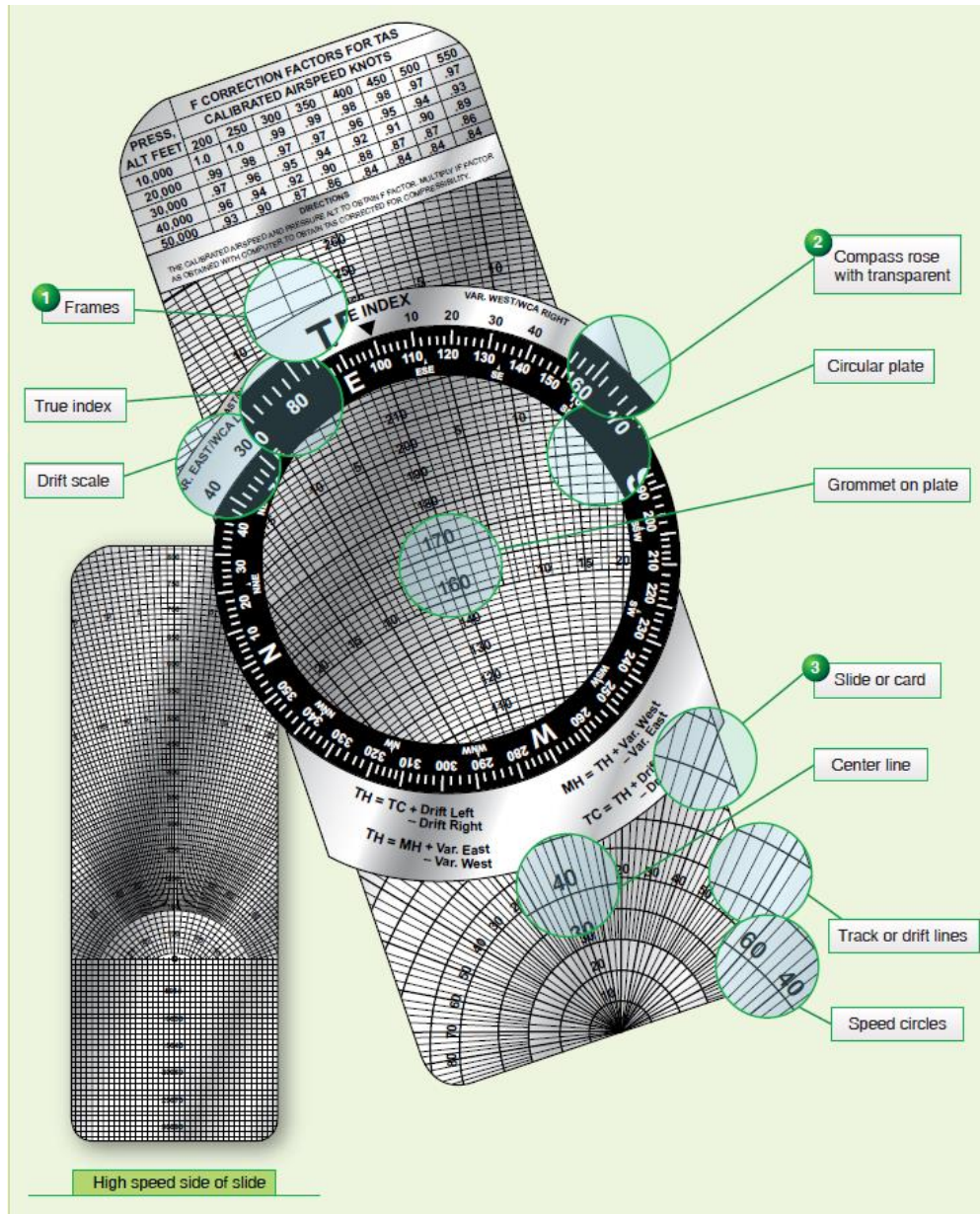


Fig.8.35

Să luăm următoarea situație ca exemplu:

Zburați pe capul $060^{\circ}T$ la $TAS = 140$ kt, pentru a urma un traiect planificat.

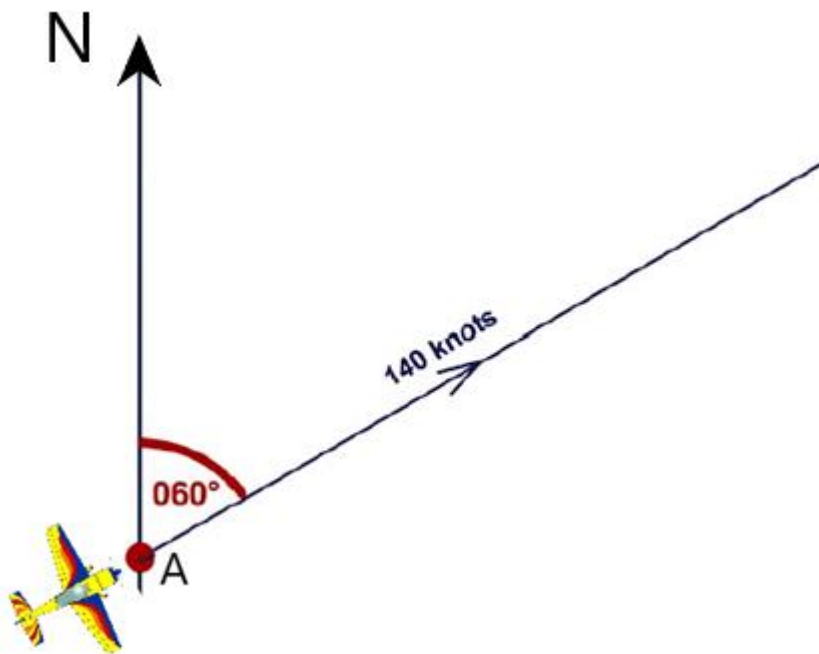


Fig.8.36

Odată aflați în zbor, vă îndreptați către punctul B, aproximativ la 20 minute după ce ați trecut de verticala unui reper terestru A.

Măsurați unghiul drumului de la A la B pe hartă și aflați că este $065^{\circ}T$. Măsurați de asemenea și distanța dintre cele două puncte și găsiți că are valoarea de 40 mile nautice. Dacă ați zburat 40nm în 20 minute, atunci viteza dumneavoastră față de sol trebuie să fie 120 kt.

Cunoașteți, deci, următoarele:

Capul = $060^{\circ}T$

TAS = 140 kt

Drumul = $065^{\circ}T$

Viteza față de sol = 120 kt

Triunghiul vitezelor va arăta astfel:

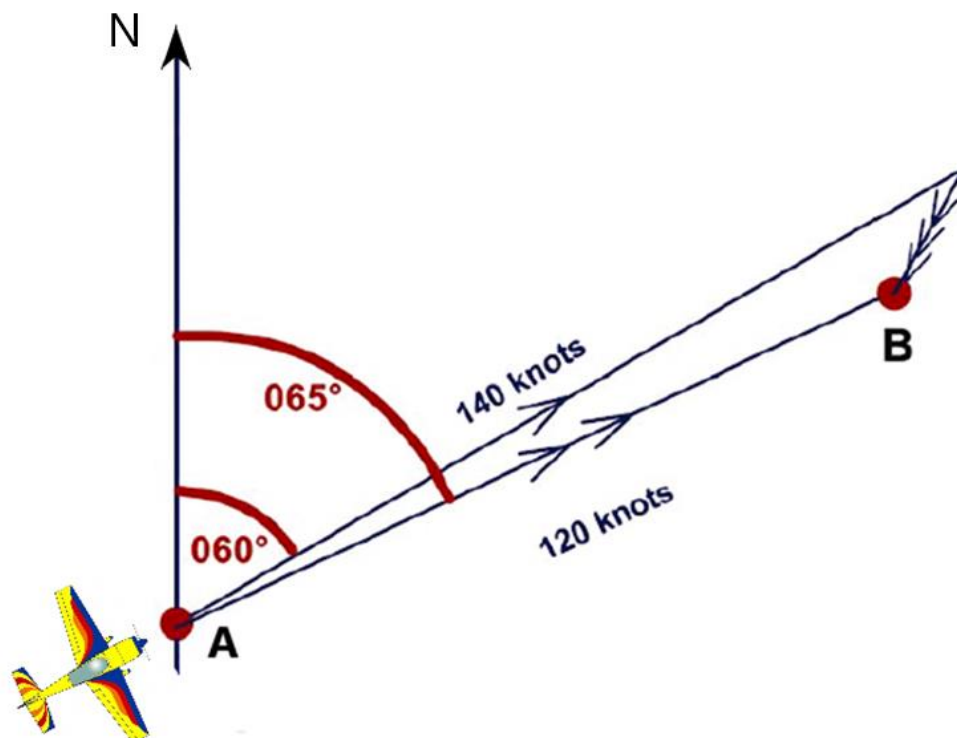


Fig.8.37

Cât este viteza vântului?

Pe calculatorul de navigație, se setează capul 060° pe indicele capului iar TAS de 120 kt funcție de punctul albastru, Acesta reprezintă punctul vântului.

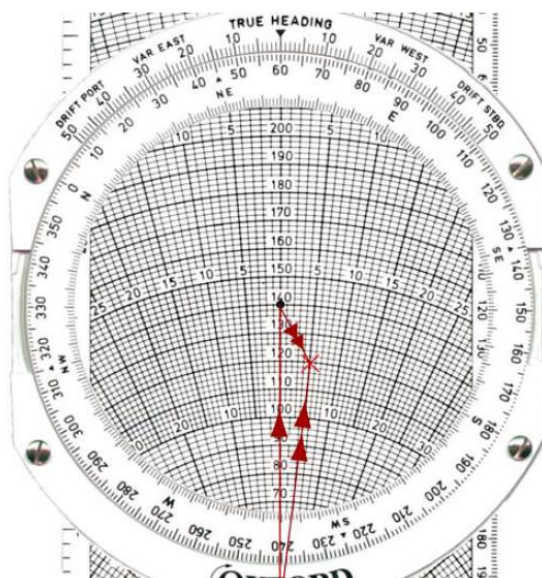


Fig.8.38

Tringhiul vitezelor va arăta sub această formă. În continuare va trebui să măsurăm vântul.

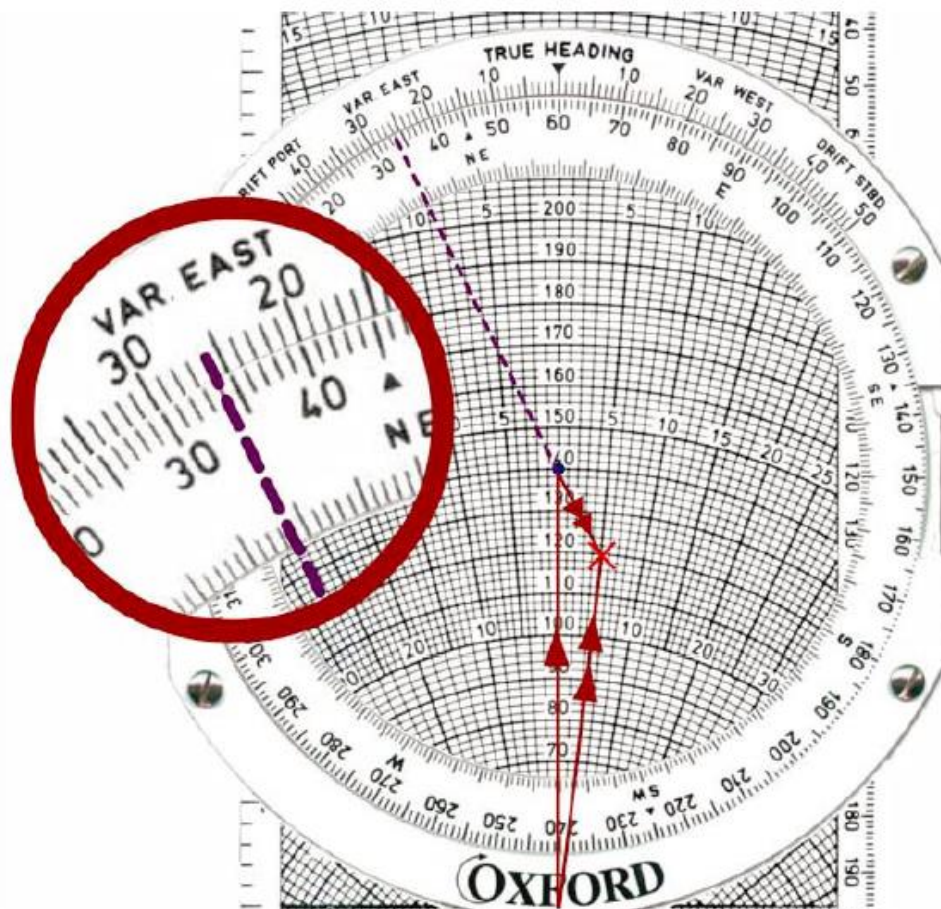


Fig.8.39

Se poate observa că direcția vântului este din aproximativ 030° iar intensitatea sa de aproximativ 20 kt.

Totuși, avem nevoie să măsurăm valoarea vitezei puțin mai precis.

Vom roti marcajul vântului la ora 6, putând astfel să citim acum direcția mult mai precis. Putem citi acum lungimea segmentului vectorului vânt mult mai precis.

Astfel, direcția și viteza vântului sunt, în acest exemplu, $034^\circ / 23$ kt. Acesta este vântul ce a afectat zborul aeronavei în ultimele 20 minute.

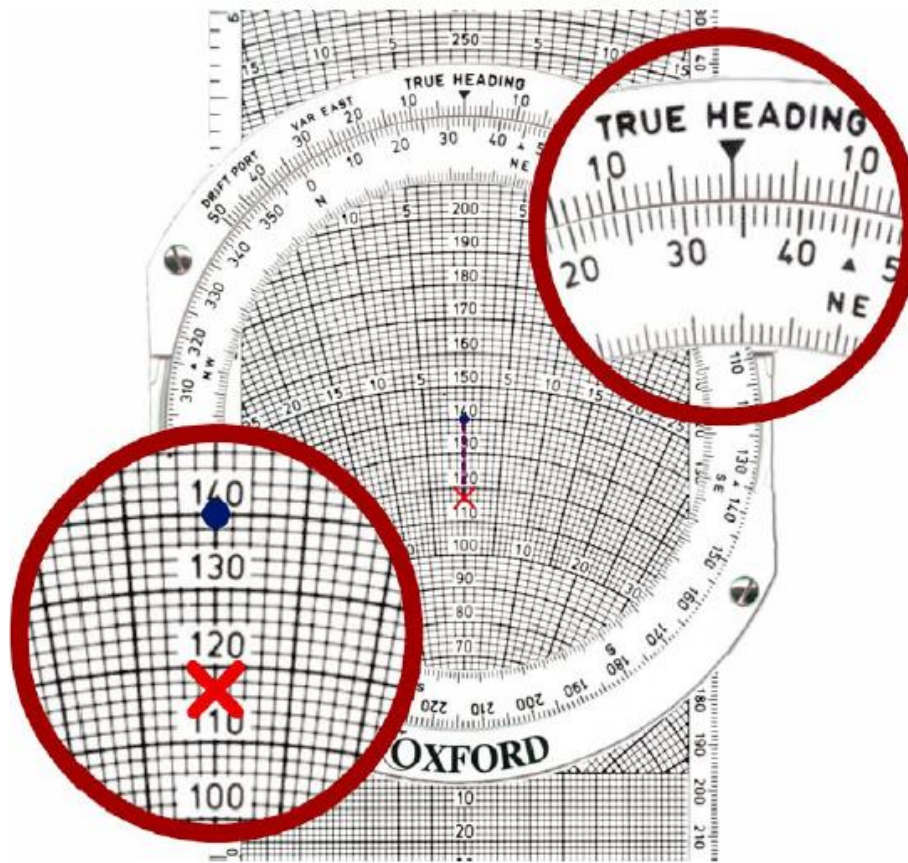


Fig.8.40

10. Navigația aplicată

Navigația observată reprezintă principalul mijloc de navigație cross-country (raid) la vedere. Aceasta se bazează pe:

- începerea traiectului dintr-o poziție cunoscută (numită reper fix);
- măsurarea drumului și distanțelor pe hartă până la următorul punct ales de-a lungul traiectului;

Aplicarea celei mai bune estimate a vitezei vântului disponibile pentru a determina capul de zbor al aeronavei și viteza față de sol pentru a determina ETA la următorul punct.

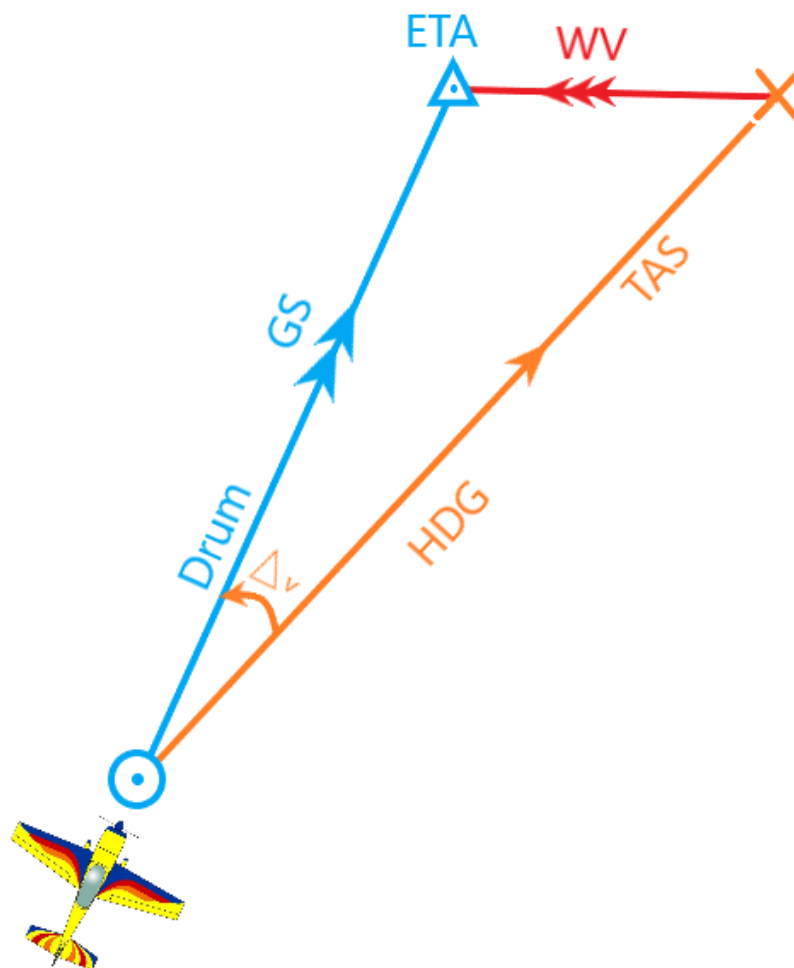


Fig.9.1

10.1 Determinarea unei viteze corespunzătoare

Stabilirea IAS a aeronavei se va efectua de către pilot în cadrul pregătirii preliminare a zborului și va avea ca scop alegerea acelei viteze corespunzătoare exploatarea aeronavei în mod eficient pentru tipul zborului efectuat ținând cont de regimul de croazieră, consumul orar, greutate, direcția și viteza vântului, condițiile atmosferice, restricțiile spațiului aerian tranzitat, etc. În spațiile aeriene de clasă C și G, întâlnite și în România, este impusă o restricție de viteză unei aeronave care zboară după reguli VFR sub 10000 ft QNH, aceasta neavând voie să depășească 250 kt IAS.

10.2 Calculul altitudinii corespunzătoare

Prin aplicarea reglementărilor naționale și a celor ICAO orice aeronavă care zboară VFR are obligația de a menține altitudinea de o așa manieră încât să asigure:

- a. deasupra zonelor dens populate ale metropolelor, orașelor sau ale altor așezări sau peste o adunare de persoane în aer liber o înălțime de minim 300 m (1000 ft) peste cel mai înalt obstacol aflat într-o suprafață cu raza de 600 m măsurată de la o aeronavă;
- b. în alte locuri decât cele specificate în paragraful, a) o înălțime de minim 150 m (500 ft) deasupra solului sau apei.

Excepție fac cazurile când este necesar să se decoleze sau să se aterizeze sau când activitățile desfășurate necesită aceasta și operatorul are dezvoltate prevederi și proceduri specifice sau când există o autorizare corespunzătoare, temporară sau permanentă, acordată de Autoritatea competentă.

Zborurile VFR la nivelurile de croazieră operate la peste 900 m (3000 ft) deasupra solului sau apei sau la valori mai mari specificate de autoritatea ATS competentă, vor trebui să fie efectuate la un nivel de zbor, corespunzător drumului.

În calculul altitudinii pentru un anumit zbor trebuie luate în considerare o multitudine de variabile ce pot afecta alegerea altitudinii:

1. relieful: la trasarea traiectului peste un relief accidentat trebuie avută în vedere altitudinea celor mai înalte formațiuni din zonă și alegerea în consecință a unei altitudini ce va menține aeronava la o înălțime sigură față de acestea.
2. vântul: în zilele cu vânt puternic, zborul în apropierea solului va fi dificil din cauza asperităților de pe sol care produc turbulențe. Când traiectul trece pe lângă un lanț muntos, trebuie verificată direcția din care bate vântul pe munte pentru a determina astfel zona unde se afla curenții rotorii. Alegerea altitudinii corespunzătoare, dacă se traversează în zona de sub vânt a muntelui, va fi peste altitudinea acestuia pentru a se evita intrarea în curenții rotorii.
3. spațiul aerian: dispunerea spațiului aerian în plan vertical poate afecta alegerea altitudinii pe de tot traiectul sau de pe o porțiune a acestuia. De exemplu, pentru un zbor între Strejnic și Clinceni prin partea de vest a CTR Otopeni va trebui să avem în vedere să nu intrăm în acesta (separație în plan orizontal) și nici să nu intrăm în TMA București, spațiu aerian de clasă A unde zborul VFR este interzis, care începe în zona

respectivă de la 2000 ft QNH (separație în plan vertical), respectând în același timp și înălțimea minimă legală față de sol (minim 150 m/500ft).

4. restricții de spațiu aerian: înainte de trasarea traiectului este recomandată verificarea restricțiilor de spațiu aerian ce pot fi intersectate de traiectul dumneavoastră. Într-un zbor de la Clinceni la Constanța, de exemplu, se va trece în zona Bazei 86 Aeriene Borcea care, în ziua respectivă poate avea activitate, rezervând una sau mai multe porțiuni de spațiu aerian pentru exerciții militare cu avioane supersonice. Acest spațiu aerian poate avea o întindere verticală variabilă, putând începe de la sol sau de la o altitudine anume. În acest spațiu aerian nu vom intra, ocolindu-l prin lateral sau sub altitudinea minimă a acestuia. Pentru a verifica aceste restricții pe tot întinsul țării, o sursă de informare este site-ul <https://www.aisro.ro/>, unde la secțiunea Publications → Navigation Warnings vom putea afla cu precizie informațiile legate de porțiunile de spațiu aerian rezervate, restricționate, periculoase, interzise.
5. condițiile meteorologice: dacă dorim să zburăm într-o zi în care cerul este acoperit, va trebui să luăm în calcul baza plafonului astfel încât să păstrăm o separație verticală de cel puțin 300 m/1000 ft față de acesta fără a neglija, din nou, înălțimea minimă legală față de sol de 150m/500ft. În zonele în care se află un câmp de presiune ridicată (anticlon), aerul din apropierea solului poate avea o vizibilitate destul de proastă din cauza particulelor de praf, fum, smog prinse sub stratul de inversiune sau izotermie. Alegerea unei altitudini superioare acestui strat pentru traiectul dumneavoastră va oferi o vizibilitate orizontală îmbunătățită semnificativ.

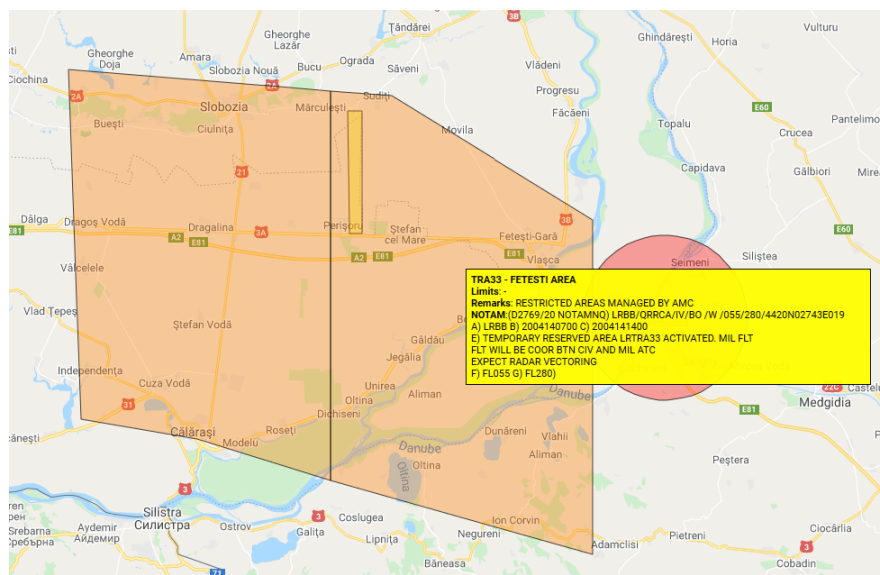


Fig.9.2 Spațiu aerian rezervat fotografierii aeriene între FL055 și FL280

10.3 Revizuirea vitezei față de sol

Recalcularea GS de fiecare dată când aveți ocazia în timpul zborului prezintă un rol important. Timpul este de o importanță vitală în navigație și ora ajungerii la destinație va

depinde de GS obținut.

Liniile de poziție care se găsesc la unghiuri aproximativ drepte față de drumul dumneavoastră, vă pot ajuta în actualizarea GS. Prin notarea timpului necesar pentru a acoperi distanța dintre două linii de poziție vă va permite să calculați GS.

Exemplu:

1351 UTC: Intersectând o linie de cale ferată perpendiculară pe drum (track) 1359 UTC: Aspectul unui stâlp de telegraf și o ramificație a unui râu perpendicular pe drum la 18 nm în față, 18 nm în spate = GS 135 kt

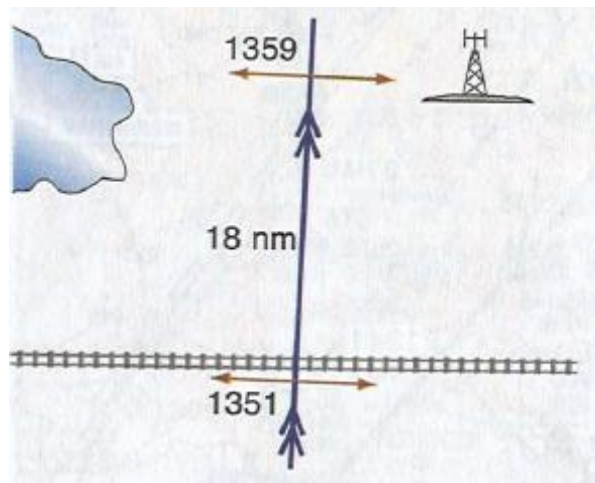


Fig. 9.3

Aceste linii de poziție nu trebuie să fie neapărat vizuale. Vă puteți folosi de linii de poziție radio de la un NDB sau stație de radionavigație VOR.

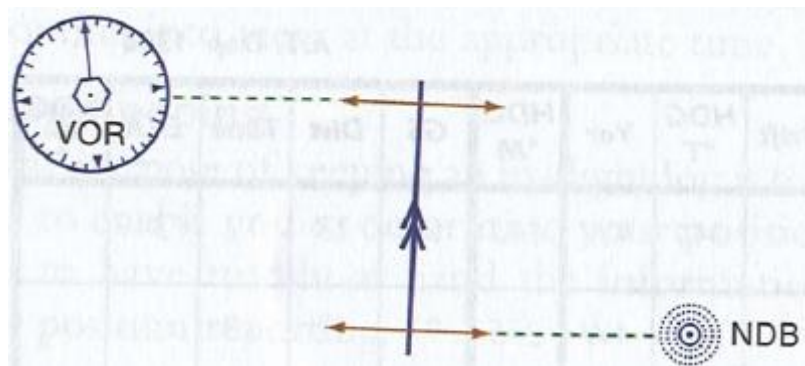


Fig. 9.4

De asemenea, se pot face calcule simple ale GS folosind echipamentul de măsurare al distanței (DME = distance measuring equipment), stațiile radio aflate pe drum.

Exemplu:

1325 UTC: DTY DME 67 nm deplasându-ne direct către Daventry DME 1331 UTC: DTY DME 60 nm deplasându-ne direct către Daventry DME 7 nm în 6 min = GS 70

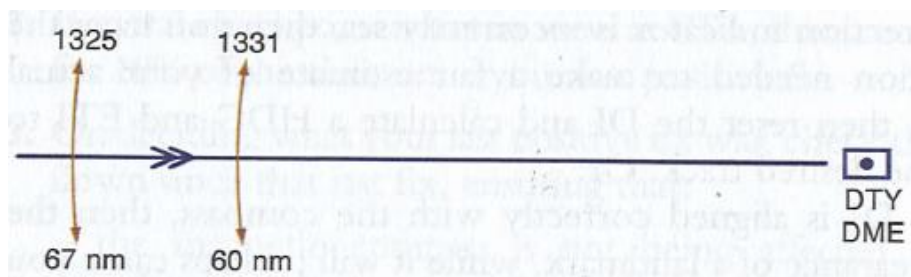


Fig.9.5

10.4 Corectarea abaterilor de la traiect

Adeesea se întâmplă ca LDR să difere de LDO trasat pe hartă în etapa de planificare a zborului. În această situație, vor trebui făcute niste corecții precise ale capului de zbor pentru a reveni pe traiectul planificat. De vreme ce nivelul de lucru în cabină poate fi ridicat, ne vom concentra asupra unor metode rapide de calcul mental de corecție a drumului.

1. Unghiul dintre LDR și LDO numește ALA
2. Unghiul la care dorim să ne reîntoarcem la LDO este cunoscut ca unghi de apropiere (CA- closing angle). Mărimea unghiului de apropiere va depinde de cât de repede dorim să ne întoarcem pe LDO.

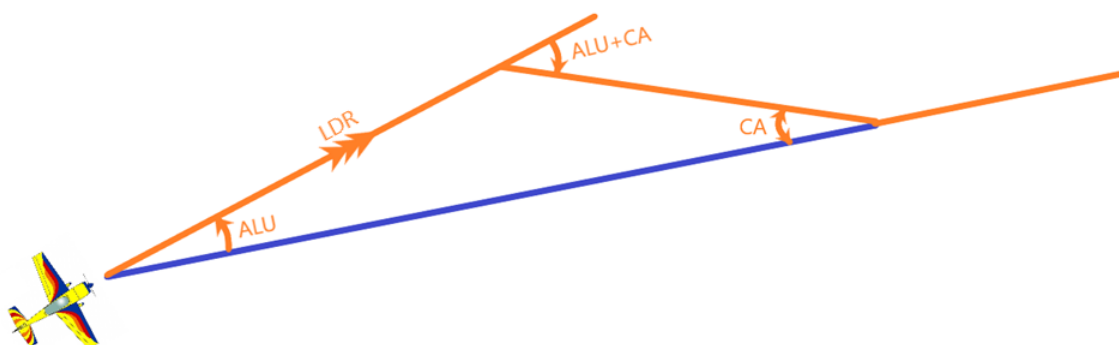


Fig.9.6

Metoda indicatorilor de drum

Cu indicatorii de drum deja trasați pe hartă în faza de planificare a zborului și care

pleacă de la anumite puncte de verificare de pe rută, estimarea abaterii laterale (ALU) și a unghiului de apropiere (CA), pentru a reveni la drum la următorul checkpoint, se va putea face ușor. După obținerea unui punct fix, putem estima ALU și CA, care adunate, vor da schimbarea de drum necesară (și schimbare de HDG care se impune) pentru a intersecta drumul la următorul punct de verificare.

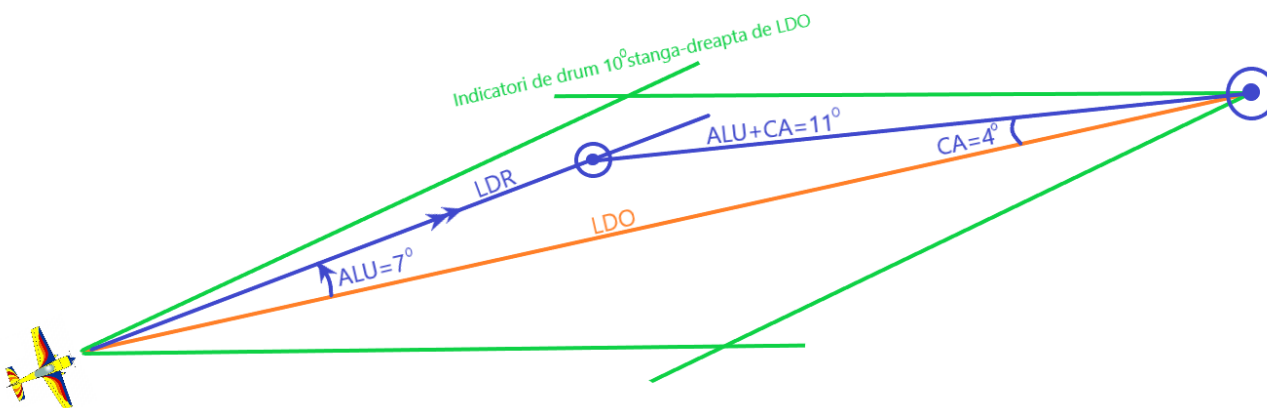


Fig.9.7

Un avantaj este acela că nu trebuie să măsurăm distanța din afara drumului, deși acest lucru este foarte simplu. Un dezavantaj este faptul că trebuie să fi trecut de punctul în care pornesc înapoi indicatorii de drum și veți reveni la drum în punctul din față unde indicatorii de drum se opresc. Uneori nu este cazul, și este nevoie de alte metode.

Dacă se trasează indicatorii de drum la 5° și 10° de fiecare parte a drumului obligat pe harta, atunci estimarea abaterii laterale în timpul zborului devine ușoară.

10.5 Estime de timp - ETA

În cadrul activității de zbor pentru începerea activității, precum și pentru orice altă activitate, incluzând cea de sosire la destinație, se folosesc ore estimate, astfel, conform RACR-RA vom defini:

Ora estimată de plecare de la locul de staționare: Ora estimată la care aeronava va începe să se deplaseze cu mijloace proprii în vederea plecării (Block-off).

Ora estimată de sosire (ETA): În cazul zborurilor VFR, ETA reprezintă ora la care se estimează că aeronava va sosi la verticala aerodromului. În cazul zborurilor IFR, ora la care se estimează că aeronava va sosi la verticala unui punct desemnat, definit prin referință la mijloace de navigație, de la care se intenționează inițierea unei proceduri de apropiere instrumentală sau dacă aerodromul nu are mijloace de navigație, ora la care aeronava va sosi la verticala aerodromului.

Ora prevăzută pentru apropiere (EAT): Ora la care serviciile de trafic aerian prevăd că o aeronavă, va părăsi punctul de așteptare pentru a efectua apropierea pentru aterizare. Ora reală de părăsire a punctului de așteptare va depinde de autorizarea ATC pentru apropiere. Estimatele de timp sunt elemente caracteristice și de ajutor în navigația aeriană,



elemente pe baza cărora pilotul estimează pe traseu momentul ajungerii la anumite repere caracteristice și care îl ajută la orientare și totodată îi permite să aprecieze în orice moment timpul pe care trebuie să îl parcurgă pentru a ajunge la destinație, sau eventual la anumite puncte de raport aflate pe traseu. În cadrul zborului cu efectuarea deplasării prin navigație observată, se utilizează sistemul, ca funcție de viteza de deplasare a aeronavei, să se traseze pe hartă cercuri la anumite distanțe, astfel că la parcurgerea unui anumit timp, pilotul trebuie să se afle în zona de intersecție a unui astfel de cerc, cu ajutorul cărora, funcție de reperele caracteristice din zonă află mai ușor unde se află fața de traseu.

10.6 Metode de citire a hărților

Orice deplasare a unui avion în spațiul aerian trebuie să respecte condiția obligatorie pentru pilot sau navigator de a cunoaște continuu poziția aeronavei în raport cu reperele de pe teren, utilizând în acest scop o hartă adecvată. De multe ori posibilitatea observării reperelor terestre este îngreunată în mai mare sau mai mică măsură din cauza unor factori de care trebuie să se țină seama când se efectuează navigația aeriană cu vederea solului.

Din punct de vedere al utilizării hărților în zbor, ele sunt atât documente de informare cât și operative. Ca documente de informare, hărțile furnizează toate datele necesare desfășurării zborului în condiții normale. Ca documente operative, hărțile trebuie să se găsească la bordul avionului și să fie folosite pe tot timpul deplasării acestuia, de la plecarea de pe un aeroport până la sosirea sa pe un altul. În special atunci când se aplică metoda navigației estimate, lucrul cu harta constituie baza activității de stabilire continuă a punctului la verticala cărora se găsește aeronava.

Urmărirea succesiunii reperelor în zona deasupra căreia se execută zborul, este o acțiune bazată pe date pregătite anterior și rezultate din calcule. În momentul în care acțiunea vântului se modifică față de datele inițiale sau din lipsa de atenție a pilotului în respectarea tuturor elementelor de navigație, aeronava se abate de la traiect față de direcția obligată spre stânga sau spre dreapta.

Când viteza față de sol s-a mărit sau s-a micșorat, aeronava se va afla pe traiect dar va depăși punctul prestabilit pentru o anumită oră, sau se va afla în situația de a nu ajunge la el. Abaterea laterală sau cea sesizată în sensul de zbor în raport de un punct dat, modifică datele stabilite în prealabil și atunci apare aspectul operativ al lucrului cu harta.

Constatând în desfășurarea zborului o diferență față de situația precalculată, pe hartă se determină locul unde se află avionul, se calculează ce corecție în direcție sau distanța este necesară pentru a se stabili alte elemente de navigație, cu care avionul trebuie să-și continue zborul în noile condiții, respectând traiectul și mai ales timpul de sosire la destinație. Aceste situații diferite, care pot să apară la fiecare zbor, obligă personalul navigant de conducere a unei aeronave să aibă o atenție distributivă și să urmărească în permanență reperele caracteristice.

10.7 Orientarea după hartă

Orientarea constă în cunoașterea precisă a direcției de deplasare în raport cu punctele cardinale. În acest scop, în zbor, orientarea se realizează folosindu-se harta și unul din instrumentele de la bordul avionului care indică direcția de zbor (busola magnetică, radiocompasul, etc.). Pentru a realiza ceea ce în mod obișnuit se numește "vederea în spațiu" pilotul sau navigatorul trebuie să-și imagineze că se află plasat cu avionul în centrul unui cerc, împărțit în 360° , axa avionului fiind orientată pe direcția magnetică corespunzătoare drumului obligat. În lipsa vântului, orice schimbare de direcție magnetică atrage după sine o îndepărtare față de drumul obligat, implicând o "dezorientare" față de direcția de deplasare care trebuie respectată cu rigurozitate.

Primul factor care influențează observarea din zbor este însuși *aspectul general al terenului*. Acesta poate să fie uniform, ca în cazul suprafețelor mari de apă, mari, etc. al ținuturilor de deșert sau al regiunilor acoperite de zăpezi și ghețuri, sau variat. Aspectul uniform al terenului, păduri întinse, terenuri plane pe distanțe mari, șiruri de munți paraleli etc., îngreunează foarte mult navigația aeriană cu vederea solului. În schimb, situația cea mai favorabilă este aceea în care terenul prezintă forme și dimensiuni variate, amplasate la distanțe de 10-15 minute de zbor unele de altele. Varietatea terenului ușurează stabilirea poziției aeronavei.

Micșorarea valorii unghiului drumului magnetic înseamnă deplasarea aeronavei la stânga drumului obligat; mărirea acestui unghi atrage după sine deplasarea aeronavei la dreapta drumului obligat.

Valorile pe care drumul magnetic le poate avea în timpul zborului se citesc de pilot sau de navigator pe instrumentele de navigație de care aceștia dispun la bordul avionului. În caz că suflă vântul, între direcția pe care trebuie să se deplaseze aeronava și indicația compasului magnetic există o diferență care se menține aceeași cât timp direcția și intensitatea vântului se mențin constante.

10.8 Puncte de verificare

Reperele, ca elemente de nivelment, planimetrie și hidrografie, ajută la stabilirea poziției aeronavei. După dimensiunile lor, reperele se pot împărți în:

- a. repere de suprafață;
- b. repere liniare;
- c. repere punctiforme.

De asemenea, reperele se mai pot clasifica după natura lor și atunci reperele sunt vizibile sau greu de observat. Dintre reperele vizibile, unele pot fi considerate caracteristice atunci când prin dimensiuni, formă, amplasament, culoare, etc. se disting net de restul mediului înconjurător și din această cauză pot fi identificate cu ușurință.

Reperele de suprafață (orașe, lacuri, etc.) au dimensiuni mari în lungime, lățime și de multe ori în înălțime și sunt ușor de observat. Ele îl ajută pe pilot să recunoască zona deasupra căreia zboară și să identifice anumite puncte datorită formei reperului, aspectelor particulare pe care le prezintă, amănunte ale construcțiilor în cazul orașelor etc.

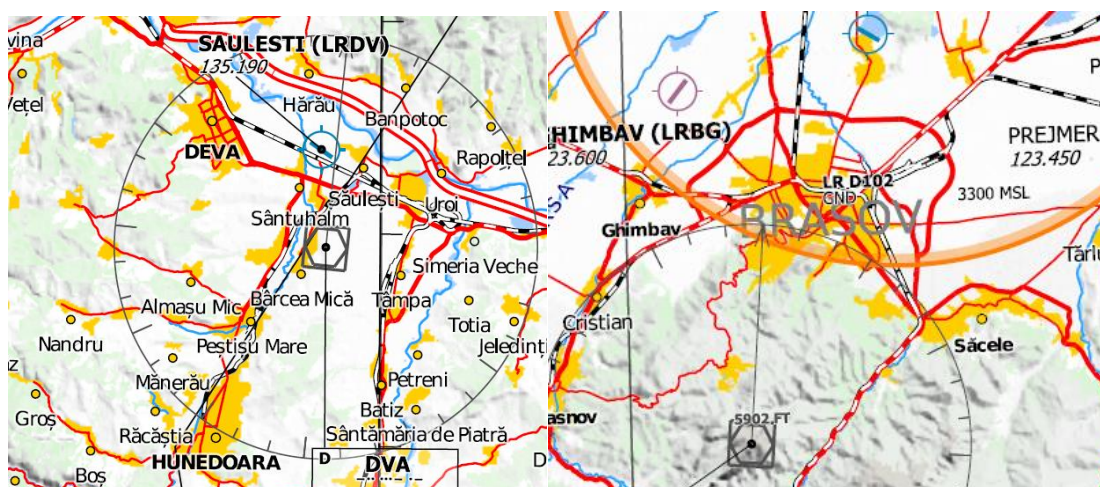


Fig. 9.8 Reprezentarea orașelor pe harta VFR



Fig. 9.9 Reprezentarea lacurilor pe harta VFR

Reperle liniare (căi ferate, șosele, râuri) având o singură dimensiune de luat în considerare, lungimea, ajută la orientarea pilotului. Numai în cazuri când două sau mai multe repere liniare formează un ansamblu (încrucișări, confluente, etc.) ele pot fi folosite și la identificarea unui punct. Spre deosebire de grupele specificate mai sus, *reperle punctiforme* (poduri mari, fabrici izolate, ferme zootehnice, și silozuri, etc.) prin aspectul lor particular asigură identificarea locului la verticala căruia se găsește aeronava.

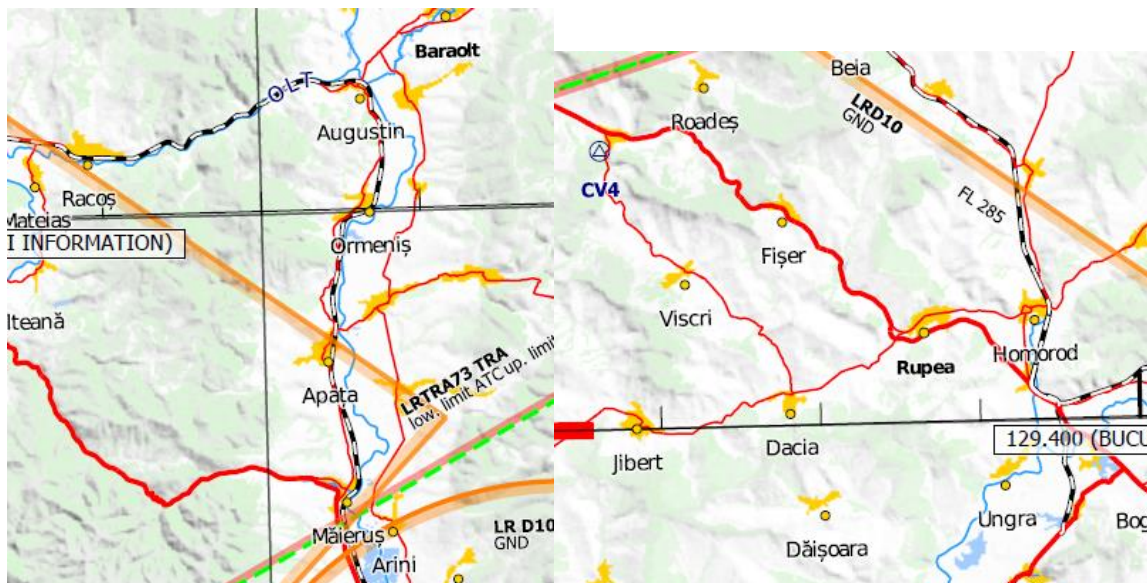


Fig.9.10 Reprezentarea reperelor liniare (cale ferată, șosea) pe harta VFR

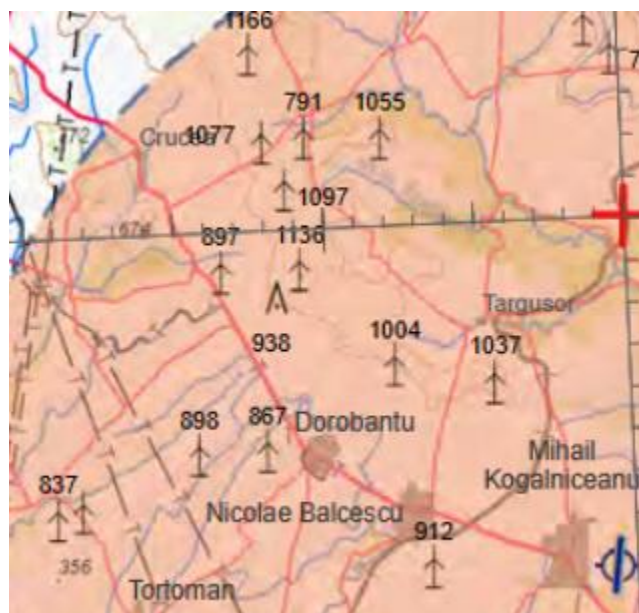


Fig.9.11 Reper punctiforme (centrale eoliene)

10.9 Anticiparea punctelor de verificare

Pe hărțile folosite pentru navigația la vedere (scara 1:1.000.000 sau 1:500.000) sunt trecute simboluri ale reperelor care reprezintă în mod simplificat configurația terenului precum și a elementelor sale caracteristice, pe care un pilot le are în vedere la stabilirea, verificarea și controlul traseului urmat față de cel propus.

Zborul efectuat cu contact vizual continuu

Când zborul se execută la vedere, se recomandă ca tronsoanele respectivului traiect să fie fracționate corespunzător reliefului terenului peste care se zboară. Această fracționare a tronsoanelor este preferabil să determine zone de teren cu aspect fizic asemănător. Limitele acestor zone constituie totodată repere pentru controlul desfășurării zborului pe drumul obligat.

Stabilirea zonelor de teren depinde în mare măsură de practica de zbor a pilotului. Fiecare va alege reperele ajutătoare controlului desfășurării zborului după considerente personale; viteza de zbor a avionului, vizibilitatea orizontală, etc. Este necesar totuși a se ține seama de valoarea reperelor folosite. Astfel, reperele liniare, în raport cu direcția de zbor a avionului, pot fi paralele cu drumul obligat, oblice sau transversale. Reperele de acest gen cele mai caracteristice sunt râurile mari ale căror aliniamente în general pot fi folosite în mare măsură în navigația aeriană la vedere. Pentru aceasta, este utilă o operație de stilizare care ar corespunde aspectului prezentat de reperul respectiv când este observat de la înălțimi din ce în ce mai mari.

La înălțime mică se observă toate amănuntele unui râu, meandrele cele mai neînsemnate, înălțimea malurilor, întinderea plajelor, vegetația luncilor, etc., întocmai ca pe o hartă la scară mare. În măsură în care înălțimea de zbor crește, amănuntele dispar, culorile se estompează și se regăsește aspectul hărților la scară mai mică, pentru ca la înălțimi foarte mari râurile să apară numai ca simple aliniamente la care amănuntele au disparut cu totul, formând un aspect unitar.

Această operațiune de stilizare, de renunțare la amănuntele neesențiale, îl ajută pe pilot să compare aspectul stilizat al terenului cu cel pe care îl prezintă harta. Între aceste două imagini va fi întotdeauna o deosebire; terenul va prezenta un aspect reliefat deosebit de bogat în amănunte și culori foarte variate, spre deosebire de aspectul hărții, acțiunea vântului, direcția și viteza de zbor rămân neschimbate.

Fără contact vizual continuu

Deseori, în timpul activității de zbor, deși aceasta se desfășoară la vedere, pilotul nu are contact vizual continuu al solului.

Din acest motiv, la pregătirea zborului, pilotul trebuie să aibă în vedere elementele de planimetrie relief, ape, etc., pentru ca în momentul redobândirii vederii solului acesta să poată identifica reperul în zona căruia se află datorită caracteristicilor acestuia, astfel se poate face o analiză:

- Cursurile de apă, de multe ori, au plaje de nisip sau pietriș, vizibile de la distanță, datorită coloritului lor deschis în raport cu restul vegetației înconjurătoare și lunci, din tufișuri sau copaci mari, care ascund parțial suprafața apei, în schimb conturează cursul acesteia.
- Noaptea suprafețele întinse de apă sunt vizibile, în special pe cer senin și mai ales când este lună plină.

- Iarna, în schimb, cursurile de apă dacă îngheață aproape că dispar cu totul sub aspectul uniform al terenului înzăpezit. În această situație, identificarea acestor repere se poate face când există maluri înalte, chiar abrupte. Ajută de asemenea, la recunoașterea cursului de apă prezența arborilor și arbuștilor ce constituie lunca râului respectiv.

Hidrografia poate să ierarhizeze elementele ce o compun, considerând că punct de vedere ușurința de a recunoaște și identifica un reper în acest domeniu, în următoarea ordine aproximativă: litoralul maritim, suprafețele întinse de apă și cursurile de apă curgătoare. Ușurința recunoașterii și a identificării suprafețelor și cursurilor de apă este direct proporțională cu suprafața observabilă a apelor respective. Din această constatare se poate spune că pe hărțile aeronautice hidrografia va trebui reprezentată în măsura în care poate înfățișa repere importante.

Când există dubii asupra poziției

Verificarea, corectitudinii indicațiilor instrumentelor de navigație și în special a modului în care se desfășoară zborul aeronavei de la un punct obligat la altul, se face cu ajutorul hărții. Prima operație în acest scop este aceea de a orienta harta. În acest caz, harta se așează, pentru fiecare tronson al traiectului, cu drumul trasat, paralel drumului obligat. (în condiții de vânt nul, axa longitudinală a avionului ar trebui să se suprapună drumului obligat; la realizarea acestui deziderat contribuie și exigența pilotului sau navigatorului în rezolvarea problemelor de navigație aeriană. Deci, pentru o primă orientare a hărții, este suficient ca pe un tronson dat între două puncte obligate, drumul trasat pe hartă să fie paralel cu axa aeronavei. Din modul cum ulterior defilează reperele în raport de axa longitudinală a aeronavei, se apreciază direcția și într-o oarecare măsură intensitatea vântului. Dacă vântul este nul sau bate din fața avionului și reperele se vor deplasa paralel cu axa longitudinală a aeronavei. În caz că vântul bate din dreapta, avionul va fi deplasat spre stânga drumului obligat, iar reperele vor defila sub un unghi oarecare, în raport de intensitatea vântului, de la stânga și din față, spre dreapta și spate. Situația va fi inversă când vântul va bate din stanga traiectului, adică reperele vor defila de la dreapta și din față spre stâng și în spate. Defilarea reperelor paralel sau sub un unghi față de axa longitudinală a aeronavei, iese în evidență pe ecranul radarului de bord.

Acțiunea de deplasare a aeronavei de către vânt sub un unghi oarecare în raport de drumul obligat, va determina pilotul să orienteze drumul trasat pe hartă față de axa longitudinală a aeronavei sub un unghi egal cu acela sub care defilează reperele.

Așezarea hărții pentru realizarea unui paralelism între drumul trasat al unui tronson de cale aeriană sau de traiect, și drumul obligat sau direcția de defilare a reperelor în raport cu axa longitudinală a avionului, nu este altceva decât orientarea hărții față de punctele cardinale.

Pentru orientare în navigația aeriană actuală, indiferent de condițiile meteorologice în care se execută zborul, la vedere sau după instrumente, se folosesc aparate de bord care indică sub forma unor valori unghiulare direcția de zbor în raport cu nordul magnetic sau cu o stație de radioemisie. Întrucât este mai dificil de a aprecia orientarea unei hărți spre un punct cardinal folosind indicația compasului magnetic, se folosește procedeul invers; prin realizarea paralelismului drumului trasat cu axa longitudinală a avionului sau cu

direcția de defilare a reperelor în cazul acțiunii vântului.

Vizibilitate scazută

O bună vizibilitate scade volumul de muncă din carlingă și evident, în cazul contrar, al unei vizibilități reduse, crește volumul de muncă. După cum probabil știți din legislația aeronautică, este permis unui deținător de licență PPL să zboare, în anumite condiții, având o vizibilitate de minim 1.5 km (VFR special), ceea ce înseamnă o vizibilitate destul de redusă.

Un efect imediat ar fi manevrarea mult mai dificilă a aeronavei, dar bineînțeles și observarea târzie a punctelor de reper de la sol, iar în anumite cazuri, dacă acestea se găsesc la o oarecare distanță față de drum, ratarea completă a acestora.

Vizibilitatea scazută poate fi cauzată în principal de fum, ceață, ploaie sau smog. Mai devreme sau mai târziu vă veți confrunta cu astfel de situații. Ar trebui, în astfel de situații, să luați în considerare întoarcerea sau ocolirea dacă dvs. credeți că VMC (Visual Meteorological Conditions) nu se menține, sau dacă vizibilitatea (chiar și peste cerințele minime VFR) nu este în continuare potrivită pentru zborul și experiența dumneavoastră.

De asemenea, trebuie luată în considerare scăderea vitezei, și posibil chiar și extinderea flapsurilor.

Dacă vă așteptați la vizibilitate redusă pe rută este indicată alegerea mai multor puncte de reper apropiate de drumul dorit. Dacă mai multe puncte de referință nu apar, atunci aveți motiv să vă declarați “nesiguri de poziție”.

Nesigur de poziție sau rătăcit?

Procedura urmată atunci când sunteți nesiguri de poziția în care vă aflați

Dacă zburați de ceva timp fără să identificați un reper (să zicem 20 sau 30 de minute), este posibil să vă simțiți nesiguri de poziția precisă a aeronavei. Veți fi capabil însă să calculați estimativ poziția, folosind datele deținute și TR (drumul) și GS (viteza față de sol) aproximative, dar fără raportarea la un punct fix la sol, neliniștea se va instala. Această situație este departe de una în care pilotul este rătăcit.

Este imposibil să dăm un set de reguli care să acopere toate situațiile posibile, dar regulile care urmează sunt generale și vă pot ajuta.

Dacă un checkpoint (punct de reper) nu apare pe rută la ora stabilită:

- a. Înregistrați HDG (cap) (busola și datele de pe indicatorul HDG) și ora
- b. Dacă indicatorul HDG este setat incorect, atunci înseamnă că aveți informația necesară pentru a face o estimare corectă a poziției reale la care vă aflați, apoi resetați indicatorul și calculați un HDG și ETI (interval de timp estimat) pentru a reveni pe ruta inițială.

Sau: Dacă indicatorul HDG este aliniat corect cu busola, atunci lipsa apariției reperului, deși vă va crea un anumit grad de neliniște, nu indică neapărat faptul că vă aflați cu mult în afara drumului. Este posibil să nu fi observat reperul din motive plauzibile, cum ar fi razele puternice ale soarelui care pot afecta vederea solului, vizibilitatea redusă sau o schimbare de relief neexistentă pe hartă (cum ar fi dărâmarea unui stâlp sau far, golirea unui lac de acumulare). Dacă vă aflați deasupra unei zone puțin acoperite de nori, poziția

neconvenabilă a unora poate obstrucționa observarea reperului așteptat.

- a. În cazul în care decideți că situația o impune, efectuați un apel de urgență (PAN PAN) pe 121.5 MHz. Acest apel ar trebui să permită ATC să determine poziția în care vă aflați prin “auto - triangulație “
- b. Dacă identificați un reper, sau dacă următorul reper apare precum a fost stabilit, zborul poate continua și se pot aplica procedurile normale de navigație. De asemenea, se anulează situația de urgență.
- c. În cazul în care nu ați reușit să vă fixați poziția, aplicați procedura de mai jos.

Procedura în cazul rătăcirii

Rătăcirea este de obicei rezultatul erorii umane. A fi rătăcit este complet diferit de a fi temporar nesigur de poziție, ultima fiind o situație în care poți face o aproximare.

Din nou, este imposibil să prezentăm reguli clare asupra oricărei situații care poate apărea, însă există indicații generale în această direcție. Rețineți faptul că o planificare corectă înaintea zborului și respectarea condițiilor minime de navigație în timpul acestuia, va evita situațiile neplăcute.

Dacă v-ați pierdut, trebuie să elaborați un plan de acțiune deoarece este inutil să zburați fără direcție cu speranța de a găsi un punct de reper.

Dacă vă schimbați declarația poziției, de la *nesigur de poziție* la *rătăcit*, folosește serviciul de indicații radar, dacă este disponibil.

Dacă situația nu se schimbă:

- a. Inițial este important să mențineți HDG-ul (dacă există forme de relief, la fel de importantă este și vizibilitatea dar și ceea ce știți despre proximitatea intrării în spațiului aerian controlat)
- b. Dacă un reper semnificativ nu este observat la ETA (ora estimată sosirii), atunci continuați să zburați 10% din timpul care a trecut de la ultimul reper.
- c. Atunci când vă decideți asupra ultimului reper, verificați HDG (cap compas) menținute de la acel punct, asigurându-vă că:
 - busola magnetică nu este afectată de influențe exterioare cum ar fi căștile, radiouri portabile, telefoane mobile, sau orice alt material magnetic aflat în apropiere;
 - capul indicat de girodirecțional este aliniat corect cu busola magnetică
 - declinația magnetică și deriva au fost aplicate corect pentru a obține HDG
 - o estimare corectă a direcției drumului pe hartă în raport cu cel din planul de zbor
- a. Identificați ce vedeți la sol pe hartă, mai exact căutați cu privirea particularități semnificative ale reliefului sau combinații de caracteristici și încercați să aflați poziția lor pe hartă.

- b. Stabiliți o arie “probabilă” în care vă aflați. Există mai multe metode prin care se poate face acest lucru.

Stabilirea ariei “probabile”

Estimați distanța parcursă de la ultimul reper și aplicați distanța, plus sau minus 10%, la un arc de 30° pe fiecare parte a LDR probabil

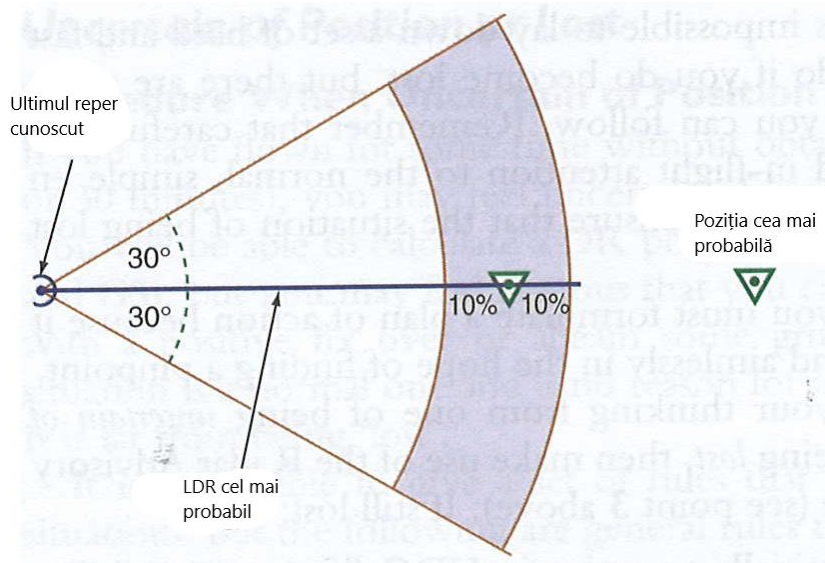


Fig.9.12 Estimarea ariei probabile

Stabilirea celei mai probabile poziții

Estimați cea mai “probabilă” poziție și trasați un cerc în jurul ei pe o rază de 10% din distanța zburată de la ultimul reper.

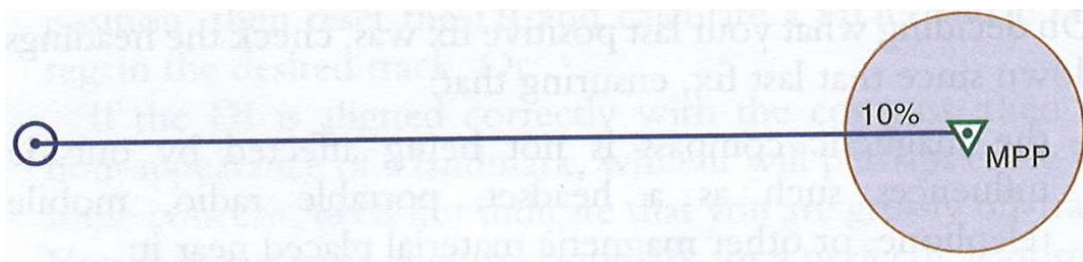


Fig. 9.13. Estimarea poziției cele mai probabile

Odată încercuită zona probabilă, ar trebui să:

- Stabiliți o altitudine de siguranță la care să zburați pentru a vă afla la o distanță lipsită de pericol față de toate obstacolele. Acordați atenție suplimentară în condiții de vizibilitate scăzută sau plafon jos.
- Verificați particularitățile din zona respectivă de pe hartă cu ceea ce se poate observa



la sol. Verificați din nou orice particularitate acordând atenție elementelor secundare din jur.

Atunci când ați identificat un reper, verificați din nou HDG și reluați navigația în condiții normale. Calculați HDG, GS și ETI pentru următorul punct de reper și îndreptați-vă spre acesta.

În permanență, zburăți în condiții de siguranță, fiind atent la ora, în special față de ora oficială a apusului dar și la cantitatea de combustibil.

Dacă în continuare nu puteți identifica un punct de reper, luați în considerare una din următoarele acțiuni:

- a. Măriți aria “zonei probabile” cu 10, 15 sau chiar 20% din distanța parcursă de la ultimul reper
- b. Urcați în altitudine pentru a mări raza de vizibilitate
- c. Virați către o caracteristică proeminentă, cum ar fi linia de coastă, un râu mare, o linie de cale ferată, un drum și urmați-l până la primul oraș, unde ar trebui să redobândeți orientarea. (Nu uitați că drumul respectiv vă poate duce către o zonă controlată)
- d. Luați un cap simetric celui avut și încercați să vă întoarceți la ultimul reper
- e. Căutați ajutor radio

Sfaturi

Autonomia de zbor. Dacă doriți să acoperiți cât mai multă distanță posibilă cu cantitatea de combustibil disponibilă, trebuie să pilotați avionul folosim un regim de motor corespunzător vitezei optime.

Crochiu. Mențineți în permanență un crochiu de navigație.

Timp. Fiți în permanență conștient de timpul scurs. Aveți grijă la cantitatea de combustibil și de timpul rămas până la lăsarea întunericului. Dacă se întunecă, nu uitați faptul că la sol este mai întuneric decât la înălțime, iar în zona tropicelor se întunecă foarte repede.

Aterizarea. Dacă decideți să efectuați o aterizare preventivă în teren necunoscut (eventual o aterizare forțată), alocați timp și combustibil suficient pentru inspectarea de 2-3 ori a locului respectiv și a suprafeței de aterizare înainte de aterizarea propriu-zisă.

De ce v-ați rătăcit?

Dacă într-un anumit moment v-ați dat seama că v-ați rătăcit, trebuie, în mod sistematic, să aflați care este motivul (fie în zbor, fie înainte) și să învățați din greșeli. Cele mai întâlnite motive care duc la rătăcire sunt:

- a. calcularea incorectă a HDG, GS și ETI (de unde și necesitatea efectuării unor calcule mentale aproximative a celor de mai sus)



- b. sincronizarea incorectă a indicatorului de HDG a girodirecționalului cu busola magnetică (această operațiune ar trebui efectuată la fiecare 10 sau 15 min)
- c. o indicație incorectă a busolei (din cauza obiectelor metalice aflate în imediata apropiere)
- d. aplicarea incorectă a declinației magnetice (la est sau la vest)
- e. aplicarea incorectă a derivei (comparat cu TR, HDG ar trebui să indice în direcția vântului, mai exact zburând către nord cu un vânt din vest, ar însemna că HDG ar trebui să fie în stânga drumului și în vânt)
- f. viteza vântului mult diferită față de cea prognozată, neluată în considerare în timpul zborului
- g. o deteriorare a condițiilor meteo, vizibilitate redusă, volum ridicat de muncă în carling
- h. un punct de reper incorect, adică identificarea greșită a unui reper
- i. o deviere de la drum calculată incorect
- j. lipsa atenției de la sarcinile legate de navigație
- k. Cu verificări regulate ale alinierii girodirecționalului cu busola magnetică și fixarea poziției la fiecare 10-15 min, nici una dintre erorile de mai sus nu va devia avionul de la drum.

10.10 Informații aeronautice

Datorită dezvoltării continue a aviației, începând cu mărirea vitezelor de zbor a aeronavelor, continuând cu sporirea încărcăturii comerciale și cu accelerarea frecvenței deplasărilor aeronavelor pe căile aeriene și implicit aterizarea și decolarea de pe diferite aeroporturi de intensă circulație, au rezultat o serie de măsuri privitoare la controlul traficului aerian. Dotarea complexă cât și procedurile ce se impun și care se modifică uneori destul de des, trebuie să fie cunoscute în detaliu de echipajele aeronavelor ce zboară în spațiul aerian al unei țări, respectând regulile specifice de zbor ale fiecărei țări în parte.

Modul în care funcționează mijloacele de radiocomunicație și radionavigație de pe teritoriul deasupra căruia se execută zborul trebuie cunoscut în amănunțime pentru ca zborul să se desfășoare în deplină securitate, în timpul prevăzut în planul de zbor deus înainte de decolare, precum și fără întârzieri rezultate din diferite motive neprevăzute. Aceasta informare complexă și completă, strict necesară echipajelor, se realizează pe mai multe căi.

În primul rând, organul de stat pentru aviația civilă în spațiul căruia se desfășoară activitatea de zbor editează Publicația de Informare Aeronautică (AIP) și emite *NOTAM* și circulare de informare aeronautică în baza Convenției referitoare la aviația civilă internațională (Chicago 1944).

A.I.P. - AERONAUTICAL INFORMATION PUBLICATION

A.I.P. este documentul de bază pentru informarea tuturor operatorilor în vederea efectuării activității de zbor pe teritoriul României.

A.I.P. este structurat pe trei părți:

1. Generalități (GEN).
2. Informări de zbor EN - ROUTE (ENR).
3. Aerodromuri (AD).

Partea 1 - Generalități (GEN)

Partea 1 constă din 5 secțiuni conținând informațiile descrise pe scurt în continuare:

GEN 0 - Prefața: Înregistrarea Amendamentelor AIP, Înregistrarea Suplimentelor AIP, Lista de control a paginii AIP, Lista amendamentelor de mână la AIP și Tabelul de Conținut a Părții 1.

GEN 1 - *Reglementări și cerințe naționale* - Autorități desemnate; Intrarea, tranzitul și plecarea aeronavelor: Intrarea, tranzitul și plecarea pasagerilor și echipajului; Importul, tranzitul și exportul mărfurilor; Instrumentele, echipamentul și documentele de zbor ale aeronavelor; Sumar al reglementărilor naționale și al înțelegerilor/convențiilor internaționale; și Diferențele față de Standardele, Practicile Recomandate și Procedurile ICAO.

GEN 2 - *Tabele și coduri* - Sistemul de măsură, marcarea aeronavelor, zile libere; Abrevieri utilizate în publicațiile AIS; Simboluri de hartă; Indicatori de localitate; Lista mijloacelor de radio-navigație; Tabele de conversie; și Tabele cu Răsăritul/Apusul Soarelui.

GEN 3 - *Servicii* - Servicii de informare aeronautică; Hărți aeronautice; Servicii de trafic aerian; Servicii de comunicații; Servicii meteorologice; și Căutare și Salvare.

GEN 4 - *Tarifele pentru aerodromuri / heliporturi și servicii de navigație aeriană* - Tarifele aerodrom / heliport; și Tarifele serviciilor de navigație aeriană

Partea 2 - En-route (ENR)

Partea 2 constă din 7 secțiuni conținând informațiile descrise pe scurt în continuare

ENR 0 - Prefața: Înregistrarea amendamentelor AIP; Înregistrarea Suplimentelor AIP; Lista de control a pag. AIP; Lista amendamentelor de mână la AIP și Tabelul de Conținut al Părții 2.

ENR 1 - *Reguli și proceduri generale* - Reguli generale; Reguli de zbor la vedere; Reguli de zbor instrumental; Clasificarea ATS a spațiului aerian; Proceduri de așteptare, apropiere și plecare; Servicii și proceduri radar; Proceduri de calibrare a altimetrului; Proceduri suplimentare regionale; Managementul fluxurilor de trafic aerian; Planul de zbor; Adresarea mesajelor

planului de zbor; Interceptarea aeronavelor civile; Aeronave supuse acțiunilor ilicite; și Incidente de trafic aerian.

ENR 2 - Spațiul aerian al Serviciilor de trafic aerian - Descrierea detaliată a Regiunilor de Informare a Zborurilor (FIR); Regiunile superioare de informare a zborurilor (UIR); Regiunile de control de apropiere (TMA); și alt spațiu aerian reglementat.

ENR 3 - Rute ATS - Descrierea detaliată a rutelor din spațiul aerian inferior; Rutele din spațiul aerian superior; Rute RNAV; Rute pentru elicoptere; Alte rute; și Proceduri de așteptare pe rută.

Nota: Alte tipuri de rute (SID/STAR) care sunt specificate în legătură cu procedurile de trafic în zona de aerodrom sunt descrise în secțiunile și subsecțiunile relevante ale Părții 3 - Aerodromuri.

ENR 4 - Mijloace/sisteme de radionavigație - Mijloace de radionavigație pe rută; Sisteme de navigație speciale; Numele punctelor semnificative; și lumini de sol aeronautice - rută.

ENR 5 - Avertismente pentru navigație - Zone periculoase, zone reglementate și zone periculoase; Zone de exerciții și antrenament militar; Alte activități de natură periculoasă; Obstacolele navigației aeriene pe rută; Activități aeriene sportive și de agrement; și Migrația păsărilor și zone cu faună sensibilă.

ENR 6 - Hărți de rută - ICAO și indexul hărților.

Partea 3 - Aerodromuri (AD)

Partea 3 este constituită din 4 secțiuni conținând informațiile descrise pe scurt în continuare:

AD 0 - Prefața; Înregistrarea Amendamentelor AIP; Înregistrarea Suplimentelor AIP; Lista de control a paginilor AIP; Lista amendamentelor de mână la AIP; și Tabelul de Conținut al Părții 3.

AD1-Aerodromuri/Heliporturi, Introducere, Orele de operare ale aerodromurilor/heliporturilor; Serviciul de Salvare și luptă contra incendiilor și Planul de dezăpezire; Indexul aerodromurilor și heliporturilor; și Gruparea aerodromurilor/heliporturilor.

AD 2 - Aerodromuri - Informații detaliate despre aerodromuri, incluzând zonele de aterizare pentru elicoptere, dacă sunt pe aerodrom, listate în 24 de subsecțiuni.

AD 3 - Heliporturi - Informații detaliate despre heliporturi (care nu sunt amplasate pe aerodrom), listate în 23 subsecțiuni.

10.11 Jurnalul de navigație/crochiul

Scopul păstrării datelor din timpul zborului este înregistrarea lor pentru că:

- a. să-ți permită determinarea poziției în orice moment



- b. să aveți în permanență, la îndemână, informații necesare pt. raportarea poziției prin radio

Înregistrarea acestor date ajută la calculele de navigație, cum ar fi:

- a. calcularea HDG pentru a obține drumul (TR) dorit
- b. calcularea GS și ETI pentru a obține ETA până la următorul punct de reper
- c. anticiparea și recunoașterea punctelor de verificare (checkpoints)
- d. recalcularea HDG, GS și ETI, dacă este necesar

Într-un zbor normal de tip raid, ar trebui să înregistrați următoarele:

- a. ora decolării
- b. ATD (Actual Time of Departure) - ora reală de plecare
- c. alegerea punctelor fixe de reper (locul și ora)
- d. LDO pe hartă
- e. schimbări ale HDG (și ale vitezei)
- f. calcularea GS
- g. ETI și ETA revizuite la checkpoint - uri
- h. altitudinile
- i. Deși par multe, nu sunt. Indicarea LDO și a punctelor fixe pe hartă simplifică lucrurile pentru dumneavoastră.



PARTEA 2: RADIONAVIGAȚIE

1. Teoria propagării undelor radio

Sistemele radio și radar reprezintă în prezent o parte integrantă esențială a aviației, fără de care operațiunile de transport aerian modern nu ar putea avea loc la intensitatea actuală. În primii ani ai aviației, aeronavele se zburau în condiții de vedere a solului iar zborul pe timp de noapte, în nori sau deasupra mărilor era imposibil. Pe măsură ce complexitatea aeronavelor a crescut, a devenit necesară proiectarea unor sisteme de navigație pentru a putea permite aeronavelor să opereze fără a fi nevoie să vadă permanent solul.

Primele sisteme erau, după standardele moderne, foarte banale și foarte imprecise. Acestea furnizau o acuratețe acceptabilă pentru zborurile peste uscat iar peste oceanu erau limitate.

În contextul undelor radio, termenul propagare înseamnă felul în care undele radio se deplasează prin atmosferă. Benzi de frecvență diferite utilizează diferite căi de propagare prin atmosferă, calea propagării determinând adesea utilizarea unei anumite benzi de frecvență și alocarea ei fie către sistemul de comunicație, fie către sistemul de navigație. De asemenea, căile de propagare diferite asociate anumitor frecvențe pot impune limitări ale utilizării acestor frecvențe.

Factori ce afectează propagarea

Există câțiva factori ce afectează propagarea undelor radio și vor trebui luați în considerare atunci când se discută căile de propagare:

Atenuarea este termenul dat pierderii puterii semnalului într-o undă radio atunci când pleacă din transmițător. Există două aspecte ale atenuării:

1. **Absorbția:** pe măsura ce unda radio se îndepărtează de sursă, energia sa este absorbită și împrăștiată de moleculele de aer, vaporii de apă, particulele de praf, picăturile de apă, vegetație, suprafața Pământului și ionosfera. Efectul acestei absorbții crește odată cu creșterea frecvenței și este un factor foarte important peste 1000 MHz.
2. **Legea rădăcinii pătrate.** Radiația electromagnetică de la o antenă se împrăștie sub formă sferică, drept urmare, puterea disponibilă scade cu creșterea distanței de la transmițător.

Interferențele statice: În atmosferă există o cantitate mare de electricitate statică generată de fenomenele meteo, activitatea umană și geologică. Efectul interferenței statice este mai mare la frecvențe joase iar la VHF și peste, efectul interferențelor este în general neglijabil.

Puterea. O creștere a puterii unui transmițător va crește raza de acoperire, în limitele legii rădăcinii pătrate. Astfel, pentru a dubla raza de acoperire a unui transmițător radio, va fi nevoie ca puterea să crească de 4 ori.

Sensibilitatea receptorului. Dacă zgomotul intern al unui receptor poate fi redus, atunci receptorul va fi capabil să proceseze semnale mai slabe crescând astfel eficiența razei de acoperire la care un semnal utilizabil poate fi captat.

1.1 Antenele

Antenele reprezintă un mijloc prin care energia radio este radiată sau primită. Tipul antenei folosite va fi determinat de funcția pe care sistemul radio o are de îndeplinit.



Fig. 10.1

Reciprocitatea este o proprietate fundamentală a antenelor, prin care caracteristicile electrice ale acestora, descrise în secțiunea următoare, cum ar fi câștigul, diagrama de directivitate (diagramă de radiație), impedanța, lărgimea de bandă, frecvența de rezonanță și polarizarea sunt aceleași, indiferent dacă antena transmite sau primește semnale. De exemplu, "diagramă de recepție" (sensibilitatea în funcție de direcție) a unei antene atunci când ea este utilizată pentru recepție este identică cu diagrama de radiație a antenei, atunci când ea funcționează ca un emițător. Aceasta este o consecință a teoremei reciprocității, din electromagnetism. Prin urmare, în discuțiile despre proprietățile antenei nu se face de obicei distincție între terminologia de recepție sau emisie, iar antena poate fi privită fie că emițător, fie că receptor, după cum una sau altă situație este mai convenabilă.

O condiție necesară pentru proprietatea de reciprocitate menționată mai sus este faptul că materialele din antenă și mediul de propagare sunt liniare și reciproce. Reciproc (sau bilateral), înseamnă că materialul are același răspuns la un curent electric sau câmp magnetic într-un sens, ca și în sensul opus. Majoritatea materialelor folosite în antene îndeplinesc aceste condiții, dar unele antene de microunde utilizează componente de înaltă tehnologie,

cum ar fi izolatori și circuloare, realizate din materiale non-reciproce, cum ar fi ferită sau granatul. Acestea pot fi folosite pentru a conferi antenei un comportament diferit la recepție față de cel de la emisie, fapt ce poate fi util în aplicații cum ar fi radarul.

Antenele sunt caracterizate printr-o serie de măsurători de performanță, pe care un utilizator le-ar putea lua în calcul în selecția sau proiectarea unei antene pentru o anumită aplicație. Cea mai importantă dintre acestea se referă la caracteristicile direcționale (cum sunt ele descrise în diagrama de directivitate a antenei): câștigul. Chiar și în antenele omnidirecționale (sau slab direcționale), câștigul poate fi adesea crescut prin concentrarea puterii acestora în direcții orizontale, sacrificând puterea radiată spre cer și pământ. Câștigul în putere al antenei (sau, simplu, "câștig") se ia, de asemenea, în considerare la eficiența antenei și este de multe ori principala mărime caracteristică a acesteia. Antenele rezonante sunt folosite în jurul unei frecvențe particulare de rezonanță; o antenă trebuie, prin urmare, să fie construită corespunzător gamei de frecvență a aplicației destinate. O formă de construcție particulară a antenei va prezenta o impedanță particulară în punctul de alimentare. În timp ce acest lucru poate afecta alegerea unei antene, impedanța antenei poate fi adaptată nivelului de impedanță dorit al unui sistem prin utilizarea unei rețele de adaptare, menținând în același timp celelalte caracteristici (exceptând o posibilă pierdere de eficiență).

Deși acești parametri pot fi măsurăți în principiu, astfel de măsurători sunt dificile și necesită echipamente foarte specializate. Dincolo de acordul unei antene de transmisie cu ajutorul unui măsurător al raportului de unde staționare, utilizatorul tipic depinde de previziuni teoretice bazate pe proiectarea antenei sau cu privire la cererile furnizorului. O antenă transmite și recepționează unde radio, cu o anumită polarizare, care poate fi reorientată în multe (dar nu toate) cazuri prin înclinarea axei antenei. Dimensiunea fizică a unei antene este de multe ori o problemă practică, în special la frecvențe joase (lungimi de undă mai mari). Antenele foarte direcționale trebuie să fie semnificativ mai mari decât lungimea de undă. Antenele rezonante folosesc un conductor, sau o pereche de conductoare, fiecare fiind lung de aproximativ un sfert din lungimea de undă. La antenele care trebuie să fie foarte mici în comparație cu lungimea de undă, eficiența este sacrificată și ele nu pot fi foarte direcționale. Din fericire, la frecvențe mai mari (UHF, microunde) compromisurile privind performanța pentru a obține o dimensiune fizică mai mică nu sunt de obicei necesare.

1.2 Undele radio

Undele radio sunt unde electromagnetice utilizate în special pentru transmisii de radio și televiziune, cu frecvențe de la câțiva kilohertzi până la câțiva gigahertzi ($1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz}$). În anumite aplicații speciale însă domeniul de frecvențe poate fi mult extins.

Uniunea Internațională a Telecomunicațiilor, forul care reglementează telecomunicațiile prin unde radio, stabilește prin convenție limita superioară a frecvenței undelor radio la 3.000 GHz.

La diferite frecvențe, undele radio se propagă prin atmosferă prin diferite mecanisme sau moduri:

Tipul frecvenței	Frecvența	Lungimea undei
ELF	3-30 Hz	100,000-10,000 km
SLF	30-300 Hz	10,000-1,000 km
ULF	0.3-3 kHz	1,000-100 km
VLF	3-30 kHz	100-10 km
LF	30-300 kHz	10-1 km
MF	300-3000 kHz	1000-100 m
HF	3-30 MHz	100-10 m
VHF	30-300 MHz	10-1 m
UHF	300-3000 MHz	100-10 cm
SHF	3-30 GHz	10-1 cm
EHF	30-300 GHz	10-1 mm
THF	0.3-3 THz	1-0.1 mm

Dintre aceste frecvențe unele sunt folosite în domeniul aviației atât pentru comunicații de tip voce cât și pentru radionavigație:

Mobil aeronautică 118 - 136 MHz

Navigație aeronautică VHF 74.8 - 75.2 MHz, 108 - 118 MHz

2. Dispozitivul de localizare a direcției VHF (VDF)

2.1 Principiul de funcționare

Anumite aerodromuri sunt echipate cu antene radio care pot detecta direcția semnalelor VHF - COM (semnalele normale de voce) recepționate de la un avion.

Această informație se prezintă controlorului de trafic (de obicei cel de apropiere) sub forma unei linii de radial pe un tub catodic similar unui ecran radar, sau, la echipamentele moderne VHF, ca un afișaj digital foarte precis al relevmentului.

Controlorul poate informa pilotul de relevmentul aeronavei față de aerodrom. Acest lucru este cunoscut ca *dispozitiv de localizare a direcției de înaltă frecvență*, fiind abreviat adesea cu VDF sau VHF D / F.

Un avantaj al VDF este faptul că nu este necesar niciun echipament specific în avion în afară de VHF - COM - comunicații radio obișnuite.

Un schimb tipic VDF aer-sol ar fi cererea unui pilot adresată ATC de a prezenta QDM (relevment magnetic față de stația terestră), iar controlorul comunică. De exemplu:

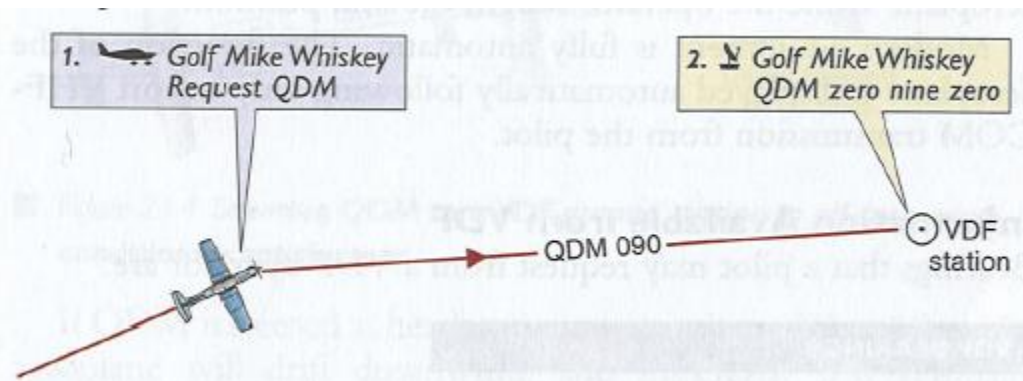


Fig. 11.1

Prin folosirea QDM, pilotul poate să se îndrepte către stația terestră. Stațiile terestre care sunt echipate cu VDF sunt desemnate cu termenul *homer*, exemplu *Tuzla homer* care operează pe frecvența respectivă.

Pe când, dacă nu este necesar niciun echipament special în avion pentru VDF în afară de un radio VHF-COM, stația terestră necesită însă o instalare specială. Antenele de tip H sau de tip Doppler sunt două tipuri de antene VDF la aerodromuri.

Echipamentul VDF de la sol era cunoscut cu ceva timp în urmă sub numele *manual homer* și folosea o antenă ADF pe care operatorul trebuia să o rotească manual pentru a determina direcția avionului. Erau necesare transmisiile de la avion pe perioade lungi, în timp ce operatorul căuta poziția acestuia.

Echipamentul modern este automat. Direcția avionului este afișată automat ca urmare a unei transmisiuni scurte VHF-COM a pilotului.

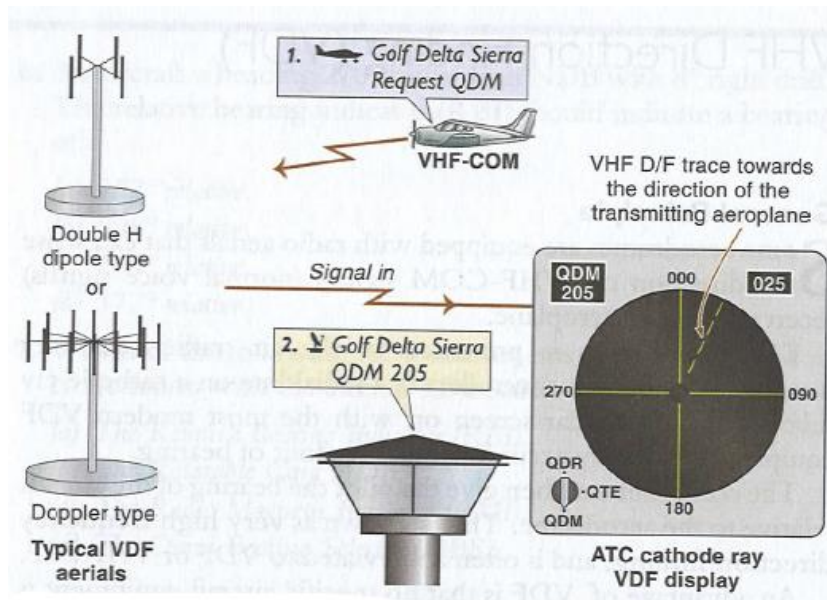


Fig.11.2

2.2 Informații disponibile de la ADF

Relevmentele pe care le poate cere un pilot de la un operator VDF sunt:

- QDM* - relevment magnetic către stație
- QDR* - relevment magnetic de la stație (reciproca lui *QDM*)
- QTE* - relevment adevărat de la stație;

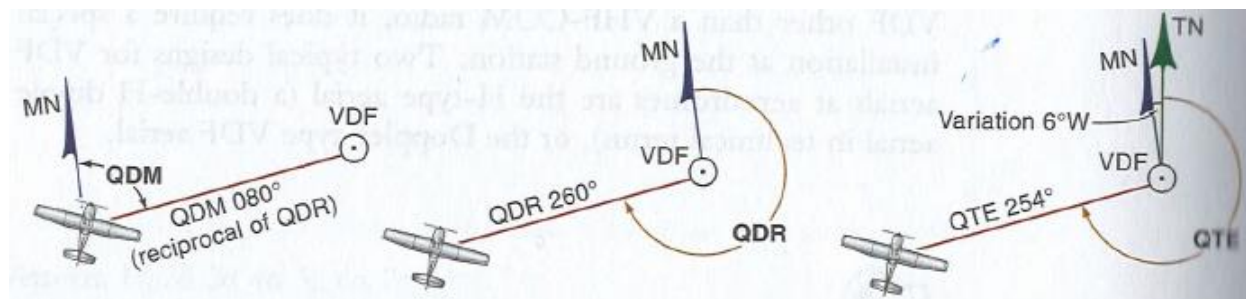


Fig.11.3

QDR - relevmentul magnetic de la stație, este util pentru orientare. QDR reprezintă informație similară unui radial VOR. QTE, relevmentul adevărat față de stație, este util dacă doriți să trasați o linie de poziție de la stația terestră VDF la avion, pe hartă (raportată la nordul adevărat). Totuși, QDM este relevmentul VDF folosit cel mai adesea.

QDM - Folosit cel mai frecvent, este capul pe care trebuie să-l ia avionul pentru a se îndrepta direct către stația ADF, în condiții de vânt zero. Totuși, având vânt lateral,

trebuie aplicat un unghi de corecție a vântului (WCA - Wind Correction Angle) pentru a contracara deriva, dacă trebuie obținut un drum aproximativ drept, în loc de unul curbat, gen 'curba câinelui'.

La vitezele tipice ale avioanelor ușoare, este normal ca un pilot să solicite QDM la fiecare jumătate de minut aproximativ și să modifice HDG dacă este necesar.

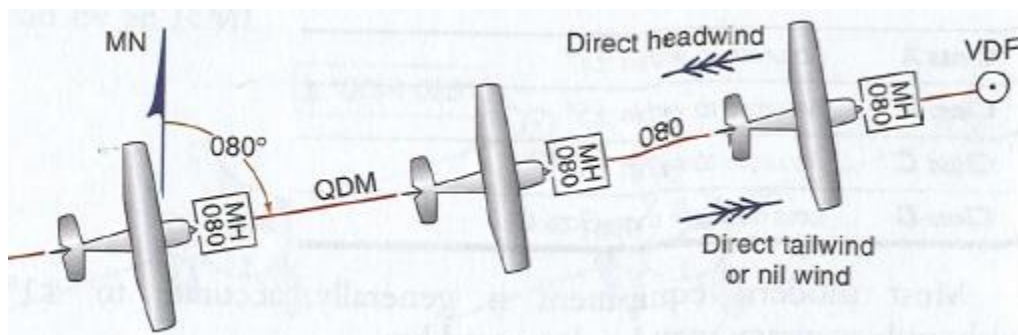


Fig.11.4

Dacă QDM este luat drept cap în condiții de vânt lateral, atunci avionul va devia în direcția în care suflă vântul și QDM se va schimba treptat. Urmatorul QDM furnizat de către operatorul de la sol va fi diferit față de primul.

În Fig. 11.5., un QDM inițial de 080 a devenit QDM 075, așadar pilotul ar vira ușor stânga de la un HDG 080°M la un HDG 075°M (noul QDM) pentru a continua drumul curbat către stație.

Pe măsură ce avionul își continuă drumul, vor urma și alte schimbări ale QDM cerute de operator, rezultatul final fiind un traseu curbat cu avionul ajuns deasupra stației terestre, aproximativ în vânt - nu tocmai o sosire 'ca la carte'!

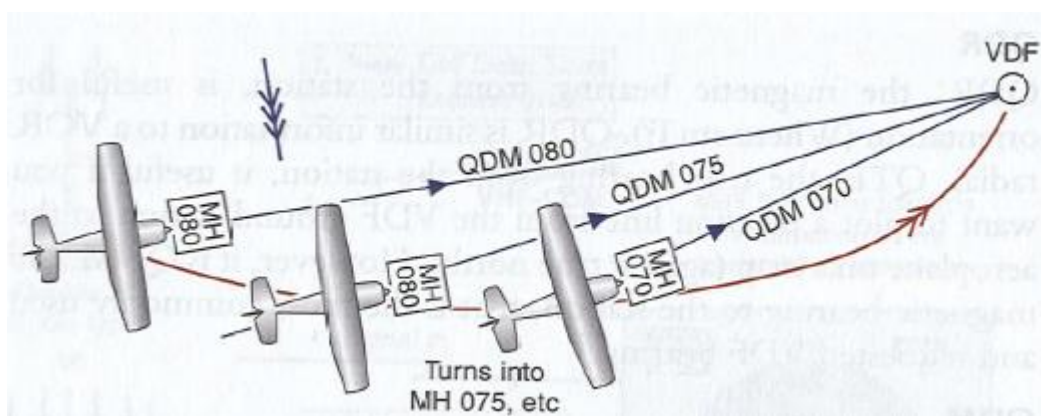


Fig.11.5

O sosire mai eficientă poate fi realizată luând în considerare efectul vântului, mai exact, folosind un WCA în vânt pentru a contracara deriva.

2.3 Acuratețea relevmentului VDF

Calitatea relevmentelor obținute prin VDF este clasificată de către operatorul VDF de la sol pentru pilot ca fiind:

Clasa A - cu o precizie de +/- 2°

Clasa B - cu o precizie de +/- 5°

Clasa C - cu o precizie +/- 10°

Clasa D - mai puțin precise decât Clasa C

Cele mai moderne echipamente au o precizie de +/- 1°, deși precizia poate fi afectată de:

- erori VDF de locație cum ar fi reflectările de la denivelările solului, clădirilor, aeronavelor sau vehiculelor
- erori VDF de propagare determinate de propagarea neregulată deasupra terenurilor diferite, mai ales dacă avionul se află la distanță mare față de stația terestră VDF.

2.4 Zborul pe rută prin VDF

Zborul către o stație VDF folosind QDM

Pentru a obține un drum dorit către o stație terestră VDF, pilotul ar trebui să încerce să păstreze o valoare QDM care este la fel ca și drumul dorit. De exemplu, pentru a menține un drum de 080°M către stația terestră VDF, pilotul ar trebui să zboare pe un cap în așa fel încât QDM 080 este menținut constant.

În timp ce operatorii VDF de la sol pot recomanda QDM, ei nu pot recomanda capul care trebuie luat pentru a contracara orice efect al vântului lateral. Pilotul trebuie să determine acest aspect dacă trebuie obținut un drum direct către stația VDF. Dacă WCA ales este perfect corect, atunci operatorul de la sol va recomanda, ca răspuns la cererea QDM, aceeași valoare a QDM ca mai înainte.

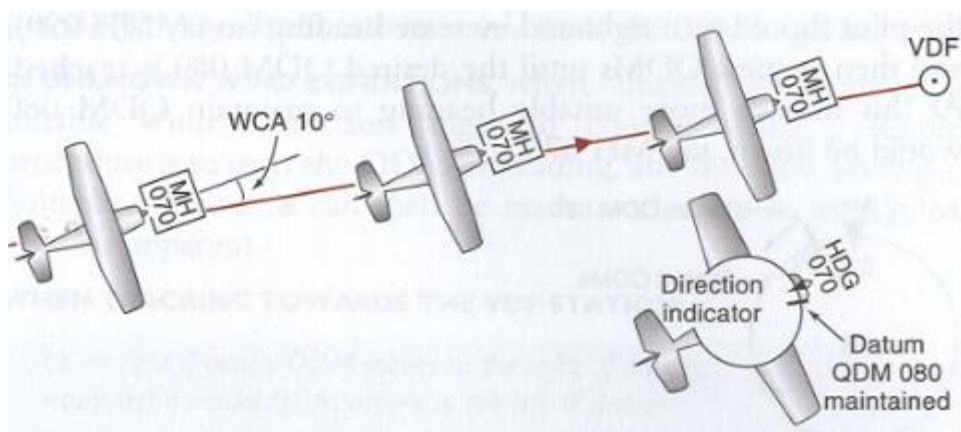


Fig.11.6

Informarea constând în QDM de către ATC poate fi catalogată ca un 'RMI vorbitor'. Puteți, plasand mental QDM pe indicatorul de direcție, forma aceeași imagine ca cea dată de un RMI.

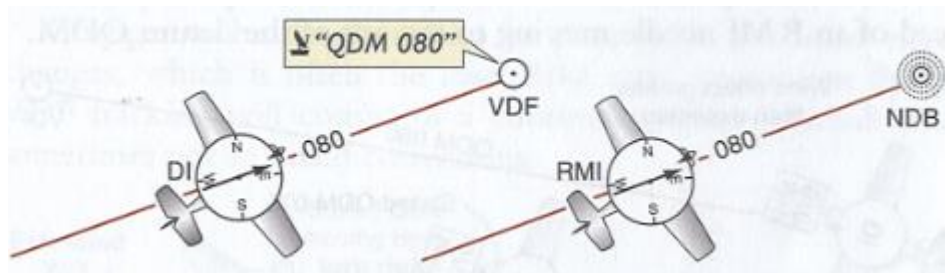


Fig.11.7

Dacă QDM furnizat se deplasează în dreapta valorii QDM, atunci avionul a deviat în stânga drumului dorit și ar trebui virat către dreapta pentru a reintercepta drumul dorit (pentru

a restabili valoarea QDM). Acesta este exact același răspuns ca și cel al capului unui ac RMI care se deplasează în dreapta valorii QDM.

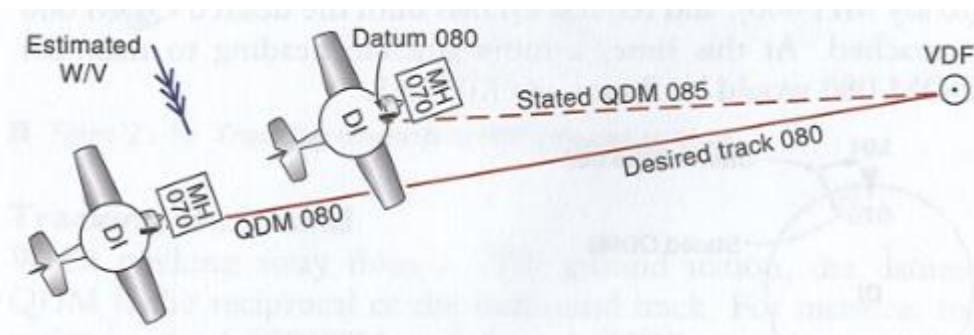


Fig. 11.8

În acest caz, în timp ce zburati pe un cap magnetic de 070, QDM real s-a mutat în dreapta valorii QDM 080, indicata de ATC care declara QDM 085. Pentru a reveni la drumul dorit, pilotul ar trebui să vireze la dreapta și să mărească HDG (să zicem MH 090) și apoi să ceară QDM până când se ajunge la QDM dorit. În acest moment, se va zbura pe un cap (HDG) mai bun pentru a menține QDM 080, să zicem MH 065.

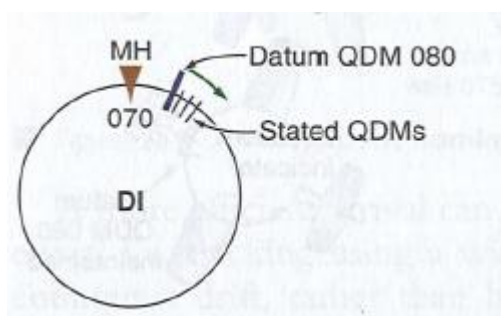


Fig. 11.9

Dacă QDM declarat se deplasează în stânga valorii QDM, atunci avionul a deviat în dreapta drumului dorit și ar trebui virat către stânga pentru a reintercepta drumul dorit (pentru a restabili valoarea QDM). Acesta este același răspuns ca și în cazul vârfului acului RMI care se deplasează în stânga valorii QDM.

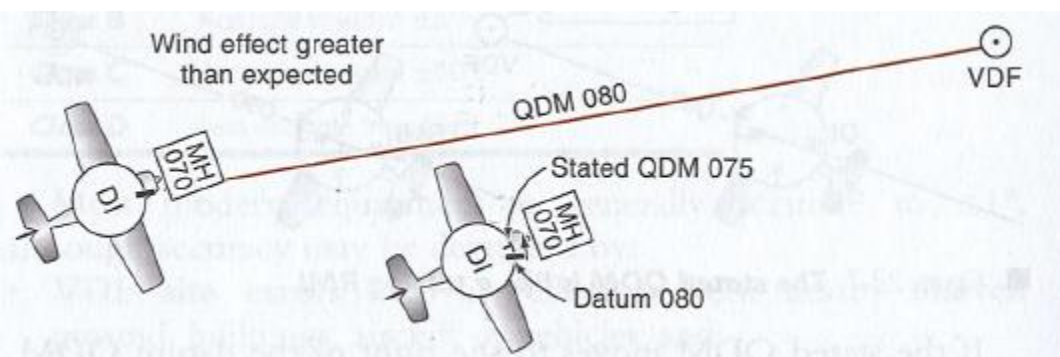


Fig. 11.10

În acest caz, QDM declarat s-a deplasat în stânga față de valoarea QDM 080 la 075. Pilotul ar trebui să vireze la stânga și să scadă HDG (să zicem MH 060) și să ceară QDM până când se obține QDM 080. La acest moment, pentru a menține QDM 080, se va lua un cap magnetic în consecință, să zicem MH 065.

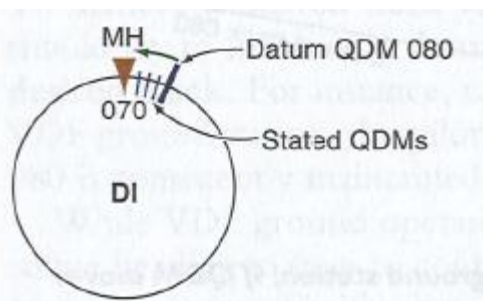


Fig.11.12

În condiții de vânt cunoscute, apelati la aprecierea WCA ca punct inițial în estimarea unui cap magnetic pentru a menține valoarea QDM, făcând modificări ale capului magnetic dacă QDM declarat sau real se îndepărtează treptat de valoarea QDM.

În condiții de vânt necunoscute, când nu putem estima un WCA pentru a contracara deriva, o procedură simplă este să luăm QDM drept cap magnetic și să observăm ce se întâmplă. Corecții corespunzătoare pot fi făcute ulterior pe măsură ce schimbările indicațiilor QDM devin evidente.

Atunci când zburati pe rută către stația VDF:

- virați la dreapta dacă QDM respectiv se deplasează în dreapta valorii;
- virați la stânga dacă QDM respectiv se deplasează în stânga valorii.

Scopul este stabilirea unui WCA care ia în considerare deriva și are ca rezultat menținerea drumului dorit - indicat de către QDM și menținut constant. Acest proces de gasire a unui WCA corespunzător prin 'ghicire' este de fapt un drum sinusoidal. În mod normal, va fi nevoie de un anumit număr de schimbări ale capului magnetic pentru a stabili WCA necesar pentru menținerea drumului.

Dacă intensitatea și direcția vântului se schimbă, ceea ce se întâmplă de obicei, va fi necesară modificarea capului. Ca majoritatea zborurilor după instrumente, zborul pe rută cu ajutorul VDF va consta într-o serie continuă de corecții mici (cateodata nu chiar așa de mici).

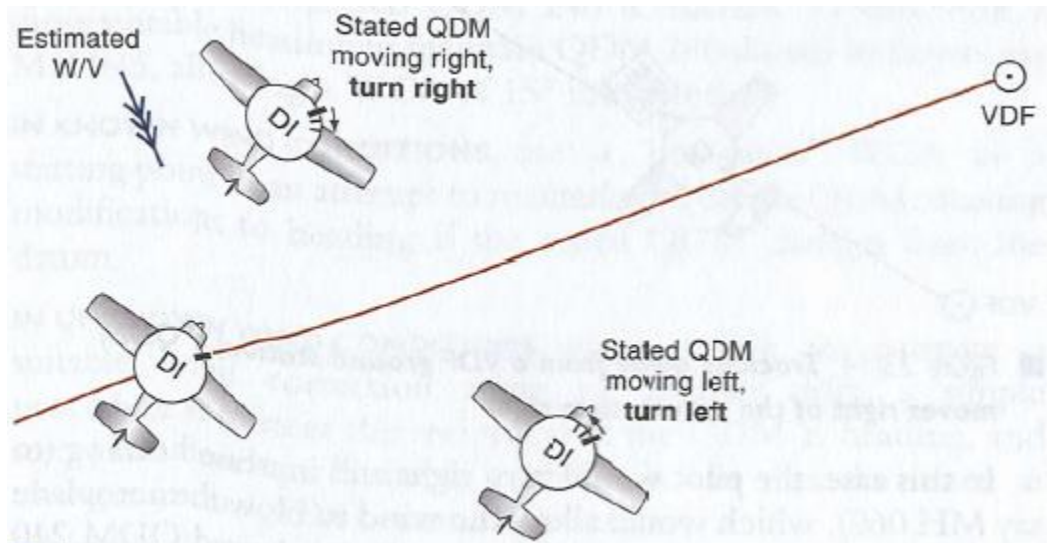


Fig.11.13

Zborul dinspre o stație VDF

Atunci când vă aflați pe drum dinspre o stație terestră VDF, valoarea QDM este reciprocă drumului dinspre stație. De exemplu, pentru a menține un drum de $060^{\circ}M$ dinspre stația terestră VDF, avionul trebuie să zboare în așa fel încât valoarea QDM 240 să fie menținută.

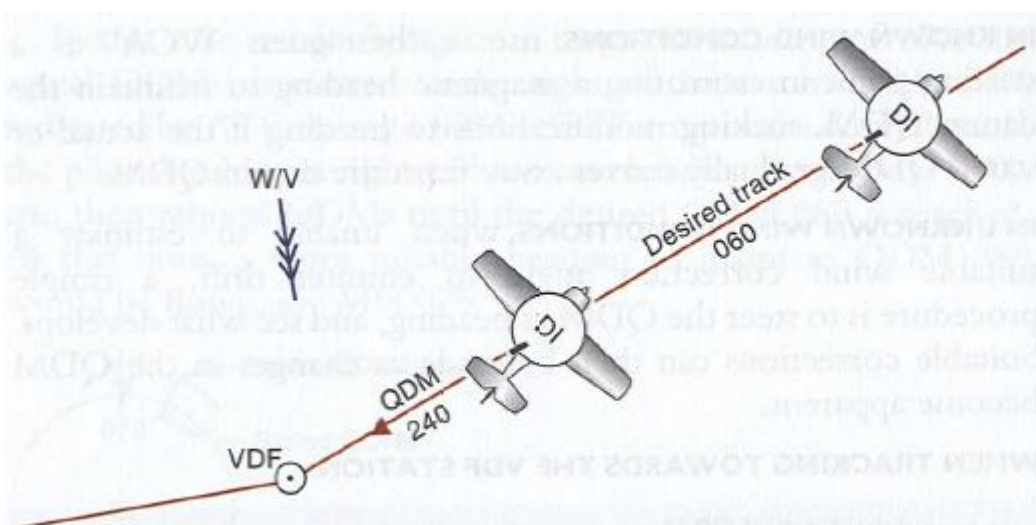


Fig.11.14

Dacă QDM declarat se deplasează în dreapta valorii QDM, avionul a deviat la stânga față de drumul dorit și ar trebui virat la dreapta pentru a-l reintercepta. Acesta este același răspuns ca și în cazul vârfului acului RMI care se deplasează în dreapta valorii QDM.

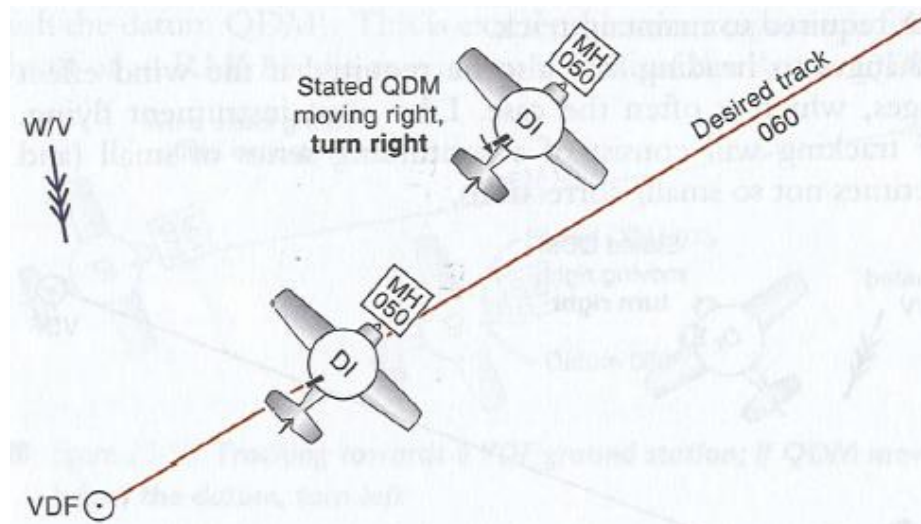


Fig.11.15

În acest caz, pilotul ar trebui să vireze la dreapta și să crească HDG (să zicem MH 060), ceea ce va permite vântului să ‘împinga’ avionul din nou pe drumul dorit și să ceară QDM până când se obține QDM 240. La acest moment, pentru a menține QDM 240, se va lua un cap magnetic în consecință, să zicem MH 055.

Dacă QDM declarat se deplasează în stânga valorii QDM, avionul a deviat la dreapta față de drumul dorit și ar trebui virat la stânga pentru a-l reintercepta. Acesta este același răspuns ca și în cazul vârfului acului RMI care se deplasează în stânga valorii QDM.

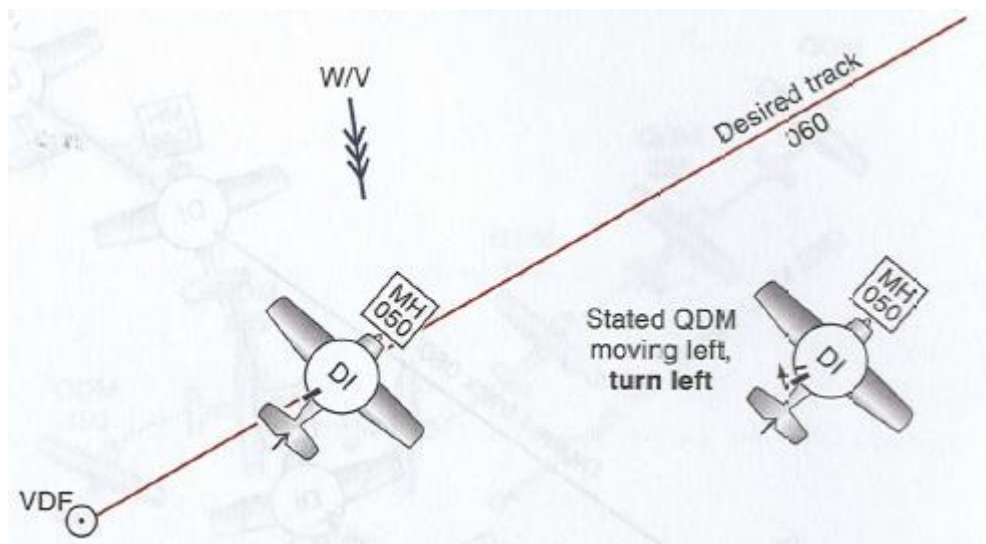


Fig.11.16

În acest caz, din moment ce avem MH 050, care permite o estimare a derivei de 10°, a adus avionul în partea dreaptă a drumului, pilotul ar trebui să vireze la stânga și să reducă capul (să zicem MH 040) și să ceară QDM până când se obține QDM 240. La acest moment, pentru a menține QDM 240, se va lua un cap magnetic în consecință, să zicem MH 045 luând în considerare un WCA de 15° în vânt.

În condiții de vânt cunoscute, folosiți metoda aprecierii celui mai bun WCA, ca punct inițial în încercarea de a menține valoarea QDM, modificând capul magnetic în cazul în care QDM real se schimbă de la valoarea inițială.

În condiții de vânt necunoscute, când nu putem estima un WCA corespunzător pentru a contracara deriva, o procedură simplă este să luăm QDM drept cap magnetic și să observăm ce se întâmplă. Corecțiile corespunzătoare pot fi făcute ulterior pe măsură ce schimbările indicațiilor QDM devin evidente.

Atunci când zburati pe rută dinspre stația VDF:

- virați la dreapta dacă QDM respectiv se deplasează în dreapta valorii;
- virați la stânga dacă QDM respectiv se deplasează în stânga valorii.

Observați că indicațiile de mai sus sunt identice cu cele de la zborul pe rută către o stație terestră VDF.

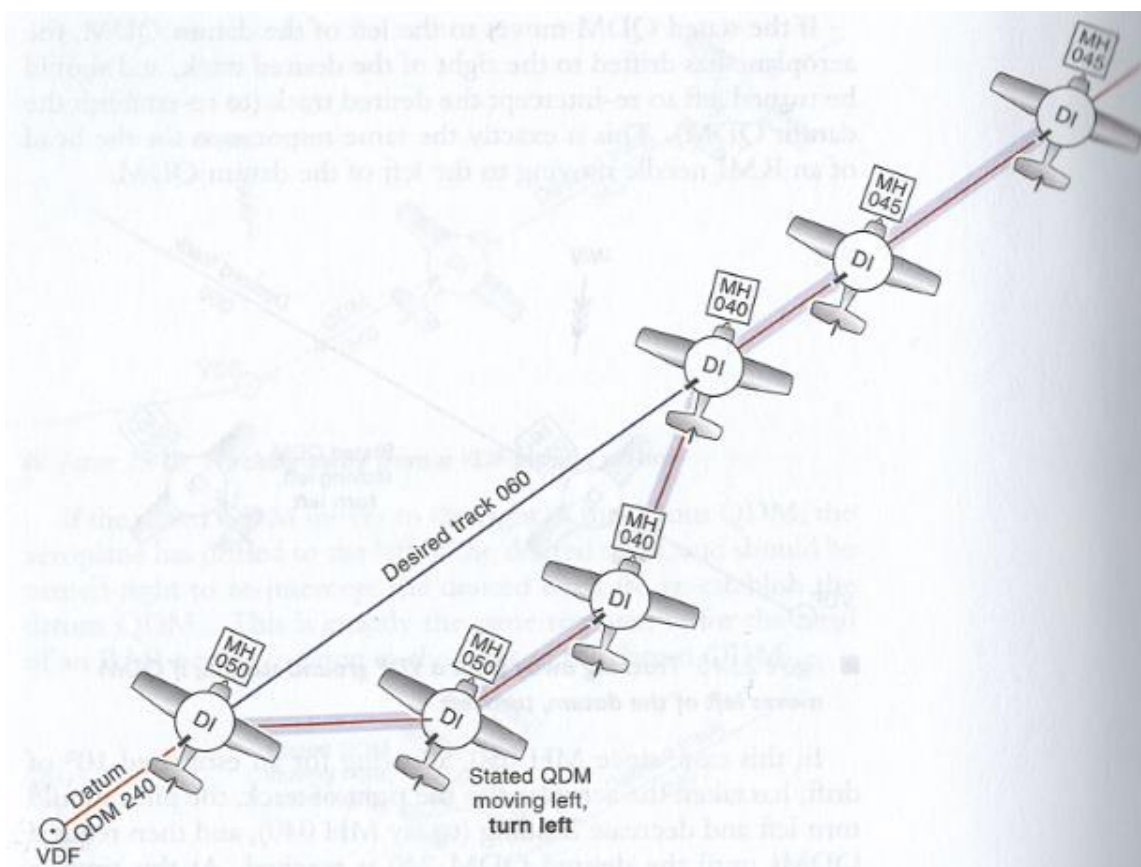


Fig.11.17

Reguli ale zborului pe rută cu ADF

Determinați valoarea QDM pentru drumul dorit;

- spre: valoarea QDM = drumul dorit
- dinspre: valoarea QDM = reciproca drumului dorit ($180 - \text{QDM}$)

Folosiți metoda aprecierii celui mai potrivit WCA pentru a stabili un cap magnetic inițial în încercarea de a menține valoarea QDM.

Atât drumul spre cât și dinspre o stație terestră VDF:

- dacă QDM declarat se deplasează în stânga valorii, viraj la stânga;
- dacă QDM declarat se deplasează la dreapta, viraj la dreapta (tratati QDM declarat pe DI ca un instrument de comandă).

Survolarea unei stații terestre VDF

Pe măsură ce avionul survolează (sau se apropie de survolarea stației) stația terestră VDF, operatorul de la sol va fi în incapacitatea de a determina direcția din care sunt recepționate semnalele VHF-COM, deși comunicațiile voce vor fi recepționate normal. Va raporta acest pilot ca “relevment zero”.

Dacă drumul dinspre stație diferă semnificativ față de drumul spre aceasta, pilotul va trebui să ia un cap de interceptare corespunzător până când valoarea QDM pentru drumul dinspre stație este stabilit, moment în care ar trebui menținut un drum normal pe rută.

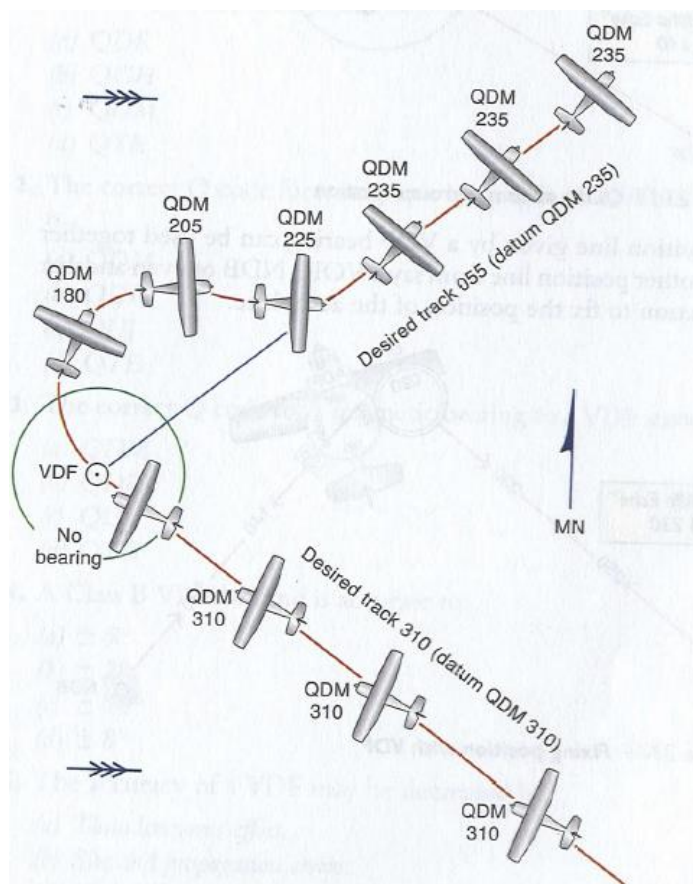


Fig. 11.18

Cererile de QDM de către pilot ar trebui să fie mai frecvente cu cât avionul se află mai aproape de stația terestră în așa fel încât ajustări ale capului magnetic să fie posibile.

Alte utilizari ale VDF

Relevmentele obținute prin VDF pot fi folosite pentru anumite scopuri navigaționale. De exemplu, puteți cere un QDM când survolați o stație VDF pentru a verifica dacă o survolați într-adevăr.

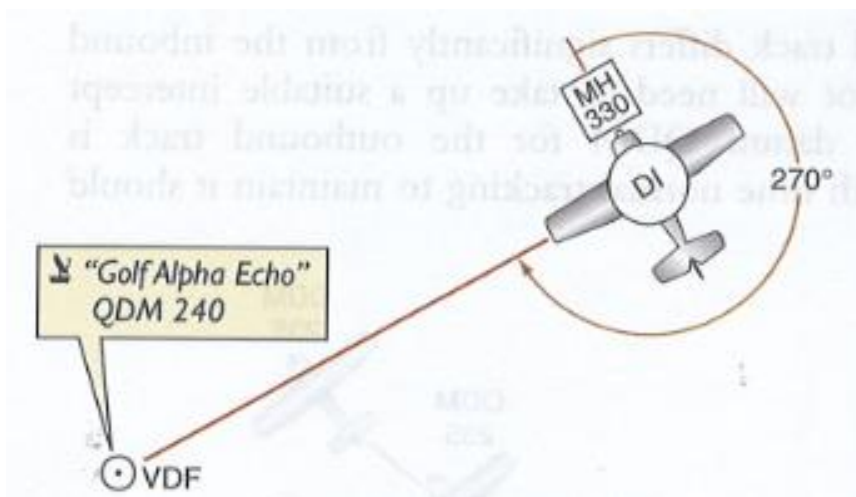


Fig.11.19

O linie de poziție dată de un relevment VDF poate fi folosită împreună cu altă linie de poziție de la un VOR, NDB sau chiar o altă stație VDF pentru a fixa poziția avionului.

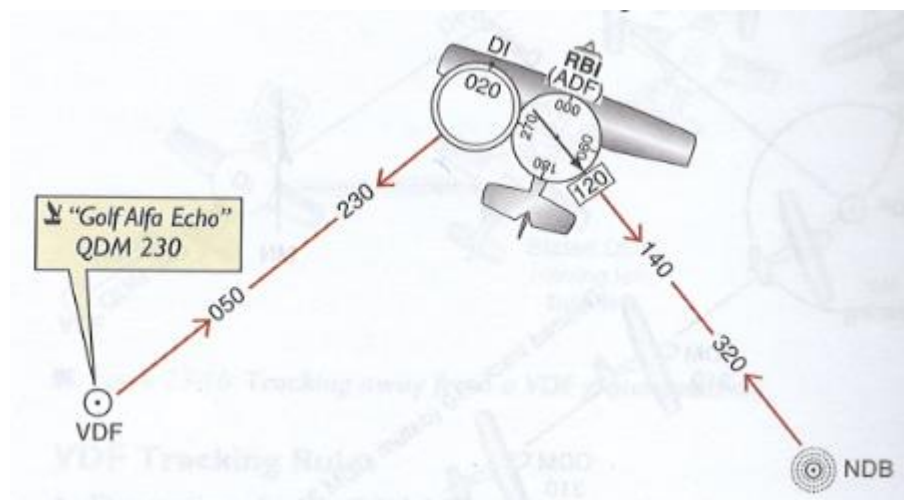


Fig.11.20

3. NDB/ADF

3.1 Descriere generală

Radiofarul non-direcțional (NDB - non directional beacon) este cel mai simplu mijloc de radio-navigație folosit de aeronave. Este alcătuit dintr-un transmițător aflat la sol care transmite energie radio de frecvențe scurte și medii în toate direcțiile, de unde și numele - *radiofar non-direcțional*.

*Dispozitivul automat de găsimă a direcției (ADF - automatic direction finder) se află în avion și are un ac care indică direcția din care provin semnalele de la stația terestră selectată NDB. Această informație este foarte utilă pentru piloții care zboară în condiții instrumentale și / sau noaptea. Cu ceva timp în urmă, sistemul combinat ADF / NDB era cunoscut sub numele de *busola/compas radio*.*



Fig.12.1

Un ADF setat corect indică direcția NDB selectat dinspre aeronavă. Zburând către un NDB este asemenea urmării indicațiilor acului busolei magnetice către Polul Nord - zburăți către direcția indicată de ac și eventual veți ajunge să o survolați.

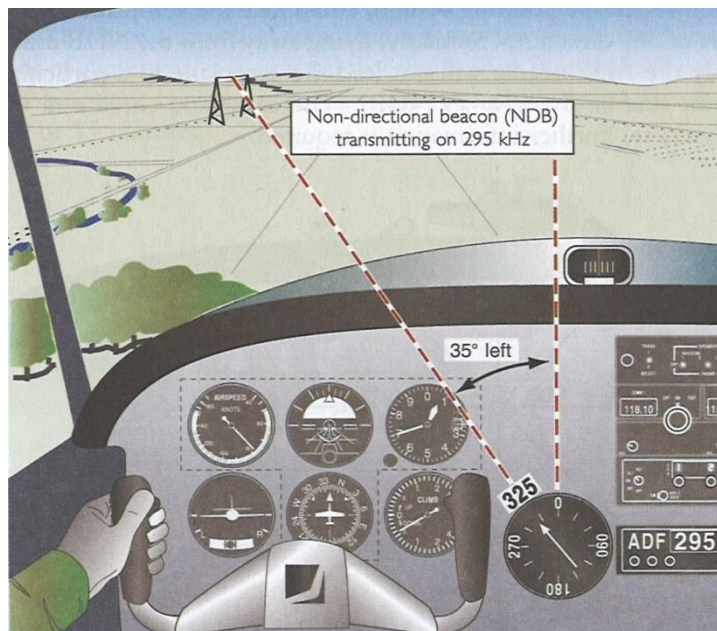


Fig. 12.2

3.2 Principiul de operare

Radiofarul non-direcțional (NDB) este partea aflată la sol din combinația amintită mai sus. Se numește *non-directional* deoarece nu există o direcție favorizată în transmisiile sale. NDB emite energie electromagnetică egală în toate direcțiile. Fiecare NDB transmite pe o frecvență dată în bandele de frecvență joasă sau medie (LF/ MF, între 190 - 1.750 kHz). NDB se prezintă sub forme diferite de antene: fie un stâlp, fie sub forma unui 'T' de dimensiuni mai mari, între doi stalpi.

Un semnal NDB ideal recepționat de către o aeronavă poate fi precis cu o marjă de eroare de $\pm 2^\circ$; totuși, diferiți factori pot reduce precizia în mod semnificativ. Acești factori includ:

- Efectul furtunilor* care poate avea ca efect devierea acului ADF către o furtună electrică din apropiere (nori cumulonimbus) și departe de NDB selectat.
- Efectul nopții* atunci când undele provenite de la un NDB se întorc la sol din ionosferă pot cauza apariția interferențelor cu undele de suprafață de la NDB, rezultând foarte posibil într-un semnal slab și un ac ADF dezorientat (în special în zorii zilei sau la lăsarea serii).
- Interferențe* de la un alt NDB care transmite pe frecvențe similare.
- Efectul de munte* datorat reflecțiilor semnalelor de la NDB de munți.
- Efectul de coastă* cauzat de semnalul NDB care își schimbă ușor direcția către zona de coastă când o intersectează la un anumit unghi.

Fiecare NDB este identificat printr-un semnal codificat Morse format din două sau trei litere care este transmis împreună cu semnalul său normal. Acesta este cunoscut sub numele de *ident*.

Trebuie să identificați un NDB înainte de a-l folosi în scopuri de navigație în raza sa atribuită, iar dacă este folosit pe o perioadă mai lungă, reidentificat periodic.

Lipsa unui ident poate indica faptul că NDB nu funcționează, deși încă mai transmite (să zicem în scopuri de întreținere sau test) și nu trebuie folosit pentru navigație. Dacă este auzit un ident incorect, atunci acele semnale nu trebuie luate în considerare.

Pentru a identifica majoritatea NDB, selectați AUDIO de pe ADF, ascultați semnalul de tip cod Morse și confirmați corectitudinea sa.

Alte au alte caracteristici IDENT care sunt asociate cu tipul transmisiei. Anumite tipuri pot fi identificate cu selectorul modului ADF setat pe poziția ADF. În Europa continentală există NDB care necesită ca pilotul să selecteze BFO (beat frequency oscillator) pentru a permite identificarea. BFO ‘atașează’ un ton pe unda NDB pentru a o face audibilă.

Anumite NDB pot avea și transmisii de voce, cum ar fi ATIS (automatic terminal information service) la anumite aerodromuri. Este de asemenea posibil, într-o zonă în care comunicațiile radio au ‘căzut’ (VHF-COM), ca ATC să transmită mesaje voce adresate pilotului pe frecvența NDB. Pot fi recepționate pe ADF dacă se selectează AUDIO.

Partenerul din aer al NDB este ADF. Acesta funcționează pe principiul *compasului radio* în timp ce acul ADF indică direcția din care provine semnalul.

ADF are trei componente:

1. Receptorul ADF, pe care pilotul îl setează pe frecvența NDB dorită și îl verifică cu ident.
2. Sistemul de antenă, compus dintr-o antenă rotativă (sau echivalentul său modern) și o antenă cadru, care împreună determină direcția din care provine semnalul.
3. Modul de prezentare al ADF în cabină, fie un cadran fix sau un cadran compas rotativ cu un indicator sau un ac care arată direcția din care provine semnalul. Instrumentul din cabină este instalat în panoul de instrumente, cu vârful cadranului reprezentând ‘botul’ avionului, iar baza, ‘coada’. În mod ideal, acul ADF va fi orientat continuu și automat către stația terestră NDB.



Fig. 12.3

Recepția îmbunătățită la un radio portabil este uneori posibilă prin rotirea sa într-o anumită poziție, datorită proprietăților direcției ale antenei receptoare. ADF funcționează pe același principiu.

Modurile de operare ale ADF sunt:

OFF: oprit

ADF: Poziția normală atunci când doriți afișarea automată de către ac a informațiilor referitoare la relevment. Majoritatea NDB pot fi identificate cu butonul selector în această poziție (și butonul de volum ajustat corespunzător).

ANT sau *REC*: Abrevieri de la antenă și receiver. În această poziție, este folosit doar semnalul de la antenă, fără nicio informație relevantă disponibilă la acul ADF. Motivul pentru această funcție este faptul că furnizează cea mai bună audibilitate pentru a facilita identificarea și o înțelegere mai bună a mesajelor voce. Nu lăsați niciodată această poziție dacă navigați folosind ADF - acul ADF va rămâne stabil fără nicio indicație clară a faptului că nu funcționează! Totuși, este posibil să identificați majoritatea NDB cu selectorul în poziția ADF (care este o poziție mai sigură) și să evitați poziția ANT.

BFO sau *CW*. Abrevieri pentru beat frequency oscillator sau carrier wave (unda purtătoare). Această poziție este selectată atunci când puținele unde NDB care folosesc transmisiile A0/A1 sau A1 și care sunt unde purtătoare nemodulate a căror transmisie este întreruptă având schema codului de identificare Morse a NDB. Din moment ce niciun mesaj voce nu poate fi transmis pe o undă nemodulată, BFO (ca parte integrantă a echipamentului aflat în aer) impune un ton pe semnalul unei purtătoare pentru a-l face audibil pilotului în așa fel încât să fie identificat semnalul NDB.

TEST: Selectarea acestei poziții va devia acul ADF de la poziția sa curentă. Trecerea selectorului din nou la poziția ADF ar trebui să determine acul să revină la indicarea direcției NDB. Aceasta funcție ar trebui testată de fiecare dată ca parte a procedurii de *selectare, identificare și acțiune a ADF*. Anumite aparate ADF au un buton separat de test care trebuie apăsat doar ca să devieze acul și apoi lasat pentru a verifica dacă revine la loc.

Butonul de volum va fi probabil separat de butonul de selectare a modurilor. Prin setarea volumului la căștile pilotului se înțelege că atât ident sau orice mesaj voce de pe semnalul NDB vor fi auzite. Dacă recepția semnalului este slabă în ADF, se va încerca ANT/REC iar dacă nu exista semnal de recepție, se va încerca BFO/CW.

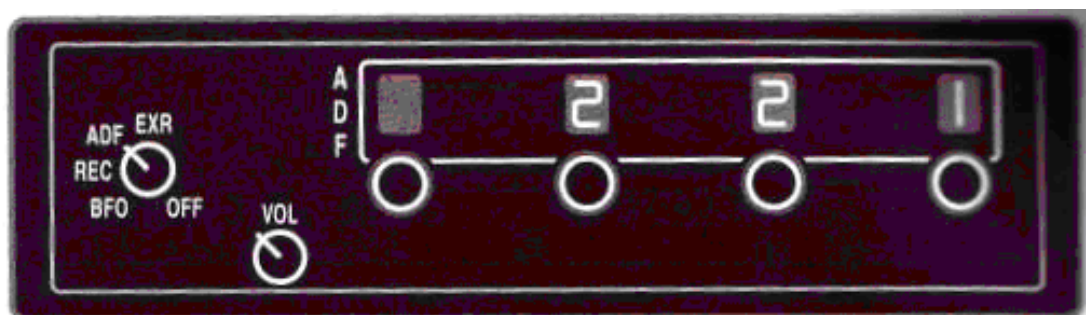


Fig. 12.4

NDB transmite pe o frecvență cuprinsă între 190 - 1.750 kHz, cea mai obișnuită bandă fiind 250 - 450 kHz. Pentru a permite facilitarea alegerii unei anumite frecvențe, ADF moderne au butoane care permit o alegere digitală în intervale de 100, 10 și 1 kHz. Anumite ADF pot avea un selector de bandă (200 - 400; 400 - 1.600 kHz), având fie un buton de căutare fie unul digital de reglaj fin.

3.3 Modalitățile de prezentare ale ADF în cabină

Scopul principal al ADF în avion este ca acul sau să indice direct către stația terestră NDB.

ADF se prezintă sub forma unui cadran așezat vertical în panoul de instrumente, în așa fel încât:

- dacă acul indică în sus, NDB se află în față
- dacă acul indică în jos, atunci NDB este în spate
- dacă acul indică în lateral, înseamnă ca NDB se află undeva în partea laterală a axei avionului

Pentru a informa pilotul în acest sens, se folosesc diferite modalități de prezentare, din care vom enumera trei:

- Roza fixa ADF sau indicatorul gimentului (RBI = relative bearing indicator)
- Roza rotativa ADF
- Indicatorul radio magnetic (RMI = radio magnetic indicator)



Fig. 12.5 RBI și RMI

Indicatorul gismentului (RBI)

Un afișaj fix cu un ac ADF care se rotește pe un fundal care constă dintr-un cadran azimut fix de 360° având 000° (360°) la 'vârf', 180° la bază și așa mai departe. Roza fixă ADF este cunoscută de asemenea ca *gisment* (RBI), întâlnită la majoritatea aeronavelor.

Pe roza fixă ADF, acul indică gismentul față de NDB, din avion.

Gismentul (relative bearing) NDB de la aeronavă reprezintă unghiul dintre HDG avionului și direcția NDB. De obicei, gismentele sunt descrise în sensul acelor de ceasornic de la 000° până la 360° , dar uneori conviene să descriem gismentul NDB către 'botul' sau 'coada' avionului.

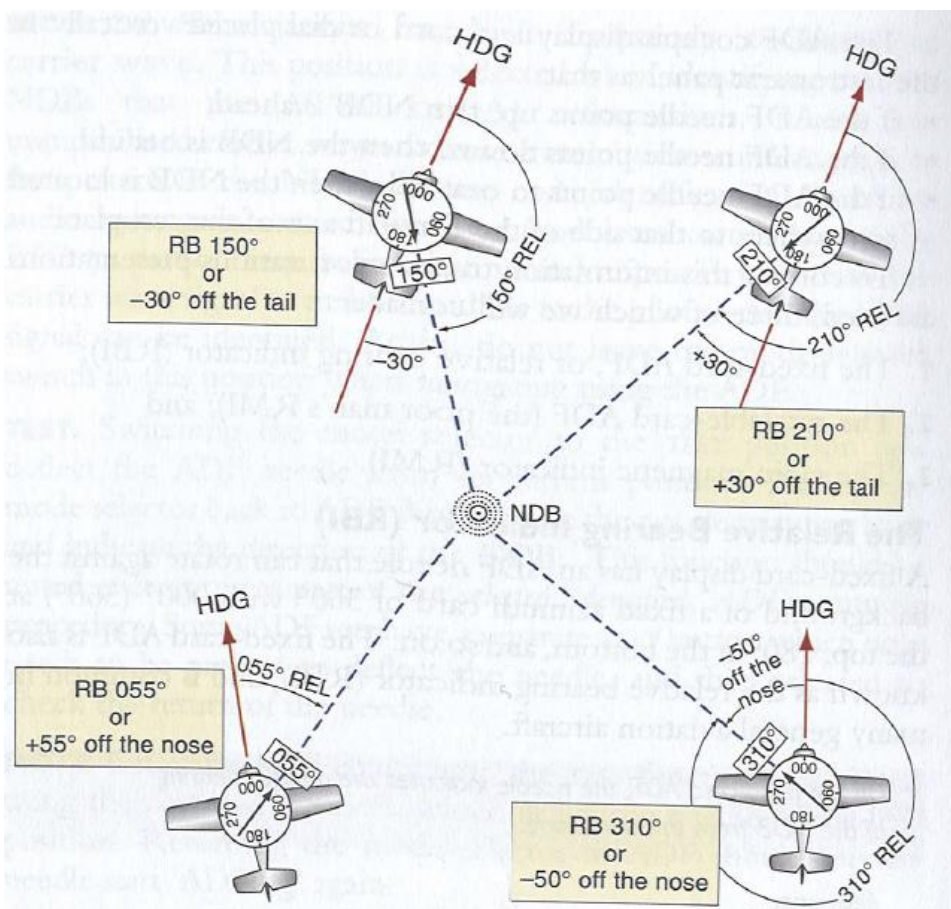


Fig.12.6

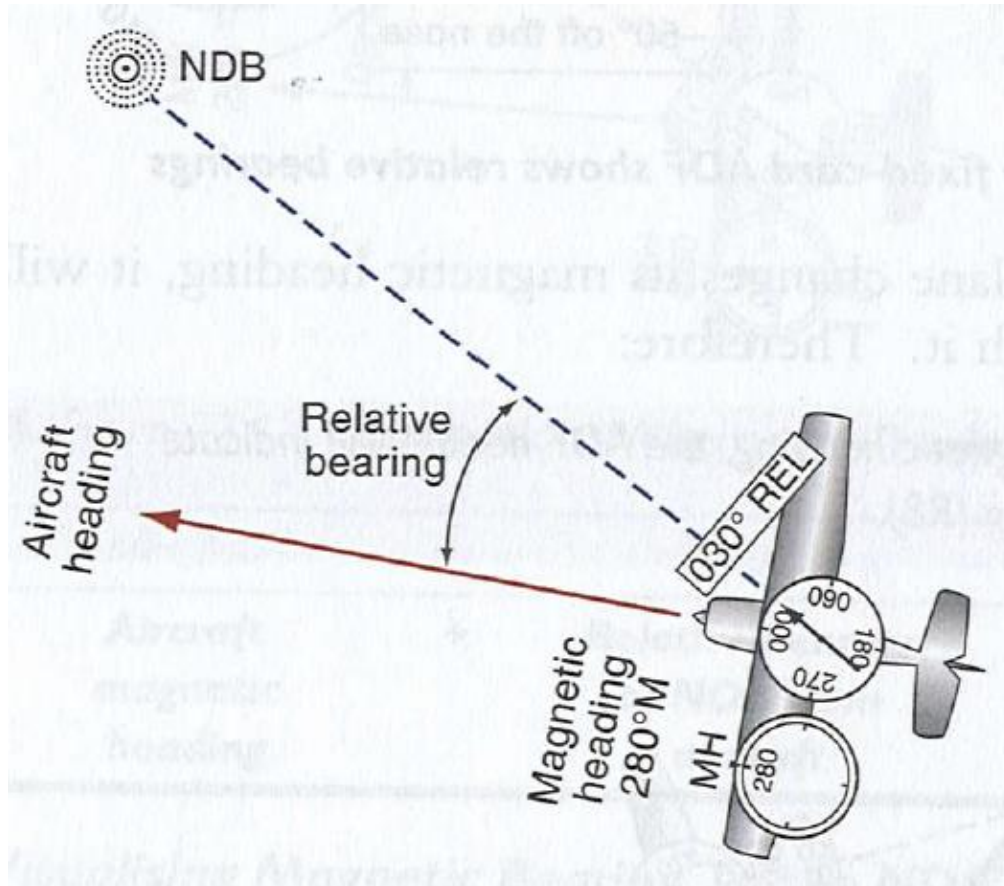


Fig.12.7

De fiecare dată când avionul își schimbă capul magnetic, se va schimba și roza fixă. Așadar: Cu fiecare schimbare a capului magnetic, acul ADF va indica un gisment diferit.

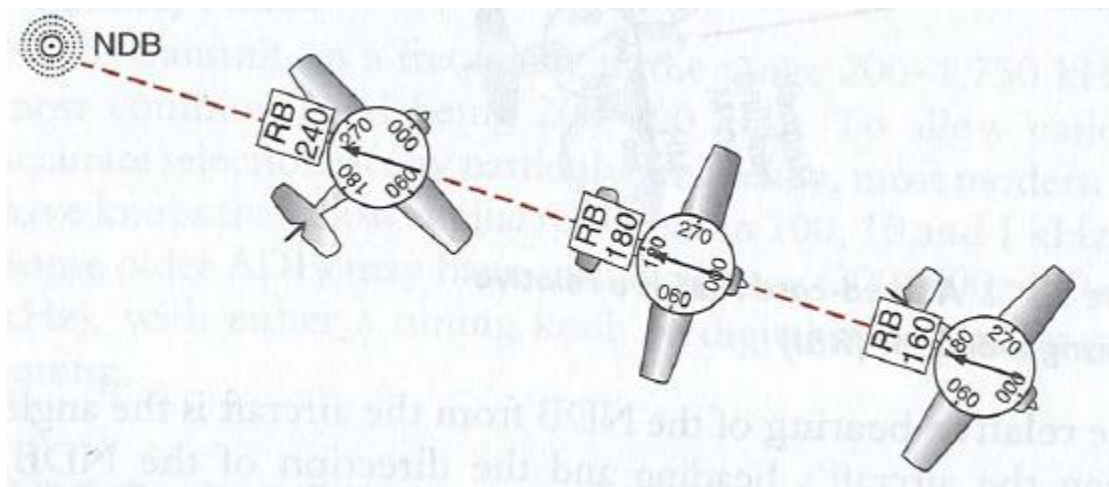


Fig.12.8

Orientarea folosind indicatorul gismentului

Avionul poate fi orientat față de NDB dacă știți:

- capul magnetic (MH - magnetic heading) al avionului (de la busola sau indicatorul HDG)
- gismentul (RB - relative bearing) al NDB față de avion

În practică, se zboară pe capul magnetic folosind indicatorul HDG, care trebuie realiniat cu compasul magnetic în zbor rectiliniu constant la fiecare aprox. 10 min. Desenele noastre, prin urmare, vor prezenta DI (direction indicator) în loc de compasul magnetic.

În Fig. 17.14., avionul are un HDG 280°M, iar ADF indică gismentul 030° până la un anumit NDB, mai exact cap magnetic 280 și gisment 030.

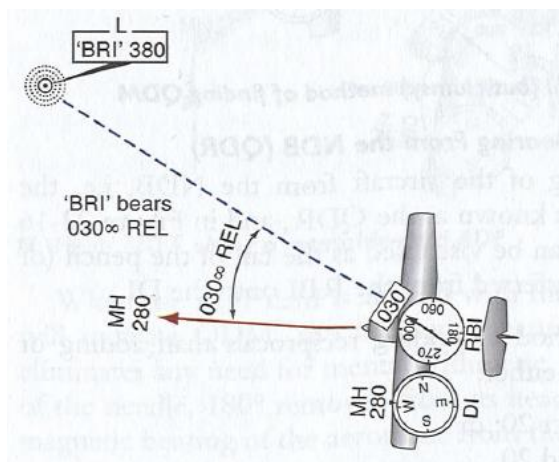


Fig. 12.9

CAP MAGNETIC 280 + GISMENT 030 = 310°M până la NDB (relevment magnetic al NDB față de aeronavă)

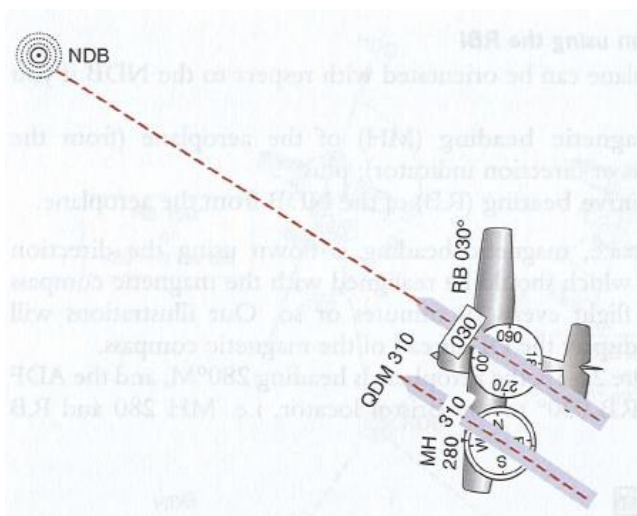


Fig. 12.10



Vizualizarea relevmentului magnetic de la NDB (QDR)

Relevmentul magnetic al aeronavei față de NDB, mai precis reciproca QDM, este cunoscut ca QDR, iar în figura de sus QDR - ul este 130. QDR poate fi vizualizat ca și coada acului atunci când este transferat de la indicatorul gismentului pe DI.

Notă: O metodă mai ușoară de a afla reciprocile în afară de adunare sau scădere cu 180° , este fie să:

- a. adunați 200 și să scadeți 20; sau
- b. scădeți 200 și adunați 20

Exemplu:

QDM 310	QDM 270	QDM 085
-200	-270	+200
+20	+20	-20

QDR 130 QDR 090 QDR 265

Roza rotativă ADF

Roza rotativă ADF diferă de roza fixă ADF, prin faptul că permite să o rotiți în așa fel încât acul ADF va indica, nu gismentul, ci relevmentul magnetic față de NDB (QDM). Faceți acest lucru prin alinierea rozei ADF cu roza compas DI de fiecare dată când se schimbă HDG magnetic.

Pentru alinierea rozei rotative ADF, citiți capul magnetic pe indicatorul HDG, apoi rotiți roza ADF setând capul magnetic sub index.

Când roza ADF este aliniată cu DI, acul ADF va indica QDM, relevmentul magnetic față de NDB. Acest lucru elimină necesitatea oricărui calcul aritmetic mental. Rețineți de asemenea faptul că, în principiu, coada acului, mutată la 180° față de cap, indica QDR - ul, adică relevmentul magnetic al avionului față de NDB.

De fiecare dată când aeronava își schimbă capul magnetic, trebuie să aliniați manual roza ADF cu DI (direction indicator), asigurându-vă, desigur, că DI este aliniat corect cu compasul magnetic.

Dacă se dorește, roza rotativă încă mai poate fi folosită ca o roză fixă prin alinierea 000 cu 'botul' avionului și apoi rămânând neschimbat.

Urmatoarea îmbunătățire de la o roză rotativă este rămânerea aliniat în mod automat, cu un indicator radio magnetic (RMI).

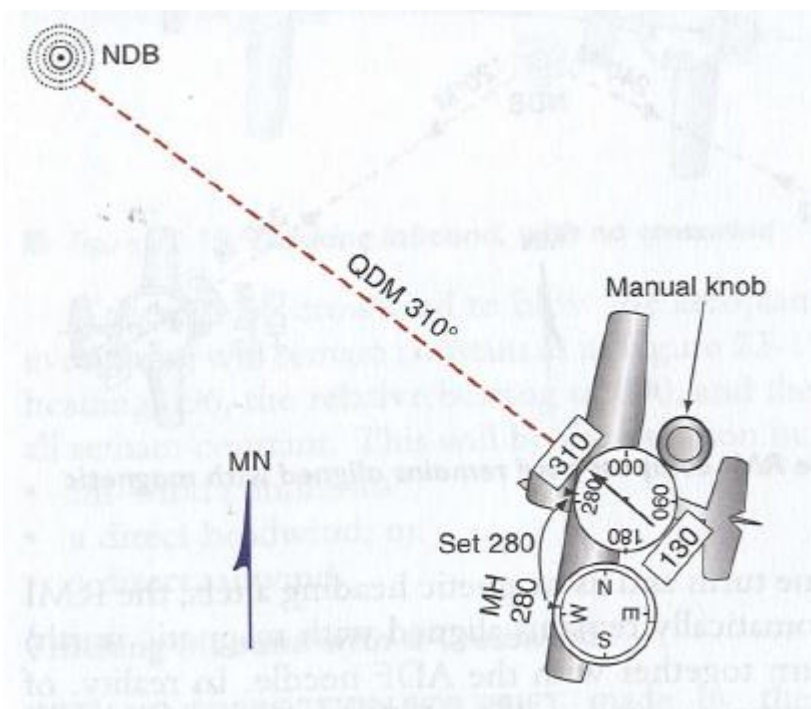


Fig. 12.11

Indicatorul radio magnetic (RMI)

Afișajul RMI are acul ADF așezat deasupra pe o roză care este aliniată continuu și automat cu nordul magnetic. Este, dacă vreti, o versiune automată a rozii rotative ADF, o combinație automată a indicatorului de 1660 și RMI.

RMI este cea mai bună prezentare a ADF și cea mai ușoară de folosit, dar, din păcate, cea mai scumpă și de obicei întâlnită la aeronave mai sofisticate.

Acul RMI va indica întotdeauna QDM, relevmentul magnetic către NDB. 'Coadă' acului RMI va indica QDR, relevmentul magnetic de la NDB.

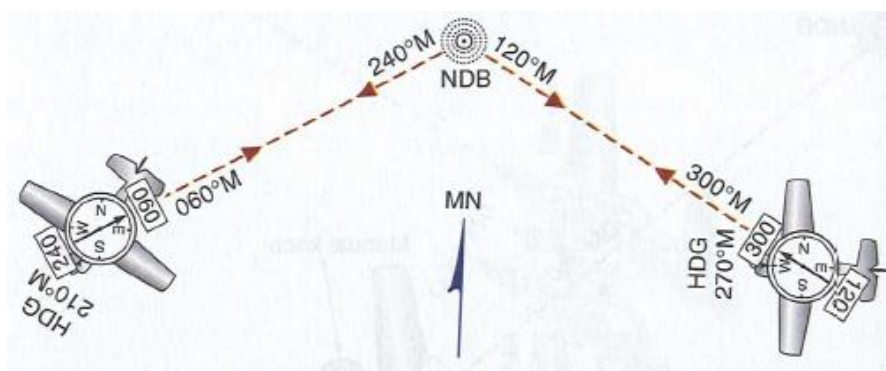


Fig. 12.12

Pe măsură ce un avion virează și capul magnetic se schimbă, roza RMI (care în mod automat rămâne aliniată cu nordul magnetic) va părea că se va mișca odată cu acul ADF. În realitate, desigur, roza compasului și acul RMI sunt cele care rămân staționare, iar avionul virează în jurul lor. Înainte, în timpul și după viraj, acul RMI va indica în mod constant QDM curent.

Indicatorul Gisementului Zborul de apropiere către un NDB

Combinăția ADF/NDB este folosită des pentru a furniza indicații pentru un avion aflat la distanță către o poziție deasupra stației terestre NDB. Acest proces este cunoscut sub numele de *zbor direct*. Modul în care realizați acest lucru depinde până la un anumit punct de direcția și viteza vântului, din moment ce un avion direcționat inițial către NDB va fi deviat de la drum de către un vânt lateral.

Zborul direct către NDB, cu vânt lateral zero

Fără vânt lateral, un zbor de apropiere către un NDB poate fi obținut prin luarea unui cap direct către NDB. Aceasta se obține cu un HDG care menține acul ADF pe roza avionului (gisment 000).

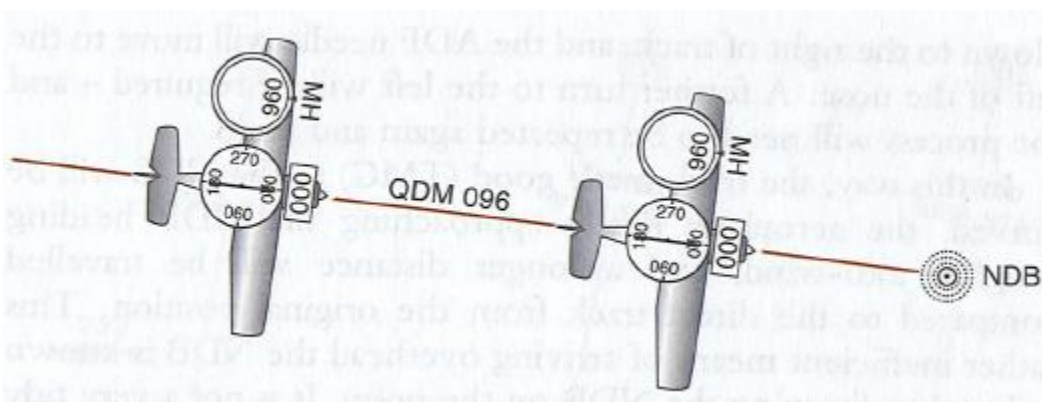


Fig.12.13

Dacă nu există vânt care să devieze avionul de la drum, atunci totul va rămâne constant ca în figura de mai sus - cap magnetic 096, gisement 000, și QDM 096 vor rămâne toate constante. Acesta va fi cazul atunci când:

- există condiții de vânt zero
- vânt de față
- vânt de spate

Zborul de apropiere în condiții de vânt lateral

Fără o corecție a derivei luată în calcul de către pilot și avionul îndreptându-se către NDB în așa fel încât acul ADF indică un gisement de 000, orice vânt lateral va cauza devierea

avionului de la drum.

În Figura 12.15, vântul, cu o componentă din nord, a deviat avionul în dreapta drumului. Acest lucru este indicat de acul ADF care începe să se miste către partea stângă a cadranului. Pentru a reveni la drum, avionul trebuie virat către stânga, mai exact către direcția spre care se îndreaptă acul.

Dacă pilotul virează către stânga, gisement 000 pentru a ‘pune’ NDB pe direcția ‘botului’ avionului, apoi, după un interval scurt, va fi din nou deviat în dreapta drumului, și acul ADF se va deplasa în partea stângă a ‘botului’. Va fi nevoie astfel de un viraj suplimentar - procesul va trebui să fie repetat.

În acest fel, linia drumului real (TMG = track made good) către NDB va fi curbată, avionul apropiindu-se până la urmă de HDG către NDB, aproximativ ‘în vânt’, și va fi parcursă o distanță mai mare comparată cu cea directă. Aceste metode relativ ineficiente de a ajunge deasupra NDB sunt cunoscute sub numele de ‘*curba câinelui*’ (având NDB setat pe ‘botul’ avionului). Nu este o procedură indicată. Piloții profesioniști o folosesc foarte rar.

Cu o corecție exactă a derivei efectuată de pilot - o procedură mult mai bună decât precedentă este *zborul direct către NDB* prin luarea unui HDG în vânt și calcularea unui unghi de corecție a vântului (WCA - wind correction angle) pentru a contracara deriva. Dacă într-adevăr 5° este WCA corect, avionul se înscrie pe un drum $096^\circ M$ direct către NDB prin luarea unui cap magnetic 091° .

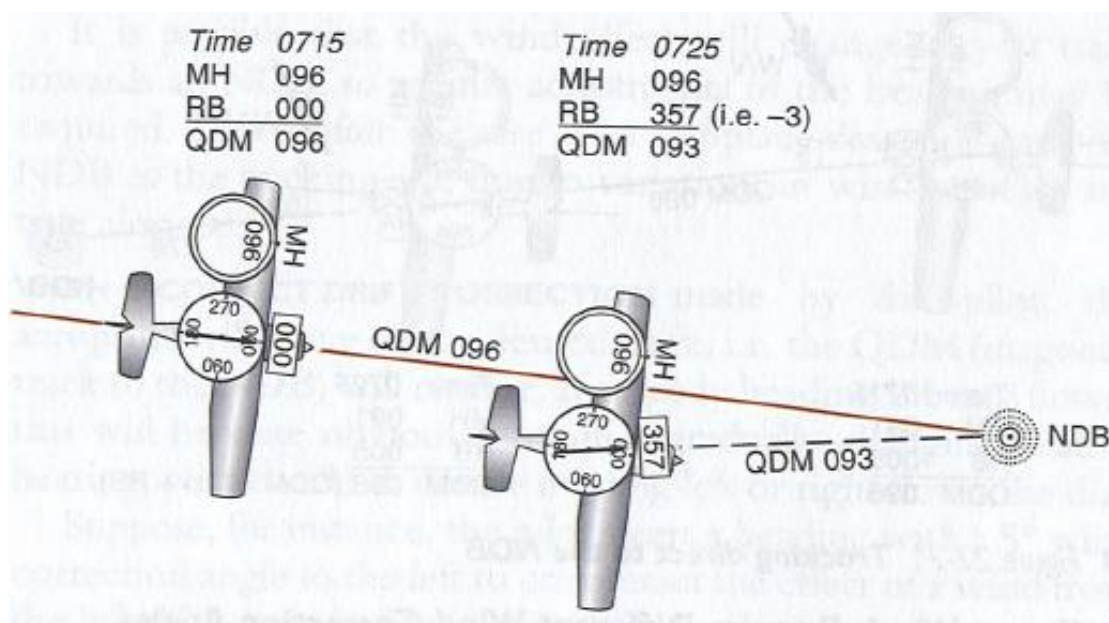


Fig.12.14

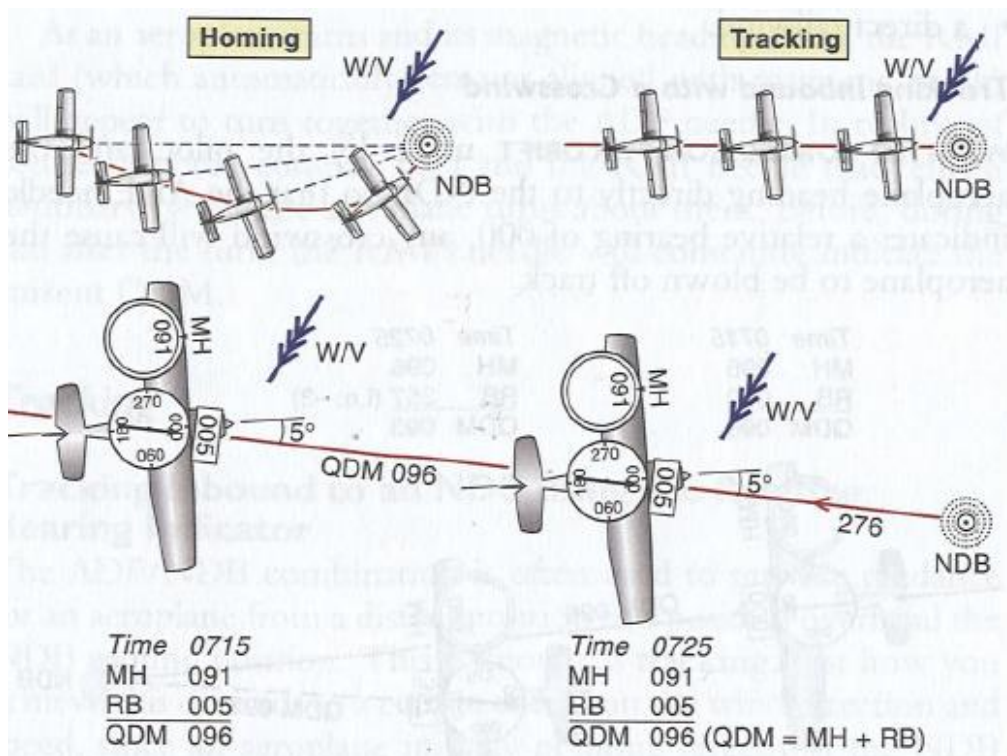


Fig.12.15

Vânturi diferite necesită unghiuri de corecție diferite.

Un avion se află pe drum (TR) atunci când gisementul este egal și opus cu diferența dintre capul magnetic real și drumul dorit. Acest aspect este ilustrat în Fig. 12.16. În fiecare situație, avionul se află pe drumul dorit de 010°M, dar folosind un WCA diferit pentru a contracara deriva în condiții diferite de vânt.

Dacă efectul exact al vântului nu este cunoscut, atunci folosiți un WCA estimat din informații disponibile de la un WCA inițial. Pentru același vânt lateral, avioanele mai lente vor lua în considerare un WCA mai mare decât la avioanele mai rapide.

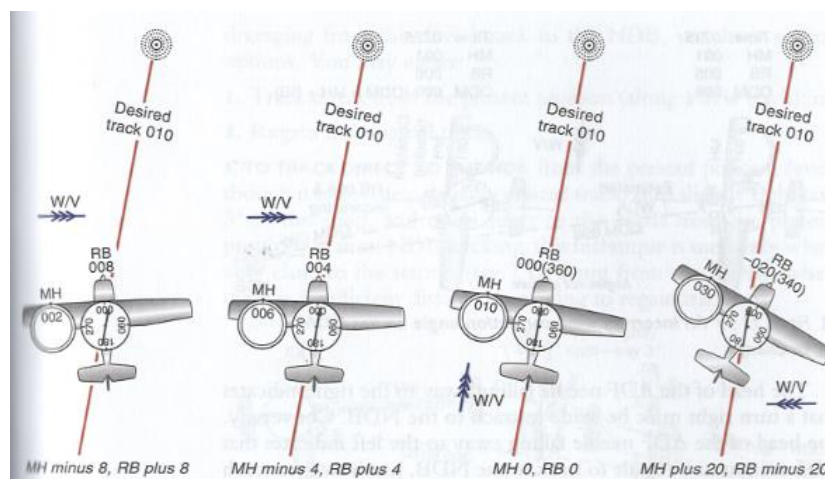


Fig.12.16

Este posibil ca efectul vântului să se schimbe pe măsură ce vă aflați pe drum (TR) spre NDB, așadar ajustări regulate ale capului pot fi necesare. Acest lucru se poate întâmpla în timp ce un avion coboară folosind NDB ca mijloc de navigație, datorită variațiilor vitezei vântului și vitezei adevărate, TAS.

Cu o corecție greșită a derivei efectuată de pilot, avionul se va deplasa de la drumul dorit, adică QDM (drumul magnetic către NDB) se va schimba. Dacă se zboara constant și rectiliniu, acest lucru va deveni evident printr-o schimbare treptată a gisementului, acul ADF mișcându-se către stânga sau dreapta în josul cadranelui.

Să presupunem, spre exemplu, ca pilotul ia un cap cu o corecție a vântului de 5° către stânga pentru a contacara efectul vântului din aceeași parte. Dacă efectul acestuia se dovedește a fi mai puțin decât preconizat, atunci avionul se va deplasa treptat în stânga drumului dorit către NDB, iar QDM va crește gradual. Indicațiile tipice din cabină ar putea fi

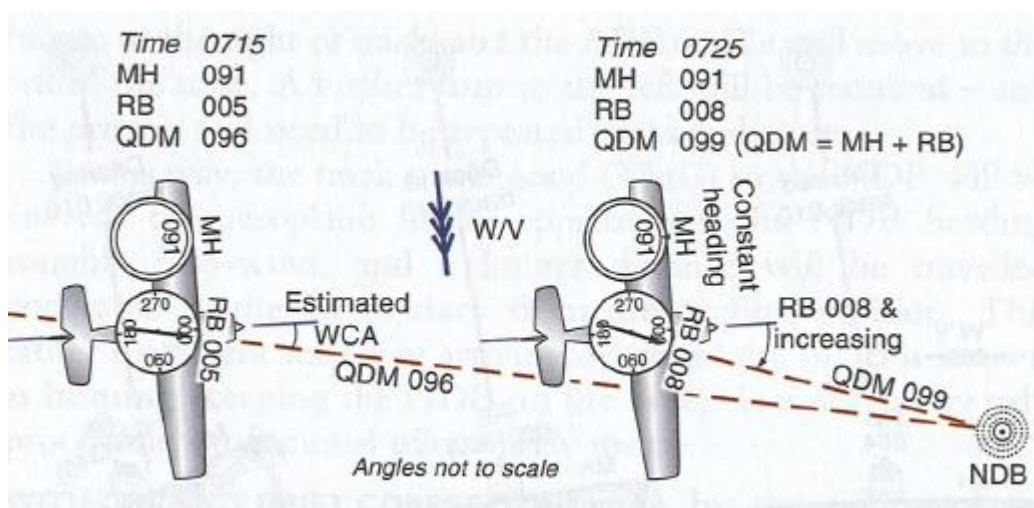


Fig.12.17

Atunci când varful acului ADF ‘cade’ către dreapta, indică necesitatea unui viraj către dreapta. În mod contrar, când acul ‘cade’ către stânga indică necesitatea unui viraj către stânga. Gradul fiecărui viraj de corecție depinde de gradul devierii de la drum.

Notă: Aveți grijă la terminologie. *Derivă (drift)* este unghiul dintre cap (HDG) și linia drumului real (TMG = track made good), care poate să nu fie linia drumului dorit. *Unghiul de corecție a vântului (WCA)* calculat precis va contracara orice derivă, și linia drumului real va fi linia drumului obligat, acesta fiind de fapt scopul navigației

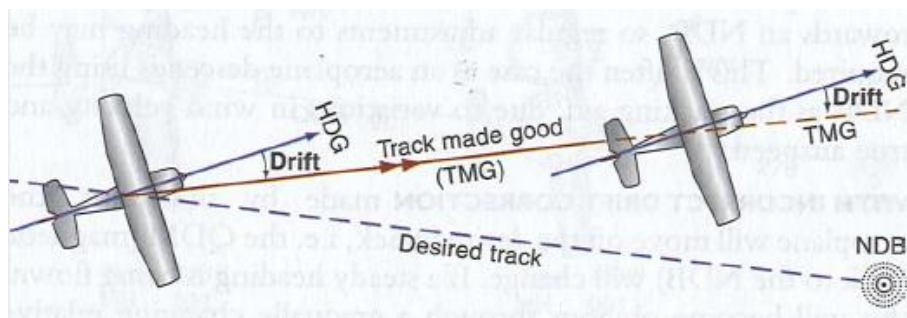


Fig.12.18

Mentținerea drumului

Zborul rectiliniu la orizontală constă din multe urcări și coborâri reduse, în timp ce pilotul încearcă să mențină la perfecție altitudinea dorită. În mod similar, este aproape imposibil să menținem un drum perfect, așadar multe manevre și viraje mici se vor efectua de către pilot, prin corectarea deviațiilor apărute pe rută.

Revenirea la drum, după ce ați deviat de la acesta, implică aceeași procedură ca la interceptarea unui drum nou, cu excepția că unghiurile vor fi mai mici, cu condiția să fiți vigilenți și să nu permiteți devieri mari. Atunci când realizați faptul că avionul deviază de la drumul către NDB, aveți mai multe opțiuni.

Puteți fie să:

- Continuați pe acest nou drum către NDB
- Reveniți la drumul inițial

Continuarea pe acest nou drum către NDB de la poziția în care va aflați (deși nu este linia drumului obligat inițială) virați ușor dreapta (să zicem 3° în acest caz), și continuați direct către NDB din poziția la care vă aflați. La majoritatea drumurilor către NDB, această tehnică este folosită numai când vă aflați foarte aproape de NDB (să zicem 1 sau 2 nm), atunci când distanța rămasă este insuficientă pentru a reveni la drumul inițial.

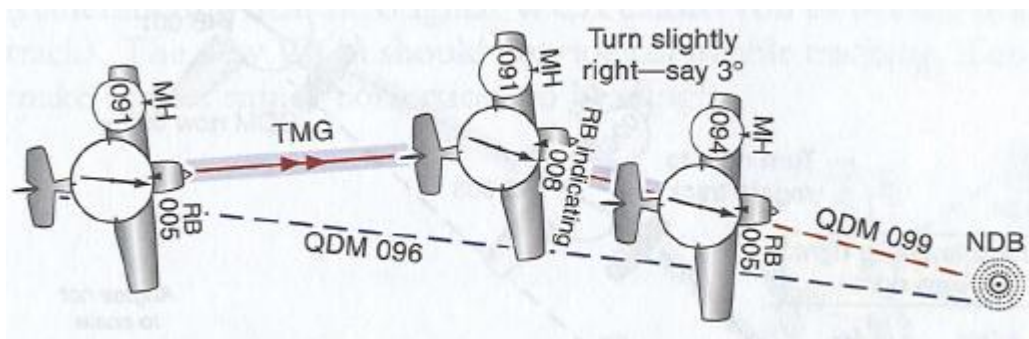


Fig. 12.19

Revenirea la drumul inițial, virați mai mult către dreapta la început (să zicem 5° pe MH 096), reveniți la drumul inițial luând în considerare efectul vântului care ‘duce’ avionul la drum, și odată revenit, virați stânga și luați un cap cu o corecție a vântului diferită (să zicem WCA 3° stânga în loc de 5° stânga), MH 093 în loc de MH 091. Aceasta este o corecție potrivită, pe care o puteți întâlni de la un pilot instrumental experimentat, care ar fi observat orice deviere de la drum, într-un interval relativ scurt.

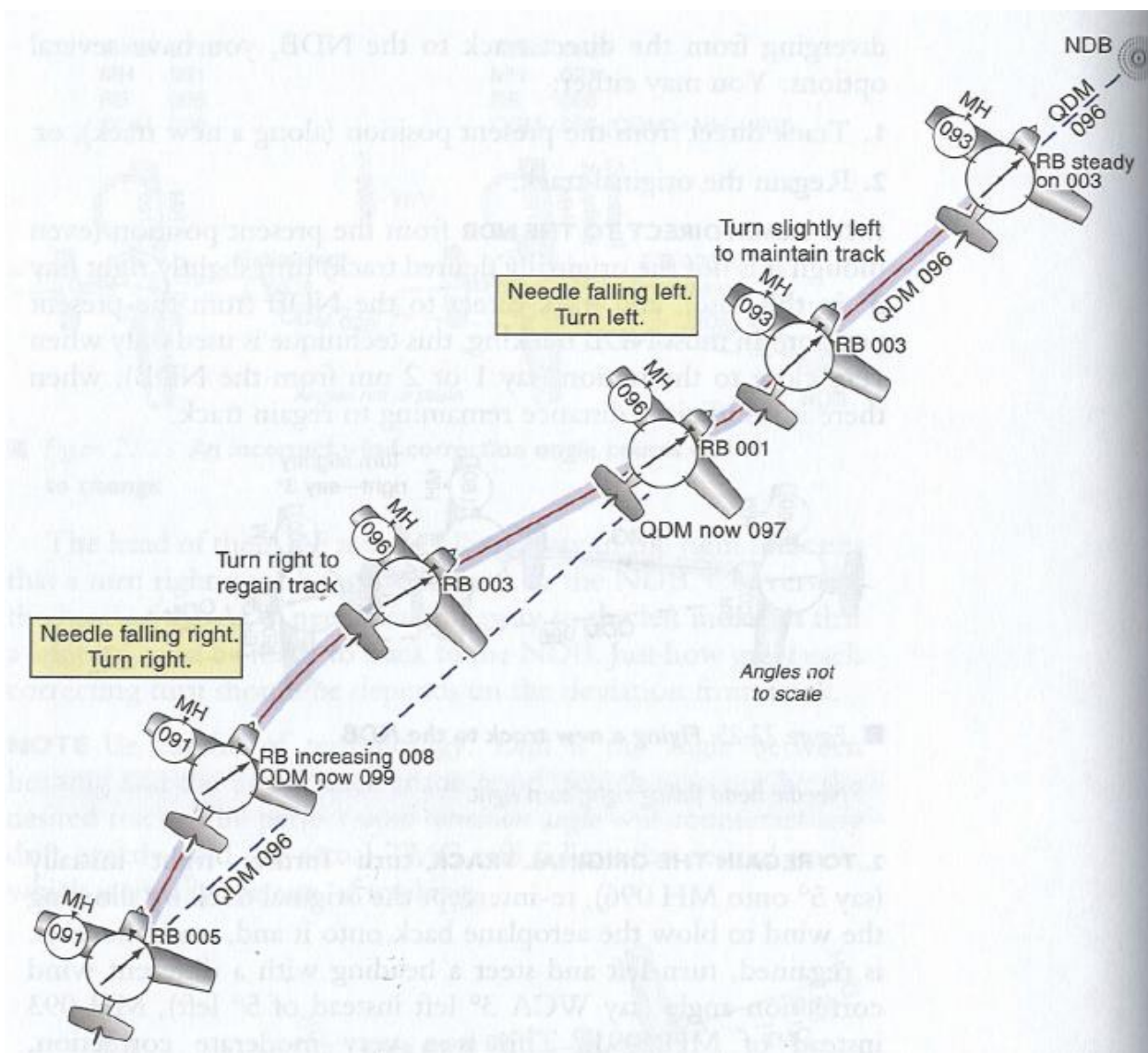


Fig. 12.20

Încercarea de a menține drumul dorit (sau să rămâneți pe același QDM) este o tehnică normală de navigație atunci când vă aflați la distanță față de NDB. Dacă, atunci când mențineți un cap magnetic constant, acul ADF aflat aproape de vârful cadranului indică un gisment constant, atunci avionul se află pe un drum direct către NDB, și nu este necesară nici o corecție a capului.

Dacă MH (cap magnetic) + RB (gisment) = QDM constant dorit, atunci zborul pe drum cu ajutorul ADF este bun.

Viraje de corectare a HDG pentru revenirea la drum

Fiecare viraj depinde de deviația de la drum. O metodă simplă este dublarea erorii. Dacă avionul a deviat 10° la stânga, indicat de RBI (indicatorul gismentului) ca să se deplaseze 10° la dreapta, atunci modificați capul cu 20° spre dreapta. (Dacă modificați capul cu 10° către dreapta, rezultatul va fi probabil o deviere și mai mare la stânga, o corecție și mai mare la dreapta, acest proces repetându-se, rezultând într-o 'curba a câinelui' către NDB).

Odată revenit la drum, virați stânga doar cu jumătatea virajului de corecție de 20° , mai exact virați stânga 10° pentru a intercepta și menține drumul. Aceasta înseamnă un WCA (unghi de corecție a vântului) diferit față de cel inițial (rețineți că WCA inițial v-a cauzat devierea de la drum). Noul WCA ar trebui să mențină avionul pe drum. Dacă acest lucru nu se întâmplă, faceți corecțiile minore care se impun.

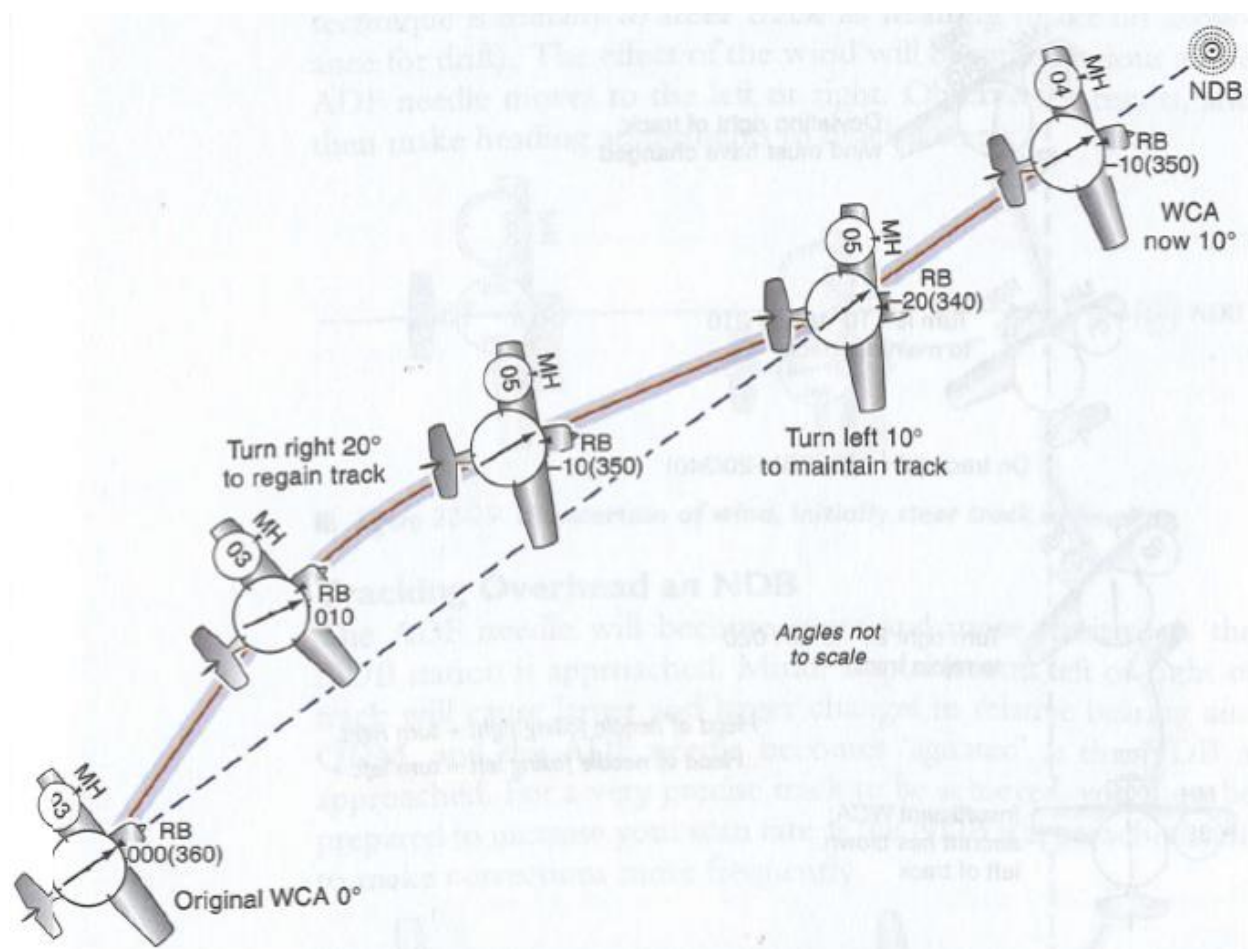


Fig. 12.21

Zborul deasupra unui NDB

Acul ADF va deveni din ce în ce mai sensibil pe măsură ce vă apropiați de NDB. Micile deviații stânga-dreapta față de drum vor determina schimbări din ce în ce mai mari ale gimentului și QDM, iar acul ADF va deveni 'agitat' pe măsură ce ne apropiem de NDB. Pentru a obține un drum foarte precis, trebuie să fiți pregătit să estimați apropierea de NDB și să faceți corecții mai frecvente.

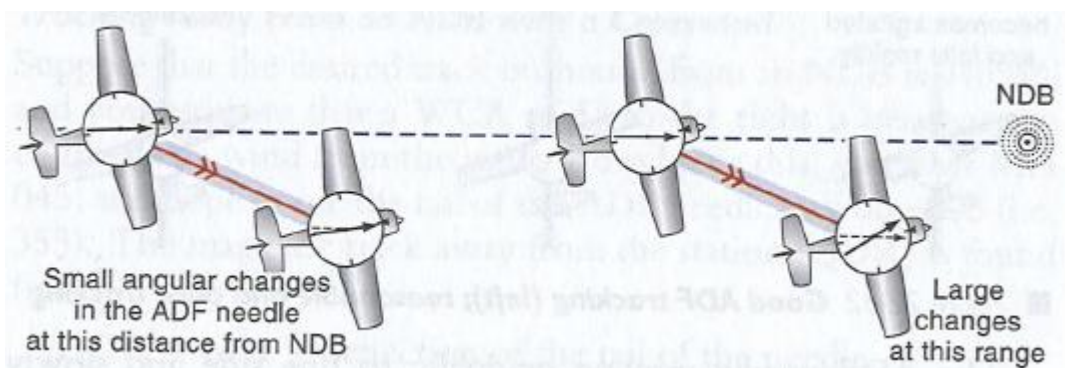


Fig.12.22

În apropierea stației și exact înainte de a o survola, acul ADF va deveni foarte sensibil. În acest punct, vă puteți relaxa puțin și să luați un cap constant până când avionul depășește NDB, iar acul ADF încetează să se miște haotic pe cadran.

Odată trecut de NDB, zborul pe drum dinspre NDB trebuie verificat și făcute schimbările ce se impun HDG. Dacă drumul după NDB este diferit de cel până la NDB, atunci o schimbare a capului estimată pentru a reveni pe drumul bun ar putea fi făcută de îndată ce acul ADF trece de 090 sau 270 în drumul său către baza cadranului. Acul ADF devine extrem de activ și 'cade' rapid către baza cadranului, fapt ce indică trecerea avionului direct pe deasupra unui NDB.

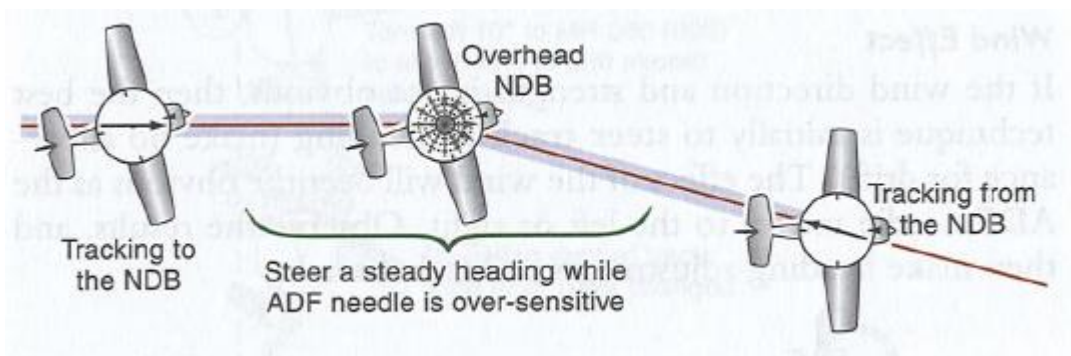


Fig.12.23

Acul ADF se mișcă treptat dintr-o parte în cealaltă și 'cade' lent către baza cadranului, fapt ce ne arată că avionul trece lateral față de radiofar - rata la care 'cade' acul fiind un indiciu al depărtării/apropierii față de NDB. Dacă acesta 'cade' lent, atunci probabil că navigația dvs. ar fi trebuit să fie mai bună. Timpul survolării NDB poate fi calculat pe măsură ce acul 'cade' prin poziția aproximativă 090 sau 270.

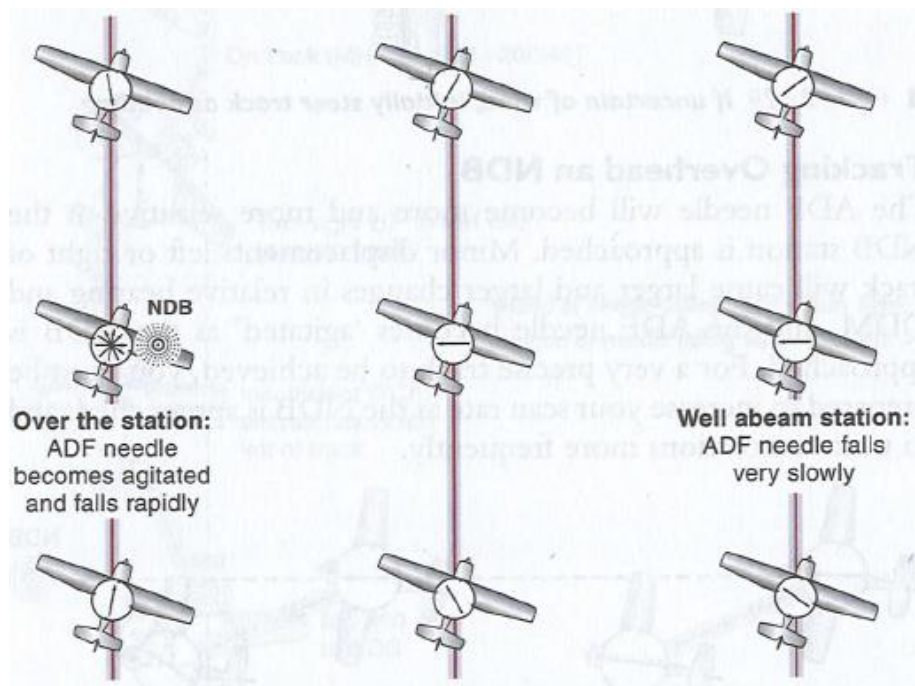


Fig. 12.24

Zborul dinspre un NDB

Atunci când vă îndepărtați de un NDB, vârful acului ADF se va ‘așeza’ către baza cadranelui

Zborul dinspre un NDB în condiții de vânt zero

Dacă survolați un NDB și apoi luați această poziție ca HDG, avionul se va îndepărta direct față de NDB cu acul ADF constant în vârful cadranelui pe 180.

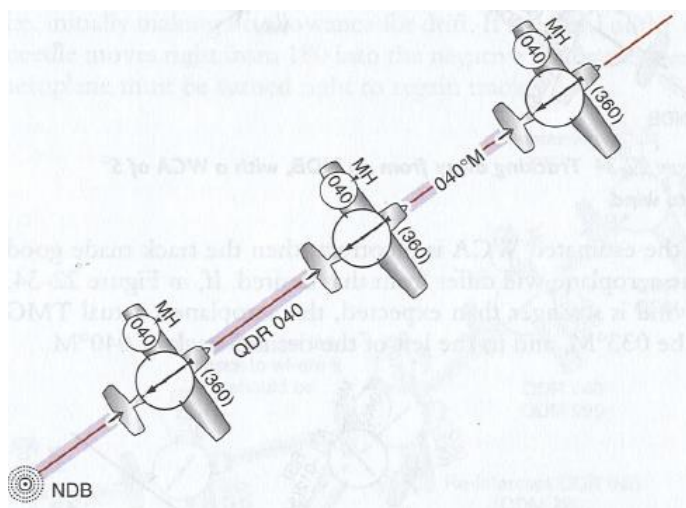


Fig. 12.24

Avionul prezentat în figura de mai sus are un QDR de 040 (drum magnetic de la stație către avion), și un QDM de 220 (drum magnetic de la avion la stație).

Zborul dinspre un NDB în condiții de vânt lateral

Să presupunem că drumul dorit dinspre un NDB este 040°M, și estimați că un WCA de 5° către dreapta este necesar pentru a contracara un vânt din aceeași parte. Pentru a obține asta, luați un cap magnetic 045, și sperați că baza acului ADF va rămâne pe -005 (mai exact, 355). Drumul magnetic dinspre stație (QDR) se obține din:

$$\text{QDR} = \text{MH} \pm \text{abaterea bazei acului}$$

În acest caz, MH 045 - 005 baza acului = QDR 040, iar WCA ales și capul magnetic care trebuie luate sunt corecte.

Dacă WCA estimat este incorect, atunci linia drumului real a avionului va diferi de linia drumului obligat. Dacă, în Fig. 12.26, vântul este mai puternic decât se aștepta, linia drumului real poate fi 033°M, și în stânga drumului dorit de 040°M.

Dacă zborul inexact către un NDB este indicat prin 'căderea' acului ADF, zborul incorect *dinspre* un NDB poate avea loc cu acul ADF indicând o valoare constantă. După ce ați trecut de un NDB, un avion poate zbura în orice direcție față de acesta. Trebuie să vă asigurați întotdeauna de faptul că zburați pe drumul corect după ce ați trecut de un NDB, și cel mai ușor de realizat este prin calculul QDR sau QDM folosind DI și RBI (relative bearing indicator - indicatorul gisementului).

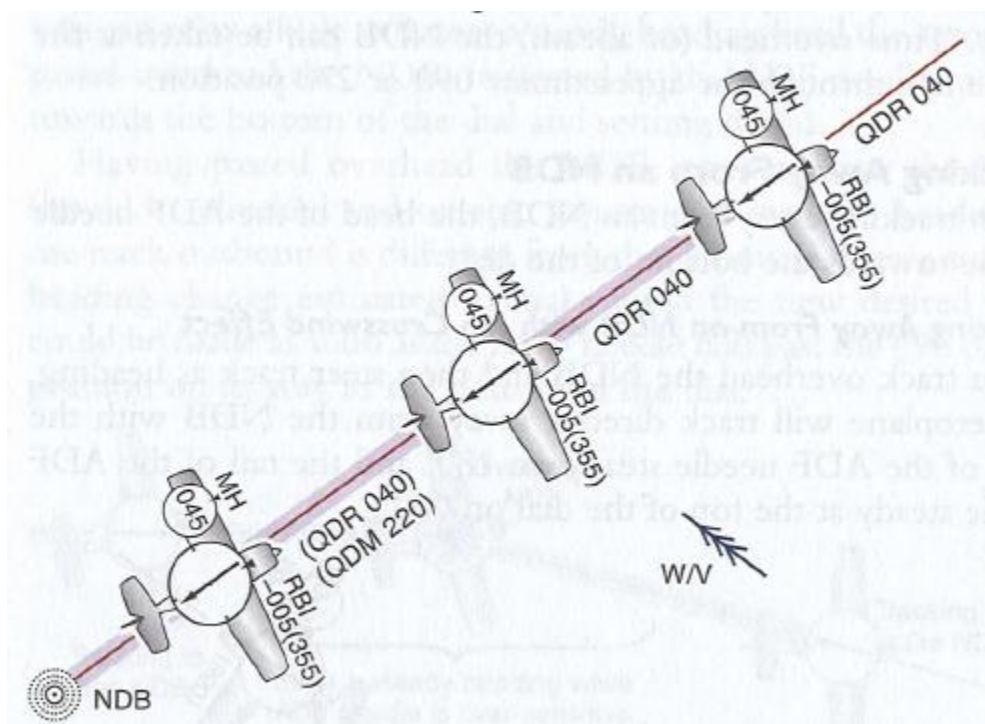


Fig.12.25

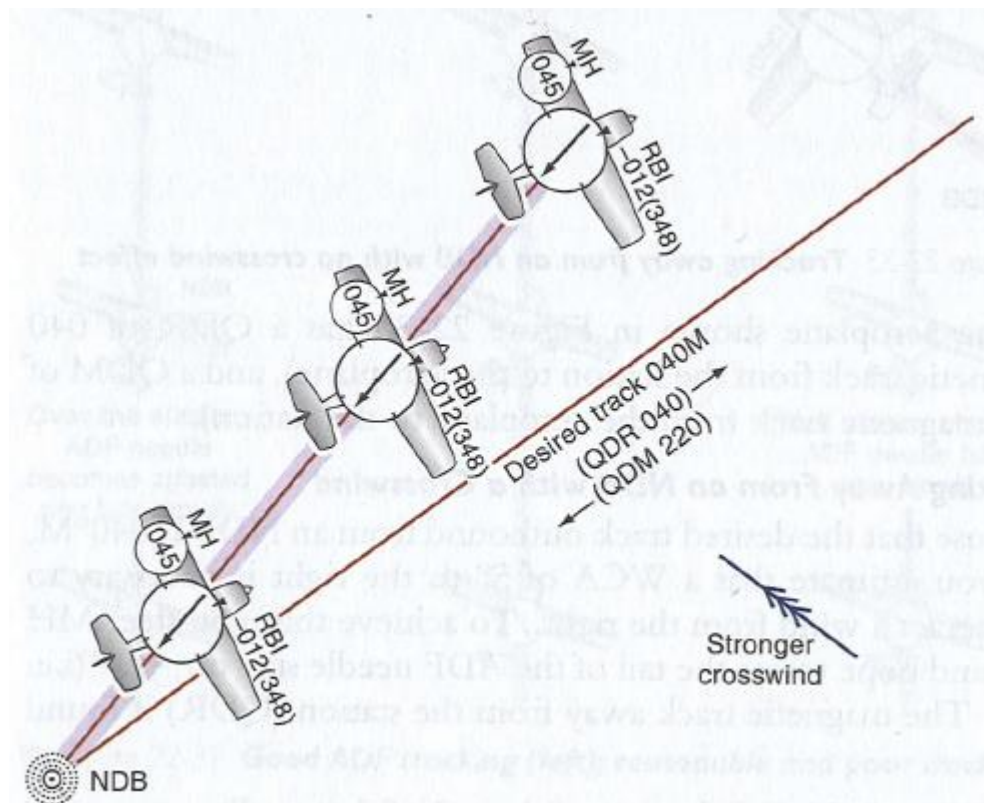


Fig. 12.26

Erori și acuratețe

Acoperirea operațională a unui NDB se bazează pe un raport de protecție dintre semnalele dorite și cele nedorite ce permite obținerea nivelului cerut de precizie. Pentru raze de acoperire mai mari decât cele specificate, erorile de direcționare vor crește.

Interferențele statice: există două tipuri de interferențe statice ce pot afecta performanța unui ADF:

1. Precipitațiile. Electricitatea statică a precipitațiilor este generată de coliziunea dintre picăturile de apă și cristalele de gheață cu aeronava. Acestea vor afecta acuratețea direcționării și pot, în circumstanțe extreme, să mascheze complet semnalul primit. Acele RMI/RBI vor căpăta o oscilație permanentă, iar semnalul audio va avea un găjâit.

2. Orajele. Acestea au o descărcare foarte puternică de electricitate statică de-a lungul spectrului electromagnetic, inclusiv al LF și MF. Aceste descărcări produc erori de direcționare ale ADF. O descărcare statică într-un nor tip cumulonimbus va produce un efect sonor în căști și va face ca acul indicator să arate către nor. Când există câteva celule orajoase unele lângă altele, este posibil ca acul să indice către ele pentru perioade îndelungate.

Interferențele între stații. Din cauza numărului mare de stații în benzile LF și MF, există posibilitatea interferențelor între stațiile cu aceleași frecvențe sau frecvențe asemănătoare ce vor cauza erori de direcționare.



Efectul muntelui. Zonele muntoase pot produce reflexia și difracția undelor radio transmise ce vor rezulta în erori ale sistemului ADF. Aceste erori vor crește la altitudini joase, putând fi minimizate alegând să zburăm mai sus.

Refracția de coastă. Undele radio se accelerează deasupra întinderilor de apă datorită absorbției reduse de energie (atenuare) în comparație cu uscatul.

3.4 Factori ce afectează raza de acoperire a ADF și acuratețea

Factorii majori ce afectează raza de acțiune a echipamentului NDB/ADF sunt următorii:

Puterea de transmisie a NDB; raza de acțiune este proporțională cu pătratul puterii, adică, pentru a dubla raza NDB va trebui să mărim de 4 ori puterea emițătorului.

$$3 \times \sqrt{P(W)} \text{ deasupra apei}$$

$$2 \times \sqrt{P(W)} \text{ deasupra uscatului}$$

Cu cât este mai joasă frecvența, cu atât este mai mare unda de suprafață. Toate precipitațiile, printre care și zăpada, reduc raza de acoperire și acuratețea direcționărilor ADF.

Acuratețea unui ADF este +/-5° în interiorul razei de acoperire operaționale, dar numai ziua.

4.VOR

4.1 Aplicații ale VOR

VOR reprezintă un mijloc de radionavigație de înalta frecvență folosit des în zborul instrumental. Acronimul VOR provine de la *very high frequency omni-directional radio range* (raza semnalului radio omni-direcțional de înalta frecvență), abreviat și VHF omni range- VOR.

Fiecare stație terestră VOR emite pe o frecvență VHF specifică între 108.00 și 117.95 MHz, fiind o bandă de frecvență mai joasă decât cea folosită pentru comunicațiile VHF. Un radio VHF-NAV separat este necesar în scopuri de navigație, dar de obicei este combinat cu VHF-COM dintr-un ansamblu NAV-COM.



Fig.13.1

Când a fost introdus în exploatare, oferea o îmbunătățire imediată mijloacelor deja existente cum ar fi combinația ADF/NDB, majoritatea funcționând în benzi de frecvență mai joase decât VOR și aveau limitări importante, cum ar fi efectul nopții, reflexia munților, interferențe cauzate de furtunile electrice, etc.

Principalele avantaje ale VOR includ:

- a. sensibilitate redusă la interferențele electrice și atmosferice (inclusiv furtuni);
- b. eliminarea efectului nopții, din moment ce semnalele VHF sunt linii de transmisie și nu sunt reflectate de ionosferă (ca semnalele NDB în banda LF/MF).

Siguranța și acuratețea semnalelor VOR permit folosirea acestuia cu încredere în orice condiții meteo, ziua sau noaptea, în scopuri cum ar fi:

- a. orientare și fixare a poziției;
- b. deplasarea pe drum spre sau dinspre o stație terestră VOR;

- c. zborul de așteptare (pentru acțiuni de întârziere sau manevrare);
- d. proceduri de apropiere instrumentală pentru aterizare

Multe VOR sunt cuplate cu un DME (echipament de măsurare a distanței care furnizează o distanță de la stație în mile nautice), în așa fel încât selecția VOR pe ansamblul VHF-NAV din cabină selectează de asemenea și DME, așadar furnizând atât informații referitoare la drum, cât și la distanță.

4.2 Principiul de funcționare al VOR

Stația terestră VOR transmite două semnale radio VHF:

- a. *faza de referință*, care este omni-direcțională (aceeași în toate direcțiile)
- b. *faza variabilă*, care se rotește uniform la o rată de 1.800 de rotații pe minut, cu faza variând la o rată constantă prin toate cele 360°.

Antena unui receptor VOR montat pe aeronavă recepționează semnalele, a căror *diferență de fază* (diferența dintre vârfurile de undă) este măsurată, această diferență depinzând de relevmentul avionului de la stația terestră. În acest fel, VOR poate determina *relevmentul magnetic* al avionului de la stația terestră VOR.



Fig. 13.2



Fig. 13.3

Cele două semnale transmise de stația terestră VOR sunt:

- în fază pe nordul magnetic, care este referința pentru semnalele VOR;
- 90° în afara fazei pe estul magnetic 090°M;
- 180° în afara fazei pe sudul magnetic 180°M;
- 270° în afara fazei pe vestul magnetic 270°M;
- 360° în afara fazei (înapoi în fază) la nordul magnetic 360°M, sau 000°M

La fiecare aprox. 10 secunde un semnal de cod *ident* este transmis, permițându-vă să identificați cu precizie a radiofarului VOR. Anumite VOR pot avea și transmisii voce cu un ATIS relevant.

VOR este un mijloc de radionavigație în banda de frecvență 108.0 MHz până la 117.95 MHz. Permite recepția de înaltă calitate a *liniilor de transmisie* din moment ce există interferențe reduse de la zgomotul din atmosferă în această bandă. Recepționarea poate fi afectată de terenul care înconjoară stația terestră, înălțimea radiofarului VOR, altitudinea avionului și distanța sa față de stație.

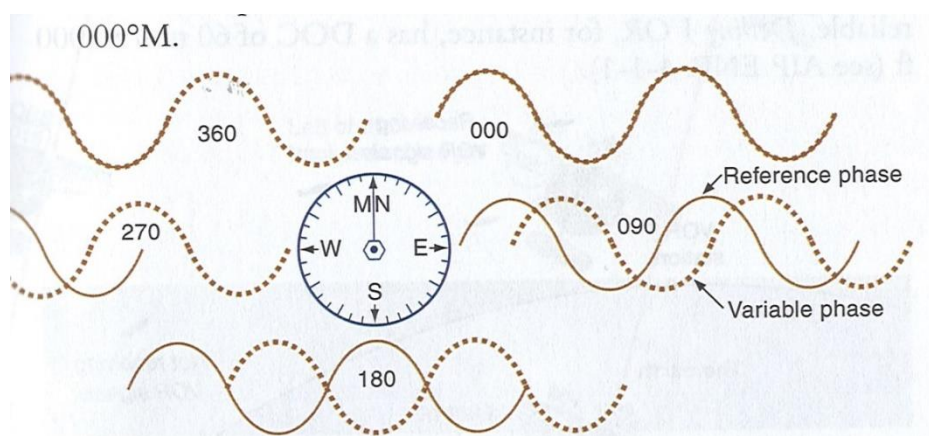


Fig. 13.4

4.3 Raza de acoperire a VOR

Raza maximă aproximativă a unui semnal VHF este dată de formula:

$$\text{Raza VOR} = \sqrt{1.5 \times \text{altitudinea VOR amsl în ft}}$$

Exercițiu:

La 7.000 ft AMSL, raza VHF aproximativă este:

$$= \text{radical din } 1,5 \times 7.000 = \text{radical din } 10.000 = 100 \text{ NM}$$

Stații VOR diferite pot opera pe aceeași frecvență, dar ar trebui să fie separate geografic la distanțe mari pentru a nu exista nicio interferență între semnalele liniilor de transmisie VHF. Cu cât altitudinea avionului este mai mare, totuși, cu atât mai mare este

posibilitatea apariției interferențelor. AIP specifică anumite caracteristici de operare ale VOR, limite deasupra cărora sunt posibile interferențe.

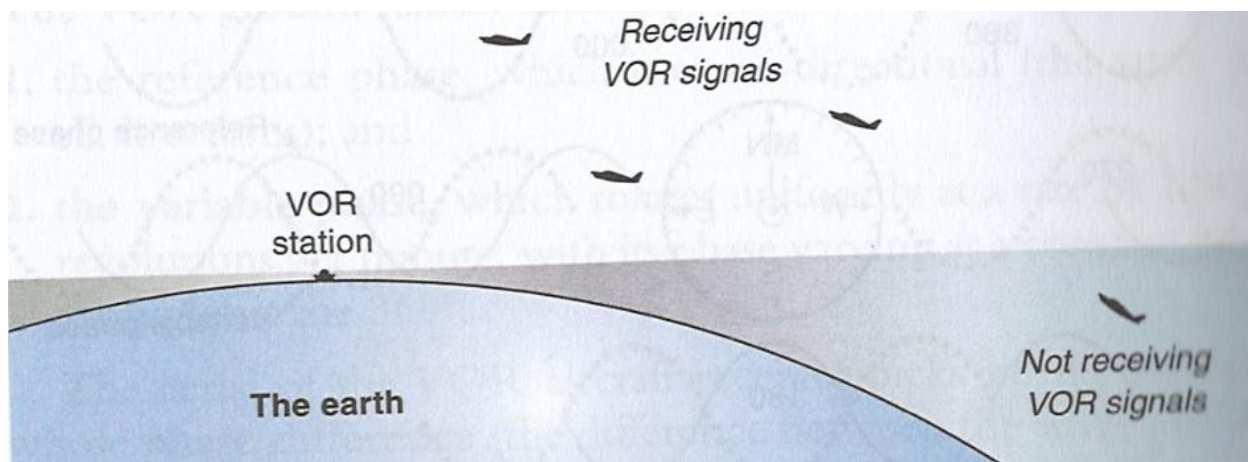


Fig.13.5

4.4 Prezentarea și interpretarea unui VOR

Deplasarea pe drum după un VOR

VOR poate fi folosit pentru a indica *drumul dorit și abaterea unghiulară* a avionului de la drum. Pentru un drum dorit de $015^{\circ}M$, luați un cap de aproximativ $015^{\circ}M$, plus/minus WCA. Prin selectarea unui relevment omnidirecțional de 015 sub indexul rutei de la afișajul VOR din cabină, puteți obține informații referitoare la drum, precum este ilustrat în Fig. 13.6. și 13.7.

Afișajul VOR din cabină nu depinde de HDG, ceea ce înseamnă că indicațiile sale nu se vor schimba ca urmare a schimbării capului. Fig. 13.7. prezintă același avion ca în Fig. 13.6., doar că un WCA de 10° dreapta este folosit de către pilot pentru a contracara un vânt din partea dreaptă, așadar capul magnetic al avionului este acum MH 025 (și nu MH 015, cum a fost inițial).

Notați faptul că:

- a. indicația VOR depinde de *abaterea unghiulară* a avionului în raport cu drumul ales;
- b. indicația VOR *nu* se va schimba indiferent de HDG.

Este normal, în zborul pe rută de la un VOR la altul, să selectăm următorul VOR când avionul se află aproximativ la jumătatea distanței dintre ele, ca în Fig. 13.8. Acest lucru permite folosirea unui semnal mai puternic, cu toate că munții de pe rută pot împiedica semnalul unui VOR și vă pot afecta și decizia luată în acest sens.

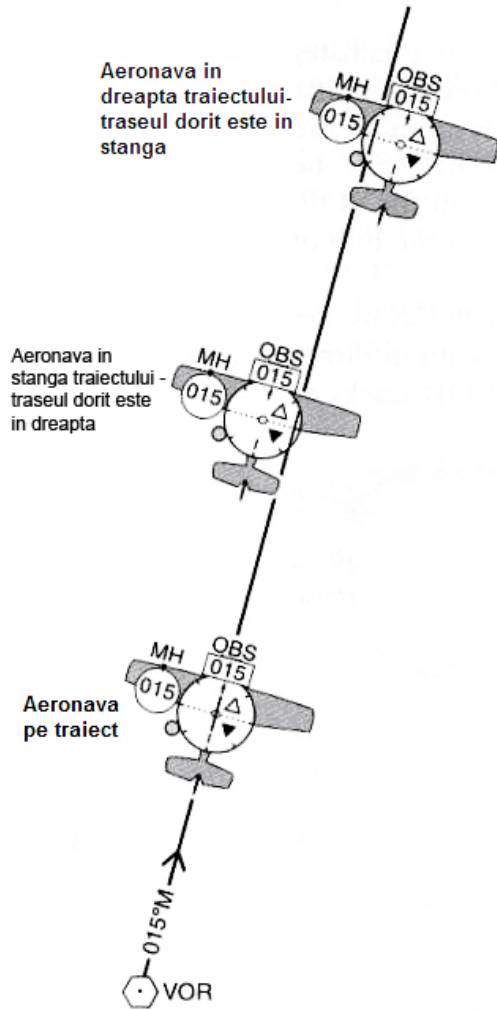


Fig.13.6

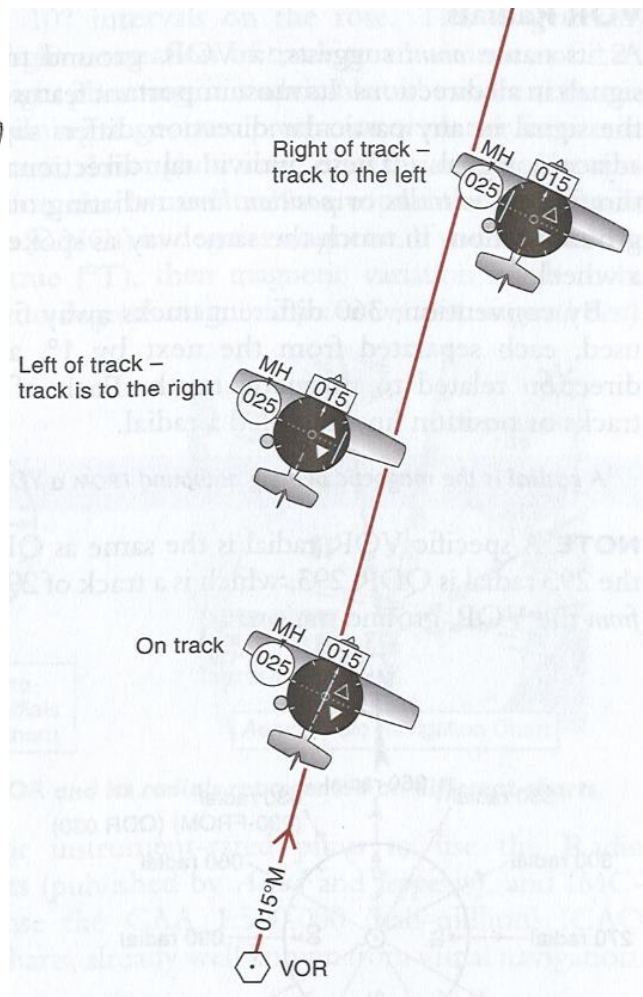


Fig.13.7

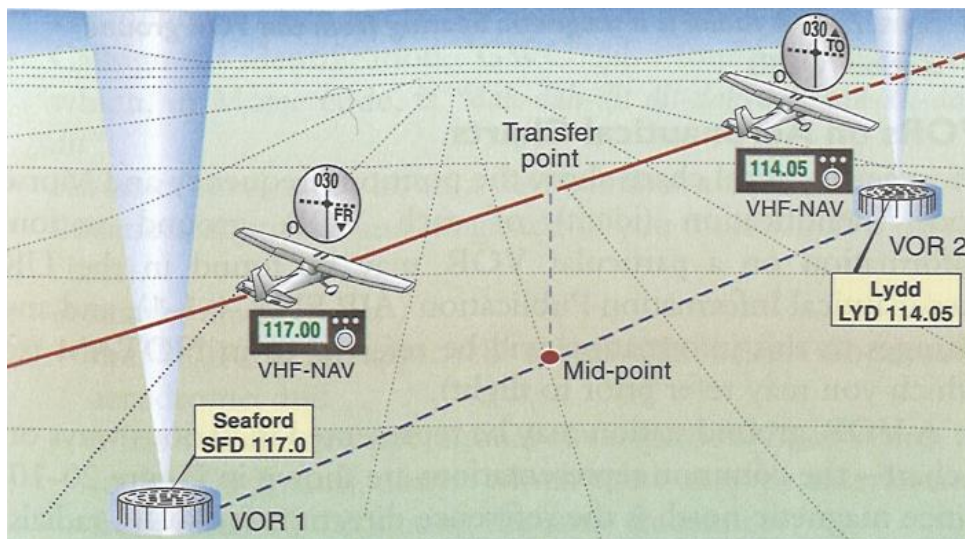


Fig.13.8

Radialele VOR

Precum sugerează și numele *omni*, un emițător VOR de la sol emite semnale în toate direcțiile. Totuși, cea mai importantă caracteristică a sa, este faptul că semnalul din oricare direcție diferă puțin față de celelalte semnale adiacente. Aceste semnale direcționale individuale pot fi văzute ca *drumuri (tracks)* sau *linii de poziție* care emit de la stațiile VOR, cam în același fel precum spițele de la o roată.

Prin convenție, se folosesc 360 de drumuri diferite de la VOR, separate fiecare printr-un grad, și fiecare cu direcția sa raportată la nordul magnetic. Fiecare din aceste 360 de drumuri VOR sau linii de poziție se numește radial.

Un radial este relevmentul magnetic DINSPRE un VOR.

Notă: Un radial specific VOR este la fel ca QDR. De exemplu, radialul 293 este QDR 293, fiind un drum cu 293° magnetice *dinspre* stația terestră VOR.

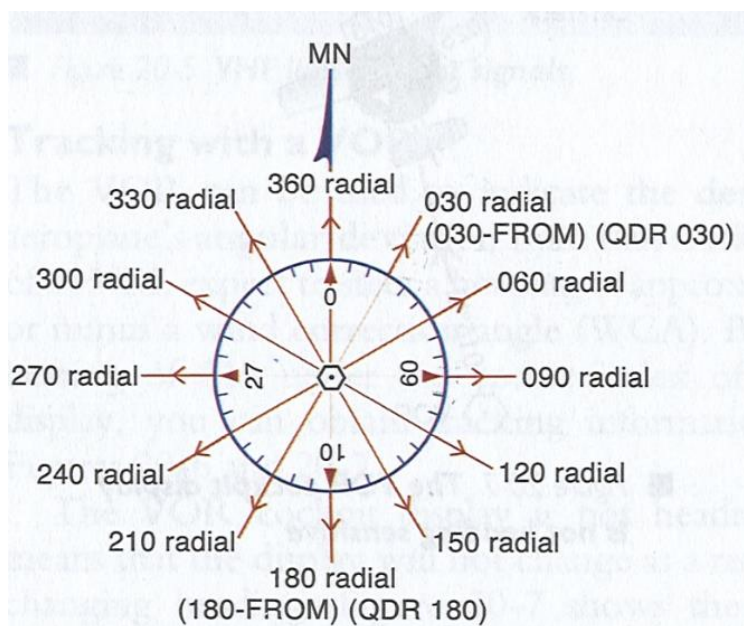


Fig. 13.9

VOR pe hărțile aeronautice

Majoritatea hărților aeronautice arată poziția, frecvența și codul de identificare (ident) Morse ale fiecărei stații terestre VOR. Informații asupra unui anumit VOR se pot găsi în AIP ENR și orice schimbări ale acestor informații vor fi prezentate în NOTAM (la care puteți apela înainte de zbor).

O stație terestră VOR poate fi reprezentată în diferite feluri pe hartă - cele mai întâlnite fiind prezentate în Fig. 13.10. Din moment ce nordul magnetic este direcția de referință pentru radialele VOR, o săgeată a nordului magnetic 'pleacă' de la simbolul VOR, cu roza compasului marcată clar la fiecare 30°, și radialele prezente la intervale de 10° pe roză. Aceasta este potrivită pentru estimarea drumului în zbor cu o precizie de +/- 2°; totuși, în etapa de planificare a zborului, este indicat să fiți mai exact.

În etapa de planificare a zborului, folosiți un echer de navigație pentru o măsurare precisă a drumului, deși în anumite cazuri acest lucru nu va fi necesar deoarece anumite drumuri foarte folosite sunt publicate pe hărțile de radionavigație în grade magnetice. Dacă măsurați drumul în grade adevărate ($^{\circ}T$), atunci declinația magnetică trebuie să fie aplicată pentru a transforma în grade magnetice.

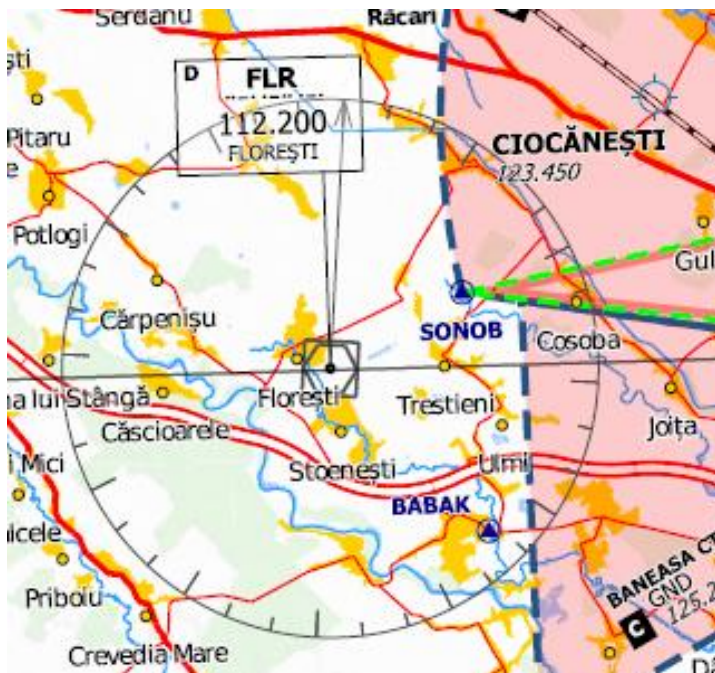


Fig.13.10

Este normal pentru piloții instrumentali să folosească hărțile de radionavigație, și piloții IMC să folosească hărțile 1:500.000 ICAO, deja cunoscute pentru navigația la vedere.

Alte informații despre VOR

AIP conține informații referitoare la mijloace de radionavigație în secțiunea ENR. De exemplu, extractul din AIP pentru VOR Florești, include:

- Frecvența, 112.20 MHz (și pe hartă)
- Indicativul de apel, sau identificare, 'FLR' (și pe hartă)
- Orele de serviciu (24h / zi, vara și iarna)
- Locația în latitudine și longitudine (dacă nu se găsește pe hartă)

De asemenea, începutul din AIP ENR vă sfătuiește să nu folosiți niciun VOR dacă acesta nu poate fi identificat de codul său ident Morse. Poate că respectivul VOR emite semnale pentru a face un test, caz în care identul este inexistent sau sunt transmise literele Morse 'TST' (test), pentru a indica faptul că dispozitivul nu este adresat navigației. VOR care au o stație DME asociată pot fi descrise ca VOR/DME. DME se setează automat atunci când selectați frecvența VOR pe ansamblul radio VHF-NAV.

Din moment ce VOR este mijloc de radionavigație VHF, semnalele liniilor sale de transmisie pot fi oprite sau perturbate de munți înalți în anumite locuri. AIP ENR ar trebui să conțină o avertizare în acest sens; de exemplu VOR orașului Inverness are o acoperire redusă în sectoarele dintre 154°M și 194°M de la stația terestră VOR.

4.5 Instrumentele VOR din cabină

Există diferite tipuri de afișaje ale VOR în cabină, dar în termeni de operare sunt aproximativ la fel. Afișajul VOR se referă cel mai des la indicatorul relevmentului omnidirecțional, OBI (omni bearing indicator). Acesta afișează relevmentul omni selectat de către pilot pe roza rutei folosind selectorul relevmentului omni (OBS - omni bearing selector), un buton mic atașat rozei.

Dacă avionul se află pe radialul selectat, atunci acul VOR, cunoscut că indicatorul de deviație de la curs (CDI - course deviation indicator), va fi la centru. Dacă avionul nu se află pe drumul selectat, atunci CDI nu va fi la centru.

Dacă drumul selectat va 'duce' avionul spre sau dinspre stația terestră VOR va fi indicat de marcasele spre/dinspre.

OBI se folosește pentru navigație dacă:

- a. indicația roșu off de avertisment nu este vizibilă;
- b. este auzit codul ident Morse corect

Când un VOR funcționează normal, radialii sunt transmiși cu o precizie de +/- 2°.



Fig.13.11

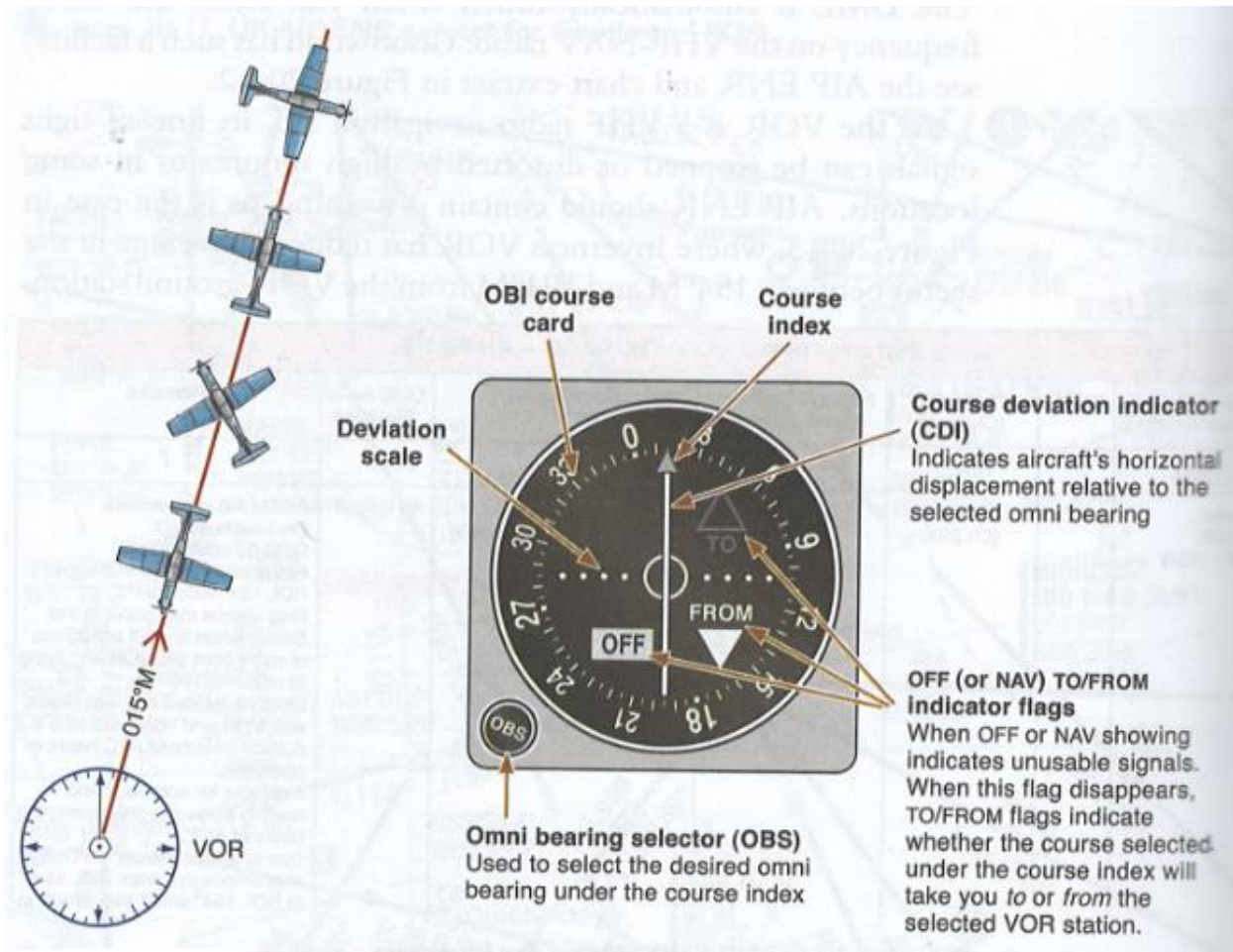


Fig. 13.12

Indicatorul de deviere de la curs (CDI - course deviation indicator)

CDI din instrumentele de cabină ale VOR indică deviația (abaterea) de la drum în termeni de *abatere unghiulară de la drumul ales*. Tot timpul, atunci când folosim VOR, referința este drumul ales sub indexul cursului. (Acesta este un principiu total diferit acului ADF care doar arată către o stație terestră NDB și indică gisementul său).

Valoarea abaterii *unghiulare* de la drumul ales este apreciată în *puncte*; există 5 puncte lateral stânga dreapta față de poziția centrală. Punctele cele mai apropiate de centru, pe ambele părți, sunt adesea reprezentate printr-un cerc care trece prin ele. Fiecare punct este echivalentul a 2° abatere de la drum. Dacă avionul se află pe drumul dorit, CDI este la centru. Dacă avionul este abătut 2°, CDI se mută pe primul punct de la centru (adică pe circumferința cercului interior). Dacă avionul este deviat 4°, CDI se află pe cel de-al doilea punct. Dacă avionul este abătut 10° sau mai mult, CDI este deviat la maxim către cel de-al cincilea punct.

O abatere de 1 punct pe afișajul VOR reprezintă 2°.

Devierea la 5 puncte înseamnă 10° sau mai multe.

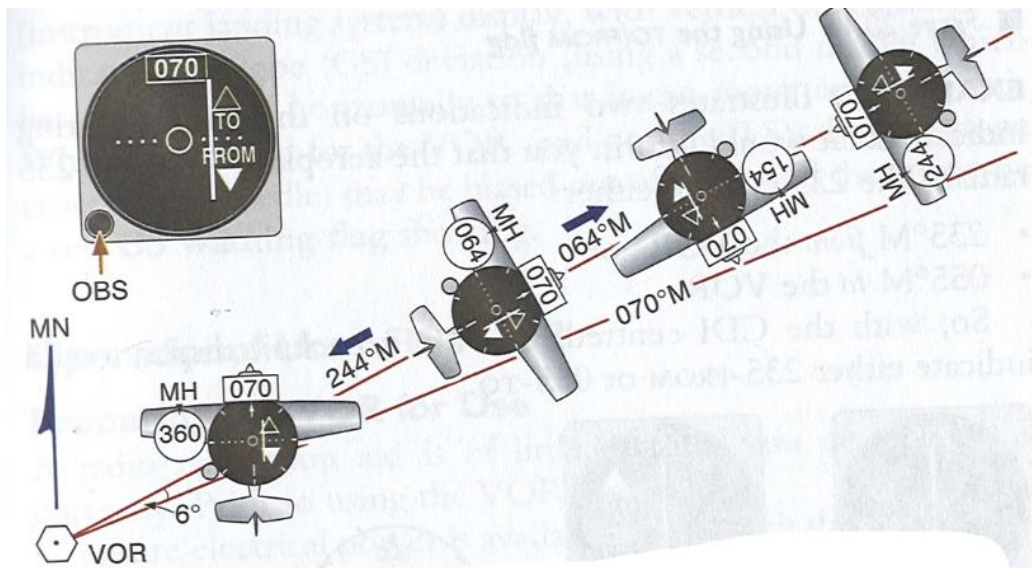


Fig.13.13

Din moment ce CDI indică abaterea unghiulară, distanța reală în afara drumului pentru o indicație dată a CDI va fi mai mică cu cât avionul este mai aproape de stația terestră.

Spre și Dinspre un VOR

Radialul 090, care este QDR 090 (un relevment magnetic *dinspre* stație) de 090°M, este aceeași linie de poziție ca și QDM 270 *spre* stație. Dacă avionul se află pe linia de poziție, atunci CDI va fi la centru atunci când fie 090, fie 270 este selectat cu OBS. Orice ambiguitate referitoare la poziția avionului față de stația terestră VOR se rezolvă cu indicatorii *spre / dinspre*.

Indicațiile *spre* sau *dinspre* sau săgețile indică posibilitatea selectării relevmentului omni de a vă 'duce' la stația terestră VOR, sau *departe* de aceasta.

În Fig. 13.14., pilotul ar putea centra CDI prin selectarea fie 090, fie 270 (reciproce) cu OBS. Un drum de 090°M ar 'duce' avionul *dinspre* VOR, pe când un drum de 270°M l-ar duce *spre* VOR.

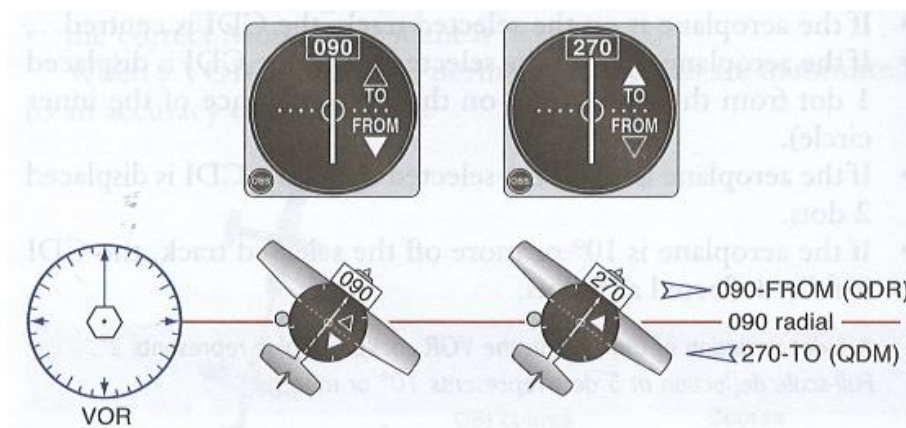


Fig.13.14

4.6 Folosirea VOR

Pregătirea VOR pentru operare

Un mijloc de radionavigație nu are valoare dacă nu este folosit corect. Înainte de a folosi VOR trebuie să:

- a. vă asigurați că există curent electric, apoi treceți ansamblul VHF-NAV în poziția ON;
- b. selectați frecvența VOR doriă;
- c. identificați VOR
- d. verificați ca indicația OFF să fie stinsă (mai exact, semnalul se poate folosi, altfel indicația OFF ar fi fost vizibilă).

Orientarea

Orientare înseamnă ‘determinarea aproximativă a poziției’. Primul pas pentru orientare este stabilirea unei linii de poziție (PL-position line) de-a lungul căreia aeronava se găsește la un anumit moment.

Pentru a obține o linie de poziție folosind afișajul VOR:

- a. rotiți OBS (omni bearing selector) până când CDI (course deviation indicator) este centrat;
- b. observați dacă indicațiile *la (to)* sau *de la (from)* sunt aprinse

Exemplu:

Rotiți OBS până când CDI este centrat - aceasta se întâmplă având 334 sub indexul cursului și indicația *spre (la)* este aprinsă.

Ar putea să fie obținută alta indicație OBI cu deviația de la direcția de aterizare în poziție centrală?

La locația aeronavei, CDI va fi centrat cu: **334 - TO**; sau **154 - FROM**

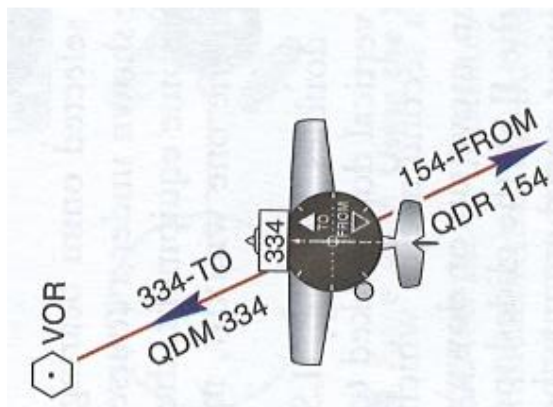


Fig.13.15

O singură linie de poziție nu vă va permite să fixați cu precizie poziția aeronavei deasupra unui anumit punct, ci doar furnizează o linie de-a lungul căreia se află aeronava.

Este nevoie, astfel, de două sau mai multe linii de poziție pentru a fixa poziția unei aeronave. De asemenea, pentru a avea importanță la fixarea poziției, cele două linii de poziție trebuie să se intersecteze la un unghi de cel puțin 45° . Orice intersecție cu un unghi mai mic reduce din precizia fixării.

Liniile de poziție radio pot fi furnizate de către orice mijloc convenabil de radionavigație, inclusiv VOR, NDB și DME.

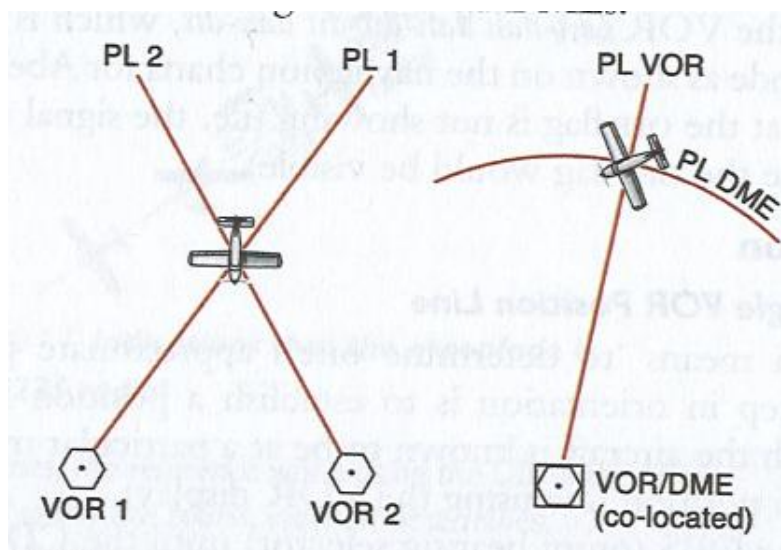


Fig.13.16

VOR/DME

Probabil cea mai obișnuită metodă de fixare a poziției pe rută între mijloacele de radionavigație este fixarea VOR/DME, bazată pe o stație terestră unde DME este colocat cu o stație terestră VOR. VOR poate furniza o linie de poziție dreaptă arătând radialul pe care se află avionul, iar DME poate furniza o linie de poziție circulară care arată distanța la care se află acesta față de stația terestră. Intersecția liniilor reprezintă poziția avionului.

Pe măsură ce o aeronava se apropie de zona de deasupra unui VOR, CDI va deveni din ce în ce mai sensibil pe o rază de $\pm 10^\circ$ de fiecare parte a drumului.

Pe măsură ce aeronava trece prin “zona de confuzie” deasupra stației terestre VOR, CDI se mișcă dintr-o parte în cealaltă, înainte de a se stabiliza, adică atunci când se îndepărtează de stația terestră. Indicatorii TO/FROM se vor schimba de asemenea de la TO la FROM (și invers), și indicatorul roșu OFF poate dispărea din raza vizuală datorită semnalului temporar neutilizabil.

Zona de confuzie se poate extinde într-un arc de 70° deasupra stației, așadar va dura aproximativ câteva minute pentru ca avionul să treacă prin ea înainte ca CDI și indicatorul FROM să se stabilizeze, și indicatorul OFF dispăre total.



Fig.13.17

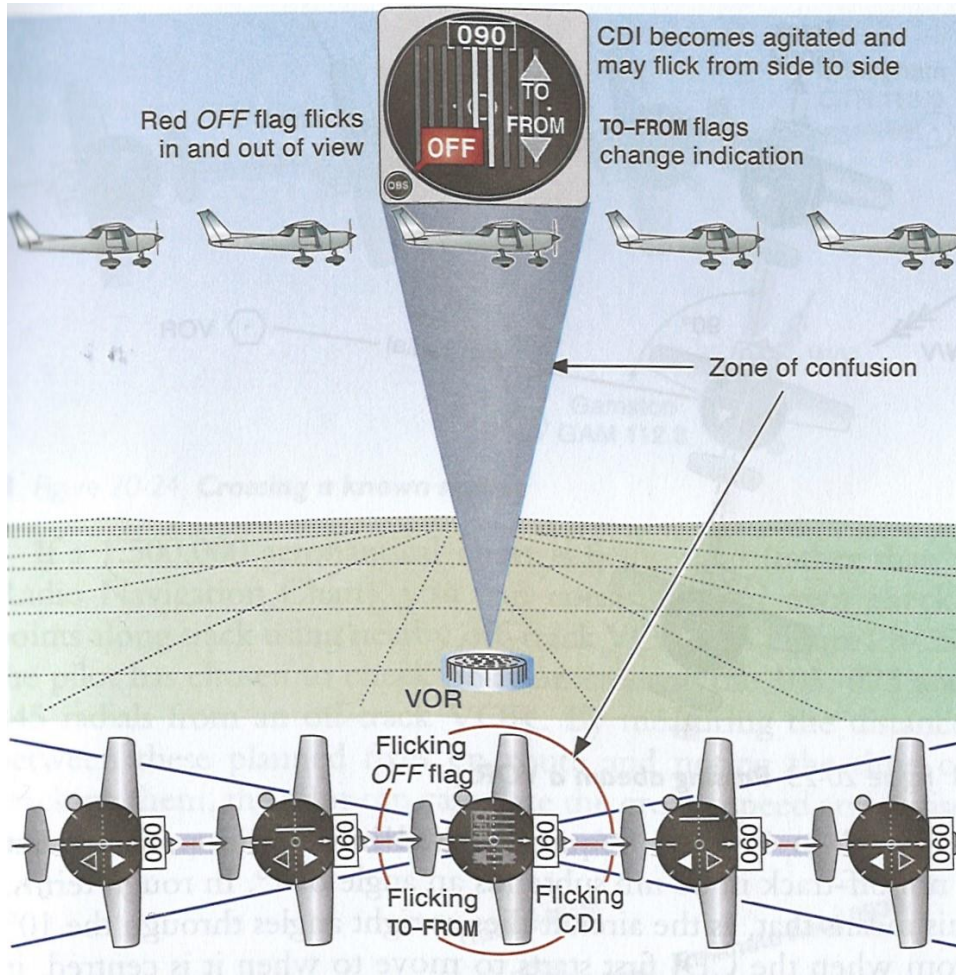


Fig.13.18

O metodă obișnuită de a verifica modul în care a progresat zborul este notarea timpului atunci când treceți pe deasupra (sau lateral) față de o stație terestră VOR. Cea mai directă procedură este:

- selectarea și identificarea VOR; și
- sub indexul cursului, setați perpendiculara radialului (la 90°) pe drumul (track) dvs.

Exemplu:

O aeronavă se află pe un drum $350^\circ M$, și va trece la aproximativ 20 nm deasupra unei stații terestre VOR, în partea sa lateral dreapta. Radialul perpendicular VOR necesar drumului este radialul 260, așadar 260 ar trebui setat cu OBS. CDI va fi deviat la maxim lateral dacă aeronava se află la distanța față de zona de deasupra poziției, și se va deplasa treptat de la deviere maximă într-o anumită parte la deviere maximă în partea cealaltă pe măsură ce aeronava trece prin arcul de $\pm 10^\circ$, pe oricare din părțile radialului selectat. Aeronava se află în punctul de deasupra poziției atunci când CDI este centrat.

Poziția survolată poate fi identificată de asemenea prin setarea QDM spre VOR, sub indexul cursului (în loc de QDR sau radialul *dinspre* VOR), caz în care mișcarea CDI va fi din cealaltă parte.

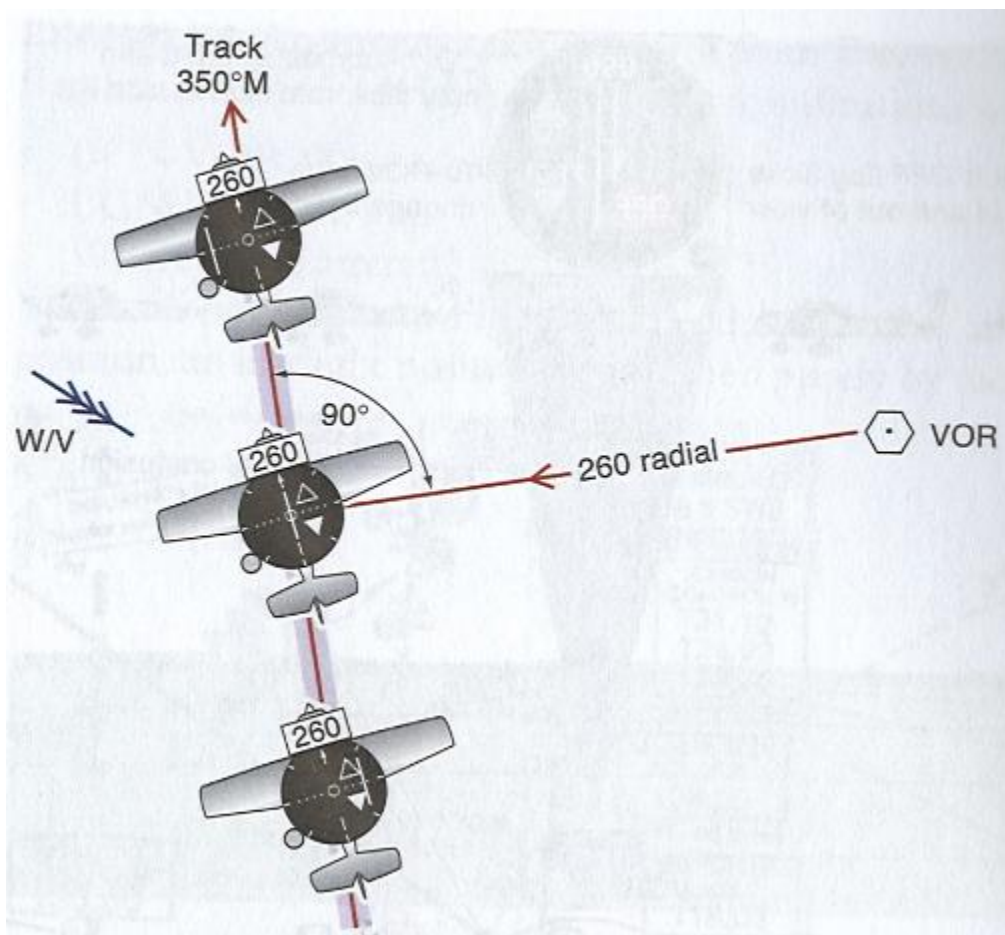


Fig.13.19

Regula 1-la-60, utilizată frecvent în navigație, spune că pentru 1 nm în afara drumului la 60 nm corespunde 1° , *abatere unghiulară*. Mai simplu, aceasta înseamnă ca din moment ce aeronava zboară la unghiuri drepte prin cele 10° din momentul în care CDI începe să se miște până când este centrat, se va deplasa aproximativ 10 nm deasupra VOR atunci când se află la 60 nm de la stația terestră VOR (sau 5 nm la 30 nm, etc.). La GS=120 kt, spre exemplu, (2 nm/min), trecând printr-un arc de 10° deasupra VOR va dura 5 min la 60 nm, sau 2,5 min la 30 nm.

Traversarea unui radial cunoscut de la un VOR din afara drumului (off-track)

Este o procedură simplă de identificare atunci când trecem pe lângă un radial cunoscut provenit de la un VOR din afara drumului, și într-adevăr, anumite puncte de raportare de pe rută se bazează pe acest lucru.

Exemplu:

Punctul de raportare UPTON pe drumul dintre VOR Ottringham și Wallasey este specificat de radialul 330 de la VOR Gamston.

Cu două afișaje VOR în cabină, o procedură obișnuită de zbor pe drum ar fi folosirea VOR 1 la Ottringham (și mai târziu Wallasey), și verificarea UPTON folosind VOR 2 setat pe Gamston.

Cu un singur VOR în aeronavă, procedura obișnuită ar fi de a-l lăsa pe drumul principal (Ottringham) până când ajunge la UPTON (să zicem cu 2 minute înaintea ETA), și apoi selectarea Gamston și radialul 330. Odată intersectat acest radial, VOR poate fi selectat către un punct de reper de pe drum (Ottringham sau Wallasey).

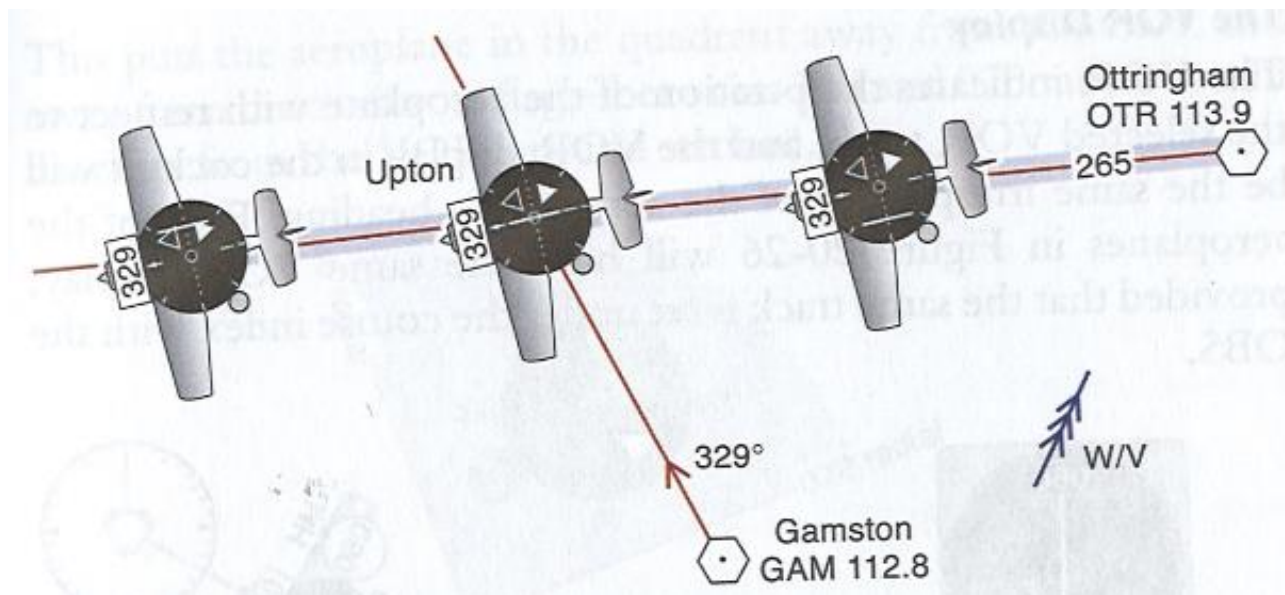


Fig. 13.20

Dacă se folosește o hartă aeronautică 1:500.000, vă puteți trasa propriile puncte de verificare de-a lungul traseului folosind VOR din apropiere aflate în afara drumului. În Fig. 13.21., pilotul a ales să verifice poziția la intersecția cu radialele 105, 075 și 045 de la un VOR din afara drumului. Prin măsurarea distanței dintre aceste puncte fixe de pe ruta, pilotul poate calcula GS și să revizuiască estimarea punctelor care urmează.

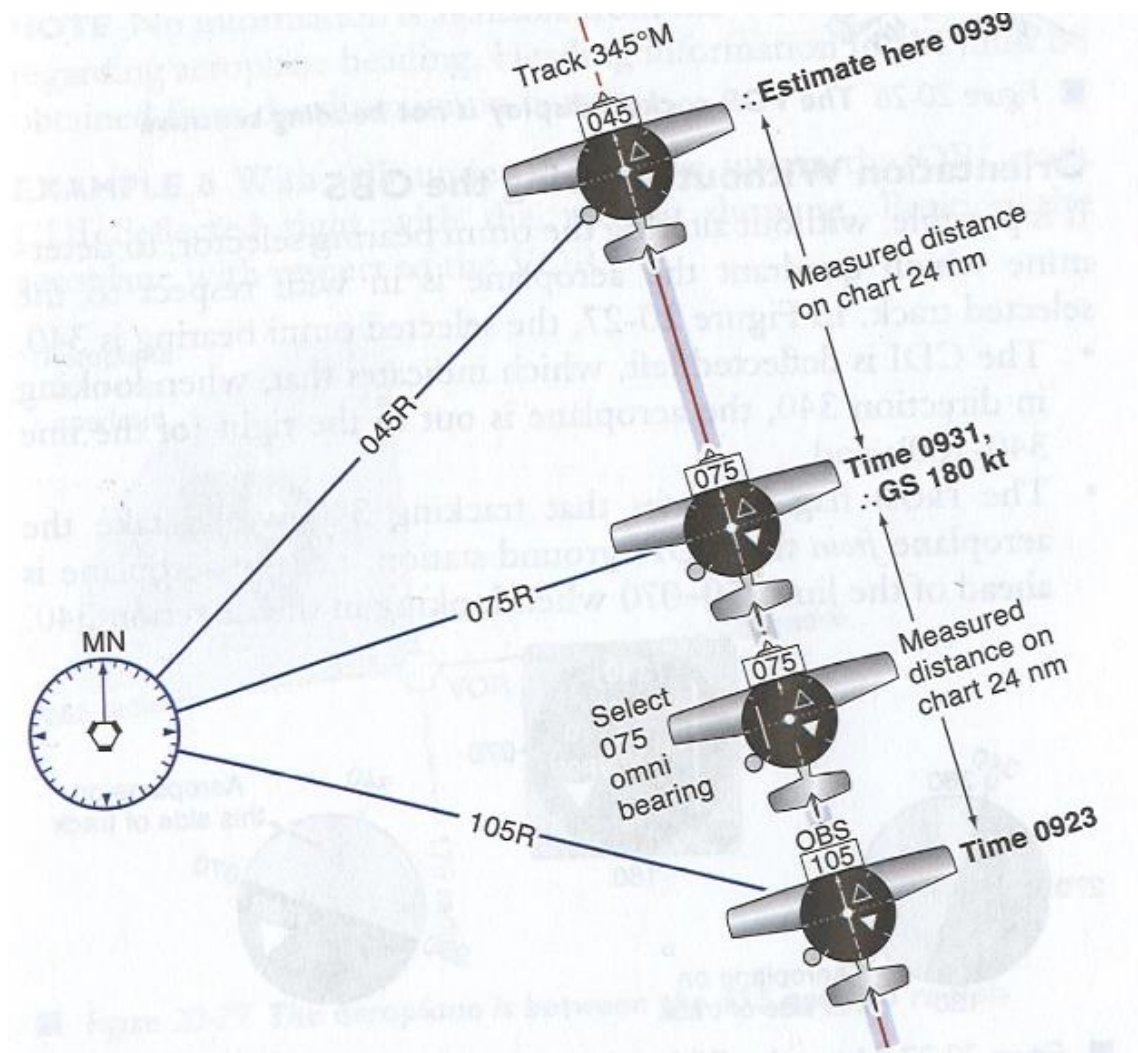


Fig.13.21

4.7 Afișajul VOR

VOR indică poziția avionului față de drumul VOR selectat, iar afișajul VOR din cabină va fi același indiferent de capul (HDG) avionului. Fiecare din avioanele din Fig.13.22 vor avea aceleași indicații ale afișajului VOR, cu condiția să aibă același drum setat sub indexul cursului cu OBS.

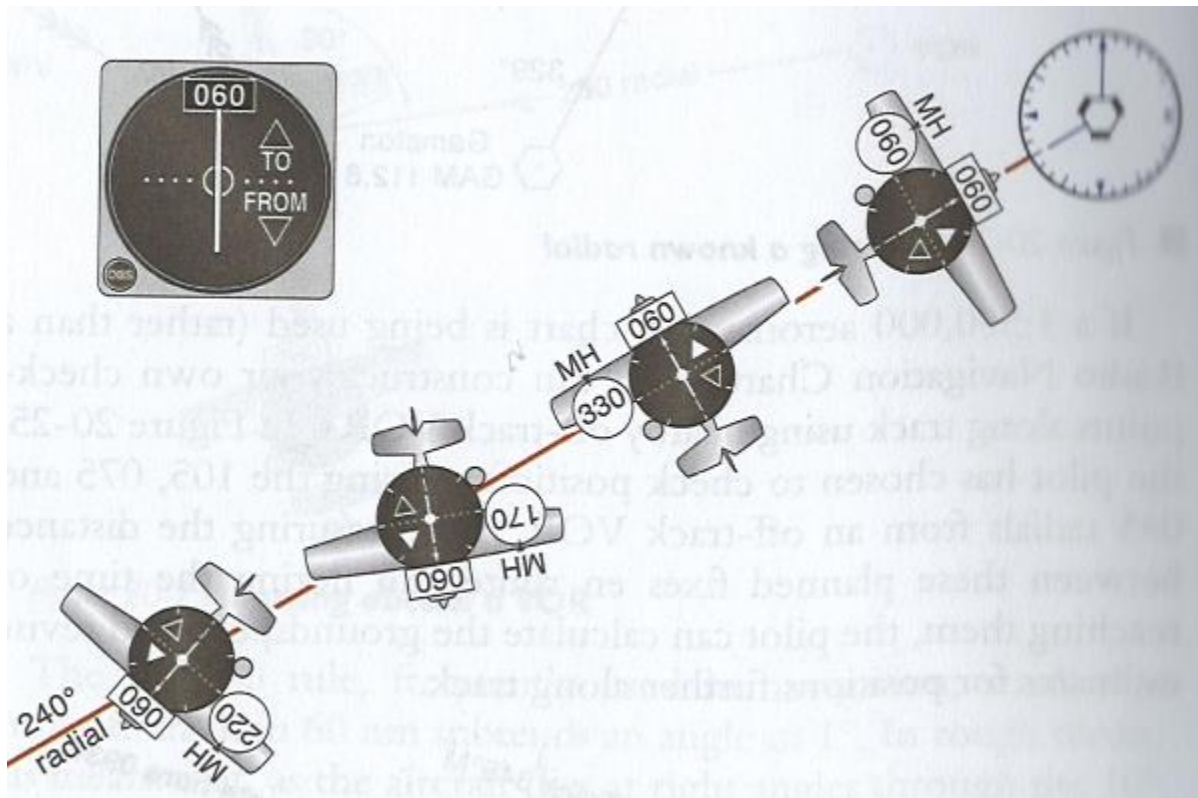


Fig.13.22

Drumul LA și DE LA un VOR

Drumul către un VOR

Pentru a vă deplasa către un VOR:

- selecțați frecvența VOR
- identificați stația (codul ident Morse)
- verificați dacă indicatorul de avertizare OFF este stins
- selecțați relevmentul omni al drumului dorit cu ajutorul OBS.

Direcționați avionul față de drumul dorit, apoi luați un cap de interceptare dorit folosind indicatorul capului (aliniat cu compasul magnetic). Dacă avionul se îndreaptă aproximativ în direcția drumului dorit, cercul din centru va reprezenta avionul, iar CDI drumul dorit. Pentru a intercepta drumul, în acest caz, îndreptați-vă către CDI.

Faceți acest lucru folosind OBI ca și instrument de comandă. Acesta va indica faptul că trebuie să virați către CDI pentru a reveni la drum. Aveți în vedere, totuși, că acest lucru este valabil numai atunci când capul avionului este aproximativ în aceeași direcție ca și relevmentul omni selectat.

La interceptarea drumului, luați un cap potrivit pentru a-l menține, având în considerare atât direcția și intensitatea vântului. Dacă este menținut drumul dorit, CDI va rămâne centrat.

Exemplu:

În Fig.13.23, cu drumul dorit 030 setat pe OBI, CDI se află către dreapta. Din moment ce capul inițial al avionului este aproximativ în concordanță cu drumul 030, pilotul trage concluzia că drumul se află în partea dreaptă a avionului. CDI, aflat în partea dreaptă impune efectuarea unui viraj dreapta pentru a reveni la drum.

Pilotul a luat un cap de 050°M pentru a intercepta drumul de 030 către VOR, ceea ce va da o interceptare de 20°. Acest lucru este satisfăcător dacă avionul este aproape de drum.

Dacă aeronava este la distanță față de drum, atunci o interceptare de 60° sau 90° ar putea și mai potrivită. Aceasta ar fi MH 090 sau MH 120.

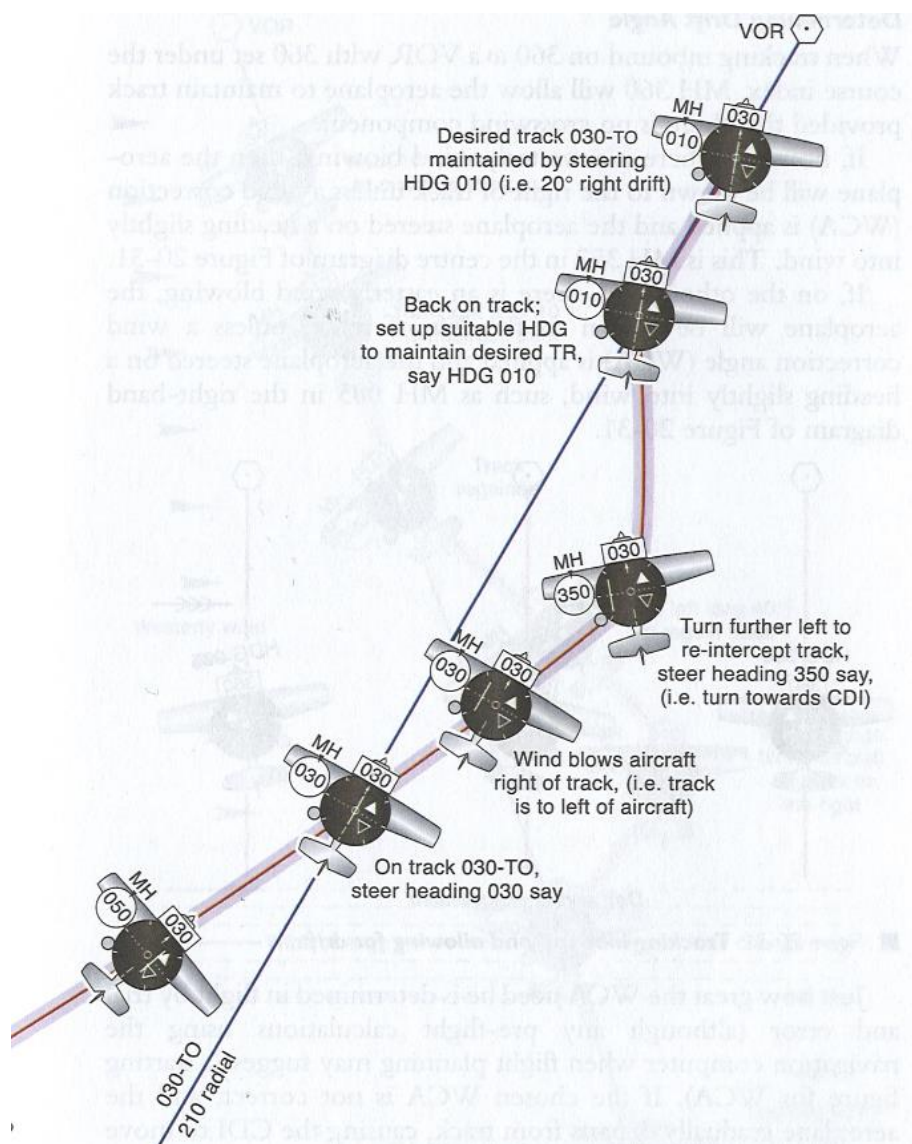


Fig. 13.23

Determinarea unghiului de deriva

Atunci când ne aflăm pe un drum *către* un VOR, având 360 sub indexul cursului, MH 360 va permite avionului să mențină drumul cu condiția să nu existe componenta a vântului lateral.

Dacă, totuși, există un vânt din vest, atunci avionul va fi deviat în dreapta drumului doar dacă nu se aplică un WCA și avionul va fi îndreptat pe un cap aproximativ în vânt. Aceasta înseamnă MH 352 în centrul diagramei din Fig. 13.24.

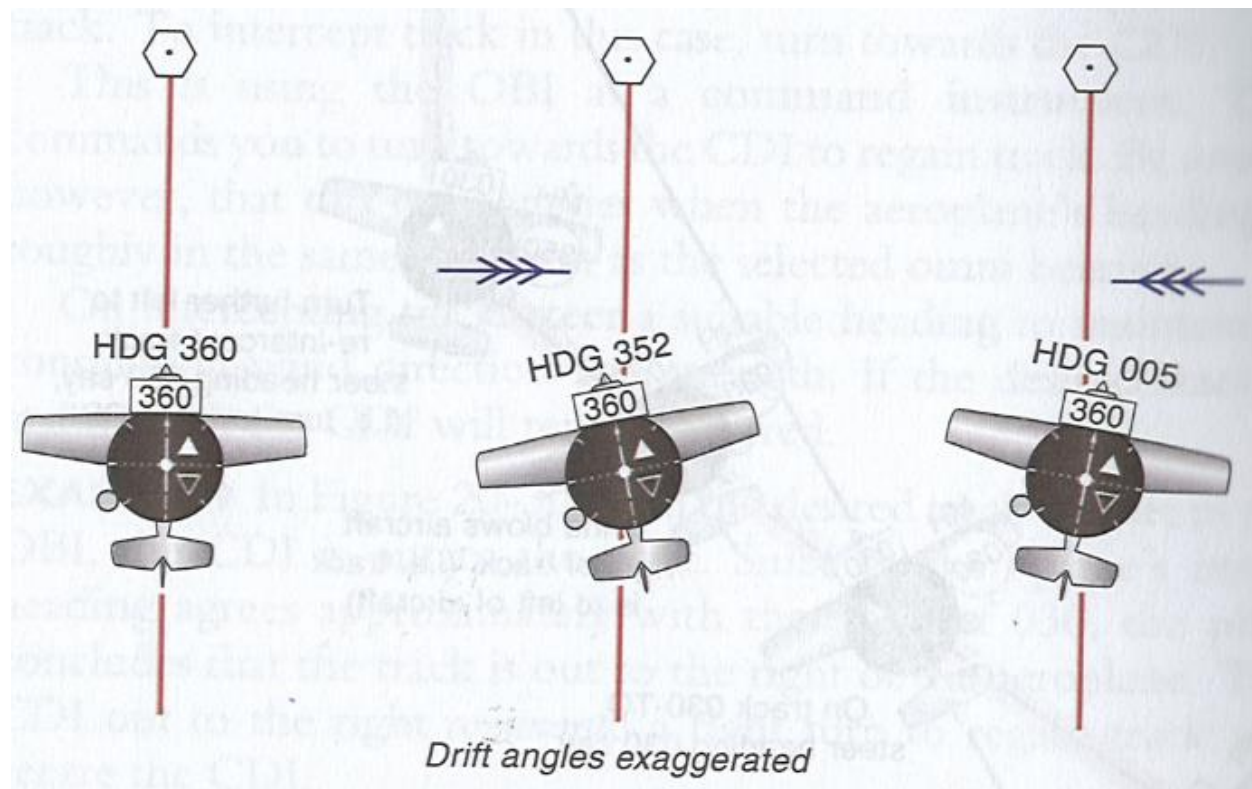


Fig.13.24

Cît de mare sau mic trebuie să fie WCA se va determina în timpul zborului prin ‘testarea’ unghiului cel mai potrivit (deși orice calcule dinaintea zborului efectuate cu ajutorul calculatorului de navigație pot sugera o cifră de început pentru aproximarea WCA). Dacă WCA ales nu este corect, și avionul se depărtează treptat de la drum, determinând CDI să se deplaseze de la poziția centrală, atunci capul ar trebui modificat, revenirea la drum (CDI centrat), și apoi un cap magnetic nou cu o estimare îmbunătățită a WCA. Acest proces de obținere a unui WCA potrivit se numește *efect sinusoidal*.

Desigur, în realitate vântul își schimbă frecvent atât intensitatea cât și direcția, așadar capul magnetic necesar pentru a menține drumul se va schimba de asemenea din când în când. Acest lucru devine evident prin mișcări treptate ale CDI departe de poziția sa centrală, lucru pe care îl veți observa la observările repetate ale instrumentelor de radionavigație, și pe care îl veți corecta prin schimbări ale capului magnetic (vezi Fig. 13.25).

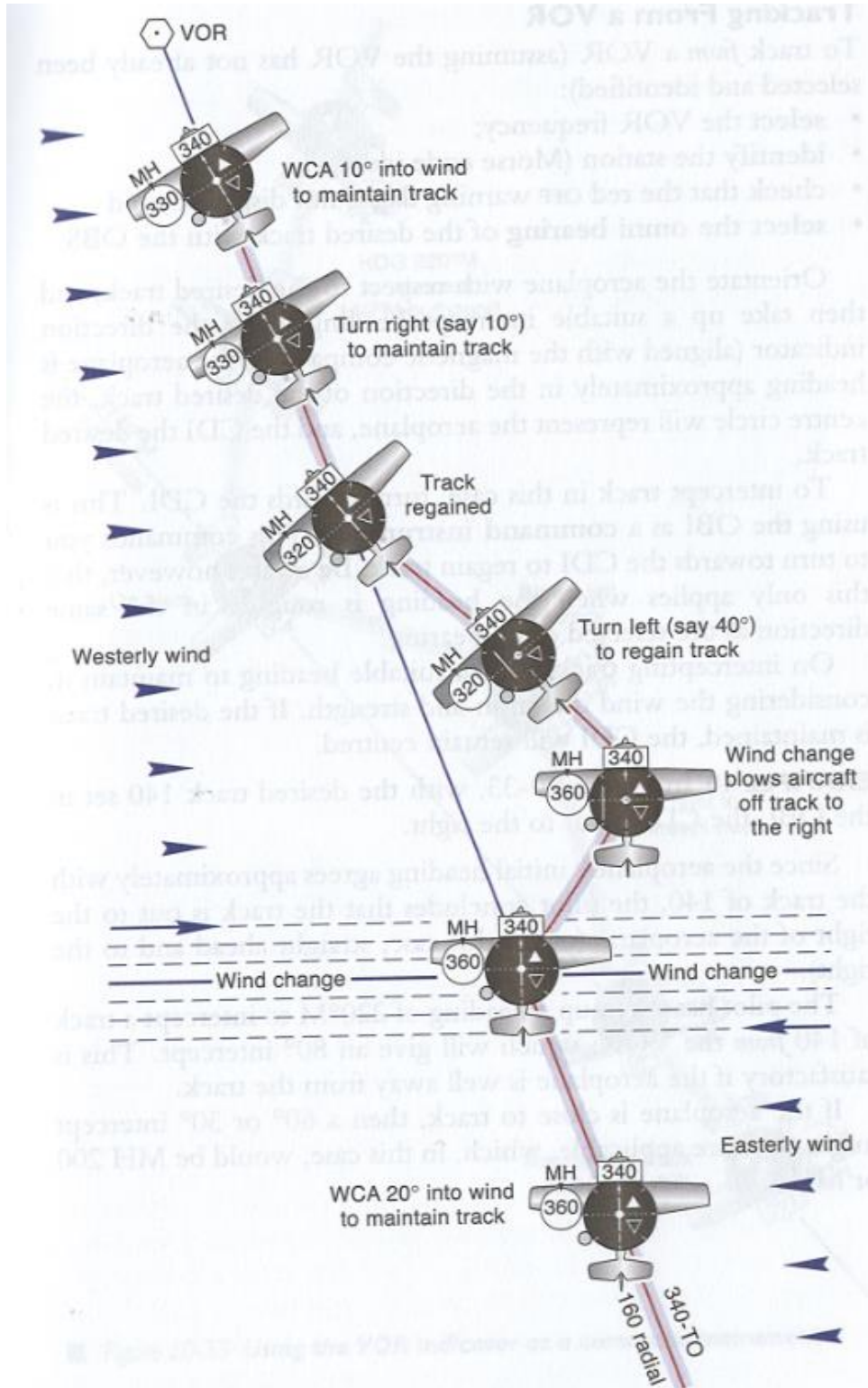


Fig. 13.25



Drumul de la un VOR

Pentru a vă deplasa *de la* un VOR (presupunând că VOR nu a fost selectat și identificat):

- a. selectați frecvența VOR
- b. identificați stația (codul ident Morse)
- c. verificați dacă indicatorul de avertizare OFF este stins
- d. selectați relevmentul omni al drumului dorit cu ajutorul OBS.

Direcționați avionul față de drumul dorit, apoi luați un cap de interceptare folosind indicatorul capului (aliniat cu compasul magnetic). Dacă avionul se îndreaptă aproximativ în direcția drumului dorit, cercul din centru va reprezenta avionul, iar CDI drumul dorit.

Pentru a intercepta drumul, în acest caz, îndreptați-vă către CDI. Faceți acest lucru folosind OBI ca și instrument de comandă. Acesta va indica faptul că trebuie să virați către CDI pentru a reveni la drum. Aveți în vedere, totuși, că acest lucru este valabil numai atunci când capul avionului este aproximativ în aceeași direcție ca și relevmentul omni selectat.

La interceptarea drumului, luați un cap potrivit pentru a-l menține, având în considerare atât direcția și intensitatea vântului. Dacă este menținut drumul dorit, CDI va rămâne centrat.

Exemplu:

În Fig. 13.26., cu drumul dorit setat în OBI, CDI se află în partea dreaptă. Din moment ce capul inițial al avionului este aproximativ în concordanță cu drumul de 140, pilotul decide faptul că drumul se află în partea dreaptă a avionului (sau, în acest caz, în față și către dreapta).

Pilotul a luat un cap de 220°M pentru a intercepta un drum de 140 *dinspre* VOR, ceea ce va da o interceptare de 80°. Acest lucru este mulțumitor dacă avionul se află la distanță față de drum.

Dacă avionul este aproape de drum, atunci o interceptare de 60° sau 30° ar putea fi mai potrivită, care, în acest caz, ar fi MH 200 sau MH 170

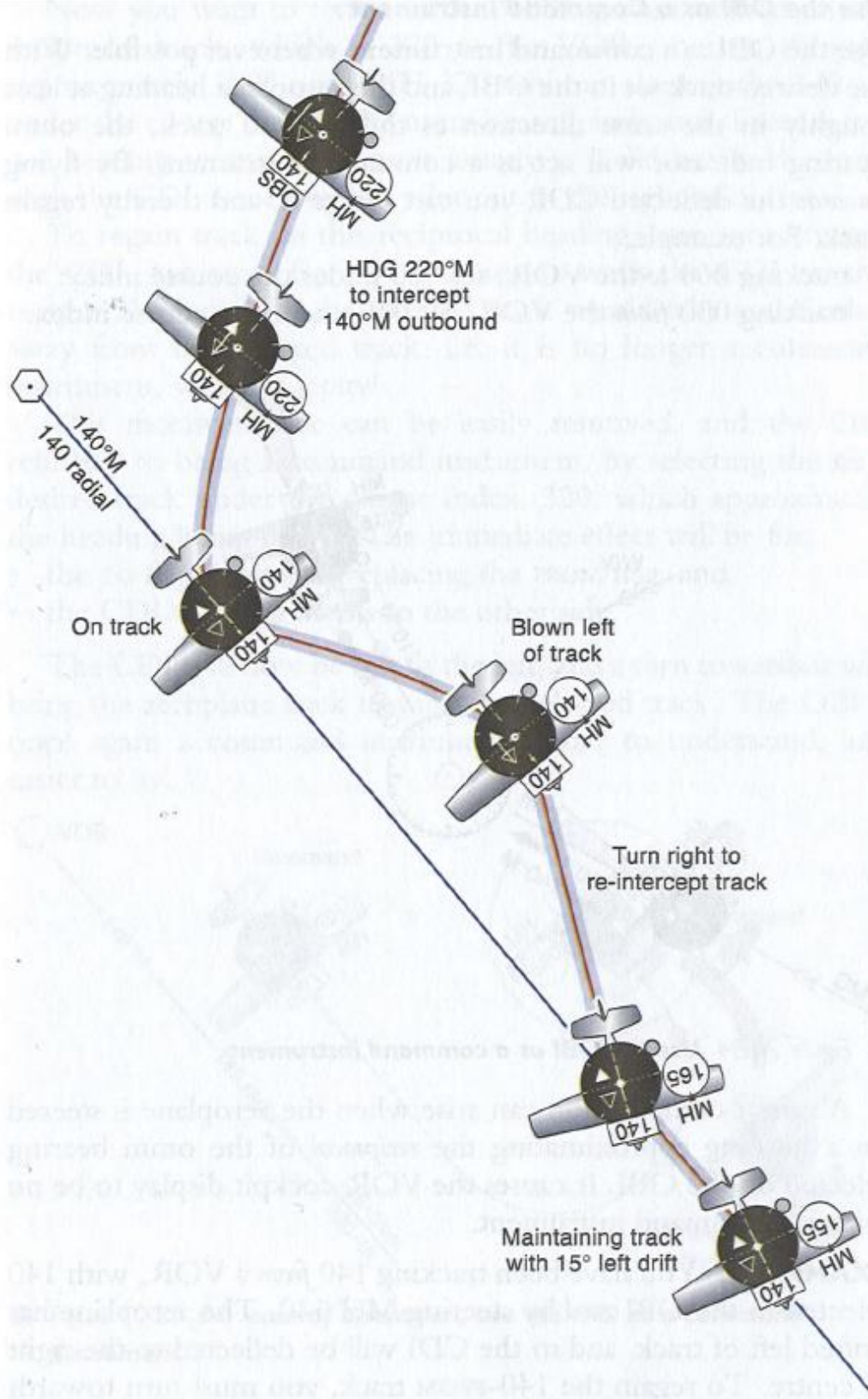


Fig.13.26



Interceptarea unui drum folosind VOR

Ce trebuie să știți:

- a. Unde mă aflu?
- b. Unde trebuie să ajung?
- c. Cum ajung acolo?

Cea mai simplă metodă de orientare a aeronavei folosind VOR este prin rotirea OBS până la centrarea CDI. Acest lucru se poate întâmpla pe unul sau două HDG (reciproce unul față de celalalt); alegeți-l pe acela al cărui relevment omni seamănă cel mai mult cu capul magnetic al avionului. Dacă aeronava se îndreaptă către o stație terestră VOR, atunci indicatorul *spre (TO)* se va aprinde.

Selectați drumul dorit în °M folosind selectorul relevmentului omni (OBS). Determinați în ce parte să efectuați virajul pentru a intercepta drumul dorit și apoi luați un cap de interceptare corespunzător.

Interceptarea unui drum dinspre (From) un VOR

VOR este la fel de folositor atunci când vă îndepărtați de o stație terestră VOR ca și atunci când vă apropiați de una și este mult mai ușor de folosit decât combinația NDB/ADF. Următorul exemplu prezintă o metodă obișnuită de a realiza ce am declarat mai sus.

Exemplu:

Vă deplasați *către* o stație VOR pe radialul 170 (350 - TO = spre). ATC va da un cap de interceptare al radialului 090 *dinspre (from)* (090 from).

Orientarea nu este o problemă din moment ce știți deja unde vă aflați. Cea mai bună metodă de a vă deplasa pe drum către VOR pe radialul 170 (care este la fel ca și QDR 170, rezultând QDM până la stație (350), este de a avea setat 350 pe cursul indexului OBI, din moment ce avionul se află pe un drum 350 *către (to)* VOR. Acest lucru asigură faptul că indicatorul este un instrument de comandă (zburati în direcția acului CDI pentru a reveni la drumul ales).

Vizualizați situația:

- vă aflați pe un drum către nord spre un VOR
- drumul dorit, 090 - FROM, se află în față lateral dreapta.

Pentru a intercepta drumul 090-FROM:

- a. setați 090 sub indexul cursului
- b. luați un cap de interceptare corespunzător (MH 030 pentru o interceptare de 60°)
- c. mențineți MH 030 până când acul CDI se deplasează de la deviație maximă la poziția centrală. Pentru a evita 'ratarea' drumului, anticipați interceptarea și începeți un viraj chiar înainte de a intercepta drumul.

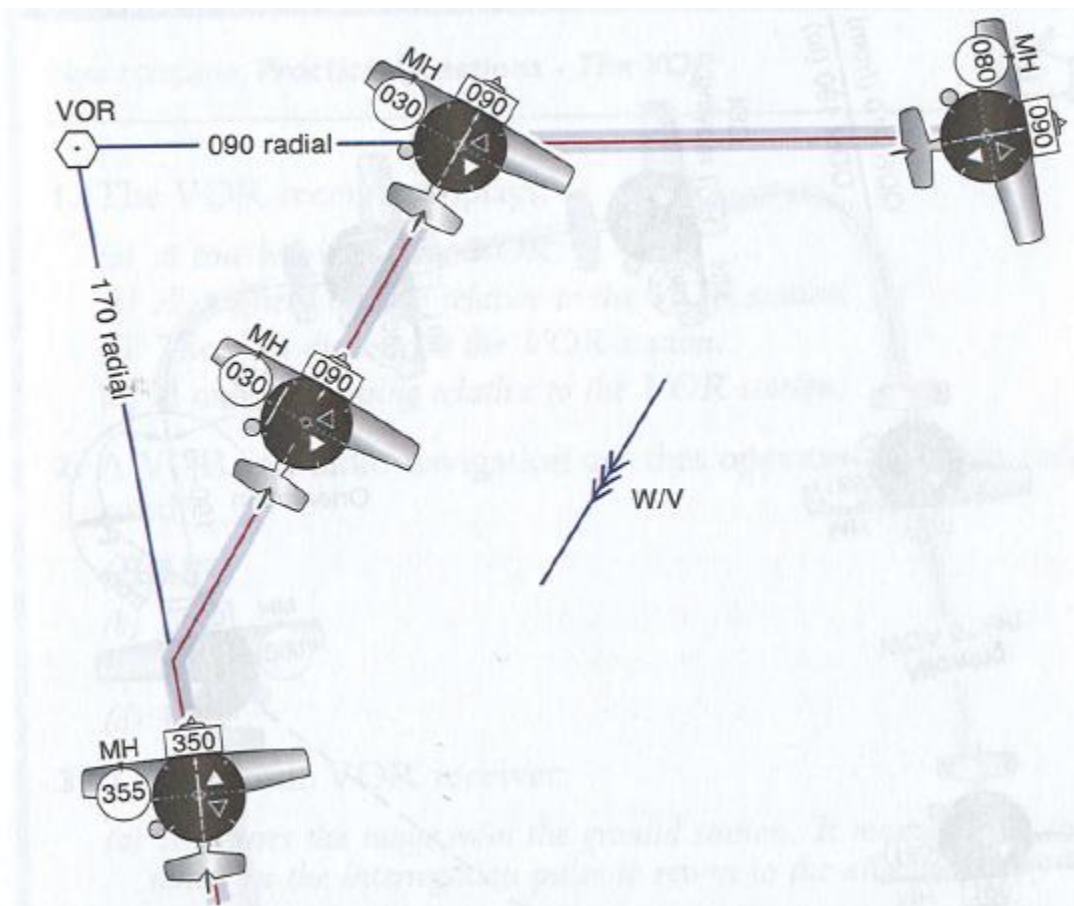


Fig. 13.27

Interceptarea unui drum spre (To) un VOR

Exemplu:

ATC vă solicită să vă deplasați către o anumită stație VOR pe radialul 010.

Selectați și identificați VOR, apoi

- Orientați-vă față de aceasta (posibil prin centrarea corespunzătoare a CDI)
- Setați drumul dorit sub indexul cursului - către o stație pe radialul 010 (QDR) este 190 - TO (QDM) - și determinați poziția acestui drum (track).
- Luați un cap de interceptare corespunzător, și așteptați centrarea CDI

În Fig. 13.28:

- CDI se centrează pe 050 - FROM (se va centra de asemenea pe 230 - TO);
- ați ales o interceptare de 90°, luând un MH 280 pentru a intercepta 190 - TO;
- pe măsură ce CDI începe să se miște (la maxim 10° față de drumul ales), va

aproțiați dar luați în considerare și un unghi de corecție al vântului (WCA) de 5°.

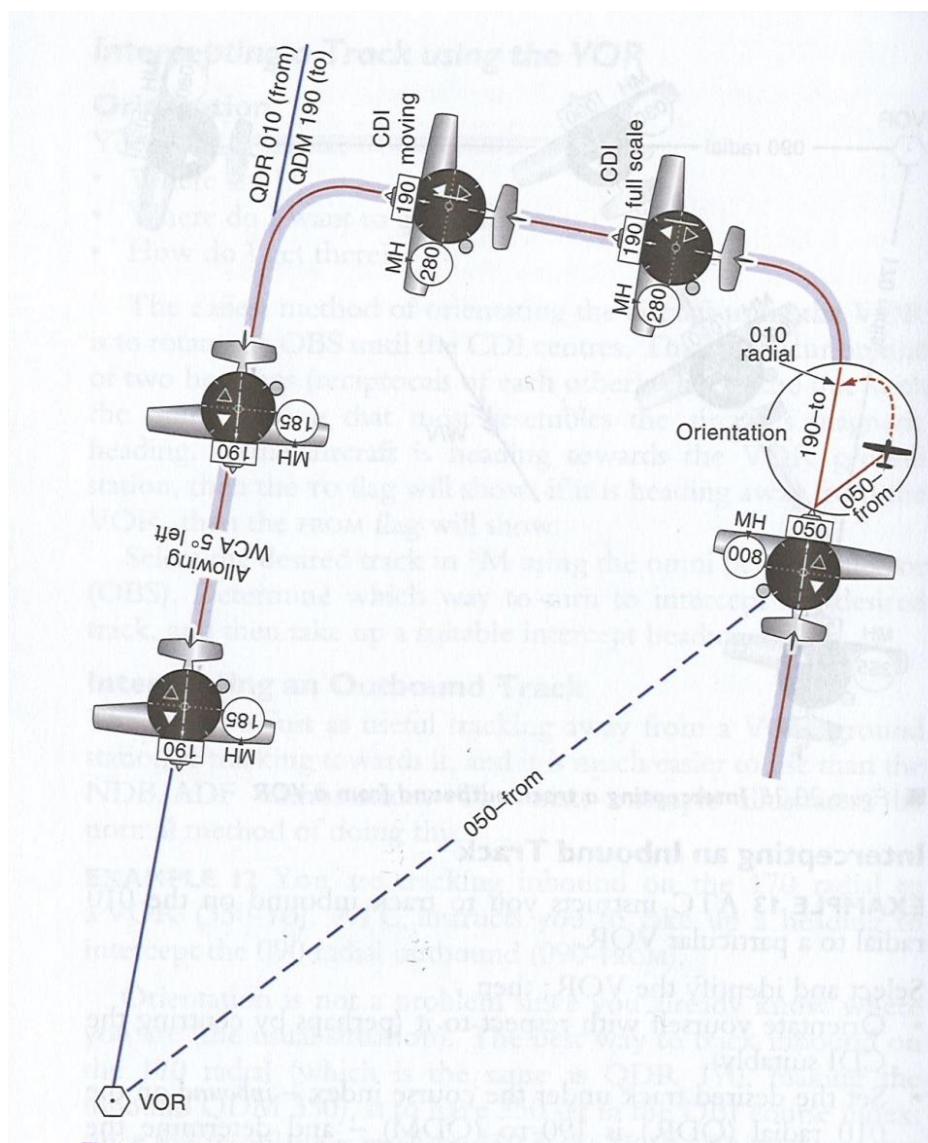


Fig.13.28

4.8 Factori ce afectează raza operațională a unui VOR

Cu cât este mai mare puterea emițătorului, cu atât mai mare este și raza de acțiune. Astfel, stațiile VOR de pe ruta cu un emițător de 200 Watt vor avea o rază de acțiune de aproximativ 200 nm. Înălțimea emițătorului și receptorului vor avea de asemenea un efect asupra razei operaționale.

$$\text{Raza de recepție teoretică maximă (nm)} = 1.25 \times (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2})$$

unde H_1 = Înălțimea receptorului în feet AMSL

H_2 = Înălțimea transmițătorului în feet AMSL



Relieful înalt, munții, structurile umane, etc. cauzează direcționalității VOR oprind-o, reflectând-o sau curbând-o. Acolo unde există și sunt cunoscute astfel de erori, AIP va publica aceste detalii.

Pentru a garanta că nu există interferențe între cele 160 frecvențe disponibile în întreaga lume, este necesară separarea farurilor cu frecvențe asemănătoare la o distanță de cel puțin două ori cât raza de acțiune anticipată. De exemplu, o aeronavă aflată la o înălțime de 25.000 ft și un VOR situat la MSL.

$$\begin{aligned} \text{Raza de recepție (nm)} &= 1.25 \times \sqrt{25.000} \\ &= 198 \text{ nm} \end{aligned}$$

Separția va fi de 396 nm.

Puterea transmițătorului, căile de propagare și protecția gradului de interferență dintre frecvențe, necesită ca din considerente de planificare, stațiile terestre VOR să fie separate cu încă 100 nm, deci aproximativ 500nm între ele.

5.DME (Distance Measuring Equipment)

Echipamentul de Măsurare a Distanței este un sistem radar secundar ce permite unei aeronave să stabilească distanța (mai degrabă distanța oblică decât cea orizontală) față de o stație de sol. Pilotul obține direcțiile magentice precise de la radiofarul VOR și distanțele de la DME. Cele două stații sunt în mod normal alăturate.



Fig. 14.1



Fig.14.2

Frecvențele pe care operează un DME sunt între 926 și 1231 MHz în banda UHF cu o distanță de 1 MHz între canale, totalizând 252 canale.

Între semnalul de interogare și cel de răspuns există o diferență de +/- 63 MHz. Canalele se măsoară de la 1 la 126X și de la 1 la 126Y.

Printre utilizările unui DME amintim:

1. furnizează o distanță oblică foarte precisă, o linie circulară de poziție iar împreună cu un alt DME sau VOR va furniza două linii de poziție.

2. convertește distanța oblică în GS și timp scurs atunci când aeronava este echipată cu un calculator de bord corespunzător
3. permite efectuarea unor zboruri mult mai precise în procedurile de așteptare și pe arcele DME
4. furnizează verificări ale distanței și înălțimii atunci când se execută
5. proceduri de apropiere nonprecizie
6. indică distanțe precise până la pragul pistei atunci când se execută o procedură ILS/DME.
7. facilitează identificarea radar atunci când pilotul raportează poziția sa față de VOR/DME
8. facilitează separația și controlul aeronavelor în spațiul non-radar față de o stație VOR/DME raportată de fiecare aeronavă în parte.
9. stă la baza unui sistem simplu de tip RNAV (Area Navigation) atunci când aeronava este echipată cu computerele necesare.
10. furnizează distanțe precise în sistemele RNAV mai precise și mai complexe

5.1 Principiul de funcționare al DME

DME folosește principiul radarului secundar. Radarul primar detectează una din propriile transmisii care este reflectată de un obiect; radarul secundar detectează o transmisie-răspuns de la un transponder activat de un semnal de interogare/apelare.

DME operează cu ajutorul transmițătorului, în timpul zborului, care trimite o serie de impulsuri de apelare/interogare din aeronava și cu recepția impulsului provenit de la stația terestră DME. Transformă acest timp în *distanța în mile nautice* iar indicatorul DME, atunci când afișează această distanță cu indicația roșu OFF afară din raza vizuală, se spune ca s-a fixat.

Notă: Nu faceți confuzie între transponderul DME și stația terestră DME (și asociată cu echipamentul DME în timpul zborului) cu transponderul SSR din aeronavă (operat de către pilot și asociat cu radarul de supraveghere secundar de la sol).

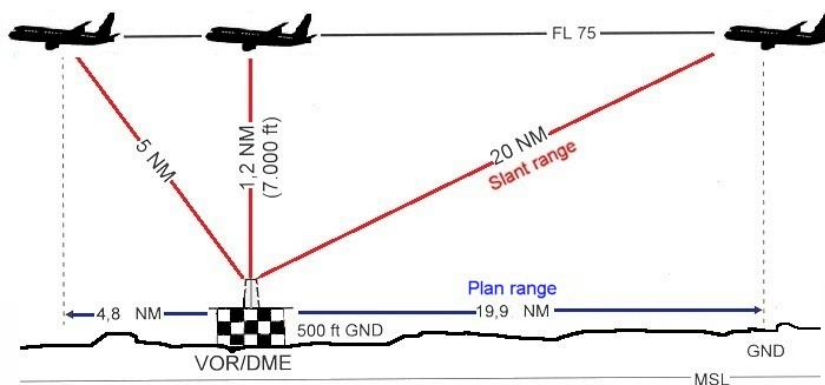


Fig. 14.4

Fiecare transponder DME de la sol poate face față la aprox. 100 de avioane în același timp, iar sistemul este făcut în așa fel încât să nu existe nicio posibilitate ca impulsuri de apelare/interogare de la un avion să determine o indicare incorectă a distanței la un alt avion.

De asemenea, deoarece frecvențele sunt special alese în așa fel încât stațiile cu frecvențe asemănătoare sunt situate departe una de alta din punct de vedere geografic, nu există șansele apariției interferențelor de la stația DME terestră greșită. Semnalele DME sunt transmise în linie dreaptă (la fel ca și comunicațiile radio VHF, radar și VOR).

5.2 Raza de acțiune și acoperirea unui DME

Transmișiile unui DME se supun regulii “liniei orizontului”. Astfel, cu cât sunt mai sus aeronava și radiofarul cu atât va fi mai mare și distanța teoretică de recepție. Relieful înalt va bloca raza de acoperire.

Efectul unghiului de inclinare va masca antena aeronavei de emițătorul de pe sol cauzând o întrerupere a fluxului semnalului. Cu toate acestea, circuitul de memorie asigură faptul că nu va fi nici o perturbație majoră în măsurarea distanței.

Pentru a preveni erori ale măsurării distanței ce pot fi cauzate de interferențe reciproce din două sau mai multe stații ce împart aceeași frecvență, acoperirea operațională alocată a fiecărei stații este publicată pentru fiecare DME în parte, aceasta fiind specificată în distanța și înălțime. Utilizarea unui DME dincolo de aceste limitări va rezulta în producerea de erori.

Pentru a elimina erorile ce apar din cauza reflexiei suprafeței Pământului, clădiri și teren muntos, receptorul aeronavei încorporează un Circuit de Protecție împotriva Ecoului.

5.3 Acuratețea DME

Bazat pe o probabilitate de 95% acuratețea sistemului pentru un DME utilizat la navigație va trebui să dea o eroare de sistem ce nu trebuie să depășească +/-25 nm sau +/-1.25% din distanță. Sistemele de precizie nu trebuie să aibă erori mai mici de +/-0.2 nm.

Diferența dintre distanța oblică calculată și distanța pe sol reală crește cu cât aeronava este mai sus și mai aproape de stația DME. Ca regulă generală, diferența devine semnificativă atunci când aeronava se află la o distanță mai mică decât triplul înălțimii aeronavei. Atunci când aeronava se afla deasupra stației DME, aparatul din cabină va indica înălțimea aeronavei în mile nautice.

Viteza față de sol indicată de echipament, care este calculată din rata de schimbare a distanței oblice, devine mai imprecisă și va subindica viteza față de sol reală cu cât aeronava este mai aproape și mai sus față de stația DME.

6. Radarul

Cuvântul radar este un acronim provenit de la **RA**dio **D**etection **A**nd **R**anging ce a fost dezvoltat înainte de Al Doilea Război Mondial, având aplicații atât terestre cât și aeriene. În prezent, radarul este important în aviația civilă, radarele de sol fiind întrebunțate pentru controlul, separația și navigația aeronavelor precum și în sistemele aeriene de navigație și detectare a vremii.

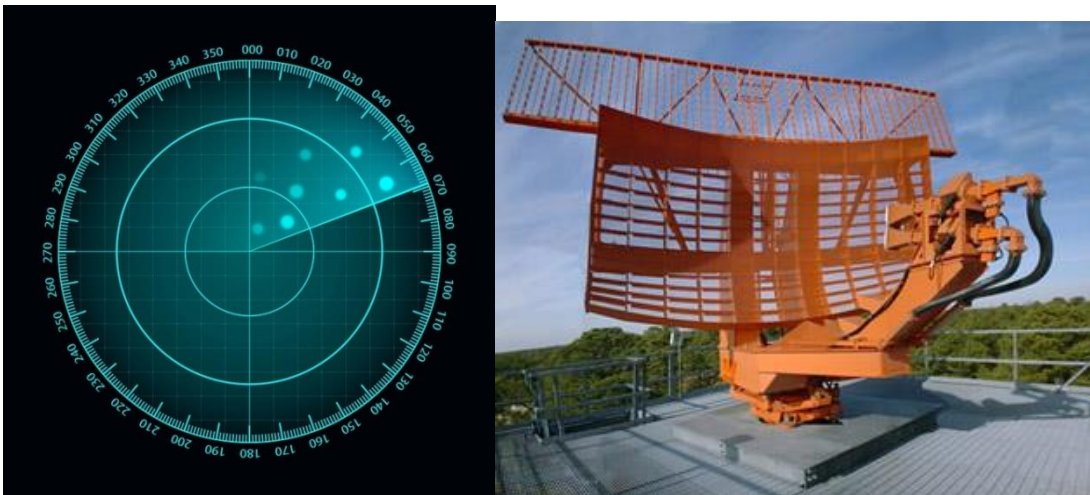


Fig. 15.1

Radarul prezintă o gamă largă de aplicații, printre care amintim:

1. Controlul traficului aerian

- monitorizarea aeronavelor în timpul zborului în zonele de control sau în vecinătatea aeroporturilor și pentru vectorizarea aeronavei în caz de nevoie
- controlul și monitorizarea aeronavelor în cazul în care ILS nu funcționează sau în timpul procedurilor de apropiere instrumentală
- oferă informații legate de fenomenele meteo cum ar fi norii orajoși

2. Sistemele radar aer/sol

- Radarul Secundar de Urmărire furnizează ATC informații legate de callsign-ul aeronavei, altitudine, viteză, istoricul traiectului, destinație și tipul urgenței, când este cazul
- DME furnizează pilotului o distanță oblică foarte precisă de la un emițător/receptor terestru cunoscut ca transponder.
- radarul Doppler este un sistem aerian ce nu are nevoie de echipament de sol și care furnizează pilotului o indicație continuă a derivei și vitezei față de sol a aeronavei

3. Radarul de vreme

- descifrează distanța și direcția norilor
- indică zonele cu cele mai intense precipitații și turbulențele aferente
- calculează înălțimea norilor

Sistemele radar funcționează în banda VHF sau benzi superioare deoarece:

- aceste frecvențe nu sunt afectate de factori externi

- lungimile de undă mai scurte produc raze înguste și eficiente pentru măsurarea direcțiilor
- lungimile de undă scurte produc pulsuri mai scurte
- reflexia eficientă de pe un obiect depinde de mărimea sa funcție de lungimea de undă, astfel lungimile de undă scurte sunt reflectate mult mai eficient

Mijloacele de radionavigație care necesită instrumente din cabină includ:

- a. combinația *radiofarul non-directional (NDB)* și *dispozitivul automat de găsimă a direcției (ADF)*. ADF se prezintă sub diferite forme în cabină, cum ar fi indicatorul relevmentului relativ (RBI = relative bearing indicator) = Gisement radio (GR) și indicatorul radio-magnetic (RMI = radio magnetic indicator)
- b. *VOR (VHF omni range)*
- c. *echipamentul de măsurare a distanței (DME = distance measuring equipment)*

De asemenea, există și RNAV (route navigation) = navigația pe rută - combinația VOR și DME.

6.1 Principiul de funcționare al radarului

Radioul folosește capacitatea să de a transmite energie electromagnetică, sub forma undelor radio, dintr-un loc în altul. Undele de energie electromagnetică care provin de la emițător radio pot conține informații, cum ar fi convorbiri, muzică și codul Morse. Receptoarele radio aflate pe aceeași frecvență pot detecta și folosi aceste semnale, destul de des aflate la distanțe mari față de emițător.

Utilizările radioului în aviație se împarte în două:

- a. comunicații voce aer-sol
- b. navigație radio (combinația ADF/NDB, VOR și ILS)

Reflectarea undelor radio

Radiația electromagnetică poate fi reflectată din anumite suprafețe. Undele de lumină, spre exemplu, vor fi reflectate de învelișul metalic aflat pe o oglindă. Similar, undele radio care aparțin anumitor frecvențe vor fi reflectate de pe suprafețe nu numai metalice, o parte a energiei radio întorcându-se la punctul de unde a fost transmisă, ca un ecou. Alte suprafețe și obiecte, cum ar fi lemnul, nu pot reflecta undele radio, care vor trece prin acesta, asemenea razelor X care trec prin corp.

Detectarea undelor radio reflectate în punctul de unde au fost transmise inițial, acest fenomen este cunoscut sub numele de *radar*.

Relația dintre timp și distanță

Energia electromagnetică se deplasează cu viteza luminii, adică 300.000 km/s echivalentul a aproape 8 circumferințe ale Pământului într-o secundă. Măsurând timpul scurs dintre emisia

unor pulsuri de energie radio și recepția acestora înapoi la sursă sub forma unui ecou reprezintă o problemă matematică simplă prin care se determină distanța sau raza până la obiectul ce a produs ecoul.

Radarul convertește timpul scurs în distanță. În timpul scurs între emisie și recepție, distanța între radar și obiect va fi parcursă de două ori, o dată la emisie și o dată la reîntoarcerea semnalului, drept urmare timpul parcurs va fi înjumătățit, acest lucru realizându-se electronic.

6.2 Raza de acțiune a unui radar

Radarul folosește frecvențele UHF (ultra-high frequency), așadar propagarea acestora va fi obstrucționată de clădiri, relief înalt și curbura Pământului. Acestea iregularități vor cauza "umbre radar" iar obiectele care se vor afla în aceste zone, este posibil să nu fie detectate.

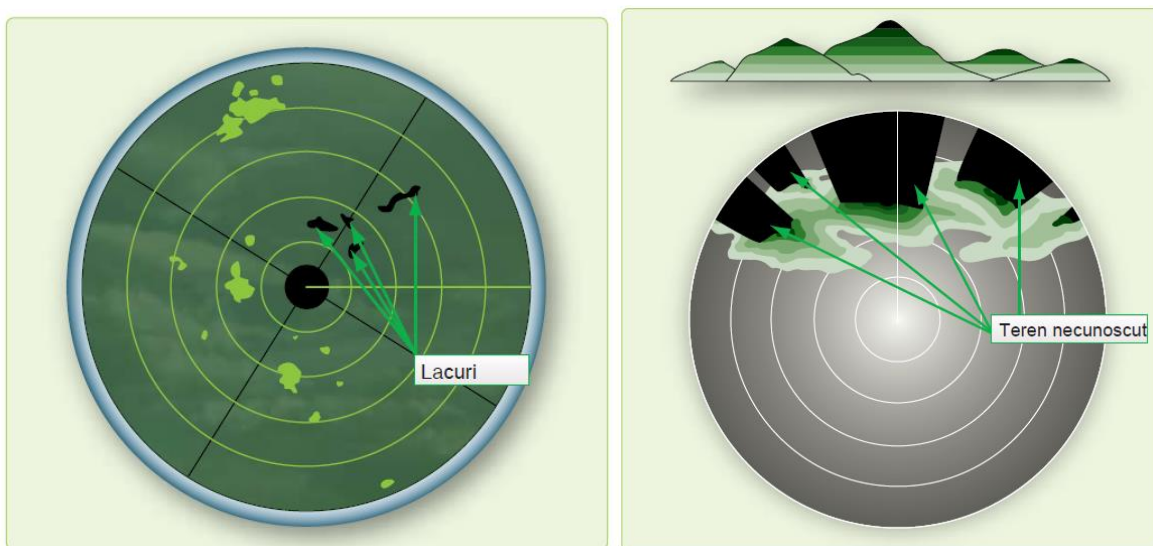


Fig. 15.2

Ținând cont de curbura Pământului, cu cât un avion zboară mai sus, cu atât mai mare este distanța pentru a fi detectat de radar. O distanță maximă aproximativă în mile nautice este dată de relația:

$$\text{Raza de acoperire radar} = \sqrt{1.5 \times \text{inaltimea AGL in ft (NM)}}$$

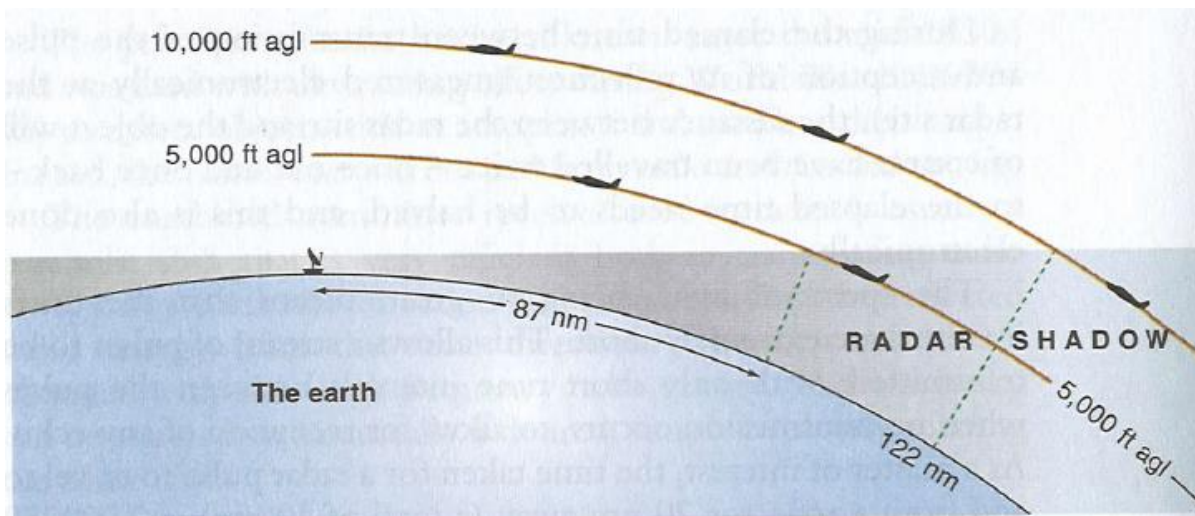


Fig. 15.3

Raza de acoperire a radarului poate fi crescută dacă antena radar se poziționează într-un loc înalt, crescându-i astfel înălțimea deasupra obstacolelor ce produc umbre pe ecranul radar și pentru a crește acoperirea acestuia. Astfel, distanța de la care se poate detecta o aeronavă de către un radar este dată de formula:

$$\text{Raza de acoperire} = \sqrt{1.5 \text{ înălțimea antenei radar}} + \sqrt{1.5 \text{ înălțimea aeronavei}}$$

Radarul care folosește energia radio reflectată este cunoscut ca *radar primar*, și are multe întrebuniări în aviație, cum ar fi:

- supraveghere radar* pentru o imagine de ansamblu a întregii zone, fiind folosit în apropierea prin supraveghere radar (SRA = surveillance radar approaches) pentru azimut și ghidare verticală la apropierea finală pentru aterizare
- radar de apropiere de precizie* (PAR = precision approach radar) pentru azimut foarte exact și ghidare pe panta de apropiere finală pentru aterizare.

6.3 Radarul de supraveghere primar

Radarul primar este proiectat pentru a oferi controlorului radar o vedere de ansamblu asupra zonei sale de responsabilitate. Acest tip de radar nu transmite pulsații simultan în toate direcțiile, ci un fascicul ce este rotit 360°. Pentru ca o aeronavă să poată fi detectată, raza trebuie să fie îndreptată aproximativ în direcția sa. Dacă respectivul controlor are radarul îndreptat în sus, este posibil să 'rateze' aeronave mici aflate la distanță; în mod contrar, avioanele mari aflate în apropiere pot să nu fie detectate dacă radarul este jos.

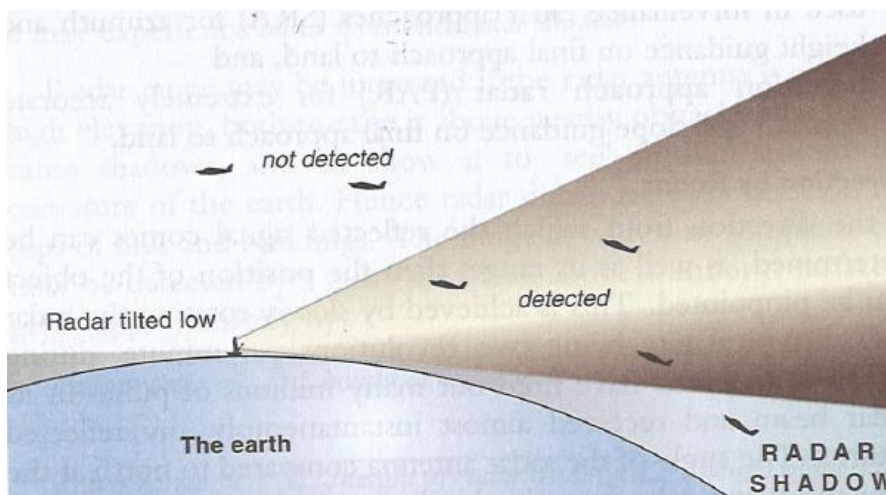
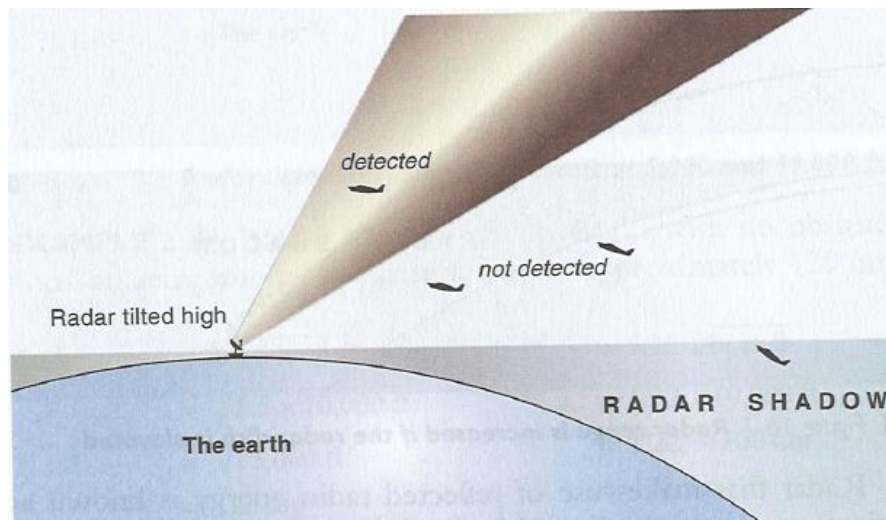


Fig.15.4

Ecranul radarului

Majoritatea ecranelor radar sunt tuburi catodice de raza (CRT - cathode ray tubes) asemănătoare ecranelor tv rotunde. Folosind același principiu cu cel al televizoarelor, o rază de electroni este direcționată în învelișul fluorescent al tuburilor pentru a furniza o imagine radar.

Controlorii radar au de obicei ecrane circulare având poziția antenei în centru, cu însemnări de distanță pentru a ajuta la estimare. Ecranul radar este de asemenea cunoscut ca indicator de poziție a planului (PPI = plan position indicator)

Antena radar propriu-zisă poate fi departe de poziția controlorului radar, posibil pe un deal sau un turn. Pe măsură ce antena se rotește încet, fasciculul scurt de electroni de pe ecran se rotește și el, lăsând o urmă 'ștearsă' într-o direcție aliniată cu direcția antenei la momentul respectiv. Orice semnal dat de radar apare ca un impuls scurt.

Indicația nordului pe ecran permite controlorului să estimeze direcția 'țintei' iar semnele

de distanță ajută la această estimare. Punctul de pe ecran rămâne vizibil timp de câteva secunde după trecerea liniei și progresiv își va pierde din intensitate. Aceste slăbiri de intensitate, 'urme', permit controlorului să determine mișcarea țintei, direcție și viteza.

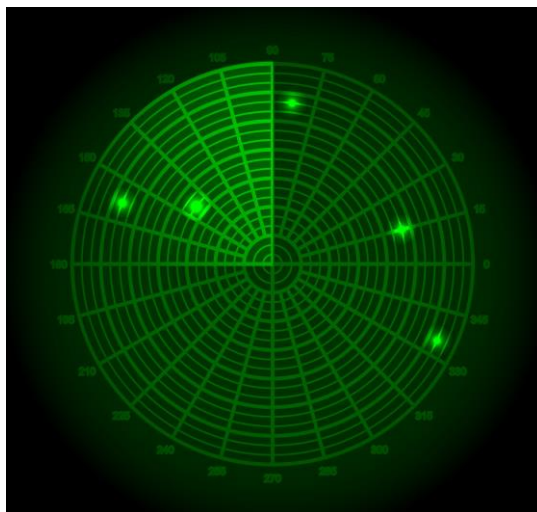


Fig. 15.5

În zone cu trafic intens, responsabilitatea în ceea ce privește radarul, poate fi împărțită între mai mulți controlori, fiecare având ecranul și frecvențe radio de comunicare și vor fi repartizați în 2 zone:

- a. *Control de Apropiere* (Approach Control)
- b. *Control de Zonă* (Zone Control)

În afară de cercurile care indică distanța, pot fi instalate pe ecran și alte semne pentru a indica poziția spațiului aerian controlat din apropiere, aerodromuri, mijloace de navigație radio cum ar fi VOR, NDB, zone restricționate, etc.

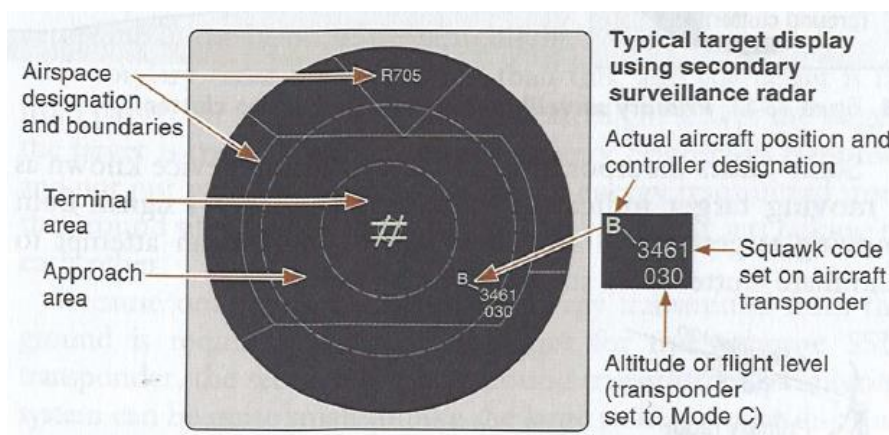


Fig. 15.6

6.4 Dezavantajele radarului primar

În timp ce un mare avantaj al radarului primar este faptul că nici un echipament special nu este necesar în avion, are însă câteva dezavantaje operaționale, cum ar fi:

- perturbații* din cauza precipitațiilor și reliefului înalt
- indicații inegale* de la diferite aeronave
- locuri 'invizibile'*

Energia radio în semnalul reflectat și primit de către antena parabolică poate fi destul de mică, în funcție de intensitatea transmisiei inițiale, de calitatea semnalului de întoarcere de la țintă, distanța sa de la antena radar, și altele. Un radar care este atât de sensibil încât să recepționeze întoarceri de semnal slabe de la aeronave poate de asemenea recepționa semnale provenite de la relief și precipitații, rezultând în confuzii vizavi de sol sau de vreme (*ground, weather clutter*) pe ecran. În timpul ploilor torențiale, radarul primar poate fi serios perturbat.

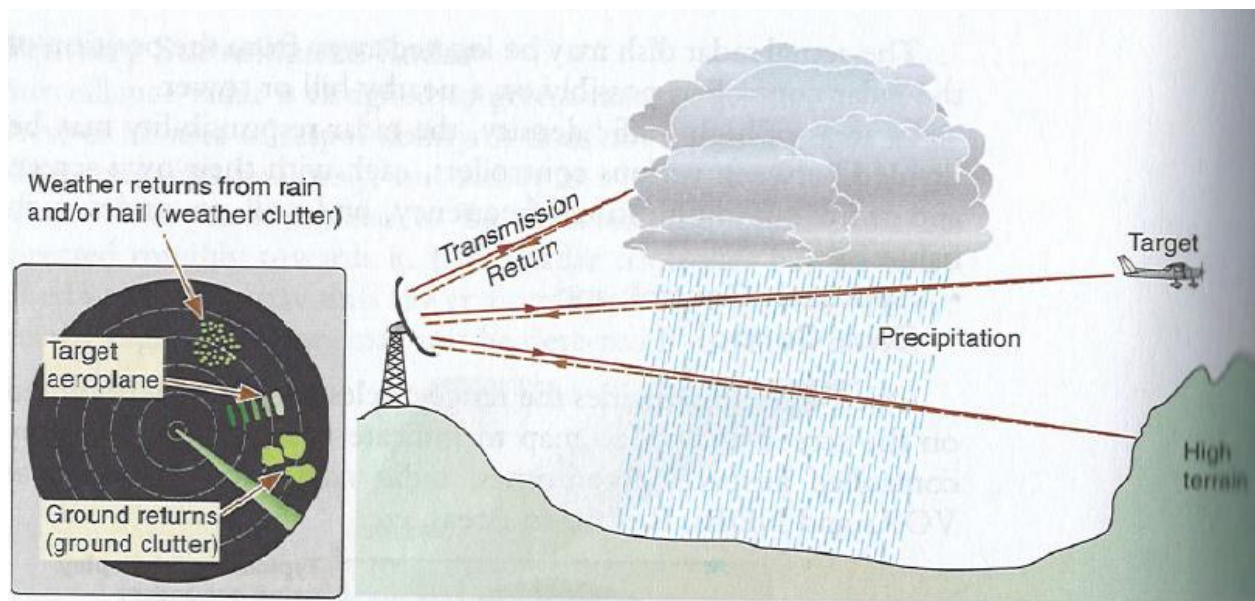


Fig.15.7

Anumite radare au dispozitive electronice de filtrare cunoscute sub numele de *indicatoare de mișcare a țintei* (MTI = moving target indicator) care permit doar semnalelor provenite de la ținte în mișcare să apară pe ecran.

Având doar un radar primar, de obicei este destul de dificil pentru un controlor să facă distincția între diferite semnale, și poate cere unui avion să efectueze un viraj pentru a-și da seama dacă semnalul de pe ecran reprezintă acel avion sau altceva/altcineva. O cerere obișnuită a controlorului ar putea fi următoarea:

Golf Sierra Delta For identification turn left thirty degrees heading zero six zero

Odată identificat virajul avionului de către controlor:

Golf Sierra Delta identified one two miles northwest of Bucharest.

6.5 Radarul de Supraveghere Secundar (SSR)

Radarul primar se bazează pe recepția unei unde reflectate, mai precis ecoul pulsului emis. Radarul secundar, pe de altă parte, primește pulsuri emise de către țintă ca urmare a unui puls de interogare.

Atât radarul primar, cât și cel secundar sunt utilizate în urmărirea zborului unei aeronave. Radarul primar oferă informații mai bune legate de direcția și distanța față de o aeronavă decât SSR dar dezavantajul său major este incapacitatea de a detecta aeronavele la nivel individual, acest lucru fiind necesar în oferirea unui control sigur de către ATC cu precădere în spațiile aeriene congestionate.

SSR cere ca o aeronavă să fie echipată cu un emițător/receptor numit transponder. Pilotul va seta un cod din 4 cifre alocat de către ATC iar transponderul va transmite informația automat sub forma unui impuls codificat atunci când este interogată de către stația de sol denumită interogator. Emisiile sunt astfel unidirecționale.

Față de radarul primar, SSR are următoarele avantaje:

- necesită o putere de transmisie mult mai mică pentru a furniza o acoperire de până la 200-250 nm
- nu este dependent de suprafața aeronavei
- identifică o aeronavă prin afișarea codului său și al callsign-ului
- afișează traseul aeronavei, viteza, altitudinea și destinația
- poate afișa dacă o aeronavă are o urgență, are probleme cu comunicațiile radio sau dacă este deturnată

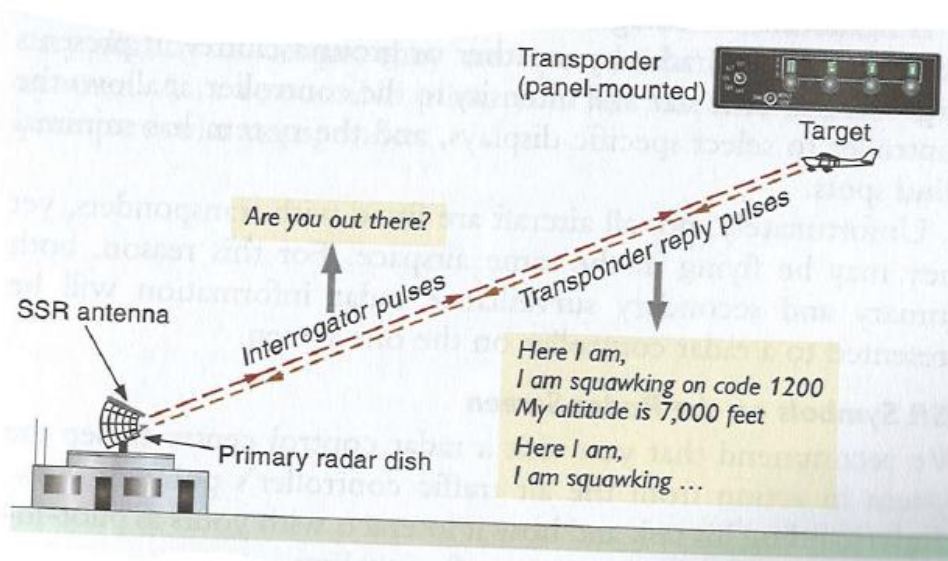


Fig.15.8



Fig.15.9

6.6 Folosirea transponderului în cabină

De obicei transponderul se setează în poziția STANDBY pe timpul rulajului, se introduce codul (din 4 cifre), și se trece pe ON înainte de decolare.

Chiar dacă transponderule fabricate de diferite companii au mici diferențe de design, acestea se folosesc, în principiu, la fel.



Fig.15.10

Butonul de selectare a modului

Acest buton va permite să selectați unul din modurile de funcționare ale transponderului: OFF, ON, STANDBY, ALT

Un transponder obișnuit conține:

OFF: oprește transponderul

STANDBY: în poziția de așteptare, pregătit pentru folosire. Aceasta este poziția normală până la momentul în care sunteți gata pentru decolare, când va trebui să selectați ON sau ALT (dacă transponderul este operat în zbor)

ON: transmite codul selectat în Modul A (modul de identificare al aeronavei) la nivelul normal de putere

ALT (altitude): poate fi folosit dacă opțiunea de raportare a altitudinii (cunoscut ca Modul C) este instalată pe aeronava dvs. Aceasta consistă dintr-un altimetru special de decodare care ‘raportează’ altitudinea transponderului pentru a fi transmisă pe ecranul radar ATC. Dacă aeronava nu dispune de acest dispozitiv, transponderul transmite oricum în Modul A, adică identificarea aeronavei fără raportarea poziției.

TST: se testează dacă transponderul operează corect și dacă este așa, apare o lumină de confirmare a led-ului de control. Acest proces face ca transponderul să genereze un semnal de auto-interogare pentru a-și verifica modul de operare.

Selectarea codului

Butoanele va ajuta să selectați codul squawk dorit, care este indicat digital pe afișaj. O procedură importantă care trebuie urmată când selectați și modificați codul este să evitați să ‘treceți’ prin coduri speciale (cum ar fi 7700 pentru urgente, 7600 pentru lipsă comunicațiilor radio) atunci când transponderul se află pe poziția ON. Acest lucru se poate face prin trecerea pe STANDBY în timpul schimbării codului.

Butonul IDENT

Atunci când acest buton este apăsat de către pilot la cerința controlorului radar pentru SQUAWK IDENT, un impuls special este transmis odată cu răspunsul transponderului la ‘apelul’ stației de la sol. Aceasta determină apariția unui semn special timp de câteva secunde pe ecranul radar ca urmare a răspunsului venit de la transponderul aeronavei, permițând astfel identificarea precisă a aeronavei de către controlorul radar.

Nota: Transponderul dvs. poate avea variații minore față de cele descrise mai sus, dar cu siguranță va funcționa, în principal, la fel. Poate avea, de exemplu, un selector de mod separat pentru selectarea Modulului A (raportare a poziției) sau al Modulului C (raportarea poziției și altitudinii).

Termenul *squawk*, pe care îl veți auzi des este limitat în cadrul folosirii transponderului, iar ceea ce urmează după *squawk* este, de obicei, destul de clar, cum ar fi: “Squawk ident”; “Squawk code 4000”; “Squawk Mayday” (7700), etc.

7. GNSS (Global Navigation Satellite Systems)

Dezvoltarea sistemelor de navigație spațiale a început în anii '50 prin implementarea sistemului USA Transit. Dezvoltarea generației prezente a început în anii '70 iar următoarea generație se află deja în dezvoltare. Se intenționează ca GNSS să înlocuiască toate stațiile terestre de radionavigație, dar, deși SUA susține că acest lucru este iminent, este puțin probabil să se întâmple în viitorul apropiat.

Sistemele din prezent au adus o nouă dimensiune preciziei sistemelor de navigație, această precizie fiind măsurată în metri, iar în anumite cazuri speciale, precizia poate fi sub un metru.

Sistemele operaționale GNSS din prezent sunt:

1. Sistemul Global de Poziționare NAVSTAR (GPS) operat de către SUA.
2. GLONASS (Global Orbiting Navigation Satellite System operat de Rusia.
3. LADGNSS (Local area differential GNSS) ce oferă precizie îmbunătățită și integritate aeronavelor ce execută proceduri de apropiere
4. WADGNSS (Wide area differential GNSS)
5. Galileo operat de către Europa

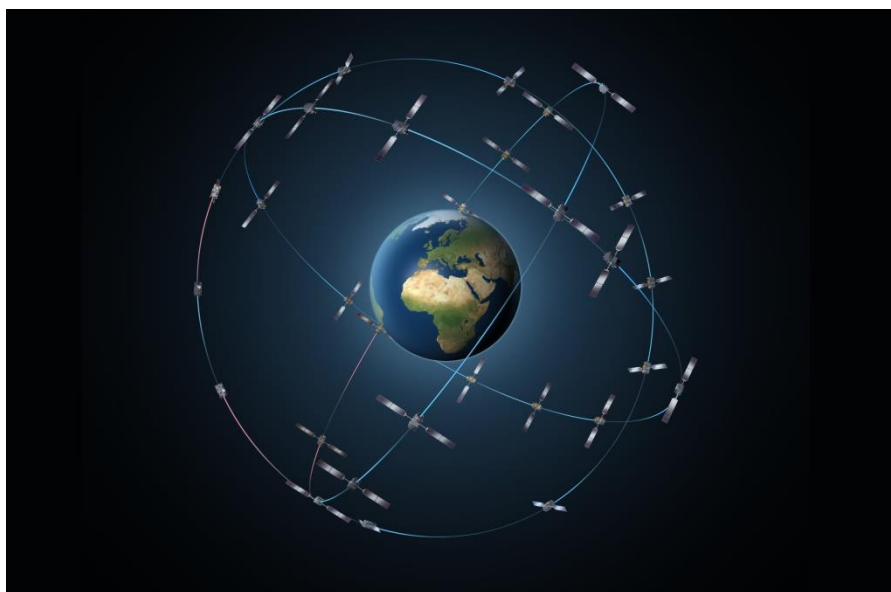


Fig.16.1

7.1 Sistemul Global de Poziționare (GPS)

GPS-ul este un mijloc de navigație foarte precis, folosit și în alte domenii decât aviație. Piloții VFR pot folosi de asemenea GPS-ul ca mijloc de navigație în zborul la vedere, pentru a deține informații referitoare la viteza aeronavei și la drumul acesteia deasupra solului, viteza vântului și distanță/timpul până la punctele intermediare sau până la destinație. GPS-ul este foarte precis, dar cum există posibilitatea ca sateliții să 'cadă', acesta nu trebuie

să reprezinte metoda de baza în navigație, ci doar una adițională.

În principiu, GPS- ul conține trei elemente:

- a. un element spațial, care este alcătuit dintr-o constelație de 21 de sateliți activi care execută o rotație completă la un interval de 12h, așezați pe 6 planuri, la o altitudine de 11.000 nm (21.300 km);
- b. o rețea de control a sateliților aflată la sol (stații de control + stații de monitorizare), responsabilă pentru control și precizie
- c. calculatoare/receptoare de navigație în aeronave, capabile de a recepționa și identifica semnalele de la sateliți la un anumit timp și loc.

Principiul de operare

Fiecare satelit transmite propriul său pachet de coduri pe frecvența 1575,42 MHz (pentru uz civil), de 1.000 de ori pe secundă. Satelitul emite permanent poziția sa și ora exactă UTC. Știind poziția exactă a satelitului la ora transmisiei, și apoi prin măsurarea timpului parcurs pentru ca pachetul de coduri să ajungă la receptor de la satelit, poate fi determinată distanța dintre satelit și receptor. Așezarea sateliților garantează funcționarea a cel puțin 4 sateliți la orice oră.

Fiecare pachet de date transmis conține o indicație precisă asupra timpului. Receptoarele GPS folosesc ceasuri exacte și software corespunzător pentru a fi sigure de poziție prin receptarea și procesarea datelor de la cel puțin 3 sateliți pentru o fixare bidimensională, și 4 sateliți pentru o fixare tridimensională, cum ar poziția la sol și altitudinea

Factorii care pot degrada semnalul GPS și astfel pot afecta precizia sunt:

- întârzierile la trecerea prin ionosferă și troposferă
- reflexia semnalului - intervine atunci când semnalul GPS este reflectat de clădiri înalte sau suprafețe dure înainte de a ajunge la receptor
- erori datorate ceasului receptorului - pot apărea erori minime datorate decalajului de timp deoarece ceasul incorporat al receptorului nu este atât de precis ca ceasurile atomice de la bordul sateliților GPS.
- erori orbitale - numite și erori efemeride, sunt datorate impreciziile dintre pozițiile raportate ale sateliților.
- numărul sateliților vizibili - precizia receptorului este cu atât mai mare, cu cât numărul de sateliți recepționați este mai mare
- geometria sateliților - reprezintă poziția relativă a sateliților la un moment dat; geometria ideală este atinsă atunci când sateliții se găsesc sub unghi cât mai mare unul față de celălalt, iar geometria nesatisfăcătoare apare atunci când sateliții se găsesc în linie sau sunt grupați.

7.2 Galileo

Galileo este un sistem de navigație prin satelit sau sistem de poziționare globală prin satelit (GNSS), aflat în curs de realizare, destinat în primul rând pentru uz civil. Sistemul a fost început de către un consorțiu public-privat condus de Uniunea Europeană, Agenția Spațială Europeană (ESA) și continuat în prezent de câteva state europene. Sistemul Galileo este interconectat cu sistemele funcționale GPS/NAVSTAR și GLONASS pentru a oferi o înaltă precizie de poziționare. Sistemul de referință și coordonate utilizat va fi de tip ETRS89 (European Terrestrial Reference System). Nivelul de precizie al sistemului european este considerat superior celui oferit de GPS, fiind capabil să furnizeze măsurători orizontale și verticale cu o precizie de 1 metru, precum și servicii de poziționare la latitudini mari cu mult îmbunătățite față de cele actuale.

Aflat încă în stadiu de proiect, Galileo este viitorul sistem european de radionavigație, destinat întrebuințării civile, a cărei implementare ar trebui să fie finalizată până în 2020. În prezent funcționează un sistem european intermediar, EGNOS, care acoperă majoritatea suprafeței Europei și Africii de Nord. Sistemul de navigație Galileo va duce în final, la independența țărilor europene față de sistemul american de poziționare globală (GPS).

Sistemul GALILEO va fi format din 30 de sateliți poziționați pe trei orbite medii (MEO), câte 10 în fiecare plan orbital înclinat la 56° , la 23.222 Km altitudine. Fiecare satelit va avea o greutate de 675 Kg, și perioadă de funcționare medie mai mare de 12 ani. În orice punct de pe glob vor fi vizibili 6-8 sateliți.

Sateliții Galileo difuzează semnalele pe 3 benzi principale: E5, E6, L1 (denumită și E2-L1-E1). Pentru toate benzile, polarizarea utilizată este polarizare circulară dreaptă (Right Hand Circular Polarisation - RHCP). Benzile ocupate de aceste semnale fac parte din alocarea dată de RNSS (Radionavigation-Satellite Service):

- E5: 1164-1215 MHz, frecvență purtătoare de 1191.795 MHz și lățime de bandă de 92.07 MHz;
- E6: 1260-1300 MHz, frecvență purtătoare de 1278.750 MHz și lățime de bandă de 40.92 MHz;
- L1: 1559-1591 MHz, frecvență purtătoare de 1575.420 MHz și lățime de bandă de 40.92 MHz;

Sistemul Galileo va dispune de următoarele servicii de navigație:

- Serviciul deschis (Open Service - OS) va fi gratuit pentru utilizator și va furniza informații de poziționare și de sincronizare în concurență cu alte sisteme globale de navigație prin satelit.
- Serviciul pentru siguranța vieții (Safety of Life - SoL), va fi furnizat sectoarelor de transport pentru care siguranța este esențială (sectorul aviației sau sectorul maritim); serviciul va îmbunătăți performanțele prin funcția de integritate, care îi alertează la timp pe utilizatori de scăderea nivelului de precizie.
- Serviciul comercial (Commercial Service - CS) va furniza acces la două semnale suplimentare (criptate), pentru a permite un ritm mai ridicat de transfer al datelor și a le garanta utilizatorilor o mai mare precizie.

- Serviciul public reglementat (Public Regulated Service - PRS) va furniza informații cu acces controlat de poziționare și de sincronizare anumitor utilizatori care necesită o foarte bună continuitate în serviciu (serviciile de urgență, forțele de securitate, forțele armate).
- Serviciul de căutare și salvare (Search And Rescue - SAR), prin care Galileo va contribui la Sistemul internațional de localizare prin satelit pentru căutare și salvare (International Satellite System for Search and Rescue - Cospas-Sarsat). Sateliții Galileo vor putea să detecteze semnalele emise de balizele de pericol plasate la bordul navelor, al avioanelor sau purtate de persoane și să le retransmită centrelor de salvare naționale, pentru a le permite acestora din urmă să stabilească locul producerii accidentului.



Fig. 15.12

7.3 GLONASS

GLONASS este un sistem de navigație prin satelit (sau sistem de poziționare globală prin satelit), început de fosta Uniune Sovietică și continuat în prezent de Rusia. Este o alternativă la sistemul american Global Positioning System (NAVSTAR-GPS) și la cel al Uniunii Europene, Galileo (aflat în construcție). Nivelul de precizie al sistemului rusesc GLONASS este comparabil cu cel al sistemului NAVSTAR-GPS. Producătorii aparatelor de navigație GPS declară că adăugarea GLONASS a permis o creștere a preciziei și rapidității de localizare a unor puncte aflate în zonele cu construcții unde clădirile pot bloca semnalul anumitor sateliți.

GLONASS permite determinarea în timp real a poziției și vitezei pentru diverse aplicații militare și civile. Sateliții săi sunt localizați în orbita medie la 19.100 km altitudine cu un grad de inclinare de 64.8° și o perioadă de 11 ore și 15 minute. Orbita pe care este amplasat GLONASS permite utilizarea sa în zonele cu latitudini mari în care acoperirea GPS poate fi problematică. Constelația operează în trei planuri orbitale cu opt sateliți egal distanțați. Precizia GLONASS este de până la 2.8 m în comparație cu GPS care are o precizie de până la 30 cm.



7.4 Erori și factori de afectează GNSS

1. *Erori efemere*: acestea sunt erori în calcularea poziției satelitului cauzate de efectele gravitaționale ale Soarelui, Lunii, planetelor și radiațiile solare. Poziția sateliților este verificată la fiecare 12 ore, și dacă este nevoie, aceasta va fi corectată. Eroare maximă permisă este de 2.5 m.
2. *Erorile de ceas ale sateliților*: asemenea poziției, ceasurile sateliților sunt verificate la cel puțin 12 ore.
3. *Eroarea cauzată de propagarea ionosferică*: Interacțiunea energiei radio cu particulele ionizate din ionosferă cauzează o încetinire a acesteia ce este dependentă atât de nivelul de ionizare cât și de frecvența undelor radio. Cu cât este mai mare frecvența cu atât mai mică este întârzierea.
4. *Erori de propagare troposferică*: din cauza preciziei inerente a sistemului de navigație al sateliților, efectul variațiilor în condițiile troposferice și trecerea undelor radio a devenit semnificativ. Variațiile de presiune, temperatura, densitate și umiditate afectează viteza de propagare, astfel o densitate crescută și o umiditate relativă crescută vor reduce viteza de propagare.
5. *Diluția geometrică a preciziei*: acest termen se traduce ca fiind o întretăiere proastă a liniilor de poziție și apare atunci când doi sateliți se află prea aproape unul de altul.
6. *Efectul mișcării aeronavelor*: deplasarea aeronavelor poate rezulta într-o umbră parțială a unuia sau mai mulți sateliți ce se află în operare.



Bibliografie

1. AR-NCN-ATO Ed.1 - ianuarie 2015
2. FAA Flight Navigation Handbook
3. Oxford Aviation Academy Navigation 1
4. Oxford Aviation Academy Navigation 2