

# Inhoudsopgave

9	Navigatie.....	2
9.0	Inleiding.....	2
9.1	Basisprincipes van navigatie .....	3
9.1.1	De Aarde.....	3
9.1.1.1	Vorm.....	3
9.1.1.2	rotatie in 24 uren.....	3
9.1.2	Positiebepaling.....	4
9.1.2.1	Grootcirkels, kleincirkels en parallellen .....	4
9.1.2.2	Breedte- en lengteligging .....	4
9.1.2.3	Eenheden .....	6
9.1.3	Loxodroom en orthodroom .....	7
9.2	Magnetisme en kompas .....	8
9.2.1	Ware noorden, magnetische noorden en kompasnoorden .....	8
9.2.1.1	variatie.....	8
9.2.1.2	deviatie .....	9
9.3	Kaarten .....	10
9.3.1	Soorten projecties .....	10
9.3.1.1	getrouwheid projecties.....	10
9.3.1.2	mercatorprojectie.....	11
9.3.1.3	kegel- of Lambertsprojectie.....	11
9.3.2	Schaal.....	12
9.3.3	Eenheden.....	12
9.3.4	Luchtvaartkaarten .....	13
9.3.4.1	topografische.....	13
9.3.4.1	reliëf en kleurcode .....	13
9.3.4.2	soorten luchtvaartkaarten .....	13
9.3.4.3	symbolen luchtvaartkaart.....	14
9.3.4.4	kaartlegende.....	14
9.4	Snelheden.....	15
9.4.1	Snelheidsdriehoek.....	15
9.4.1.1	inleiding .....	15
9.4.1.2	het tekenen van een snelheidsdriehoek.....	15
9.4.1.3	windcomponenten bij start en landing.....	16
9.4.2	Reissnelheid in functie van snelheidspolaire .....	17
9.4.3	Invloed van de wind voor een gesloten circuit .....	17
9.4.4	TAS op toenemende hoogte.....	17
9.5	Navigatie tijdens de vlucht.....	18
9.5.1	Invloed wind en drift .....	18
9.5.2	Gebruik luchtvaartkaarten .....	19
9.5.2.1	Voorbereiding kaart .....	19
9.5.2.2	Hoe navigeren? .....	20
9.5.3	Eindaanvlucht en rekenschijf.....	23
9.5.3.1	Eindaanvlucht.....	23
9.5.3.2	Rekenschijf.....	24
9.5.3.3	Waarschuwingen .....	24
9.6	Global Positioning System of GPS .....	24
9.6.1	WGS84 standaard.....	25
9.6.2	Betrouwbaarheid.....	25
9.6.3	Complete navigatie en loggersystemen.....	25
9.6.4	Waarschuwingen.....	26
9.7	Index.....	27

# 9 Navigatie

## 9.0 Inleiding

Navigatie is een gerichte verplaatsing van het ene punt van de aarde naar een ander punt. Belangrijk hierbij zijn de richting van de verplaatsing, de afstand tussen beide punten, de snelheid en de duur van de verplaatsing.

De concrete toepassingen zijn de laatste jaren onderhevig aan sterke verandering. Het is nog maar sinds het midden van de jaren negentig geleden dat de eerste betaalbare en draagbare GPS-toestellen voor de kleine luchtvaart op de markt kwamen. De functies van die eerste toestellen waren beperkt tot een fractie van wat de markt vandaag te bieden heeft. Nochtans blijft die evolutie gebaseerd op basisprincipes die onveranderd blijven. Deze cursus navigatie omvat dus de meest noodzakelijke begrippen en beginselen die in de loop der tijden ongewijzigd gebleven zijn.

Dit hoofdstuk van de LVZC-cursus werd hoofdzakelijk opgesteld door Hedwig Demunter aan de hand van een cursus zoals gebruikt bij DAC. Het werd nagezien en bijgewerkt door Stéphane Vander Veken. Voor sommige onderdelen werd teruggegrepen op het boek "Theorie van het zweefvliegen", van de KNVvL.

## **9.1 Basisprincipes van navigatie**

### **9.1.1 De Aarde**

#### **9.1.1.1 Vorm**

##### **afgebeeld als een bol afgeplat aan de polen**

De Aarde is geen volmaakte bol, maar is afgeplat aan de polen. Dit is het gevolg van de draaibeweging van de Aarde. Daarenboven vertoont het oppervlak tal van schommelingen omwille van de oneven samenstelling ervan. Daarom wordt de Aarde soms met een aardappel vergeleken.

##### **als een bol beschouwd voor klassieke navigatie**

Voor kaartnavigatie beschouwen we de Aarde normaliter als een bol, wat ons toelaat richtingen en afstanden te berekenen met eenvoudige boldriehoeksmeting. Maar voor GPS-navigatie wordt een ellipsoïde (coördinatenstelsel WGS-84) gebruikt door de achterliggende software. Dit verklaart dat afstandsberekeningen via het klassieke systeem afwijken van de GPS-afstanden.

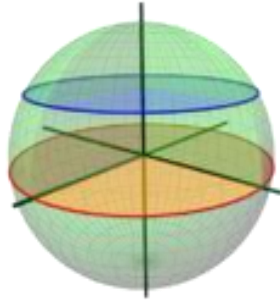
De omtrek van de Aarde bedraagt  $\pm 40\,000$  km. De FAI (Fédération Aéronautique Internationale) die de luchtsporten regelt, beschouwt de Aarde als een bol met een straal van 6371 km. Dit criterium wordt gebruikt om de officiële afstanden te berekenen voor FAI-proeven en records. De GPS-afstandsberekeningen worden niet door de FAI erkend, maar alle gebruikte coördinaten moeten wel in het WGS-84 systeem passen.

#### **9.1.1.2 rotatie in 24 uren**

In 24 uren draait de aarde volledig om haar as, dus een volledige draaibeweging van  $360^\circ$ . Dit betekent een draaisnelheid van  $15^\circ$  per uur, of 15 graadminuten ( $15' = 0,25^\circ$ ) per minuut. Anders gezegd, de aarde doet er 4 minuten over om één graad verder te draaien.

## 9.1.2 Positiebepaling

### 9.1.2.1 Grootcirkels, kleincirkels en parallellen



Een **grootcirkel** is een cirkel op het aardoppervlak met de grootst mogelijke omtrek. Het vlak van deze cirkel gaat steeds door het middelpunt van de aarde.

**Kleincirkels** zijn alle cirkels op het aardoppervlak die geen grootcirkels zijn. Het vlak van deze cirkel gaat nooit door het middelpunt van de aarde.

**Parallellen** zijn kleincirkels evenwijdig aan de evenaar, ook breedtecirkels genoemd.

### 9.1.2.2 Breedte- en lengteligging

#### evenaar en polen

Het **geocentrum** is het middelpunt van de aarde. De **aardas** is de denkbeeldige as waarrond de aarde draait.

De **evenaar (equator)** is de grootcirkel die loodrecht op de aardas staat.

De geografische **Noordpool** en **Zuidpool** zijn de snijpunten van de aardas met het aardoppervlak. Boven de Noordpool ziet een waarnemer de aarde linksom draaien, boven de Zuidpool rechtsom.

De **parallellen** krijgen een noorderbreedte of een zuiderbreedte toegekend naargelang ze ten noorden of ten zuiden van de evenaar liggen. De polen liggen op  $90^\circ$  breedte. De evenaar is de nulparallel.

De **meridianen** zijn halve grootcirkels die lopen van noord- tot zuidpool. De meridianen krijgen een oosterlengte of een westerlengte toegekend naargelang ze te oosten of ten westen liggen van de nulmeridiaan (zie infra). Deze wordt uitgedrukt in graden, minuten ( $1/60^{\text{ste}}$  van een graad) en seconden ( $1/60^{\text{ste}}$  van een graadminuut).  $180^\circ$  westerlengte =  $180^\circ$  oosterlengte = datumverwisselingslijn.

#### meridiaan van Greenwich; andere nulmeridianen

De meridiaan van Greenwich is de meridiaan (lengtegraad) die door het Koninklijk Greenwich Observatorium in Greenwich, Engeland, loopt. Het is de meridiaan waarvan de lengtegraad 0 is, en men spreekt dan ook van de **nulmeridiaan**.

Aanvankelijk waren er veel verschillende nulmeridianen in gebruik. Vaak was dat de meridiaan door de hoofdstad van het eigen land. In gebruik waren onder andere de meridiaan van het Canarisch Eiland El Hierro (ook bekend als Ferro) en de meridianen van Rome, Bologna, Kopenhagen, Jeruzalem, Sint-Petersburg, Pisa, Parijs en Philadelphia. In 1884 spraken 41 afgezanten van 25 naties op uitnodiging van de President van de Verenigde Staten in de Internationale Meridiaanconferentie in Washington D.C. af, dat de meridiaan van Greenwich voortaan internationaal erkend zou zijn als nulmeridiaan. Hetgeen niet verhinderde om nationale kaarten tot eind 20<sup>ste</sup> eeuw op de eigen meridiaan af te stemmen.

Pas met de internationale verspreiding van de GPS, waarvan het WGS-84 systeem op de meridiaan van Greenwich steunt, schijnen alle particularismen van de baan.

### **noordelijk en zuidelijk halfrond**

Het noordelijk halfrond is het gedeelte van de aarde ten noorden van de evenaar. De meeste werelddelen, met uitzondering van Australië en Antarctica, liggen geheel of gedeeltelijk op het noordelijk halfrond. Afrika en Zuid-Amerika liggen voor een gedeelte op het zuidelijk halfrond en de Indonesische eilanden zijn het enige deel van Azië dat ten zuiden van de evenaar ligt. Het noordelijk halfrond is dan ook veel drukker bevolkt dan het zuidelijk halfrond.

Op het noordelijk halfrond zijn de seizoenen tegengesteld aan die op het zuidelijk halfrond. De zomer begint hier op of rond 21 juni, de dag die ten noorden van de Kreeftskring de langste dag van het jaar is. De kortste dag en het begin van de winter is om en nabij 22 december. De zon beweegt schijnbaar van links naar rechts gedurende de dag, dit in tegenstelling tot op het zuidelijk halfrond. De afbeeldingen tonen een bovenaanzicht van respectievelijk het noordelijk en het zuidelijk halfrond. Daarop is duidelijk te zien dat de een groot gedeelte van het vasteland op het noordelijke halfrond ligt.



Noordelijk halfrond



Zuidelijk halfrond

### **Opmerking: oostelijk en westelijk halfrond**

Het oostelijk halfrond is de helft van de wereld die ten oosten van de nulmeridiaan van Greenwich en ten westen van de 180-gradenmeridiaan ligt. Tussen deze twee meridianen wordt de oost-westpositie op de wereldbol aangeduid in oosterlengte. De verdeling in halfronden past bij het kompas. Vroeger werd ook daar vanuit het noorden en zuiden in

oostelijke of westelijke richting geteld. Dat de meridiaan van Greenwich als uitgangswaarde is gekozen, komt doordat de meeste zeekaarten op de meridiaan van Greenwich waren gebaseerd. Dat kwam doordat de Engelsen als eersten de geografische lengte nauwkeurig konden bepalen.

Het westelijk halfrond is het gedeelte van de wereld dat westelijk van de nulmeridiaan ligt en oostelijk van de 180-graden meridiaan. Tussen deze twee meridianen wordt de oost-westpositie op de wereldbol aangeduid in westerlengte. Hoewel veel Europese landen tot de westerse wereld worden gerekend, liggen deze voor een groot deel op het oostelijk halfrond.



Oostelijk halfrond



Westelijk halfrond

### 9.1.2.3 Eenheden

#### graden, minuten en seconden

De benamingen “minuut” en “seconde” kunnen in deze context enige verwarring veroorzaken. Een booggraad is in minuten en seconden verdeeld, maar een uur ook. Een uur komt overeen met 15 lengtegraden en een minuut (1/60 uur) dus met 15 boogminuten. Komt de zon een minuut later op dan in Greenwich, dan bevindt men zich op 15 minuten westerlengte.

Het systeem met graden, minuten en seconden is het enige niet-decimale systeem van maten dat zich heeft weten te handhaven in het internationale eenhedensysteem.

## andere systemen

Er bestaan diverse andere systemen; zo hanteerde Frankrijk tot in de jaren 1990 een systeem met vierhonderddelige graden, verder decimaal onderverdeeld. Met het WGS-systeem voor GPS zijn deze systemen zo goed als uitgestorven.

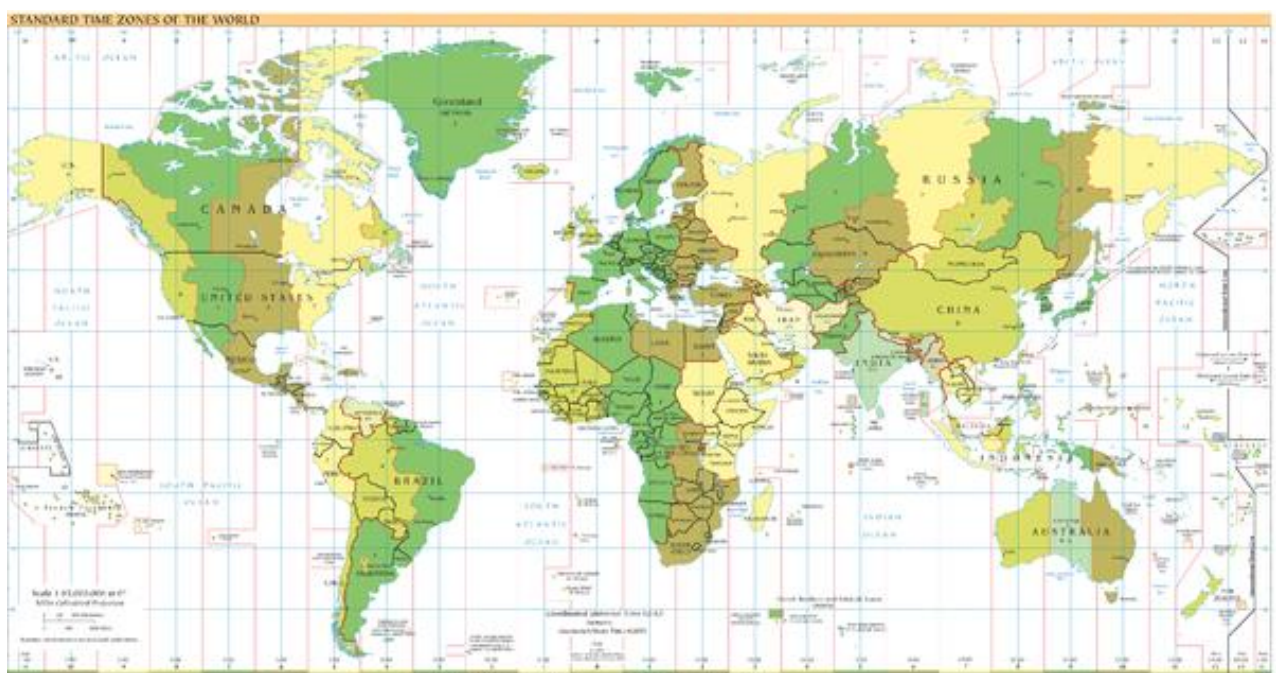
### **Toemaatje: tijdzones**

Een tijdzone is een gebied op aarde met gelijke (standaard)tijd. De zones zijn ontstaan na een eeuwenlange ontwikkeling in het meten van de tijd. Vooral door de ontwikkeling van het spoorvervoer ontstond de nood aan een veralgemeende tijd. Eerder werd per plaats een lokale tijd aangehouden, gebaseerd op de (gemiddelde) lokale 12.00 uur-tijd.

De tijd in een bepaalde tijdzone wordt aangegeven als het tijdsverschil van de zone met UTC (Universal Time Coordinated). UTC is nagenoeg hetzelfde als het vroegere GMT (Greenwich Mean Time).

De aarde draait in 24 uur om haar as. Als we de aarde in 24 zones willen indelen, is theoretisch iedere tijdzone één uur of  $360^\circ/24 = 15^\circ$  breed. De tijdzone van Greenwich is het nulpunt van de UTC. Deze tijdzone strekt zich in theorie uit van  $7,5^\circ$  westerlengte tot  $7,5^\circ$  oosterlengte. De Midden-Europese tijdzone (UTC+1) strekt zich dan in theorie uit van  $7,5^\circ$  oosterlengte tot  $22,5^\circ$  oosterlengte. In de praktijk volgen tijdzones vaak landsgrenzen en hanteren landen uit praktische overwegingen de tijdzone van een belangrijk buurland. Een voorbeeld is de Benelux, die gezien zijn ligging de Greenwich tijd zou moeten hanteren, maar in navolging van Duitsland de Midden-Europese tijd gebruikt.

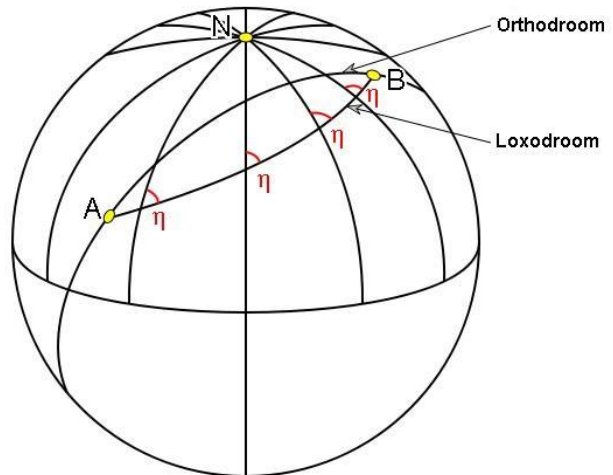
De verdeling van de aarde in 24 tijdzones van  $15^\circ$  breed is hoofdzakelijk theoretisch en wordt voornamelijk op volle zee in internationale wateren gebruikt (zogenaamde nautische tijd of zeetijd). In tegenstelling tot wat vaak gedacht wordt, bestaan er in de praktijk dan ook meer dan 24 verschillende tijdzones. Niet alle tijdzones verschillen een geheel aantal uren van UTC. Ook halve uren en zelfs kwartieren komen soms voor. Zo hanteert bijvoorbeeld Venezuela een tijdzone van UTC-4:30 en Nepal een tijdzone van UTC+5:45



### 9.1.3 Loxodroom en orthodroom

In navigatie is een **loxodroom** een lijn die met alle meridianen een gelijke hoek maakt. De koers op deze lijn blijft gelijk. Als men volgens deze lijn vliegt, volgt men een loxodrome route. Dit heeft als voordeel dat men altijd dezelfde richting kan aanhouden. Het nadeel is echter dat dit niet de kortste weg tussen 2 punten is. Het is een spiraal die eindigt in de polen.

Een **orthodroom** is wel de kortste verbinding tussen twee punten op aarde, het is de grootcirkel die doorheen die twee punten verloopt. Bij een mercatorprojectie (zie verder) is dit geen rechte lijn. Bij een conforme projectie zoals de lambertsprojectie (zie verder) die wij gebruiken is dit wel een rechte lijn, maar zie je duidelijk dat de koerslijn de meridianen steeds onder een andere hoek snijdt. Op een orthodrome route bent je dan ook verplicht constant je koers te verleggen, aangezien de hoek met de meridianen constant verandert. In de praktijk zal je om de zoveel tijd de koers een paar graden verleggen, je werkt dus bij benadering.



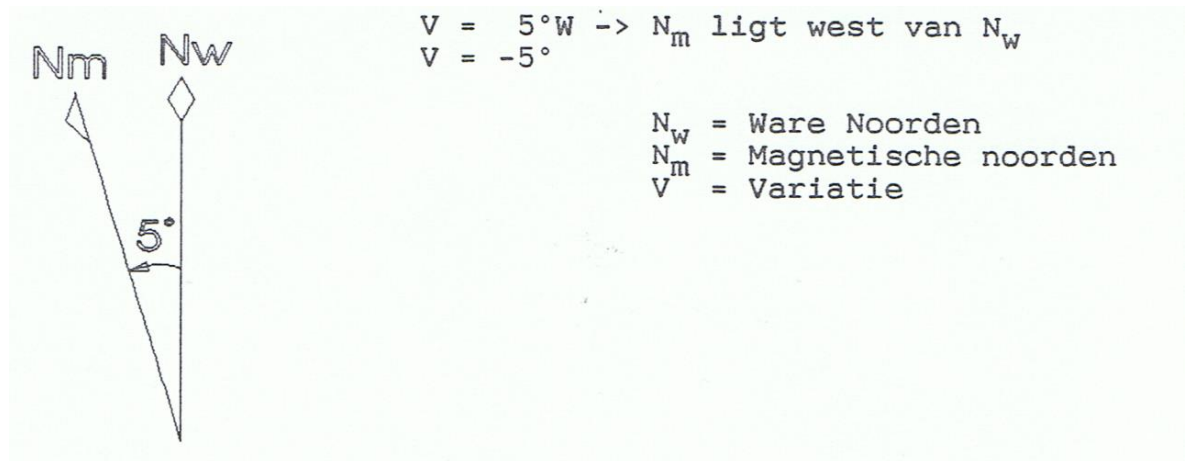
Het afstandsverschil orthodroom/loxodroom is trouwens vooral van belang voor langere afstanden oost-west (of omgekeerd), anders is het verschil kleiner, en wordt nul in noord-zuidrichting. Je zal dus meestal loxodromisch vliegen. Je doet er dan wel goed aan om bij een koersbepaling de hoek te meten op de meridiaan die ten opzichte van beide punten nagenoeg in het midden ligt.

## 9.2 Magnetisme en kompas

### 9.2.1 Ware noorden, magnetische noorden en kompasnoorden

#### 9.2.1.1 variatie

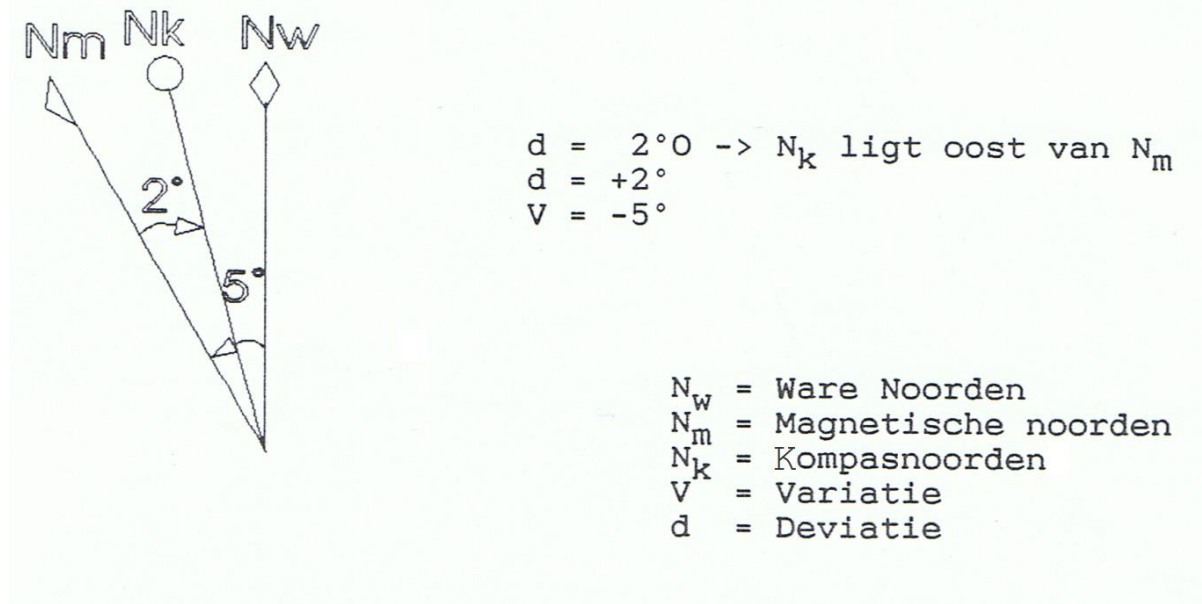
Een kompas wijst altijd naar het magnetische noorden. Dit komt niet overal op aarde overeen met het ware (of geografische) noorden. De lokale afwijking, **variatie** genoemd, moet verrekend worden bij het uitzetten van een richting. De grootte en richting van de variatie staan altijd vermeld op de luchtvaartkaarten. De variatie verandert over het algemeen slechts langzaam, zodat verrekenen goed mogelijk is. De variatie is in onze streken momenteel kleiner dan  $0,5^\circ$  oost (tendens stijgend), zodat het magnetische noorden hier bijna samenvalt met het geografische noorden. Elders op de wereld kunnen variaties tot tientallen graden optreden. In de buurt van de polen is de variatie zelfs zo groot dat een kompas geheel onbruikbaar wordt. Op een kaart noemt men de lijnen die punten met gelijke variatie verbinden, isogonen.



De variatie is dus de hoek tussen het magnetische noorden en het ware noorden.

### 9.2.1.2 deviatie

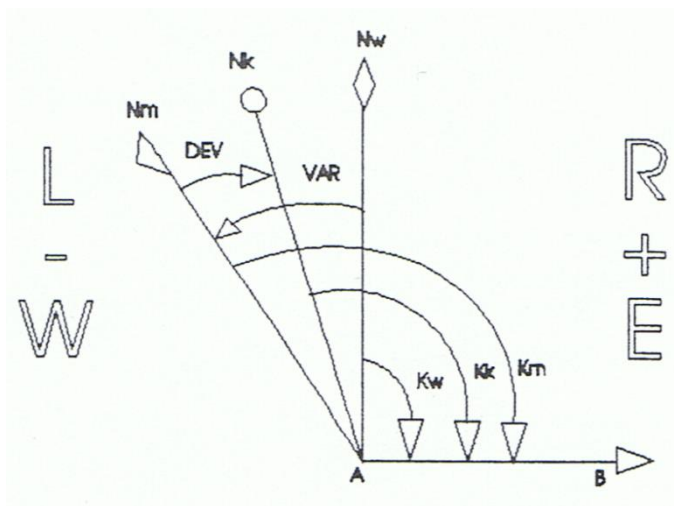
Naast de variatie is er nog een afwijking, de **deviatie**. De deviatie speelt een rol op schepen of vliegtuigen waar er metaal in de omgeving van het kompas verwerkt is. Denk aan ijzeren schepen waar dit effect een zeer grote invloed heeft. Het metaal oefent een invloed uit op het magnetisch veld waarnaar het kompas zich richt. Om de deviatie te compenseren, wordt het kompas "gesteld" of "gecompenseerd". Hierbij worden kleine magneetjes in de buurt van het kompas aangebracht. Daarna wordt nog van een aantal gelijkmatig over de cirkel verdeelde koersen bepaald wat de miswijzing van het kompas is. Deze afwijkingen worden in tabelvorm bij het kompas bewaard.



De deviatie is dus de hoek tussen het kompasnoorden en het magnetische noorden.

#### **Toemaatje: enkele vuistregels voor berekeningen met variatie en deviatie:**

Als er een afwijking (variatie of deviatie) is naar het westen, wordt die conventioneel ook wel aangeduid met het teken "-" of "negatief". Als er een afwijking (variatie of deviatie) is naar het oosten, wordt die conventioneel ook wel aangeduid met het teken "+" of "positief". Maar bij koersberekeningen van waar > magnetisch > kompas moet je westelijke waarden optellen en oostelijke aftrekken. **"East is least, west is best"**.



- Nm: magnetische noorden
  - Nk: kompasnoorden
  - Nw: ware noorden
  - Kw: ware koers (t.o.v. ware noorden)
  - Kk: kompas koers
  - Km: magnetische koers
- De algebraïsche som van variatie en deviatie wordt **miswijzing** genoemd.

Bij de praktische navigatieberekeningen gebruikt men doorgaans een mnemotechnisch middel, zoals dit Engelstalige:

“**True Virgins Make Dull Company. Add Whisky**”, waarbij de letters staan voor:

- True = ware koers
- Variatie – waarde **toevoegen** indien **west** (**add Whisky**)
- Magnetische koers
- Deviatie – waarde **toevoegen** indien **west** (**add Whisky**)
- Compass = kompas koers

Dit bij lezen van links naar rechts. Van rechts naar links moet je “west” natuurlijk aftrekken.

Voorbeeld: Ware koers  $123^\circ$ , variatie  $2^\circ$  W, deviatie  $5^\circ$  E. De te sturen kompas koers is:  
 $123^\circ + 2^\circ - 5^\circ = 120^\circ$

## 9.3 Kaarten

### 9.3.1 Soorten projecties

De aarde kan worden afgebeeld op een globe of wereldbol. Een kaart is dan een afbeelding van het aardoppervlak, of een gedeelte ervan, op een plat vlak. Maar een bol kan men niet zomaar op een plat vlak projecteren. Dit kan men enkel benaderen met delen van die bol.

Om het aardoppervlak af te beelden in een plat vlak maakt men gebruik van diverse projectiemethoden. Men kan het aardoppervlak bijv. projecteren op een kegel of een cilinder welke men dan vlak uitspreidt.

#### 9.3.1.1 getrouwheid projecties

Een goede luchtvaartkaart moet in principe:

- afstandsgetrouw of equidistant zijn - alle afstanden op aarde moeten, rekening houdend met de schaal, evenredig op de kaart zijn overgebracht;
- hoekgetrouw of conform zijn - de hoeken tussen lijnen op aarde moeten met de juiste waarde op de kaart worden overgebracht;
- oppervlaktegetrouw of equivalent zijn - de oppervlakken op aarde moeten, rekening houdend met de schaal, evenredig op de kaart worden overgebracht.

Een globe voldoet aan deze drie eisen, op een kaart echter kan slechts aan één van deze drie eisen tegelijk worden voldaan. Voor de andere criteria moet men dus een zo goed mogelijke benadering vinden.

### 9.3.1.2 mercatorprojectie

De mercatorprojectie is een kaartprojectie die genoemd is naar de Vlaamse cartograaf Gerardus Mercator, die deze projectie in 1569 introduceerde. De projectie is hoekgetrouw of conform. Dit wil zeggen dat de hoeken tussen verschillende richtingen op de kaart gelijk zijn aan de hoeken tussen die richtingen op het aardoppervlak. Dit betekent onder andere dat alle meridianen er verticaal, en alle parallellen onderling loodrecht staan.



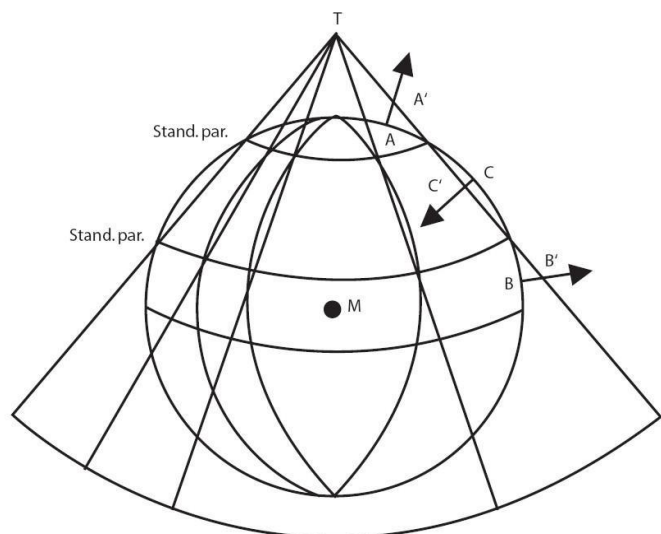
De mercatorprojectie is van groot belang voor de scheepvaart, omdat een lijn van constante kompascoers (loxodroom) op de kaart een rechte lijn is. Hoewel de projectie daarom, zeker in het verleden, veelvuldig is toegepast en in de scheepvaart nog steeds, wordt zij tegenwoordig voor meer algemene wereldkaarten in atlanten en dergelijke minder geschikt geacht, omdat er sterke oppervlaktevervalsingen optreden, waarbij gebieden groter worden weergegeven naarmate ze verder van de evenaar liggen; op de polen zelf treedt zelfs een oneindige vergroting op. Volgens deze mercatorprojectie is Groenland ongeveer even groot als het continent Afrika, terwijl het in werkelijkheid zo'n 17 maal kleiner is, dat wil

zeggen: zo groot als het Arabisch schiereiland. Een ander nadeel is dat de kortste route tussen twee punten geen rechte lijn is bij deze kaartprojectie.

De mercatorprojectie is een cilinderprojectie, dat wil zeggen dat de afbeelding tot stand komt door de bol te projecteren op een cilinder die de bol precies omsluit. Na "uitrollen" van de cilinder ontstaat meteen een vlakke kaart, waar de hele wereld (behalve de uiterste Noord- en Zuidpool) op staat. Daarna wordt in verticale richting een breedtegraadafhankelijke schaalcorrectie toegepast die ervoor zorgt dat de schaal in x- en y-richting steeds gelijk is; hiermee wordt de hoekgetrouwheid bereikt.

### 9.3.1.3 kegel- of Lambertsprojectie

De Lambertsprojectie (voluit de conforme kegelprojectie van Lambert) is een veelgebruikte methode om (een deel van) de wereld af te beelden op een plat vlak, ontwikkeld door de Zwitserse cartograaf Johann Heinrich Lambert (1728-1777). Bij deze methode wordt als het ware een kegel om de aarde gevouwen, waarbij die de aarde snijdt door twee afstandsgetrouwe standaardparallellen. Vanuit het middelpunt van de aarde wordt dan de wereld geprojecteerd op die kegel die dan de uiteindelijke kaart vormt. In de zone rond de parallellen waar de kegel de ellipsoïde snijdt, is de vervorming minimaal, hoe verder weg van deze parallellen, hoe groter de vervorming.



De Lambertsprojectie is hoekgetrouw en dus niet oppervlakgetrouw, behalve op de standaardparallel. Toch zijn de totale vervormingen klein ten opzichte van andere projecties, wat de populariteit van dit soort kaarten verklaart.

De Lambertsprojectie wordt vaak gebruikt voor het maken van luchtvaartkaarten. Dit gebeurt met behulp van luchtfoto's. Ze is ook in algemeen gebruik voor de kaarten van het Belgische Nationaal Geografisch Instituut.



#### 5.4.1.1 andere projecties

Een transversale mercatorprojectie is een variatie op de mercatorprojectie waarbij de cilinder niet raakt aan de evenaar maar aan een paar meridianen, in het voorbeeld hiernaast aan de nulmeridiaan en (in het verlengde daarvan) de meridiaan van 180 graden.

De transversale mercatorprojectie (zie afbeelding links) is net als de gewone mercatorprojectie hoekgetrouw. Zoals bij de mercatorprojectie zullen landen ver boven of onder de evenaar vergroot worden weergegeven. Tevens komen op de transversale mercatorprojectie landen ver links of rechts van de centrale meridianen vergroot in beeld. Transversale mercatorprojecties zijn vooral geschikt voor landen die uitgestrekt zijn in Noord-Zuidelijke richting en juist smal in Oost-Westelijke richting, zoals Chili. Kiest men een meridiaan waaraan de cilinder raakt in het midden van zo'n land, dan zijn de schaalvervormingen minimaal.

De Projectie van Albers is een oppervlakgetrouwe kegelprojectie die geschikt is voor het afbeelden van landen die ver uitgestrekt zijn in oost-west-richting maar niet meer dan enkele tientallen graden in noord-zuid-richting.

Er zijn ook nog meerdere vormen van stereografische projecties en nog veel andere varianten van diverse wetenschappers.

### 9.3.2 Schaal

De kaartschaal, kortweg vaak schaal, is de verhouding tussen een afstand op de kaart en de overeenkomstige afstand in werkelijkheid. Bij een grote schaal wordt het af te beelden gebied groter weergegeven dan op een kleine schaal. Op een kaart met grote schaal kunnen dan ook meer gegevens en meer details afgedrukt worden dan op een kleinschalige kaart zonder dat de leesbaarheid nadelig beïnvloed wordt. De schaal kan uitgedrukt worden als numerieke schaal, vaak een breuk. Bij kaarten geldt dat 1:25 000 een grote schaal is en 1:10 000 000 een kleine schaal. Op 1:500 000 is 1 cm = 5 km in werkelijkheid.

### 9.3.3 Eenheden

Afstanden op kaart kunnen afgelezen worden in kilometer, statute mile (Engelse landmijl) of zeemijl. In de luchtvaart gebruikt men nog vaak zeemijl, omdat 1 zeemijl = 1 graadminuut op een meridiaan en op de evenaar (of op een andere grootcirkel, maar die staan niet op kaart getekend).

### 9.3.4 Luchtvaartkaarten

De ICAO (International Civil Aviation Organisation) is een organisme dat zich bezig houdt met het maken van normen en reglementen voor de luchtvaart. Ook de vereisten waaraan een luchtvaartkaart moet voldoen, worden beschreven door de ICAO. Vandaar noemt men een kaart die aan deze normen voldoet een "ICAO-kaart". De meeste landen geven officiële ICAO-kaarten uit van hun grondgebied.

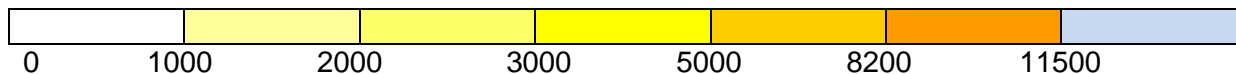
Het luchtruim is driedimensionaal, en moet op een kaart in twee dimensies weergegeven worden. De laterale afbakening van het luchtruim zien we in lijnen en oppervlakten op de kaart. De verticale afbakening lezen we af in cijfers die bij de laterale afbakening staan. Verder vermeldt de kaart ook de luchtruimklasse, de aard van het gebied, de radiofrequentie (indien van toepassing), radio- en navigatiebakens. Voor meer detail over luchtruim: zie de cursus reglementen.

#### 5.4.1.2 topografische kenmerken

Een kaart vermeldt alle topologische kenmerken: bossen, stromen, rivieren, kanalen, zeeën, waterpartijen zoals meren en grote vijvers), steden, wegen, spoorwegen, hoogspanningslijnen, elektrische centrales, kabelbanen, vliegvelden, opvallende punten zoals zendmasten en windmolens. Hoe groter de schaal van de kaart, hoe meer detail van de topografie er kan weergegeven worden.

#### 9.3.4.1 reliëf en kleurcode

Elke kaart vermeldt in de legende de kleurcode van het reliëf. Een voorbeeld van de OACI-kaarten van het IGN (OACI = ICAO, IGN staat voor Institut Géographique National) van Frankrijk op schaal 1/500 000:



De vermelde getallen zijn uitgedrukt in voet.

#### 9.3.4.2 soorten luchtvaartkaarten

Het begrip "luchtvaartkaart" is niet echt wettelijk gedefinieerd. Er zijn tal van min of meer officiële luchtvaartkaarten op de markt.

De ICAO-kaarten, meestal op schaal 1:500 000, meestal uitgegeven door een nationaal geografisch instituut, zijn de meest gebruikelijke kaarten. Ze zijn meestal beperkt tot  $\pm 5\,000$  ft AMSL. Luchtruimgebieden met een ondergrens boven 5 000 ft AMSL staan er dan niet op vermeld. Dit is een belangrijke beperking waarvan de gebruiker zich bewust moet zijn.

In België geeft het NGI (Nationaal Geografisch Instituut) een Low Air kaart uit, op schaal 1:250 000, van SFC tot 4 500 ft AMSL (lees: van de grond tot 4 500 voet boven gemiddeld zeeniveau.). Het is een Lambert conforme kegelprojectie. Deze kaart heeft het nadeel dat ze voor het zweefvliegen erg beperkt is. De LFA Golf-gebieden (zie reglementen) staan er niet op, en moeten we er zelf bij tekenen. Het gebruik van deze kaart in bijvoorbeeld het grensgebied boven Duitsland, kan gevaar opleveren, aangezien TMA's met een ondergrens boven de 4 500 ft AMSL, er niet op vermeld zijn.

Duitsland geeft dan weer, naast het eigen grondgebied, ook ICAO-kaarten 1:500 000 uit over andere Europese landen, waaronder België, om een uniforme legende en kleurcode te bieden voor gans het bestreken gebied.

Ter informatie vermelden we hier nog de uitgever Jeppesen, vooral bekend voor IFR-documentatie, maar sedert de overname van de Duitse uitgever Bottlang ook op VFR-gebied actief. De VFR-kaarten van Jeppesen zijn omwille van een beperkter kleurenpalet en -contrast minder geschikt voor gebruik in het zweefvliegen.

Het gebruik van een gewone wegenkaart is normaliter niet toegestaan, tenzij je er zelf betrouwbaar de ganse luchtruimstructuur van het vluchtgebied op intekent. Niet echt eenvoudig... Neem er wel een mee om te raadplegen na een buitenlanding, zodat je de ophaalploeg goed kunt briefen over de plaats waar ze je moeten komen halen.

### 9.3.4.3 symbolen luchtvaartkaart

De legende van een kaart vermeldt de gebruikte symbolen voor de topografische kenmerken en voor het luchtruim. Zo zijn er symbolen voor wegen, spoorwegen, landgrenzen, obstakels, steden, gemeenten, enz. Ook voor het luchtruim en voor vliegvelden (en hun aard) vermeldt de legende de gebruikte symbolen. Deze symbolen moet men in vlucht kunnen interpreteren zonder de legende te raadplegen.

### 9.3.4.4 kaartlegende

Elke kaart wordt opgesteld met symbolen en met een kleurcode (zie hoger). De betekenis van deze symbolen en kleurcode vinden we samengevat in een lijst ergens op de kaart. Deze lijst noemen we de legende van de kaart. Deze symbolen en kleurcode verschillen van kaart tot kaart. Daarom is het altijd nuttig om bij het bekijken van een kaart eerst de legende te bestuderen. De kaartlegende vermeldt ook de gebruikte projectie, de geodetische datum, de uitgever, en de hoogte tot waarop de kaart kan gebruikt worden.

AÉRODROMES AIRPORTS		Ouvert au trafic civil	avec restrictions	Interdit au trafic civil	<p>Pour toutes les fréquences entre 100 et 199 MHz, le 1 initial (centaine) est omis. For frequencies in the range 100-199 Mhz, the initial 1 (hundreds) is dropped.</p> <p>Indicatif d'appel Call sign: 28.95 BLAGNAC BO</p> <p>Code: 18.1</p> <p>Altitude (ft) Elevation: 499</p> <p>Fuel Lights [H24]</p> <p>TWR, AFIS, A/A</p> <p>BLAGNAC : avec contrôle TWR HX Blagnac : pas de contrôle TWR BO : LF BO</p> <p>JET AVGAS SP</p> <table border="1"> <tr> <th>Perm</th> <th>HX</th> </tr> <tr> <td>●</td> <td>*</td> </tr> <tr> <td>●</td> <td>*</td> </tr> <tr> <td>●</td> <td>*</td> </tr> </table>	Perm	HX	●	*	●	*	●	*
Perm	HX												
●	*												
●	*												
●	*												
Piste en dur supérieure à 1000 m. Hard-surfaced runway longer than 1000 m.													
Piste en dur de 450 à 1000 m. Hard-surfaced runway 450 to 1000 m.													
Piste non revêtue, ou moins de 450 m. Shorter than 450 m, or unpaved runway.													
Champ d'aviation. Airfield.													
Mountain airfield ATT RWY 03	Microlight airfield	Abandoned paved runway.	<p> QFU préférentiel 23 Favored RWY 23</p> <p> Dernier virage à droite Right Traffic Pattern</p>										

Voorbeeld van een kaartlegende voor de vliegveldsymbolen:

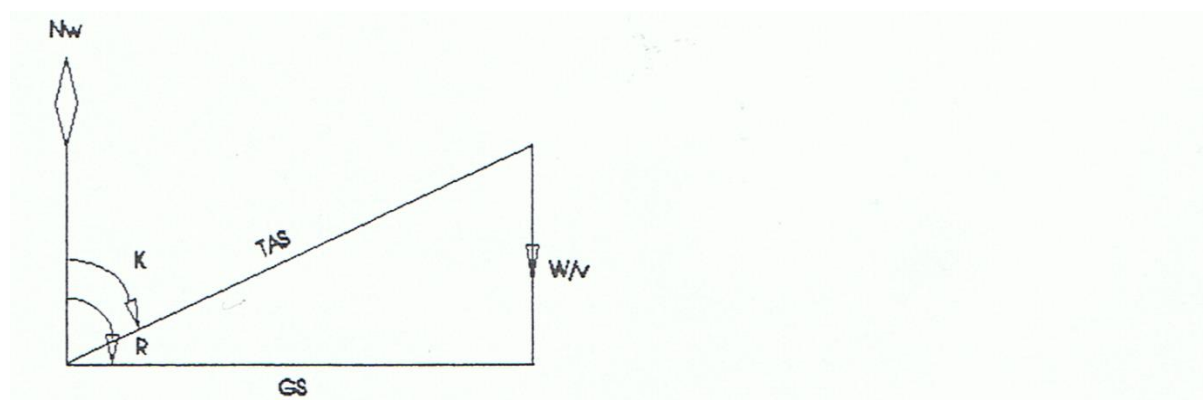
## 9.4 Snelheden

### 5.6.1 TAS en grondsnelheid

In de lucht beweegt een vliegtuig zich voort met een bepaalde snelheid t.o.v. de omliggende luchtmassa, een **ware luchtsnelheid** of **TAS** (True Airspeed). Omdat onze snelheidsmeter gevoelig is voor hoogteverschillen en temperatuurvariaties, krijgen wij deze snelheid niet echt te zien, wel een aangewezen snelheid of **IAS** (Indicated Airspeed). Zie vak Technologie > Instrumenten > snelheidsmeter (3.2.2.1). Voor navigatieberekeningen gaan we uit van de TAS. De luchtsnelheid, en dus ook de TAS, is onafhankelijk van de wind.

Voor de navigatie moeten we echter onze **grondsnelheid GS** (Ground Speed) kennen. De GS is afhankelijk van de TAS en de wind.

De GS kunnen we berekenen uitgaande van de TAS en de wind. Dit kan grafisch gebeuren: Het optellen van de TAS vector en de windsnelheidsvector geeft ons de GS vector.



### 9.4.1 Snelheidsdriehoek

#### 9.4.1.1 inleiding

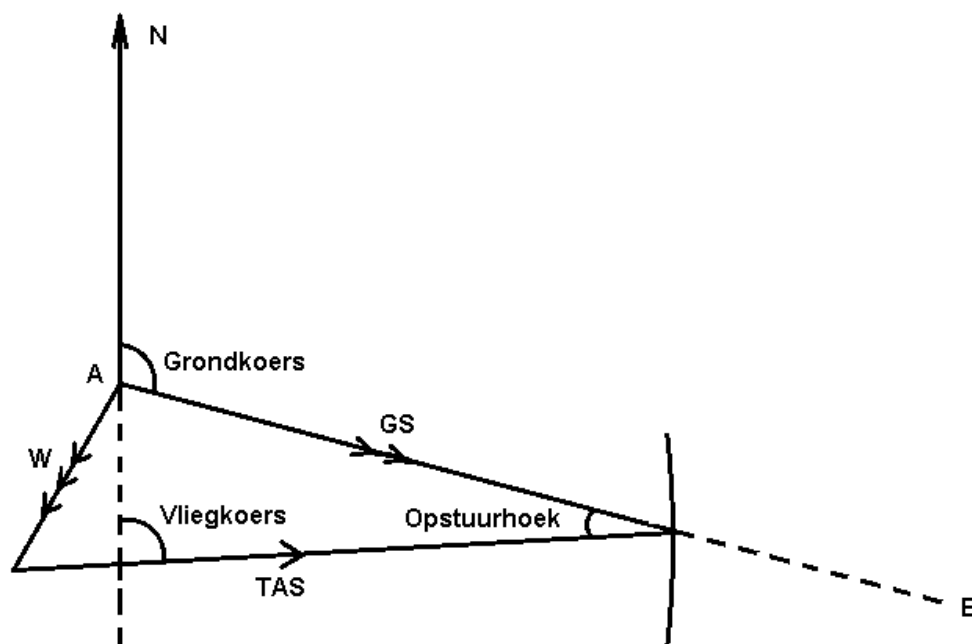
Om de vliegkoers te bepalen, die we moeten vliegen voor een gegeven grondkoers, maken we gebruik van een snelheidsdriehoek. Om deze snelheidsdriehoek juist te tekenen, moeten we alle snelheden omzetten naar een zelfde eenheid. Wij gebruiken normaliter km/h. De wind wordt doorgaans gegeven in knopen (kt). Een knoop komt overeen met 1,852 km/h of grof geschat 2 km/h. De snelheidsdriehoek geeft ons ook onze grondsnelheid, en laat ons dus toe de theoretische vluchtduur van het geplande been te berekenen.

#### 9.4.1.2 het tekenen van een snelheidsdriehoek

Er bestaan diverse methodes om een snelheidsdriehoek te tekenen. De onderstaande geeft een niet al te intuïtief beeld van het gebeuren, maar is constructief vrij eenvoudig. Benodigdheden: millimeterpapier, meetlat, gradenboog, passer. Stel dat een been van een te vliegen circuit gaat van punt A naar punt B.

- 1) Omdat een zweefvliegtuig niet zoals een motorvliegtuig kan vliegen met constante hoogte en snelheid, moet je eerst je gemiddelde luchtsnelheid bepalen op het te vliegen been. Dit is afhankelijk van de te verwachten thermieksterkte. Zie gebruik van de snelheidspolaire van de zwever in 5.6.3. Deze gemiddelde snelheid kan je dan voor navigatieberekeningen beschouwen als de TAS van je toestel.

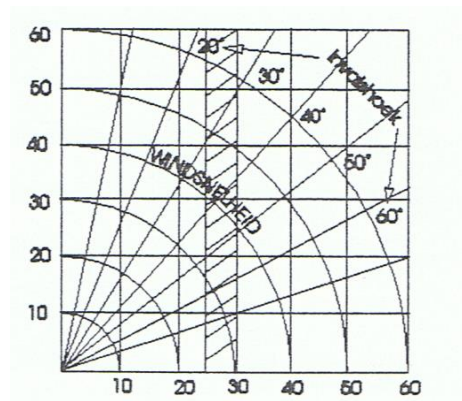
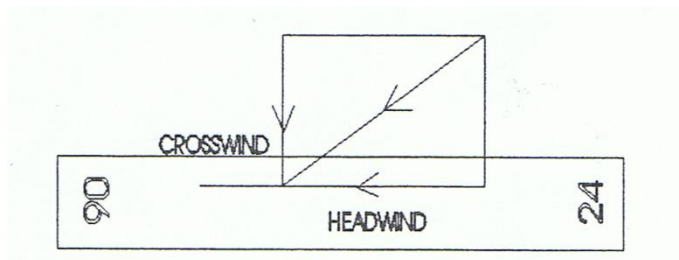
- 2) Teken dan, t.o.v. de windroos (t.o.v. het ware noorden), de grondkoers uit van het te vliegen been (meet de graden af op je kaart) van punt A naar punt B. De richting waarin je je wilt verplaatsen, wordt aangegeven door 2 pijltjes.
- 3) Zet de windvector W (richting en snelheid) uit, met het beginpunt in A en op schaal qua windsnelheid (bijv. 1 cm voor 10 km/h). De richting van de wind wordt aangegeven door 3 pijltjes.
- 4) Teken met de passer een cirkelboog vanuit het eindpunt van de windvector, met als straal je gemiddelde snelheid (TAS) op dezelfde schaal. De cirkelboog moet de grondkoerslijn snijden.
- 5) Verbindt het eindpunt van de windvector met het snijpunt tussen de grondkoerslijn en de cirkelboog. Dit geeft op schaal de TAS weer, wat we aangeven met één pijltje.
- 6) Meet op de grondkoerslijn de afstand tussen A en het snijpunt met de cirkelboog. Dit geeft je op schaal de grondsnelheid GS (of reissnelheid voor dit been).
- 7) Om de ware vliegkoers te bepalen, meet je met de gradenboog de hoek tussen het ware noorden en de TAS-lijn = vliegkoerslijn. De hoek tussen de grondkoers en de vliegkoers is de opstuurhoek.
- 8) Indien je nu op de kaart afmeet hoeveel km je moet vliegen, kan je berekenen hoeveel tijd je erover gaat doen. Moet je 270 km overbruggen bij GS = 90 km/h, dan doe je daar 3 uur over.
- 9) Om de voorbereiding van de navigatie voor dit been af te sluiten, kan je nu de magnetische koers en de kompas koers bepalen (zie 5.3.2).
- 10) Herhaal dit alles voor elk been van de vlucht en tel samen om de totale vluchtduur te berekenen.



#### 9.4.1.3 windcomponenten bij start en landing

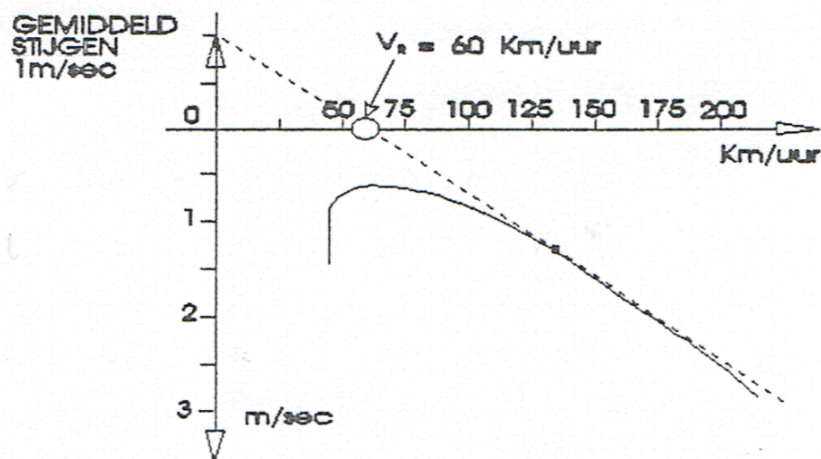
Met een vliegtuig stijgen we principieel steeds op tegen de wind in, net zoals de vogels. Dit is enkel mogelijk op een vliegveld waar men geen startbanen (runways, pistes) heeft. Op de meeste vliegvelden zijn er echter wel startbanen waar men gebruik van moet maken om op te stijgen of te landen. De wind waait echter niet altijd uit zo'n hoek dat men hem op kop heeft om op te stijgen. In alle andere gevallen zullen we verplicht zijn op te stijgen met de wind schuin op onze startrichting.

Voorbeeld: als we  $30^\circ$  zijwind hebben tegen 25 km/h, dan kunnen we die ontbinden in een kopwind (headwind) van 20 km/h en een  $90^\circ$ -zijwind (crosswind) van 15 km/h.



De vliegtuigconstructeurs geven in het handboek de zijwindlimieten aan waarbij een vliegtuig nog mag opstijgen. De wind die schuin staat op de startrichting kunnen we ontbinden in kop- en zijwind.

#### 9.4.2 Reissnelheid in functie van snelheidspolaire



Met een zwever moet de TAS vervangen worden door de reissnelheid. Men moet rekening houden dat men regelmatig thermiek moet draaien, op dat moment legt men geen afstand af. In de les aerodynamica hebben we gezien dat we deze "reissnelheid" kunnen aflezen op de snelheidspolaire van de zwever, rekening houdend met de verwachte thermiek.

#### 9.4.3 Invloed van de wind voor een gesloten circuit

In een gesloten circuit is de wind steeds nadelig. Bij een reissnelheid van 80km/h leggen we zonder wind 160 km heen en terug (320 km totaal) af in 4 uur. Met een wind in de rug van 40 km/h op de heenweg, leggen we die af in 1:20 uur, want de grondsnelheid is 120 km/h. De terugweg met wind op kop duurt 4 uur, want de grondsnelheid is slechts 40 km/h. In totaal duurt de vlucht met wind 5:20 uur. De invloed van de wind is groter in ongunstige zin dan in gunstige zin.

#### 9.4.4 TAS op toenemende hoogte

De snelheid die we aflezen van de snelheidsmeter, noemen we de indicated airspeed (IAS). De IAS neemt af met toenemende hoogte t.o.v. de TAS. Dat wil zeggen dat we op grote hoogte sneller vliegen dan we aflezen.

In sommige vlieghandboeken wordt de  $V_{NE}$  gedefinieerd als een TAS. Men loopt dus het risico om de  $V_{NE}$  te overschrijden zonder het te beseffen. De flight manual van een dergelijk vliegtuig vermeldt dan meestal een degressieve maximumsnelheid (IAS) met stijgende hoogte.

Voorbeeld van de vermelding in de fligth manual van de LS4a:

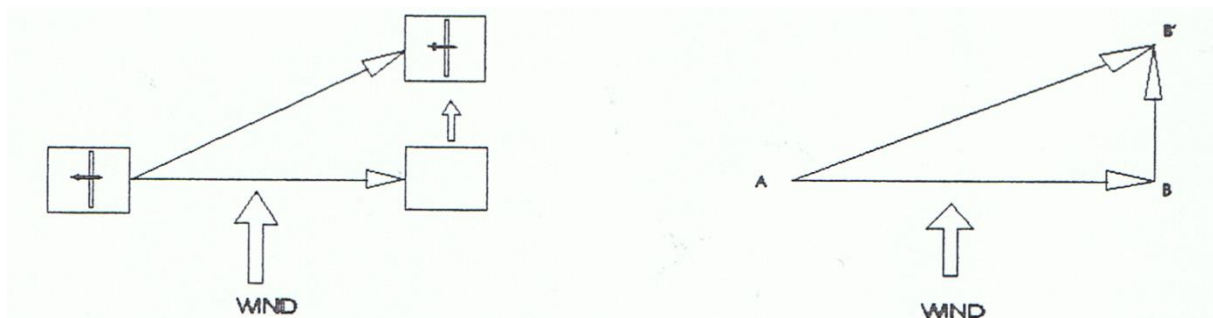
- From sea level up to      6500 ft      280 km/h
- Up to                              9800 ft      266 km/h
- Up to                              19700 ft      227 km/h
- Up to                              32800 ft      179 km/h

Bij andere toestellen, zoals de Centrair Pégase, is de  $V_{NE}$  een IAS en er mag dus op om het even welke hoogte tot op die IAS gevlogen worden, welke ook de TAS is.

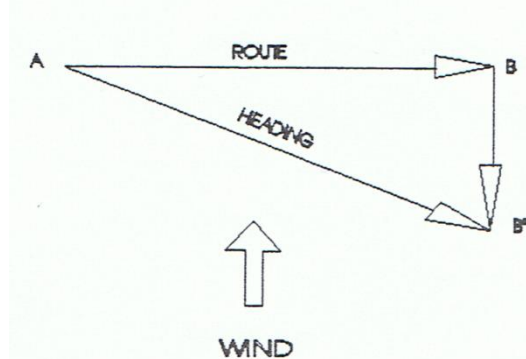
## 9.5 Navigatie tijdens de vlucht

### 9.5.1 Invloed wind en drift

Stel dat we oostelijk willen vliegen van A naar B. Er is een wind die uit het zuiden komt. Wat gebeurt er als we in de lucht richting 090° vliegen? Na een bepaalde tijd hebben we inderdaad de lucht bereikt die bij ons vertrek boven punt B was. Maar deze lucht is door de wind wel opgeschoven naar het Noorden (B'). We werden samen met de luchtmassa dus afgedreven naar het Noorden.



De **drifthoek** is de hoek waaronder de wind ons afdrijft t.o.v. onze **geplande koers (route)**. Linkse drift wil zeggen dat we naar links afwijken, de wind waait van rechts en de drift heeft een negatief teken. Rechtse drift wil zeggen dat we naar rechts afwijken, de wind waait van links en de drift heeft een positief teken. Als we gewoon de kompasakoers zoals gepland zonder wind zouden volgen, komen we aan in punt B' i.p.v. B.



Om in het punt B te komen, zullen we dus in een richting moeten vliegen die niet gericht is naar het punt B maar naar het punt B'. De heersende wind zal er dan voor zorgen dat we in punt B terecht komen. Deze richting noemen we een **vliegkoers** (in het Engels: "heading").

De **driftcorrectie** is de hoek tussen de koers die we moeten vliegen, of **vliegkoers**, en onze geplande **grondkoers**. Dit wordt ook de **opstuurhoek** genoemd. Voor het berekenen van de opstuurhoek zullen we rekening moeten

houden met de windsnelheid en windrichting, en met de geplande koers en onze luchtsnelheid. Dit kan met een berekening, een rekenschijf of via het uittekenen van een snelheidsdriehoek (zie 5.6.2).

Opgelet! Linkse drift krijgt een negatief teken, maar de driftcorrectie (opstuurhoek) naar rechts wordt opgeteld. Rechtse drift krijgt een positief teken, maar de driftcorrectie naar links wordt afgetrokken. Voor de **opstuurhoek** geldt dus de vuistregel: "**Right is right - left is wrong**"



Voorbeeld:

Ware koers 190°, variatie 7° W, deviatie 3° E, opstuurhoek 15° links. Wat is de te sturen vliegkoers? Antwoord:

$$190^\circ + 7^\circ - 3^\circ = 194^\circ \text{ (kompasgrondkoers)} - 15^\circ = 179^\circ \text{ (vliegkoers)}$$

## 9.5.2 Gebruik luchtvaartkaarten

### 9.5.2.1 Voorbereiding kaart

#### up to date

Een up to date luchtvaartkaart is een wettelijk verplicht boorddocument. Soms vermeldt de legende de gebruiksduur, en meestal is dat een jaar na uitgiftedatum. Het heeft geen zin om met oude luchtvaartkaarten te vliegen, aangezien het luchtruim geregeld wijzigingen ondergaat. Opgelet! De meest recente luchtvaartkaart is daarom nog niet up to date! Je moet dus de eventuele wijzigingen van het luchtruim volgen via AIP en NOTAM's, en ze in voorkomend geval op je kaart inbrengen.

#### overzichtelijk gevouwen

Het overzichtelijk vouwen is al gemakkelijker met een schaal 1/500 000 dan met schaal 1/250 000, toch als we wat grotere afstanden willen afleggen. Een kaart op schaal 1/500 000 met een grootte van een A4, bestrijkt een gebied van ongeveer 100 op 150 km. Als we een kaart gebruiken van 4 maal een A4 groot, dan kan die overzichtelijk gevouwen worden in vier keer een A4, en dekken we een gebied af van 200 op 300 km. Tip: snij de kaart middendoor van oost naar west, en kleef ze rug aan rug terug aan elkaar. Als we een kaart gebruiken

met schaal 1/250 000, dekken we met dezelfde grootte van de kaart maar de helft van de afstanden af.

### **Toemaatje: aantekeningen op de kaart**

Teken concentrische cirkels rond je thuisvliegveld, en rond andere vliegvelden waar je kunt buitenlanden. Die concentrische cirkels kunnen bijvoorbeeld een straal hebben met een veelvoud van 5 km. Je kunt dan gemakkelijker bepalen of je voldoende hoogte hebt om “binnen te geraken”. Beginners die lokaal vliegen, tekenen concentrische cirkels in functie van het lokale glijgetal. Bijvoorbeeld een eerste cirkel geeft aan waar je 500 m hoogte nodig hebt om binnen de lokale kegel te zijn, de tweede 750 m, enz. Uiteraard rekening houdend met een minimale reservehoogte van 200 m voor het circuit...

Teken ook de verschillende LFA Golf gebieden met hun hoogtelimiet op je luchtvaartkaart.

Bij het overlandvliegen teken je best ook je voorziene circuit op kaart, met de magnetische koers van elk been. Ook de voorziene windrichting kan nuttig zijn.

### **Opgelet!**

- Weet tot welke hoogte een kaart bruikbaar is. Voor luchtvaartgebieden met ondergrens boven die maximaal aangegeven hoogte, moeten andere kaarten en/of de AIP geraadpleegd worden.
- Leer de kaart in grote lijnen uit je hoofd, zodat je tijdens vlucht niet te veel en te lang hoeft te zoeken. Turen op de kaart doet de kwaliteit van je look-out afnemen, wat levensgevaarlijk is voor jezelf en voor anderen. Een degelijke voorbereiding verhoogt de veiligheid.

## **9.5.2.2 Hoe navigeren?**

### **voorbereiding navigatie**

Het bestuderen van een kaart begint tijdens het winterseizoen. Wie bijvoorbeeld plant om tijdens volgend vliegseizoen nieuwe gebieden te verkennen, schaft tijdens het winterseizoen al de nodige kaarten aan, en bestudeert die. De luchtvaargebieden in grote lijnen uit het hoofd leren, blijkt tijdens de vlucht geen overbodige luxe te zijn.

De studie van kaarten kan aangevuld worden met het gebruik van moderne technologie, zoals Google Earth, See You PC en See You Mobile. Het opzoeken van vluchten op de Online Contest die in een bepaald gebied dat je wil verkennen gevlogen zijn, en die dan ook met simulatiesoftware op de PC naspelen, is een goede voorbereiding.

Op de vliegdag zelf spelen de meteo- en windgegevens een belangrijke rol. Hoe moet ik opsturen om de wind te compenseren? Hoe vlieg ik de cumuli aan? Hoe zet ik mijn proef uit in functie van de meteo en wind? Die voorbereiding kan al starten de avond ervoor, na het opvragen van de meest recente meteo voor de volgende dag.

Teken je voorziene circuit op kaart, met de magnetische koers van elk been. Ook de voorziene windrichting kan nuttig zijn. Neem nota van de probleemgebieden (dicht bij verboden luchtruim), en bekijk op voorhand welke grondkenmerken als “opvanglijnen” kunnen dienen (autowegen, grote stromen of kanalen, grote agglomeraties...)

### **navigatie tijdens vlucht**

Het is belangrijk om tijdens de vlucht grof te navigeren. Je niet verliezen in details en perfectionisme is de boodschap, op voorwaarde natuurlijk dat we niet onverhoeds gecontroleerd luchtruim betreden. Vlak voor het aanvliegen van een thermiekbekken een herkenningspunt bepalen dat zowat 10 à 15 km verder op de route ligt, en dat herkenningspunt gebruiken bij het verlaten van de thermiek, is een eenvoudige maar wel doeltreffende techniek.

Het vliegen van herkenningspunt naar herkenningspunt, verkleint de kans op verloren vliegen drastisch. Het volstaat om daarbij een blik op de kaart te gooien, om bevestiging te krijgen. Bijvoorbeeld: "Ik bevind mij nog altijd rechts van de rivier, en links van de snelweg die de rivier kruist. Het punt waar beide snijden is mijn volgend herkenningspunt."

Een bijkomende controle is de kompascoers. Het is belangrijk om bij het bepalen van de herkenningspunten, rekening te houden met de wind, om een koers windafwaarts te vermijden. Bij het naderen van een keerpunt, of tijdens de eindaanvlucht naar het thuisveld, moet onze navigatie preciezer zijn. Indien je minder geoefend bent in het kaartlezen, hou je wellicht best de kaart steeds met de koers naar boven, zodat de keuze van de herkenningspunten en de route op de kaart parallel lopen met wat je ziet op koers. Voor geoefende kaartlezers is het vaak beter om de kaart met het noorden naar boven te houden, zodat je de brede oriëntering niet kwijtraakt na een keerpunt.

Het onthouden van de stand van de zon t.o.v. de te vliegen route is ook een efficiënt hulpmiddel. Tijdens het thermiekvliegen onder een cumulus zien we de zon niet. Bij het verlaten van de thermiek moet de zon op dezelfde plaats staan als toen we naar de wolk vlogen.

Een gewoon kompas wordt door de inclinatie tijdens het thermiekvliegen onbruikbaar. Nochtans mogen we aannemen dat bij bochten linksom het oosten, en bij bochten rechtsom het westen een redelijk juiste indicatie geven. Pas bij het uit bocht gaan en in horizontale vlucht kan je een juiste kompascoers aflezen.

Als je laag komt en je vindt geen thermiek, zoek dan windafwaarts. Ook al is dit 180° uit koers. Zo leg je een veel grotere afstand af in eenzelfde tijd en heb je dus meer kans om thermiek te vinden. De eerste prioriteit is te blijven vliegen. Daarna kan je terug op koers proberen te komen. Hou echter altijd de veilige hoogte in het oog waarop je een geschikt veld moet hebben om eventueel in buiten te landen.

Als je een gesloten omloop vliegt, probeer dan altijd, terwijl je hoog genoeg bent, bovenwinds thermiek te vinden, de wind zal je dan altijd terug op koers brengen bij het thermieken.

### **tijdens de vlucht steeds weten vanwaar de wind komt**

Gebruik elke gelegenheid om de windrichting en -sterkte in te schatten. Hulpmiddelen zijn:

- rookpluimen (enkel als men er vlak boven is, anders heeft men gezichtsbedrog);
- meren en vijvers (als men de golven of rimpels kan waarnemen);
- drift (ook in thermiek);
- schaduwen van cumuli die zich verplaatsen;
- bij sterke wind staan de koeien in de wei met de rug naar de wind;
- vogels landen en stijgen steeds op tegen de wind in.

### **veldkeuze**

Kom je laag en vind je niet onmiddellijk thermiek, dan zal je een veldkeuze moeten maken. De hoogte waarop je een veldkeuze moet maken, is afhankelijk van de streek waarover je vliegt, de ervaring van de piloot, het type zwever waar je mee vliegt. Als vuistregels kan je volgende hoogtes hanteren:

- onder 1000 meter niet over gebieden vliegen waar je niet kan landen, zoals uitgestrekte bossen, gebieden met heel kleine velden en weiden;
- vanaf 700 meter in een gebied zijn waar je zeker kan landen;
- vanaf 500 meter moeten er alternatieve landingsplaatsen binnen bereik zijn;
- vanaf 300 meter is de veldkeuze gemaakt, en beslis je definitief om buiten te landen; thermiek kan dan nog benut worden op voorwaarde dat je door de wind niet afdrijft en het gekozen veld binnen bereik blijft.

Zorg dat het veld mooi in de wind ligt en dat het groot genoeg is (min 300m). Zorg ervoor dat je veld een vrije inzweef heeft. Enkele bijkomende bedenkingen:

- Best neem je een pas geëgd veld (al dan niet ingezaaid), een veld met heel lage beplanting, een gemaaid graanveld of kort gemaaid maïsveld. Op grotere hoogte is al te zien of een graanveld wel of niet gemaaid is. Een ongemaaid veld vertoont evenwijdige sporen van sproeimachines, een gemaaid veld toont draaicirkels van pikdorsers op de hoeken en zijkanten.
- Ongemaaide graanvelden, weiden (omwille van verborgen afspanningen, vee, greppels, stenen) en ruw omgeploegde velden zijn veel minder geschikt. Ze kunnen soms als noodoplossing dienen, evenwel met risico op schade.
- Ongemaaide maïsvelden, koolzaadvelden e.d. zijn totaal ongeschikt.
- Kijk uit naar obstakels zoals bomen, elektriciteitsleidingen, telefoondraden, omheiningen in de buurt van het veld.
- Kijk ook uit of het veld een helling vertoont. Dit kan je enkel zien indien je er eerst op een bepaalde afstand zijdelings verwijderd langs vliegt. Is er een helling, kijk dan liefst uit naar een ander veld. Als je in een streek bent waar je geen ander veld vindt, land dan altijd helling opwaarts, ook al betekent dit dat je eventueel met rugwind moet landen. Omdat je dan sterker moet afronden, moet je aanvliegsnelheid ook hoger liggen dan normaal. Denk eraan om bij een steile helling je toestel 90° te draaien voor je stilstaat, anders kan je achteruit de helling weer afbollen!

Land je met wind op kop, hou er dan rekening mee dat er bij sterke wind bij de landing heel sterke turbulenties kunnen optreden n.a.v. bomen of andere obstakels.

### **wat bij verloren vliegen?**

Wat er ook fout gaat in de cockpit (een ongewenste passagier zoals een wesp, een PDA waarvan de zuignap loskomt, verloren vliegen, ...), er is maar één prioriteit en dat is **blijven vliegen**. En goed vliegen. Dus ook je look-out blijven verzorgen, al is de verleiding nog zo groot om op de kaart te turen.

Probeer er achter te komen hoeveel tijd er verlopen is tussen de vaststelling “ik ben verloren gevlogen” en het moment waarop je nog wel wist waar je was. Die tijdspanne is dikwijls veel kleiner dan men denkt. En de afgelegde afstand tussen die twee tijdstippen dus ook kleiner dan wat veelal aangenomen wordt. Blijf niet blindelings verder vliegen, want dan wordt de oppervlakte waarin je nog herkenningspunten zou kunnen vinden te groot, en de kans op het vinden van een herkenningspunt te klein. Een valkuil is dat je op de kaart herkenningspunten zoekt, en je jezelf begint wijs te maken dat je die punten werkelijk ziet, zonder dat die overeenstemmen met de realiteit.

Als je echt niet meer weet waar je bent, en je vreest in gecontroleerd luchtruim terecht te komen, dan is de keuze om buiten te landen een optie.

## het ronden van keerpunten

Met GPS en logger behoort het acrobatische ronden van keerpunten om een keerpuntfoto te maken, tot het verleden. De keerpuntsector is meestal ook vervangen door een cilinder rond het keerpunt, waar het volstaat binnen te vliegen. Toch blijven er een paar regels gelden.

Heb je de wind in de rug, dan moet je hoog aankomen boven je keerpunt. Immers als je het keerpunt genomen hebt, zal je op het volgende been normaliter de wind op kop hebben om thermiek te zoeken. En als je laag boven het keerpunt aankomt en dan moet thermieken, zal je benedenwinds, dus voorbij je keerpunt, afgedreven worden. Draai je vóór het keerpunt nog in een thermiekbels, dan zal je in de goede richting afdrijven, wat tijdwinst oplevert.

Als je echter de wind op kop hebt bij het naderen van een keerpunt, dan mag je daar lager aankomen. Immers, na het rondn van het keerpunt heb je dan doorgaans de wind in de rug, zodat je bij het thermieken zal afdrijven in de richting van het nieuwe been.

### 9.5.3 Eindaanvlucht en rekenschijf

#### 9.5.3.1 Eindaanvlucht

Stel dat je een wedstrijd vliegt, en je bent op 36 km van je thuisveld, hoe bereken je dan hoe hoog je moet zijn om zo snel mogelijk binnen te komen, en of binnenkomen al dan niet mogelijk is?

Je hebt een windcomponent van 15 km/h op kop. Je verwacht geen stijgen meer, maar ook geen dalen. Gerekend met de windcomponent heb je (bijvoorbeeld) een resterend glijgetal van 24 t.o.v. de grond. Dan heb je 1 500 meter hoogte nodig om er te geraken, plus een reservehoogte van 200 meter. Zit je lager dan 1 700 meter, dan geraak je er niet op een veilige manier. Zelfs al kom je nog een kleine thermiekbels tegen, dan zal die niet sterk genoeg zijn om de kopwind te compenseren.

Als er echter geen wind zou zijn, dan verandert de situatie aanzienlijk. Met een toestel met een glijgetal van bijvoorbeeld 36 (zonder wind dus) heb je voldoende aan 1 200 meter hoogte. Zit je lager, dan geraak je er niet, tenzij je nog een late bel tegenkomt. Die kan je benutten aangezien er geen wind is, en je tijdens het draaien in de thermiek niet van je doel weggeblazen wordt. Met wind in de rug wordt de situatie nog voordeliger.

Probleem: in vlucht kun je moeilijk zomaar de verslechtering van je glijhoek door de windcomponent bepalen, je hebt daar een rekenschijf of een elektronische eindaanvluchtrekenaar voor nodig, die je ook zal helpen om je reikwijdte te bepalen.

Het is verder zeker niet altijd optimaal om de eindaanvlucht te vliegen bij maximum glijgetal. Het komt er op neer dat je moet rekenen wat je de beste gemiddelde snelheid geeft, tussen de plaats waar je bent in de laatste bel, en de eindmeet. Dat is afhankelijk van het stijgen in die laatste bel (voor één keer moet je niet schatten wat het stijgen in de volgende bel zal zijn, want je zal normaliter geen volgende bel gebruiken). Een juiste berekening hiervan vereist natuurlijk ook een rekenschijf of een elektronische eindaanvluchtrekenaar. Idealiter verlaat je de bel zodra je veilig binnenkomt met een MacCready-instelling (zie hoofdstuk Technologie 3.2.2.3.3 en Aerodynamica 1.2.3.4) gelijk aan dat laatste gemiddelde stijgen.

### **Enkele klassiek eindaanvluchtberekeningen:**

Omzetting km/h naar m/s =  $V_{\text{km/h}} / 3,6 = V_{\text{m/s}}$

Vb.: 100 km/h =  $100/3,6$  m/s = 27,7 m/s

Berekenen glijgetal =  $V_{\text{steek}} \text{ (m/s)} / V_{\text{daal}} \text{ (m/s)} = f$

Vb. voor 100 km/h en 0,5 m/s dalen:  $(100 / 3,6) / 0,5 = 55,5$

Berekenen maximum vliegbare afstand (reikwijdte) = hoogte (km) x glijgetal  $f = A$

Vb voor 1 450 m AGL en glijgetal 27,7:  $1,450 \times 27,7 = 40,165$  km

Berekenen nodige hoogte voor eindaanvlucht = afstand (m) / glijgetal  $f = H$

Vb voor 36 km af te leggen met glijgetal 27,7:  $36000 / 27,7 = 1\ 299,6$  of 1 300 m AGL

### **9.5.3.2 Rekenschijf**

Er bestaan veel soorten rekenschijven om finales (eindaanvluchten) te berekenen. Als je een rekenschijf gebruikt, zorg er dan voor dat je er een hebt voor het toestel waarmee je vliegt en dat je ermee kan werken.

Op de rekenschijf kan je parameters instellen zoals:

- MacCready-waarde van het gemiddelde stijgen in de laatste bel voor de eindaanvlucht;
- Windcomponent (in de rug of op kop), die je zelf moet schatten, in tegenstelling tot moderne eindaanvluchtrekenaars met GPS, die dat zelf berekenen;
- Afstand tot landingspunt (zelfde bemerking);

Als resultaat lees je dan af welke hoogte je moet hebben om het landingspunt te bereiken.

De rekenschijf is in onbruik geraakt door de opkomst en evolutie van GPS-systemen met geïntegreerde berekening van de eindaanvlucht. Jammer, want een rekenschijf is iets dat je actief gebruikt en begrijpt, terwijl een elektronische rekenaar het werk doet zonder dat je snapt wat er gebeurt...

### **9.5.3.3 Waarschuwingen**

- Hoed je voor te nipt berekende finales, neem liever wat meer reserve zodanig dat je zeker op de juiste hoogte op je circuitpunt aankomt (200 à 250 m AGL). Er zijn al heel wat finales slecht afgelopen omdat men ze te nipt nam.
- Eenmaal aan een finale begonnen, hebben veel piloten de neiging om de mogelijkheid tot buitenlanden volledig over het hoofd te zien. Zo komt het dat ze i.p.v. op de thuisbasis te landen soms in de bomen of schrikdraad terecht komen.
- Hou het veilig !!!

## **9.6 Global Positioning System of GPS**

Satellietnavigatie met GPS is gebaseerd op een principe van driehoeksmeting: als ik de afstand ken van mijn positie ten opzichte van drie gekende punten, dan kan ik exact mijn eigen positie berekenen. Dit geldt in twee dimensies. Als we in drie dimensies een positie willen bepalen, dus in de ruimte en niet alleen in een vlak, dan hebben we vier gekende punten nodig. (We gaan hier niet in op de wiskundige bewijsvoering van deze stelling.) Een GPS bepaalt zijn positie in twee dimensies ten opzichte van drie satellieten. Als we ook de hoogte van onze positie willen kennen, dan hebben we een vierde satelliet nodig. Hoe meer

satellieten onze GPS kan ontvangen, hoe nauwkeuriger de berekening van de positie wordt. Het GPS-systeem werkt wereldwijd dank zij (minimaal) 24 Navstar-satellieten die in een stabiele baan rond de aarde draaien.

De GPS-ontvanger bepaalt de afstand tot een satelliet via de berekening van de looptijd van de radiogolven tussen beide. Door dit te doen met meerdere satellieten, berekent de ontvanger zijn eigen positie. Daaro moet hij natuurlijk ten allen tijde de precieze plaats van de satellieten kennen. Die krijgt hij van de satellieten zelf toegestuurd via een soort kalender die in het signaal ingebouwd is. Vandaar dat een GPS die lange tijd niet gewerkt heeft, eerst satellieten moet zoeken om een up to date kalender te downloaden.

### **9.6.1 WGS84 standaard**

WGS84 (World Geodetic System 1984) is het referentiesysteem of geodetische datum voor de Aarde dat op enkele centimeters gelijk is aan het officiële maar minder toegankelijke wereldwijde referentiesysteem ITRS. Het beschouwt de Aarde niet als een perfecte bol, maar als een sferoïde, wat de echte vorm van onze planeet vrij goed benadert.

WGS84 is een van de meest gebruikte referentiesystemen, omdat het aan de basis ligt van het GPS-systeem. Het heeft zo stilaan alle andere systemen verdrongen. Op sommige GPS-ontvangers kan het referentiesysteem gewijzigd worden, zodat oudere kaarten met andere referentiesystemen kunnen benut worden ter vergelijking, maar de ontvanger zelf blijft onderliggend werken in WGS84

### **9.6.2 Betrouwbaarheid**

De horizontale positiebepaling van een GPS is tot op een paar meter nauwkeurig (verticaal is de precisie minder goed). Op voorwaarde dat de GPS uitgerust is met een goede ontvanger. De ontvangers die vandaag op de markt beschikbaar zijn, zijn doorgaans van hoge kwaliteit en toch betaalbaar dankzij de massaproductie. Zij kunnen 12 satellietkanalen of meer tegelijk ontvangen (de eerste ontvangers konden slechts één kanaal tegelijk ontvangen, en moesten dus meerdere satellieten na elkaar “ondervragen”). Landmeters kunnen met de GPS werken op een paar centimeter nauwkeurig, maar dat vereist een vergelijking met een grondstation en permanente correcties.

Het GPS-systeem wordt beheerd door de Amerikaanse defensie. Daar kan beslist worden om een kleinere of hogere graad van onnauwkeurigheid in te voeren, of zelfs om het systeem geheel of gedeeltelijk uit te schakelen voor gebruik door burgers of door andere militaire overheden. Dit gebeurde o.a. tijdens de invasie in Irak in 2003. Onder president Clinton werd besloten om de volle nauwkeurigheid permanent ter beschikking te stellen voor de burgers, maar dit blijft een omstreden punt.

Om voor civiele doeleinden onafhankelijk te worden van de Amerikaanse overheid, en om de nauwkeurigheid die nodig is voor commerciële toepassingen te waarborgen, heeft de Europese overheid beslist om een eigen satellietsysteem te ontwikkelen, dat de naam Galileo draagt. Dit systeem zou voor de eerste toepassingen klaar zijn in 2014 of 2015.

### **9.6.3 Complete navigatie en loggersystemen**

Voor het zweefvliegen is er een groot aantal merken en soorten toestellen beschikbaar. Prijzen lopen uiteen, en ook de functionaliteit. Wie een systeem wil aanschaffen, doet best het nodige studie- en opzoekingswerk. Veelal is het beschikbare budget bepalend. De eerste toestellen die voor het zweefvliegen in aanmerking kwamen, zijn in het midden van de jaren

negentig op de markt gekomen. Die eerste toestellen waren uitsluitend navigatietoestellen, dat wil zeggen dat je wist waar je was, waar je naartoe ging (je kon er een database met keerpunten in opslaan en gebruiken), en welke koers je daarvoor moest aanhouden. Moderne systemen hebben een groot aantal functionaliteiten bijgekregen, zoals:

- Windberekening;
- Gebruik van de snelheidspolaire, waterballast en MacCready-instellingen;
- Registreren (loggen) van de vlucht, wat wil zeggen dat het ganse verloop van de vlucht opgeslagen wordt in een bestand, dat na de vlucht kan uitgelezen worden op een PC, en verder gebruikt voor de evaluatie in wedstrijden (OLC, Charron, lokale, nationale, internationale wedstrijden, ...). Noot: voor het zweefvliegen moeten loggers goedgekeurd zijn door de IGC (International Gliding Commission);
- Declaratie van een opgegeven proef en controle over het nemen van keerpunten;
- Berekening van de eindaanvlucht;
- Moving map waarop je op een grafisch scherm de beweging van je zweefvliegtuig kan zien t.o.v. de kaartgegevens, zoals de topografie en het luchtruim;
- Integratie of gebruik van gegevens uit de Flarm (anti-botsingsysteem - Flarm maakt ook gebruik van satellietnavigatie).

Meerdere combinaties van functionaliteiten zijn mogelijk:

- Alleen declaratie en loggen (IGC-goedgekeurd);
- Alleen navigeren (inclusief database van keerpunten);
- Navigeren en loggen (al dan niet IGC-goedgekeurd);
- Navigeren, berekening eindaanvlucht, loggen (al dan niet IGC-goedgekeurd);
- Navigeren, moving map, berekening eindaanvlucht, loggen (al dan niet IGC-goedgekeurd).

#### **9.6.4 Waarschuwingen**

- De eindaanvlucht gebeurt met een moderne GPS volgens dezelfde principes als met een rekenschijf of met puur hoofdrekenen. De GPS berekent zelf de wind en de afstand naar het doel. Zorg er echter voor dat je de GPS de baas blijft, mocht die om een of andere reden een foutieve berekening maken. Het kan al voldoende zijn dat je doel in de database met een verkeerde hoogteligging geregistreerd is om de berekening grondig fout te laten gaan.
- Controleer voor de vlucht of de reservehoogte voor het circuit ingesteld is. Als die op 0 ingesteld is, terwijl je denkt dat die op 200 meter staat, zal je het thuisveld niet halen op een veilige manier, als je de GPS blindelings volgt.
- Vuistregel: het is veilig om bovenop de nodige hoogte berekend door de GPS, er 100 meter bij te nemen als reserve per 10 km afstand.
- Staren op de GPS is even gevaarlijk als staren op andere instrumenten of op een kaart. Een GPS houdt echter nog meer risico's in, omwille van het uitgebreide aantal functies. Leer het gebruik van de GPS op de grond. Gebruik tijdens vlucht een beperkt aantal pagina's en leer de GPS blindelings te gebruiken, bijvoorbeeld om de meest dichtbij vliegvelden te selecteren, of een ander keerpunt. Prutsen aan de GPS tijdens vlucht is erg nadelig voor de look-out, wat levensgevaarlijk is. Bij doorsteken aan 120 km/h leg je in 10 seconden meer dan 300 meter af. Tien seconden niet naar buiten kijken is onverantwoord.



**O**

OACI-kaarten, 13  
Online Contest, 21  
oostelijk halfrond, 6  
oosterlengte, 4  
oppervlaktegetrouw, 11, 12  
opstuurhoek, 19  
orthodroom, 8

**P**

parallelle, 4  
polen, 4  
Projectie van Albers, 12  
projecties, 10

**R**

reissnelheid, 18  
rekenschijf, 24, 25  
reliëf en kleurcode, 13  
reservehoogte, 27  
route, 19

**S**

schaal, 12  
seconden, 6  
See You Mobile, 21  
See You PC, 21  
Snelheidsdriehoek, 16  
snelheidspolaire, 16, 18, 27  
start, 17  
statute mile, 13

**T**

TAS, 15, 16  
TAS op toenemende hoogte, 18  
tijdzone, 7  
topografie, 27  
topologische kenmerken, 13  
transversale mercatorprojectie, 12  
True Airspeed, 15

**V**

variatie, 8  
veldkeuze, 22  
verloren vliegen, 23  
vliegkoers, 19  
V<sub>NE</sub>, 18

**W**

ware luchtsnelheid, 15  
ware noorden, 8  
westelijk halfrond, 6  
westerlengte, 4  
wind, 19  
windberekening, 27  
windcomponent, 24, 25  
windcomponenten, 17

**Z**

zeemijl, 13  
zuidelijk halfrond, 5  
zuiderbreedte, 4  
Zuidpool, 4