

Wat men moet weten om zonder zorgen te navigeren met GPS

Door **J-P Beeckman**, Ing.
Nationaal Geografisch Instituut
Directie van de Geodesie, GTLA

Inleiding

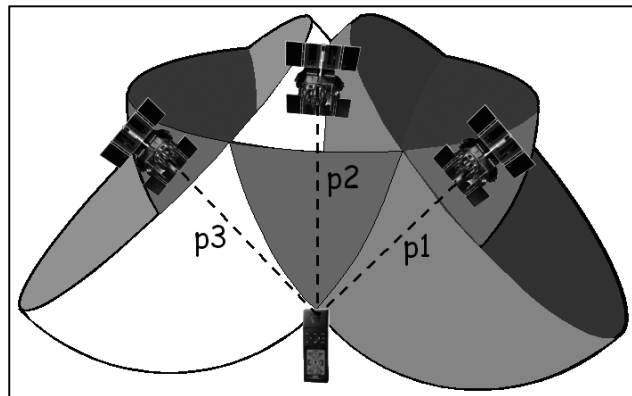
In steeds stijgende lijn komen bij de directie van de Geodesie van het Nationaal Geografisch Instituut aanvragen binnen voor inlichtingen betreffende het correct instellen van GPS – navigatietoestellen. Dat bewijst enerzijds het succes van deze pientere doosjes, maar anderzijds ook de nood van de gebruikers om een aantal basisbegrippen betreffende kaart- en referentiesystemen te kennen, teneinde het beste uit hun machientjes te halen.

Voor het lezen van een kaart op papier kan men op zijn intuïtie afgaan, en kan men begrippen als geodetisch datum, cartografische projectie, of zelfs coördinaten volledig negeren. Dit gaat echter niet meer op bij het inzetten van GPS. Want de gegevens komende van die navigatietoestellen zijn voornamelijk coördinaten, en deze zijn slechts bruikbaar als men ze ook op de juiste manier kan interpreteren. Het doel van dit artikel is dan ook kort een aantal basisbegrippen te beschrijven die onmisbaar zijn voor het juiste gebruik van deze toestellen, en de nodige parameters voor België te verstrekken.

Beschrijving van het GPS systeem

Militair systeem

GPS is de afkorting van “**Global Positioning System**”, wat betekent dat het wereldwijd bruikbaar is. Het bestaat uit een aantal satellieten en wordt beheerd door het ministerie van landsverdediging van de VS. Het doel is ogenblikkelijk, om het even waar, op, of in de onmiddellijke omgeving van de aarde een bepaling te kunnen doen van zowel positie, als verplaatsingsnelheid en tijd. Dit gebeurt op een passieve manier, d.w.z. dat door de gebruikers geen signalen worden uitgezonden. De volledige satellietenconstellatie bestaat uit 24 stuks, plus momenteel (november 2001), vier reservesatellieten, verdeeld over zes omloopbanen, op een hoogte van 20.200 km. De spreiding van de kunstmanen is dusdanig gekozen dat de bedekking van het aardoppervlak optimaal is.



Figuur 1 : insnijding in de ruimte

Werkingsprincipe

Het werkingsprincipe van GPS is vrij eenvoudig. Elk van de 26 satellieten zendt een radiosignaal uit, bestaande uit twee pseudo-willekeurige codes, de C/A-code (Coarse Acquisition code), en de P-code (Precision code), plus een informatiecode. Deze laatste bevat alle

inlichtingen betreffende de toestand van de satellieten (positie, bruikbaarheid, klokparameters, enz...). De pseudo-willekeurige codes laten toe onmiddellijk de afstand tussen de satelliet en de GPS ontvanger te berekenen. Het navigatietoestel bevindt zich eigenlijk op het snijpunt van verschillende bollen, elk met als middelpunt de satellieten « in zicht », en elk met als straal de berekende afstand. Dit noemt men een insnijding in de ruimte (zie figuur 1).

Vier satellieten nodig voor een positiebepaling

Omdat de klok van de ontvanger perfect moet gesynchroniseerd zijn met de referentie GPS-tijd, is het tegelijk waarnemen van vier satellieten een minimum om een driedimensionale plaatsbepaling te doen. Indien, om één of andere reden, het aantal satellieten terugvalt tot drie, zal de ontvanger de laatst berekende hoogtewaarde vasthouden, en slechts een positiebepaling doen in het vlak (x en y). Met minder dan drie satellieten wordt elke berekening onmogelijk.

Gedegradeerd maar gratis signaal

De “**Precise Positioning Service**” of **PPS** is beschikbaar via de P-code. Theoretisch is de nauwkeurigheid van de positiebepaling beter dan 10m. Helaas wordt deze P-code gecrypteerd uitgezonden en bijgevolg strikt voorbehouden voor het leger van de VS. De “**Standard Positioning Service**” of **SPS** is voor iedereen beschikbaar via de C/A – code. Deze dienst is bovendien gratis, want de kosten worden gedragen door de Amerikaanse belastingbetalers. Door de beheerders van het systeem werden echter opzettelijke verstoringen aangebracht, waardoor de nauwkeurigheid terugviel tot 100 meter in het vlak en 150 meter voor de hoogte. Deze verstoring, **Selective Availability (SA)** genoemd, werd sedert 2 mei 2000 uitgeschakeld. Bijgevolg is de theoretische nauwkeurigheid van SPS nu 13 meter (95% All-in-view horizontal error – SIS only)[6] voor x en y, en 22 meter voor de hoogte (95% All-in-view vertical error – SIS only)[6]

Coördinaatsprongen mogelijk

De hierboven vermelde nauwkeurigheden zijn geldig bij een goede satellietconstellatie, d.w.z. als de spreiding van de satellieten rondom de gebruiker geometrisch gezien gunstig is. Het verschil tussen de coördinaten bepaald via GPS en de werkelijke waarden is volledig willekeurig maar varieert vrij regelmatig zolang er geen ingrijpende wijziging is in de gebruikte constellatie. Wanneer echter bepaalde satellieten plots wegvallen, bijv. door een obstakel, kunnen er sprongen, aanzienlijke wijzigingen van de coördinaten plaats vinden. Dit wordt dan meestal door het navigatietoestel geïnterpreteerd als een verplaatsing. In dergelijke gevallen krijgt men bijgevolg erg bizarre schommelingen voor de verplaatsingssnelheid. Dit fenomeen verdwijnt zodra de ontvanger terug beroep kan doen op een stabiele constellatie.

De coördinaten

Het GPS systeem geeft aan de gebruiker zijn positie op de aarde aan de hand van coördinaten. Deze kunnen op twee verschillende manieren worden voorgesteld :

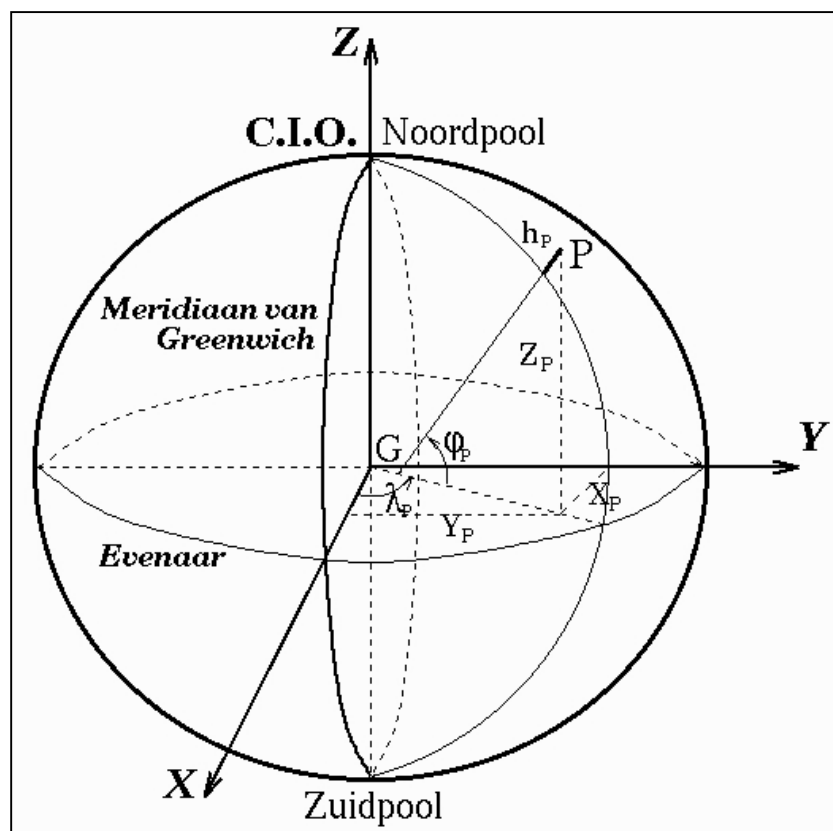
- 1) Geografische coördinaten (beter gekend als breedte en lengte) die onlosmakelijk verbonden zijn met een geodetisch datum. Meer uitleg hierover vindt u in de paragraaf « **Basisbegrippen van de Geodesie** »
- 2) De vlakke of rechthoekige coördinaten die het resultaat zijn van een kaartprojectiesysteem. Hierop wordt dieper ingegaan in de paragraaf « **Basisbegrippen van de Cartografie** ».

1) Basisbegrippen van de Geodesie

Vooraleer we doordringen tot de kern van de zaak, en de diverse manieren bekijken om coördinaten uit te drukken, belichten we eerst de verschillende manieren om de aarde voor te stellen.

De geöïde

Een eerste benadering van de werkelijke vorm van de aarde is de geöïde. Dit is een lichaam gevormd door de aaneenschakeling van alle punten met gelijke zwaartekracht (op het oppervlak ervan is het water in evenwicht). Het oppervlak is heel onregelmatig. Men kan het voorstellen als een denkbeeldig doortrekken van de oceaanooppervlakken onder de continenten. Dit oppervlak, gedefinieerd door ingewikkelde wiskundige formules is helemaal niet praktisch, en wordt enkel aangewend voor bepaalde wetenschappelijke toepassingen. Voor cartografie en positiebepaling doen we een beroep om een eenvoudiger voorstelling van de aarde, namelijk de omwentelingsellipsoïde.



Figuur 2 : het referentiesysteem WGS84

De omwentelingsellipsoïde

Ruwweg kunnen we stellen dat dit een bol is, lichtjes afgeplat aan de polen. Er werden in de loop der tijden heel wat ellipsoïdes berekend, elk met hun eigen schaal en afplatting, om telkens per continent, of een deel ervan, zo nauw mogelijk aan te sluiten bij de werkelijke vorm van de aarde. De definitie van een **geodetisch datum** omvat vooreerst de keuze van één bepaalde ellipsoïde, maar ook de vastlegging ervan in een fundamenteel punt (in functie van de zwaartekracht), en een astronomische oriëntatie. De voorwaarde om lokaal een ellipsoïde zo goed mogelijk te laten aansluiten op het reële aardoppervlak, heeft als gevolg dat het centrum van de ellipsoïde niet samenvalt met het massacentrum van de aarde.

In het geval van GPS daarentegen, zijn de satellieten dynamisch beïnvloed door het massacentrum van de aarde. Het is dan ook logisch dat het bijhorende referentiesysteem, **WGS84 (World Geodetic System 1984)** geocentrisch is (zie figuur 2).

De geografische coördinaten

De positie van een punt op een ellipsoïde kan uitgedrukt worden door zijn **lengte en breedte**, respectievelijk voorgesteld door de Griekse letters λ en φ . Op de figuur 2 kunnen we zien dat de oosterlengte gelijk is aan de hoek λ_p , in het vlak van de evenaar, tussen de referentiemeridiaan (meestal Greenwich) en de meridiaan door het punt P. De lengte is dus een hoek tussen de 0° en de 180° ten oosten of ten westen van de referentiemeridiaan. De breedte φ_p is de hoek tussen het evenaarvlak en de loodlijn op de ellipsoïde door het punt P. Deze hoek heeft een waarde van 0° tot 90° ten noorden of ten zuiden van de evenaar. Langs een meridiaan blijft de booglengte beschreven door een hoek van $1''$ relatief constant (ongeveer 30 meter); dit geldt echter niet langs een breedtecirkel. Aan de evenaar komt $1''$ overeen met ongeveer 30 meter, maar de booglengte wordt kleiner naarmate de breedte toeneemt, om uiteindelijk nul te worden aan de polen. In België komt een booglengte van $1''$ overeen met ongeveer 20 meter.

Geocentrische cartesiaanse coördinaten

Uit figuur nr. 2 blijkt dat de positie van een punt P niet alleen door een stel geografische coördinaten (φ_p , λ_p en h_p), maar ook door een stel geocentrische cartesiaanse coördinaten X_p , Y_p en Z_p kan worden weergegeven. Deze laatste vermelden we enkel omwille van de volledigheid, aangezien zij weinig toegepast worden en onpraktisch zijn in het gebruik. In het cartesiaanse systeem zijn de verschillen in coördinaten tussen twee punten niet echt sprekend voor het werkelijke verschil in breedte en lengte.

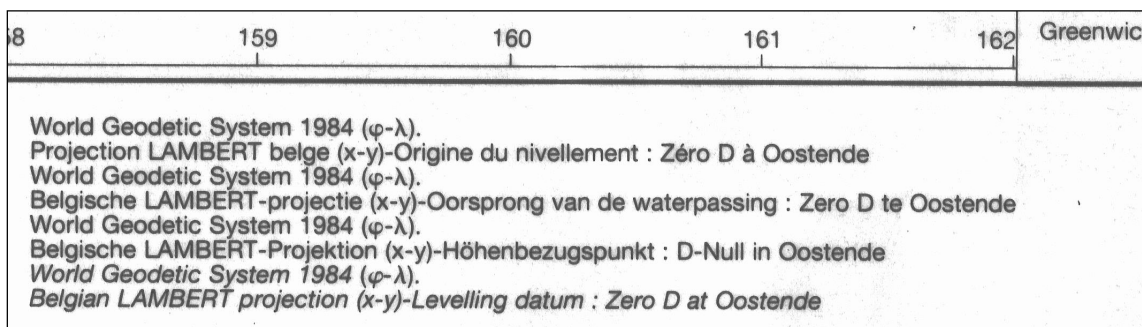
Belang van de keuze van een geodetisch datum

Geografische coördinaten zijn onlosmakelijk verbonden met een ellipsoïde en het gekozen geodetisch datum. Het gebruik van het juiste geodetisch datum is dus essentieel voor het correcte gebruik van geografische coördinaten. Ter verduidelijking: identieke waarden voor lengte en breedte slaan op verschillende punten, telkens als men verandert van datum. Deze punten kunnen zelfs meerdere hectometers van mekaar liggen. De variaties overstijgen dus ruim de nauwkeurigheden gehaald door GPS. Vandaar dat de producenten van navigatietoestellen de gebruiker de keuze laten om het geodetisch datum, gebruikt voor het maken van de kaart, in te stellen. Bijgevolg kunnen deze ontvangers om het even waar ter wereld gebruikt worden.

In België

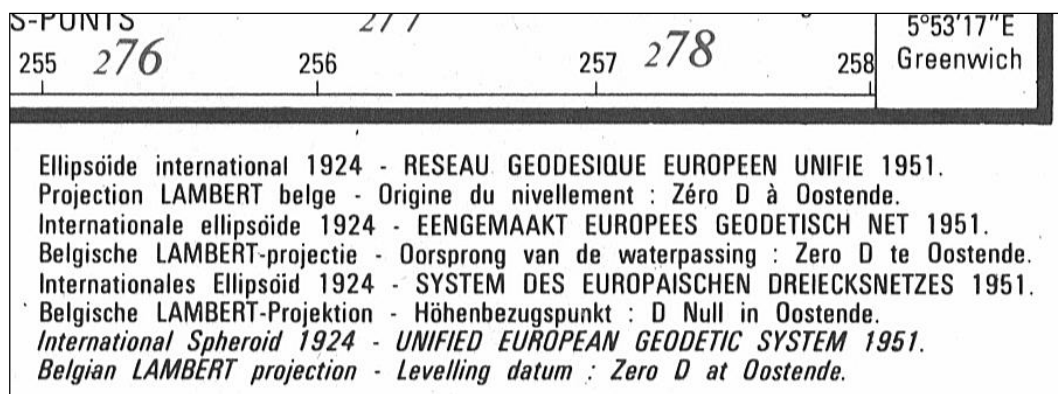
Momenteel zijn er voor de kaarten van het Nationaal Geografisch Instituut twee verschillende geodetische datums in gebruik :

1. Op de numerieke kaarten, schaal 1:50.000, uitgegeven na 1994, en op de kaart schaal 1:250.000 zijn de geografische coördinaten volgens het geodetisch datum WGS84 weergegeven; zijnde ook het datum dat geldt als referentie voor GPS. Op de kaart zelf vindt men de vermelding « World Geodetic System 1984 » (zie figuur 3).



Figuur 3 : vermelding van het geodetisch datum WGS84

2. Op alle andere kaarten uitgegeven door het NGI worden de geografische coördinaten volgens het **European Datum 1950** of **ED50** gedrukt. De vermelding op de kaart is in dit geval : «EENGEMAAKT EUROPEES GEODETISCH NET 1951» (zie figuur 4). Het betreft een geodetisch datum dat gemeenschappelijk is voor gans West-Europa, in het leven geroepen op vraag van de VS nadat men tijdens de tweede wereldoorlog heel wat moeilijkheden ondervond op cartografisch vlak, vermits ieder land naar een ander datum verwees. De karakteristieken van dit datum zijn het gebruik van de *internationale ellipsoïde* (ook Hayford 1924 genoemd) en het fundamenteel punt dat zich te *Postdam* in Duitsland bevindt. Op het merendeel van de officiële kaarten van de verschillende landen van West-Europa worden de geografische coördinaten steunend op dit datum vermeld.



Figuur 4 : vermelding van het geodetisch datum ED50

Hoe dan ook wordt, op alle kaarten van het Nationaal Geografisch Instituut, en op de meeste van de buitenlandse officiële kaarten, aan de rand melding gemaakt van het gebruikte geodetisch datum (zie de voorbeelden in figuren 3 en 4).

2) Basisbegrippen van de cartografie

De voorstelling van het aardoppervlak op een kaart stelt een probleem, want het oppervlak van een omwentelingsellipsoïde herleiden naar een plat vlak kan niet zonder vervormingen gebeuren. Er bestaan 3 oppervlakken die kunnen ontwikkeld worden naar een plat vlak zonder vervormingen : het vlak zelf natuurlijk, maar ook de kegel en de cilinder. Het zijn dan ook deze drie oppervlakken die aangewend worden om de aarde, of een deel ervan voor te stellen door middel van een **projectiesysteem**. De vervormingen, onvermijdelijk bij een projectie, zijn minimaal in de buurt van de contactzones tussen de ellipsoïde en het projectieoppervlak. De cilinder of de kegel worden gebruikt op deze contactzone te vergroten.

De vlakke coördinaten

De vlakke coördinaten, ook rechthoekige coördinaten genoemd, verwijzen naar twee assen die loodrecht op elkaar staan, en die zich in het projectievlak bevinden. Ze zijn dus onlosmakelijk verbonden met het projectiesysteem. Theoretisch valt het snijpunt van het assenstelsel, de oorsprong, samen met het fundamenteel punt. In dit punt valt de as die de richting van het noorden volgt, samen met de centrale meridiaan. Hier valt dus het kaartnoorden samen met het geografisch noorden (geografisch noorden zijnde het snijpunt van het aardoppervlak met de rotatieas van de aarde; \neq het magnetisch noorden). Om negatieve coördinaten te vermijden wordt de oorsprong van het assenstelsel verschoven tot buiten het te karteren gebied (valse oorsprong).

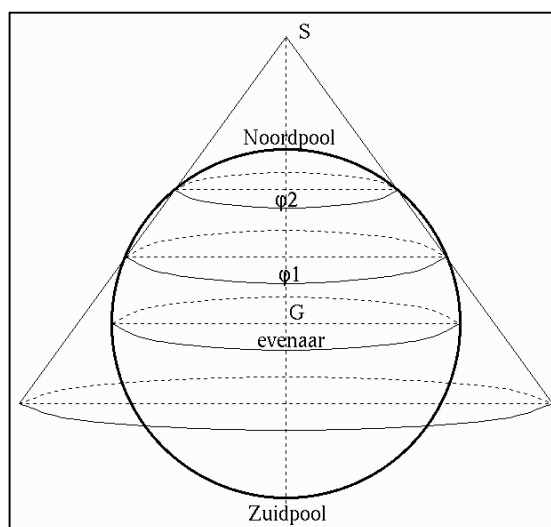
Zoals reeds vermeld, brengt een cartografische projectie vervormingen teweeg tussen de realiteit en zijn voorstelling op kaart. Dit uit zich o.a. in de meridiaanconvergentie : het kaartnoorden in een punt is steeds een evenwijdige aan de Y-as, hoe verder men zich verwijderd van de centrale meridiaan, hoe groter de hoek wordt tussen het kaartnoorden en het geografisch noorden (richting van de plaatselijke meridiaan). Dit verklaart het ongelijk verloop tussen de aanzetstreepjes (aan de rand van de kaart) van de vlakke coördinaten t.o.v. die van de geografische coördinaten.

Vlakke coördinaten in België

In België worden er op de kaarten van het Nationaal Geografisch Instituut vlakke coördinaten van twee verschillende projectiesystemen weergegeven.

A) Lambert 72

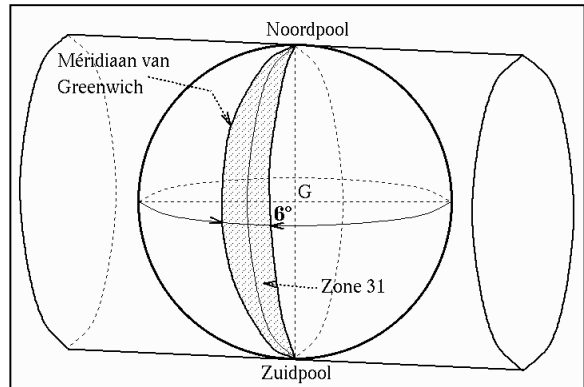
Het projectiesysteem waarop de kaarten van het NGI gebaseerd zijn is de conforme (hoekgetrouwe) conische Lambertprojectie, vertrekkende van het geodetisch datum **Belgian datum 1972 (BD72)**. Net zoals ED50 maakt BD72 ook gebruik van de internationale ellipsoïde, maar het fundamenteel punt is nu in Ukkel gesitueerd (in de Koninklijke Sterrenwacht). Deze projectie leidt tot de rechthoekige coördinaten **Lambert72**, voorgesteld door de letters x en y. De oorsprong van het assenstelsel is verschoven, namelijk 150 km ten westen van de centrale meridiaan (door Ukkel), en 5400 km ten zuiden van de top van de kegel, om negatieve coördinaten op het Belgische grondgebied te vermijden. In het conforme Lambert72 systeem is er geen vervorming van de hoeken, en de maximale correctie op de afstanden bedraagt 9 cm per km, wat dus onbeduidend is op schaal van de kaart.



Figuur 5 : kegelprojectie

B) De Universal Transverse Mercator (UTM) projectie

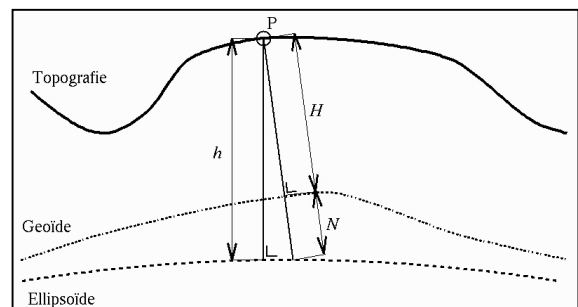
Dit is een cilindrische projectie die op het ganse aardoppervlak begrepen tussen 84°N en 80°Z kan toegepast worden. De as van de cilinder staat loodrecht op de aardrotatieas, vandaar de benaming « transvers ». De contactzone van de cilinder en de ellipsoïde is de meridiaan. Naarmate men zich van de meridiaan verwijderd, worden de vervormingen groter. Daarom wordt de in kaart gebrachte zone beperkt tot een strook met een breedte van 6°. Om de ganse aarde in kaart te brengen heeft men dus 60 zones (genummerd van 1 tot 60) nodig. België bevindt zich nagenoeg volledig in de zone **UTM 31**, die zich uitstrekt van de meridiaan van Greenwich tot 6° OL. Enkel de oostkantons bevinden zich in zone **UTM 32**. Het overgangsgebied tussen twee zones wordt, voor een strook van 30' langs beide zijden van de overgangsmeridiaan, overlappend in beide zones gekarteerd (in België van 5°30' O tot 6°30' O).



Figuur 6 : UTM projectie

3) Het probleem van de GPS hoogte

Zoals eerder vermeld bepaalt het GPS navigatietoestel driedimensionale coördinaten binnen het referentiesysteem WGS84. De bekomen hoogte is dus de hoogte boven de WGS84 ellipsoïde (h in fig. 7). De hoogte vermeld op de kaarten is echter de orthometrische hoogte (H in fig. 7), m.a.w. de hoogte boven de geoïde of het waterpassingsnulpel (in België komt dit overeen met het gemiddeld laagwaterpeil te Oostende). De ellipsoïde WGS 84 bevindt zich (in België) lager dan de geoïde, variërend van ≈ 42 m aan de kust, tot ≈ 45 m in het zuidoosten van het land. Dit verschil, geoïdale hoogte genoemd (N in fig. 7), komt dus boven op de fout die men hoe dan ook maakt tijdens de GPS-hoogtebepaling (≈ 150 m met de SPS). Hoogteverschillen tot 200 meter t.o.v. de kaart zijn dus best mogelijk. Indien de gebruiker belang hecht aan de hoogte, is het dus aangewezen een hoogtemeter naast de GPS ontvanger te gebruiken.



Figuur 7 : geoïdale hoogte

Initialisatie van de GPS ontvanger

Opstarten van het navigatietoestel

Door het invoeren van lokale coördinaten, bij benadering gekend, zal het toestel vlugger opstarten doordat het contact met de beschikbare satellieten vlotter tot stand komt. Naargelang het gebruikte toestel zal de manier om dit in te voeren verschillend zijn (plaats op de kaart, keuze van een land binnen een menu, ...). We verwijzen hiervoor naar de handleiding van de ontvanger.

Instellen van de lokale tijd

GPS werkt met een eigen tijdsreferentie, de GPS tijd. Het verschil tussen GPS tijd en UT (Universal Time) is perfect gekend en maakt deel uit van het ontvangen signaal. UT is de basisinstelling van de navigatietoestellen. Om praktische redenen is het wenselijk om dit aan te passen naar lokale tijd. In België betekent dit een correctie van « + 1 uur » tijdens de winter, en « + 2 uur » tijdens de periode van de zomertijd.

Voorstelling van de coördinaten

De basisinstelling is hiervoor lengte en breedte volgens het WGS84 systeem. De fabrikanten hebben echter de mogelijkheid voorzien om een keuze te maken uit diverse geodetische datums, en verschillende systemen van vlakke coördinaten, aangegeven met de term « **grid** » (engels woord voor ruitennet). Deze opties laten toe uw ontvanger vlot te kunnen gebruiken in combinatie met de kaarten van bijna alle landen. Bij de initialisatie van de ontvanger zal men dus zeker aandacht moeten besteden aan de punten hieronder in detail beschreven, namelijk de keuze van het geodetisch datum en het projectiesysteem.

Te volgen stappen :

a) Keuze van het geodetisch datum

In functie van het land, en dus de kaarten die men wenst te gebruiken, kiest men het geodetisch datum overeenstemmend met de coördinaten van de kaart. Het gebruikte geodetisch datum moet, in principe, steeds op de kaart vermeld zijn. De keuze van het datum gebeurt via “**setup**” (= initialisatiemenu) van het navigatietoestel. Meestal wordt de te kiezen optie “**Map Datum**” genoemd. De ingebouwde lijst van keuzemogelijkheden is vrij uitgebreid; afhankelijk van het merk of type toestel kan men kiezen uit een reeks van 70 tot 100 datums.

b) Keuze van de coördinaten

Eenmaal het geodetisch datum is ingesteld, kan de gebruiker nog kiezen welke coördinaten uiteindelijk op het scherm verschijnen : de geografische of de vlakke coördinaten.

Kiest men voor geografische coördinaten, dan moet enkel nog de manier van voorstellen ingesteld worden : hetzij decimale graden, hetzij graden en decimale minuten, hetzij graden minuten en seconden. Het ligt voor de hand dezelfde notatie als die op de kaart te kiezen.

Kiest men voor vlakke coördinaten, dan moet men uiteraard opteren voor het projectiesysteem van de gebruikte kaart. Maar hiervoor zijn de keuzemogelijkheden binnen het toestel veel beperkter (zelden meer dan een tiental systemen). Komt het gewenste projectiesysteem niet in de lijst voor, dan is het misschien mogelijk het zelf toe te voegen. Dit is echter lang niet voor alle GPS ontvangers, momenteel op de markt, het geval. Het instellen van het projectiesysteem of “grid” gebeurt ook via het menu “**setup**” van het toestel. Er worden echter, variërend van merk tot merk, verschillende termen gehanteerd, bijvoorbeeld “**Coord system**” bij *Magellan* of “**Position frmt**” bij *Garmin*.

In België

De coördinaten op de kaart

De aanzetstreepjes van de geografische coördinaten, en van de vlakke coördinaten Lambert 72 zijn op alle kaarten, uitgegeven door het NGI, aanwezig.

De aanwezigheid van het UTM ruitennet hangt af van de schaal en de editie van de kaart :

- Wordt nooit vermeld op de kaarten op schaal 1/10.000, 1/100.000 en 1/250.000.
- Voor de niet numerieke kaarten op schalen 1/25.000 en 1/50.000 waren er tot voor een paar jaar twee versies, één met en één zonder UTM ruitennet. Momenteel zijn nog een aantal dergelijke kaarten beschikbaar ; bij de aankoop ervan kan men dus de keuze maken.
- Op alle recente numerieke kaarten op schalen 1/20.000 en 1/50.000 is het UTM ruitennet altijd aanwezig.

Indien aanwezig, wordt UTM via overdruk met een volledig ruitennet op de kaart aangebracht. Met mazen van 1km x 1km voor de schalen 1/20.000 (numeriek), 1/25.000 en 1/50.000 (oude uitgave). Met mazen van 2km x 2km op schaal 1/50.000 (numeriek). Uiteindelijk heeft de gebruiker van onze kaarten dus de keuze tussen drie coördinaatsystemen.

We merken hierbij nog op dat de geografische en UTM coördinaten steeds gebaseerd zijn op hetzelfde geodetisch datum (ED50 of WGS84) , terwijl Lambert 72 steunt op een eigen Belgisch datum.

I) Coördinaten Lambert 72

Alle kaarten van het NGI zijn gebaseerd op de **Lambert 72 projectie**. De aanzetstreepjes van de hectometers worden steeds in de rand van de kaart vermeld. Helaas behoort, voor zover wij weten, noch de projectie Lambert 72, noch het eraan verbonden datum (BD72), tot de keuzemogelijkheden van om het even welke GPS ontvanger. Maar bepaalde navigatietoestellen bieden echter wel de mogelijkheid om zowel een specifiek geodetisch datum, als een eraan verbonden projectiesysteem, via het invoeren van de nodige parameters, in het geheugen van het toestel op te slaan. Opgelet ! De enige manier om Lambert 72 correct te programmeren, is via de optie « **Lambert projection with two standard parallels** » Als men in Lambert 72 wil werken, moet men onderstaande instructies volgen :

Programmeren van het geodetisch datum en het projectiesysteem:

Er zijn verschillende manieren om de Belgische Lambertprojectie te programmeren. De keuze zal functie zijn van het gebruikte toestel :

1. De **Helmert transformatie met 7 parameters** wordt meestal gebruikt in geodetische software, maar kan ook perfect aangewend worden bij ontvangers die de invoer van een correctiesignaal **DGPS** (Differential GPS) toelaten. Deze 7 parameters bepalen de translatie (verschuiving) tussen de middelpunten van de twee ellipsoïden (3 parameters : dx , dy et dz), de rotatie (draaiing) voor elk van de drie assen (rx , ry et rz) en een schaalverandering (k). De 7 parameters worden gebruikt om over te gaan van WGS84 naar BD72. Daarnaast moet men ook nog de kenmerken van de ellipsoïde opgeven. Voor België (BD72) is dit de **Internationale ellipsoïde (Hayford 24)**. Bij sommige toestellen volstaat het de naam op te geven, bij andere moeten de kenmerken da en df (beschreven in de transformatie van Molodensky) worden ingebracht. De waarden voor deze parameters vindt u in het schema (bijlage 2) onder **optie 1**.
2. Het merendeel van de navigatietoestellen gebruiken de **transformatie van Molodensky met 5 parameters**. De fout op de coördinaten, voortvloeiend uit deze projectie is weliswaar groter dan bij de Helmert transformatie, maar toch erg klein in vergelijking met de fout op het de GPS positiebepaling zelf. De 3 parameters dX , dY et dZ bepalen de translatie tussen de twee middelpunten van de ellipsoïden. De parameter da is het verschil tussen de twee halve grote assen, en df geeft het verschil van afplating weer. Bij de transformaties die we

hier behandelen variëren deze twee laatstgenoemde parameters niet, omdat het om steeds dezelfde ellipsoïden gaat. Voor de 3 translatieparameters moeten we echter rekening houden met een speciale situatie. Omwille van een paar speciale kenmerken van de Lambert72 projectie (gedetailleerde uitleg valt buiten het bestek van dit artikel), is het soms beter de waarden voor de oudere Lambert50 projectie te kiezen. Deze keuze voor de elementen van de conische Lambert projectie moet gebeuren in het menu « coordinate setup », en verloopt volgens één van de onderstaande procedures :

- (a) Indien de top van de kegel beschouwd wordt als de oorsprong van het systeem, dan wordt voor « origin of latitude » de waarde 90° aanvaardt. In dit geval moet men de 5 parameters voor het datum BD72 invoeren, samen met de elementen van de Lambert72 projectie. De waarden voor deze parameters vindt u onder **punt 2** van het schema op bijlage 2
- (b) Indien het fundamenteel punt als oorsprong voor de projectie wordt beschouwd, wordt de waarde 90° niet aanvaardt voor « origine of latitude » (bijv. voor de *Magellan* toestellen). In dit geval moet men de 5 parameters voor het datum BD50 invoeren, samen met de elementen van de Lambert50 projectie. De waarden voor deze parameters vindt u onder **punt 3** van het schema op bijlage 2. Ook hier is de bijkomende fout vrij klein vergeleken met de fout van de navigatie zelf.

II) Geografische en UTM coördinaten

a) Keuze van het geodetisch datum :

Indien de gebruiker geografische, of UTM coördinaten wil gebruiken, dan is het datum gemeenschappelijk. In functie van de aanduiding op de gebruikte kaart, zal men voor het datum de keuze maken uit :

- **WGS 84** : voor de numerieke kaarten schaal 1/50.000, uitgegeven na 1994.
- **ED 50** : voor alle andere kaarten (ED 50 staat aangegeven met **European 1950** of **European Datum 1950**).

WGS84 is het systeem dat door GPS zelf gebruikt wordt, en ED50 wordt in Europa vrij veel toegepast. Deze twee datums vormen dan ook geen probleem, aangezien bijna elke fabrikant ze opgenomen heeft in de ingebouwde keuzelijst.

b) Keuze van het ruitennet :

1) *Geografische coördinaten :*

In dit geval volstaat het te opteren voor een formaat voor de hoeken, dat identiek is aan dat van de kaart. Op de kaarten van het NGI zijn de aanzetstreepjes om de $30''$ in de rand weergegeven, maar het aflezen wordt bemoeilijkt doordat enerzijds de mazen vrij groot zijn en niet evenwijdig met de assen van de kaart, en anderzijds een zelfde afstand op kaart zich niet vertaalt in een zelfde waarde voor lengte en breedte (ter herinnering : op onze breedtegraad komt $1''$ in lengte overeen met $\pm 20m$, en in breedte met $\pm 30m$).

Gezien deze handicaps zal voor deze instelling enkel gekozen worden als het toestel niet toelaat om met Lambert72 of UTM te werken.

2) *De vlakke UTM coördinaten:*

Bij de meeste ontvangers behoort het UTM ruitennet tot de basiskeuze onder de benaming “**UTM**” of nog “**UTM/UPS**”. Bovendien is het, gebaseerd op het datum ED50, aanwezig op tal van kaarten in diverse Europese landen. Daarnaast wordt het gebruik ervan gemakkelijker gemaakt doordat het op de Belgische kaarten via een transparante overdruk op de kaarten aanwezig is (zie bijlage 1 : voorbeelden van het ruitennet op verschillende schalen).

Bijkomende inlichtingen

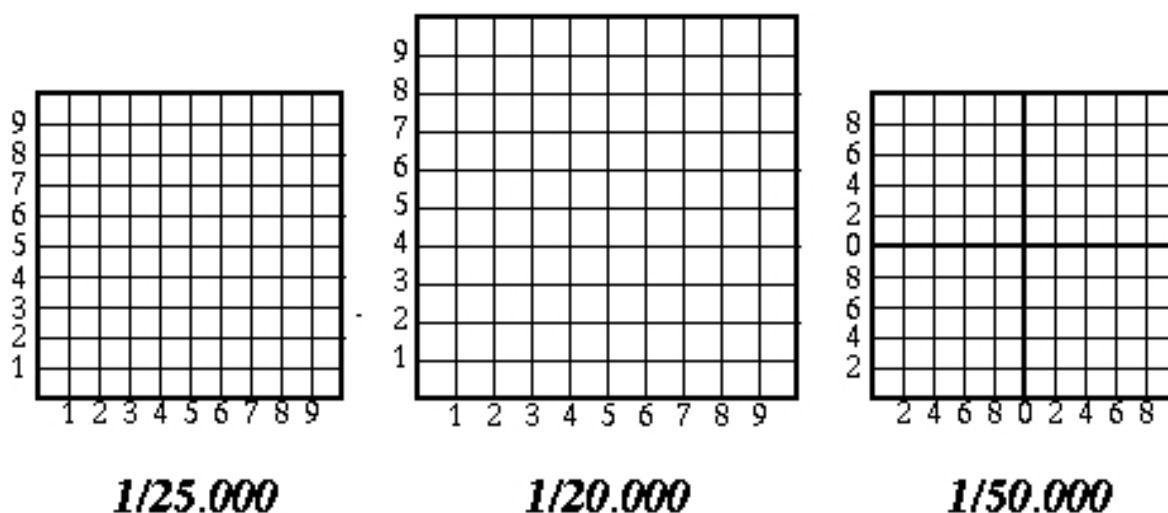
Voor verdere informatie betreffende dit onderwerp, of een kopie van dit artikel, kunt u terecht bij Jean-Pierre Beeckman of Pierre Voet :

Nationaal Geografisch Instituut
Directie van de Geodesie – GTLA
13, Abdij ter Kameren
1000 Brussel
Tél. : 02/629.84.32 of 31
Fax. : 02/629.84.50
E-mail : jpb@ngi.be of pvo@ngi.be

Bibliografie

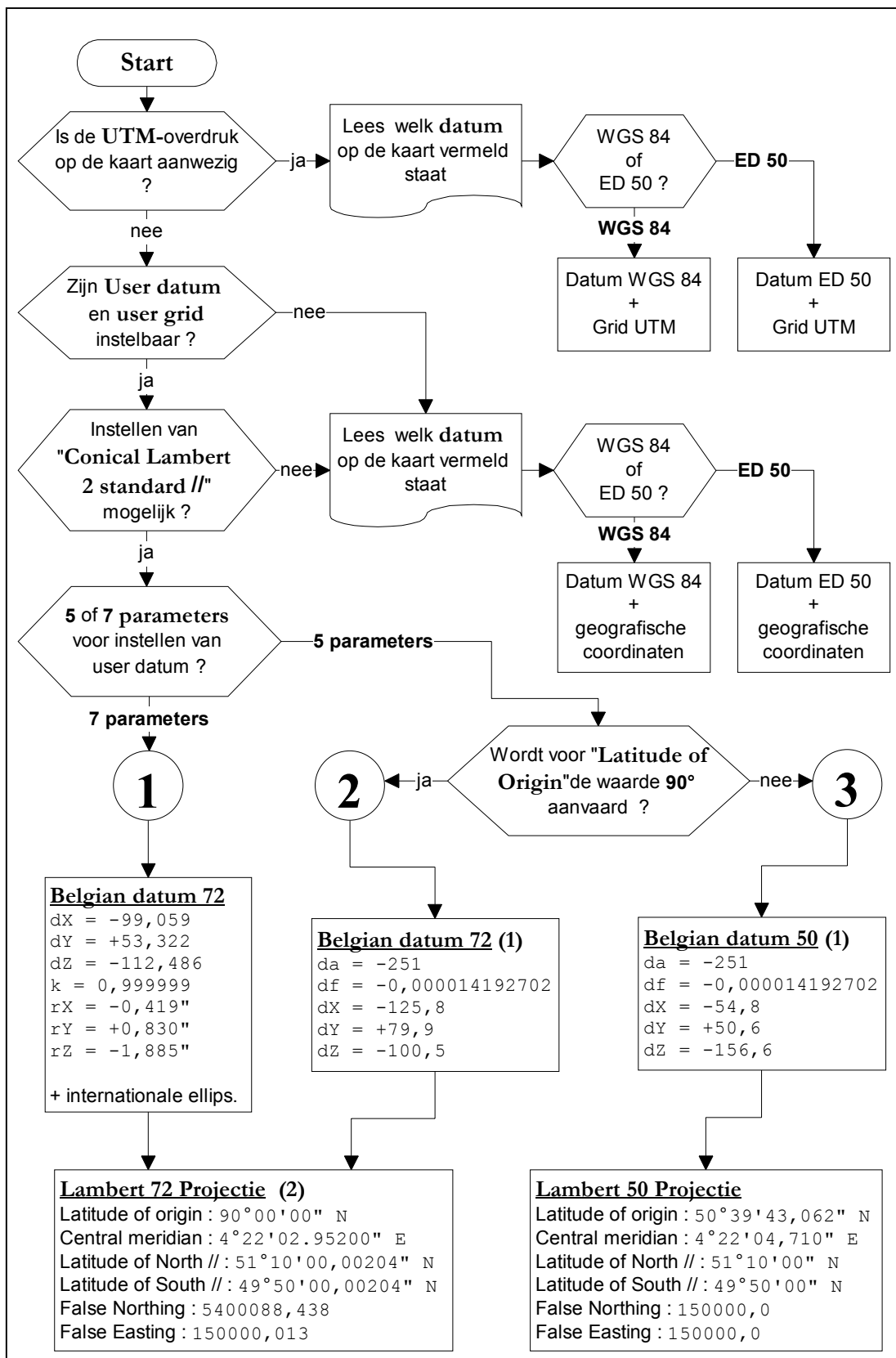
- [1] Beeckman Jean-Pierre, *Het "Global Positioning System"*, Brussel, NGI-B, 1995, 40 blz.
- [2] NGI (Vormingscentrum), *Referentiesystemen en transformatieformules in gebruik in België*, Brussel, NGI-B, 1989, 48 blz.
- [3] Jouret Bernard, *De projecties : systemen van voorstelling van de ellipsoïde en de bol*, Brussel, NGI-B, 1995, 59 blz.
- [4] Prils Herman, *Geodetisch referentiesystemen, datums en kaartvoorstellingen*, Brussel, NGI-B, 75 blz.
- [5] Van Den Herrewegen Marc, *La Topographie*, Bruxelles, Université Libre de Bruxelles, 1995-1996, 153blz.
- [6] Assistant Secretary of Defense, *Global positioning system standard positioning service performance standard*, October 2001, 66p – document beschikbaar op URL <http://www.navcen.uscg.gov/gps/geninfo/2001SPSPPerformanceStandardFINAL.pdf>

Bijlage 1 : Voorbeelden van het UTM ruitennet op verschillende schalen.



Figuur 8 : UTM ruitennet

Bijlage 2 : schema voor het instellen van GPS navigatietoestellen bij gebruik in België.



(1) Parameters berekend door JP Mouton, Ing., diensthoofd van de Geodetische documentatie van het NGL.

(2) Berekend door J. Van Craenenbroek, GPS Product Manager bij Van Hopplynus Instruments N.V., en gepubliceerd in maart 1994 onder de titel « Formulation simplifiée de la représentation cartographique de Lambert en usage en Belgique par l'utilisation d'un nouveau méridien central ».

Nationaal Geografisch Instituut

Abdij ter Kameren 13

1000 BRUSSEL

tel: + 32 2 629 82 82

Fax : + 32 2 629 82 83

email: sales@ngi.be

http ://www.ngi.be