



© Jens KRÜGER

Principes élémentaires de navigation

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Avant de débiter le cours ...



Merci !

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Présentation du cours



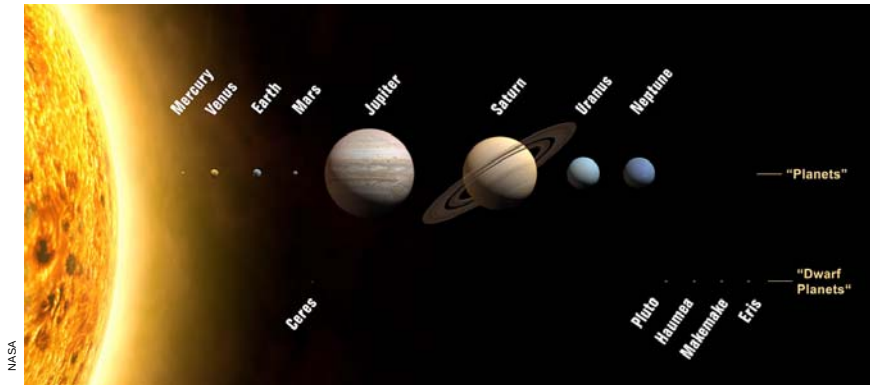
- Introduction.
- La Terre.
- Les données de navigation.
- Orthodromie et loxodromie.
- La radionavigation.
- La navigation verticale.
- Les cartes.
- Conclusions.

Introduction



- Depuis que l'homme existe, il a cherché à se situer.
- Pour atteindre cet objectif, il a dû découvrir son environnement : sa région, son continent, la Terre, le système solaire, les galaxies et encore au-delà.
- Le fait de se rendre d'un point à un autre s'appelle la navigation.
- Il existe donc la navigation terrestre, maritime, aérienne et spatiale.

La Terre



- La Terre est une des huit planètes constituant le système solaire.
- Il existe d'autres planètes appelées « planètes naines ».

La Terre

- Le système solaire fait lui-même partie d'une galaxie appelée « Voie Lactée ».
- Grâce au télescope Hubble, nous avons pu découvrir d'autres galaxies de différentes formes.

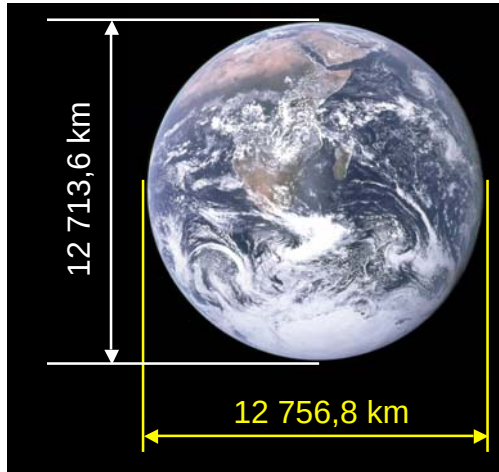


La Terre

Caractéristiques de la planète Terre

- La Terre est généralement considérée comme une sphère.
- En réalité, la Terre est un géoïde : elle est légèrement aplatie aux pôles.
- Facteur d'aplatissement :

$$\frac{12\,756,8\text{ km} - 12\,713,6\text{ km}}{12\,756,8\text{ km}} = 0,0034, \text{ soit environ } 1/300$$



La Terre

Caractéristiques de la planète Terre

- Calculons le diamètre moyen de la Terre :



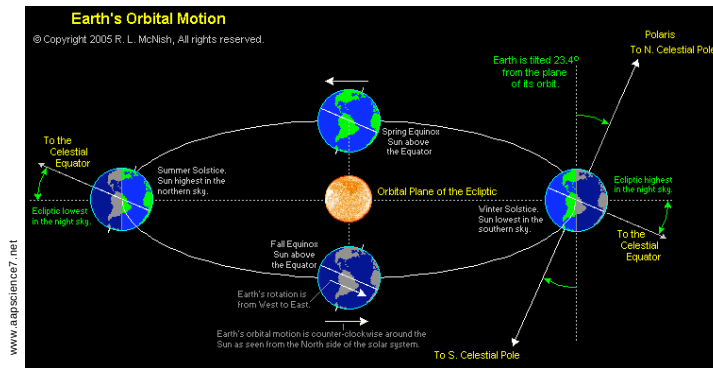
$$\frac{12\,756,8\text{ km} + 12\,713,6\text{ km}}{2} = 12\,735,2\text{ km}$$

- Rayon moyen : 6 367,6 km.
- Circonférence moyenne : 40 008,8 km.
- Pour le reste de l'exposé, nous retiendrons que la Terre est une sphère parfaite, sauf indications contraires.

La Terre

Mouvements de la Terre

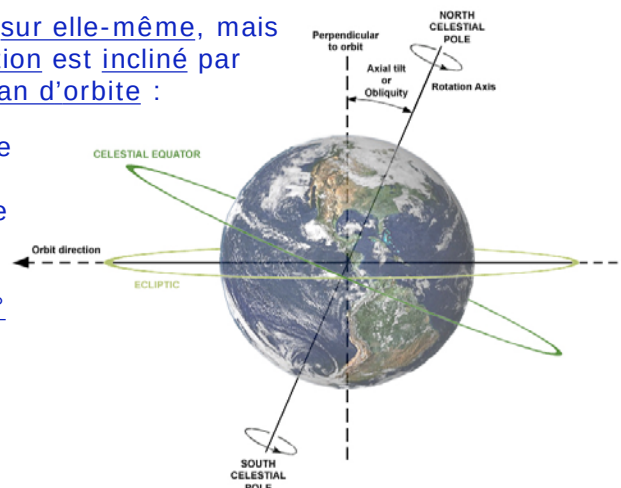
- La Terre tourne autour du Soleil suivant une orbite elliptique :



La Terre

Mouvements de la Terre

- La Terre tourne sur elle-même, mais son axe de rotation est incliné par rapport à son plan d'orbite :
- La Terre effectue un tour complet en 24 heures, ce qui représente une vitesse angulaire de 15° à l'heure.



La Terre

Mouvements de la Terre

- Pour un observateur situé au-dessus du Pôle Nord, la Terre tourne sur elle-même suivant un mouvement anti-horaire.
- Pour un observateur situé sur la surface de la Terre et regardant en direction du Pôle Nord, les astres se déplacent suivant un mouvement apparent de la droite (Est) vers la gauche (Ouest).



Les données de navigation

Introduction

- Le problème général de la navigation aérienne consiste à déplacer un aéronef d'un point à un autre sur la surface de la Terre.
- Trois paramètres sont à définir :
 - La **position** d'un point (coordonnées terrestres + altitude).
 - La **direction** ou l'**orientation** sur la Terre (angle).
 - La **distance** entre la position actuelle ou de départ et celle de destination ou des points de survol.
- Par ailleurs, il est important de synchroniser la navigation par rapport à une unité de temps.

Les données de navigation

Introduction

- Plusieurs éléments sont à connaître ou à déterminer :

- Le **point de départ**.
- Le **point d'arrivée** (destination).
- Les **points de survol** (*waypoints*).
- Les **routes aériennes** (*airways*).
- Les **zones de contrôle**.
- Les **vitesse**s (air et sol).
- Les **obstacles** et **zones interdites**.
- Etc.

Les données de navigation

Introduction

- Afin d'aider le pilote dans sa tâche, à l'heure actuelle, ce sont les différents systèmes de radionavigation et inertiels qui sont utilisés :

- **Navigation à courte distance** (< 200 NM) : ADF, DME et VOR.
- **Navigation à longue distance** : GNSS et IRS/INS.

- Dans les aéronefs modernes, tous ces systèmes sont devenus des capteurs alimentant en données pertinentes des ordinateurs de bord qui prendront en charge la gestion de la navigation dans son ensemble : **RNAV** (*Area Navigation*) connus aussi sous les noms de **FMS** (*Flight Management Systems*) ou de **NMS** (*Navigation Management Systems*).

Les données de navigation

Les différentes façons de naviguer

- Origine à destination : souvent des vols très courts et VFR.
- Origine, succession de balises, destination : en général pour les vols plus longs.
- Origine, routes aériennes, destination : navigation encadrée par des routes aériennes clairement paramétrées.
- Origine, succession de points de survol, destination : navigation à l'aide de systèmes permettant la création de points de survol fictifs (WPT-Waypoints).
- Toutes combinaisons des précédentes.
- Souvent, la navigation s'effectuera en trois dimensions à chaque instant en intégrant l'altitude (VNAV-Vertical Navigation).

Les données de navigation

Les différentes approches aux aéroports

Approches de non précision :

- Guidage latéral seulement, souvent avec l'ADF.

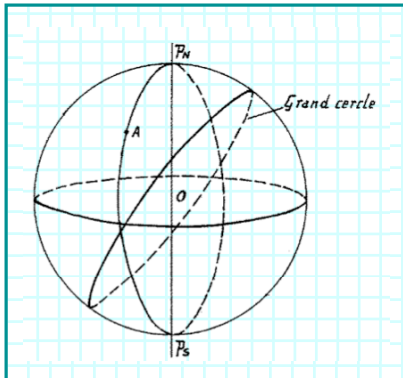
Approches de précision :

- Guidage latéral.
- Guidage sur la pente d'approche.
- Information de distance jusqu'au seuil de piste.
- Hauteur de décision requise.
- ILS (LOC et G/S) et DME, GPS + SBAS ou MLS.

Les données de navigation

Les coordonnées terrestres

• Quelques définitions :



GRAND CERCLE :

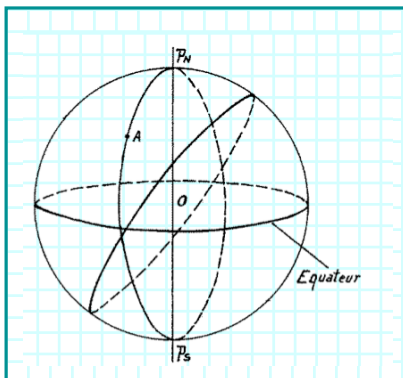
Intersection de la surface de la sphère par un plan passant par son centre. Un grand cercle partage toujours la sphère en deux parties égales.

Exemple : l'**Équateur**

Les données de navigation

Les coordonnées terrestres

• Quelques définitions :



L'ÉQUATEUR :

C'est un grand cercle particulier dont le plan est **perpendiculaire** à la ligne des pôles.

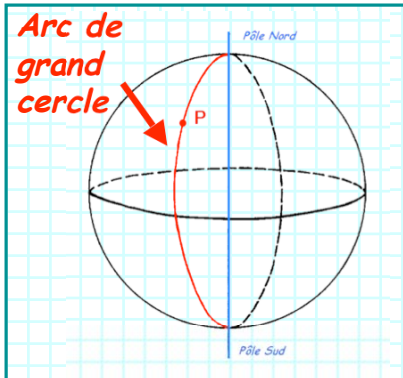
Il partage la Terre en deux **hémisphères** :

- l'Hémisphère Nord ou Boréal
- l'Hémisphère Sud ou Austral

Les données de navigation

Les coordonnées terrestres

- Quelques définitions :



ARC de GRAND CERCLE :

Arc de cercle (entre deux limites) pris sur un grand cercle.

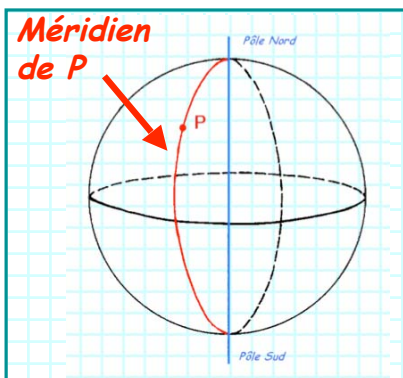
Exemple : un **méridien**.

Un méridien et l'antiméridien correspondant forment un grand cercle.

Les données de navigation

Les coordonnées terrestres

- Quelques définitions :



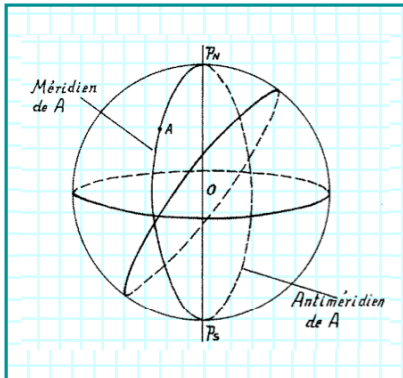
MÉRIDIEN de P :

Le méridien d'un point de la surface de la Terre est le demi grand cercle passant par le point et **s'arrêtant aux pôles**.

Les données de navigation

Les coordonnées terrestres

• Quelques définitions :



ANTIMÉRIDIEN :

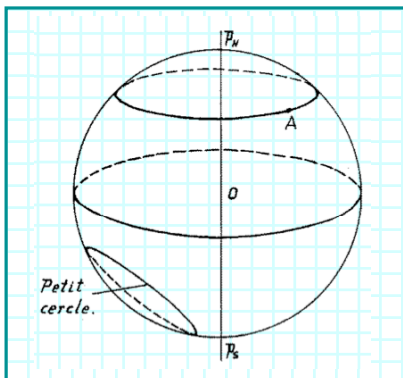
L'antiméridien d'un point de la surface de la Terre est le **demi grand cercle opposé** au méridien de ce point.

C'est en particulier le méridien de l'**antipode** de ce point.

Les données de navigation

Les coordonnées terrestres

• Quelques définitions :



PETIT CERCLE :

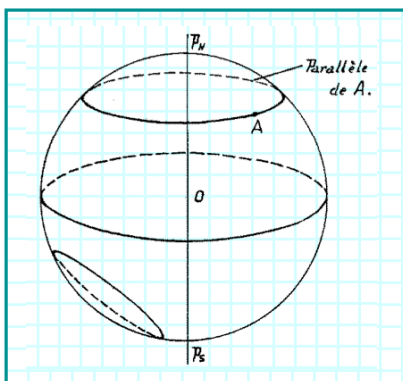
Intersection de la surface de la sphère par un plan ne passant pas par son centre.

Exemple : un **parallèle**.

Les données de navigation

Les coordonnées terrestres

• Quelques définitions :



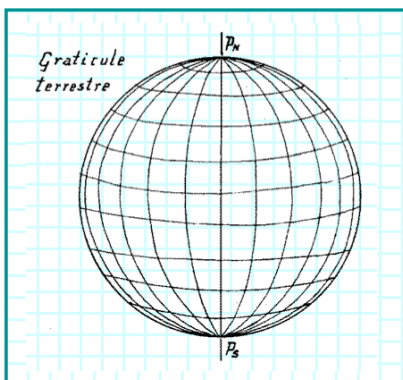
PARALLÈLE :

Petit cercle dont le plan est parallèle à l'Équateur.

Les données de navigation

Les coordonnées terrestres

• Quelques définitions :



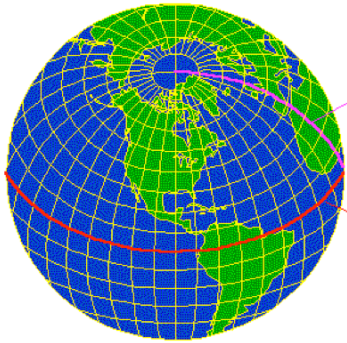
GRATICULE TERRESTRE :

Réseau des méridiens et des parallèles imaginé sur la surface de la sphère terrestre.

Les données de navigation

Les coordonnées terrestres

- Comment définir la position d'un point sur la Terre ?

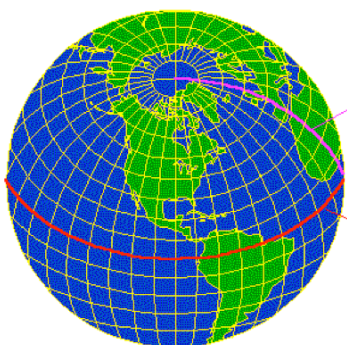


- Déterminer la position d'un point à la surface de la Terre va consister à définir l'intersection d'un méridien avec un parallèle.
- Pour cela, il faut définir un méridien comme référence ainsi qu'un parallèle.

Les données de navigation

Les coordonnées terrestres

- Comment définir la position d'un point sur la Terre ?



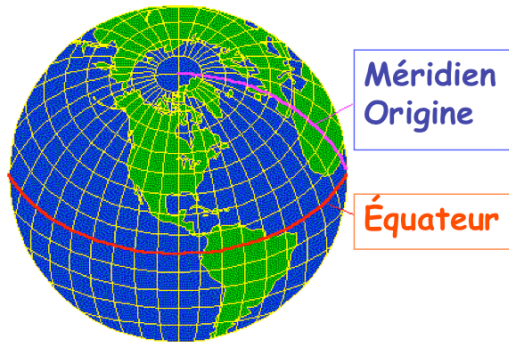
**Méridien
Origine**

- Le méridien de référence est appelé Méridien Origine.
- Il passe par le village anglais de Greenwich.
- À partir de ce méridien origine, on comptera également le temps universel coordonné (UTC).

Les données de navigation

Les coordonnées terrestres

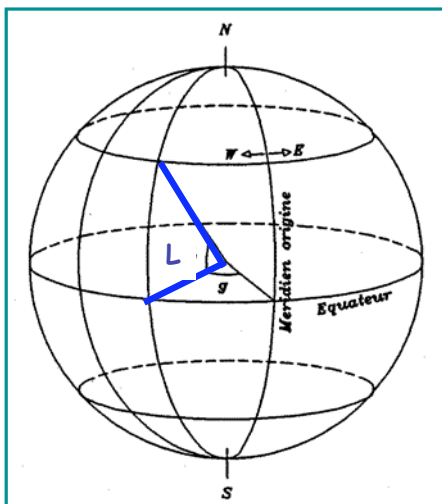
- Comment définir la position d'un point sur la Terre ?



- Le parallèle de référence est l'Équateur.
- Il est à noter que l'Équateur est le seul parallèle qui est aussi un grand cercle.

Les données de navigation

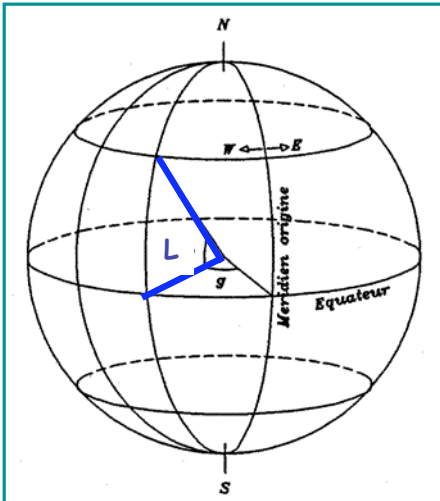
Les coordonnées terrestres



- La latitude (L) :
- La latitude est l'angle que fait le rayon terrestre au point considéré avec le plan de l'Équateur.
- Les latitudes sont comptées de 0° à 90° en précisant « nord » (N, +) ou « sud » (S, -) suivant l'hémisphère du point considéré.

Les données de navigation

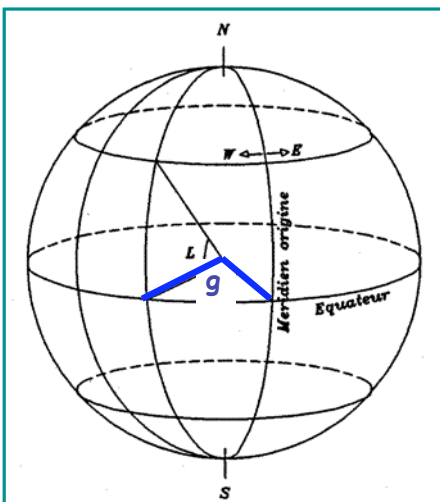
Les coordonnées terrestres



- La latitude (L) :
 - Latitude de l'Équateur : 0° .
 - Latitude du Pôle Nord : 90°N .
 - Latitude du Pôle Sud : 90°S .

Les données de navigation

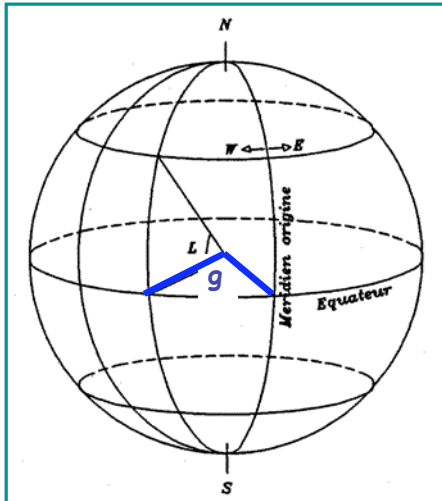
Les coordonnées terrestres



- La longitude (g) :
 - La longitude est l'angle que fait le plan méridien du point considéré avec le plan méridien de Greenwich.
 - Les longitudes sont comptées de 0° à 180° en précisant « est » (E) ou « ouest » (W) par rapport au Méridien de Greenwich.
 - Si le Nord est situé au-dessus, l'Est sera à droite et l'Ouest à gauche.

Les données de navigation

Les coordonnées terrestres

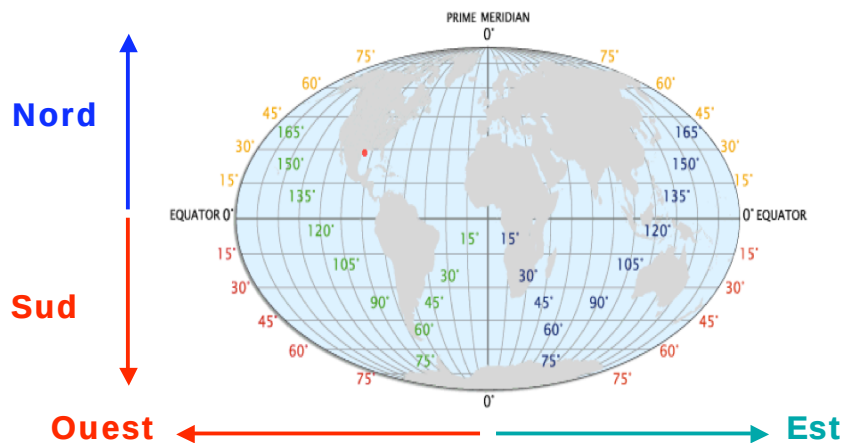


- La longitude (g) :
- Longitude du Méridien de Greenwich : 0° .
- Longitude des pôles : indéterminée.

Les données de navigation

Les coordonnées terrestres

- Les latitudes et longitudes :



Les données de navigation

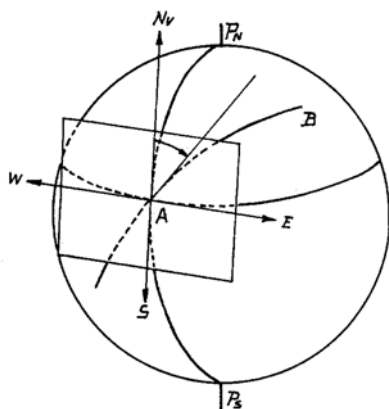
Les coordonnées terrestres

• Exemples :

- La latitude L d'un point situé sur le parallèle $8^{\circ}28'12''$ Nord s'écrira :
« $L = 082812 \text{ N}$ » ou « $L = 0828200 \text{ N}$ ».
- La latitude L d'un point situé sur le parallèle $15^{\circ}04'04''$ Sud s'écrira :
« $L = 150404 \text{ S}$ » ou « $L = 1504067 \text{ S}$ ».
- La longitude g d'un point situé à $120^{\circ}48'55''$ à l'ouest de Greenwich s'écrira :
« $g = 1204855 \text{ W}$ » ou « $g = 12048917 \text{ W}$ ».
- La longitude g d'un point situé à $5^{\circ}28'30''$ à l'est de Greenwich s'écrira :
« $g = 0052830 \text{ E}$ » ou « 00528500 E ».

Les données de navigation

Orientation sur la Terre



- Les tangentes aux méridiens et aux parallèles indiqueront les quatre points cardinaux :

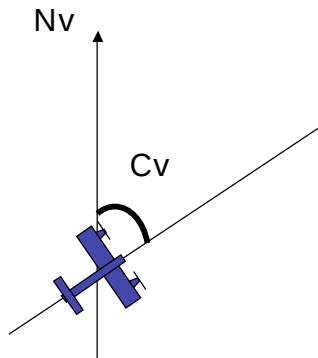
- Nord.
- Sud.
- Est.
- Ouest.

- Il s'agit d'orientation « vraies » car basées sur la direction du nord vrai (Nv).

Les données de navigation

Orientation sur la Terre

- Nous pouvons définir le cap vrai C_v :



- Il s'agit de l'angle entre :
 - Le nord vrai (fixé par la direction du méridien qui passe par l'aéronef).
 - L'axe longitudinal de l'aéronef.
- Le cap est croissant de 0 à 360° dans le sens horaire.
- Le cap est indiqué par trois chiffres.

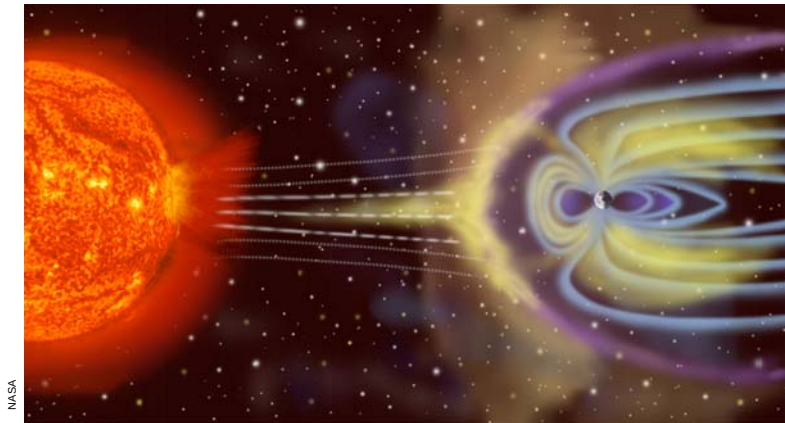
Les données de navigation

Orientation sur la Terre

- Or, depuis de nombreux siècles, l'instrument de base servant à la navigation est la boussole.
- La boussole prend référence sur le nord magnétique.
- La terre est un immense aimant causé probablement par son noyau fer–nickel en fusion.
- Le champ est orienté dans la direction pôle Nord–pôle Sud et vaut environ 0,32 Gauss à l'équateur et 0,62 Gauss aux pôles.
- Le champ magnétique terrestre ne se limite pas aux environs immédiats de la Terre.
- En fait, il s'agit d'un système plus complexe appelé magnétosphère.

Les données de navigation

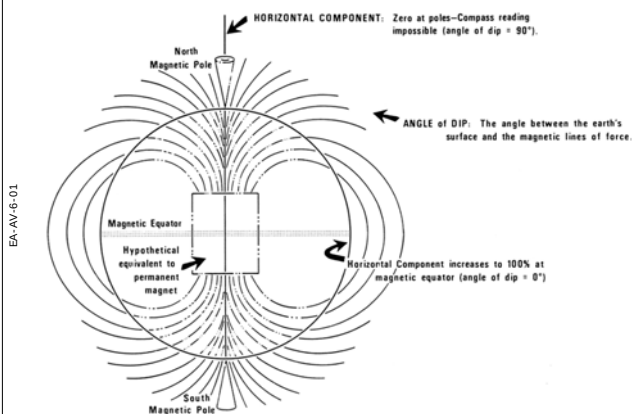
Orientation sur la Terre



- La magnétosphère est l'environnement magnétique de la Terre.

Les données de navigation

Orientation sur la Terre



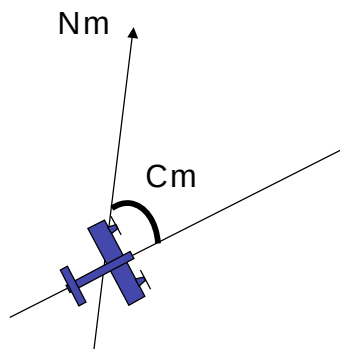
- La Terre tourne autour d'un axe Nord-Sud et pivote autour des deux pôles géographiques.
- Non loin du Pôle Nord géographique se situe le Pôle Nord magnétique où se rejoignent les lignes de force du champ magnétique terrestre.

- Le Pôle Nord Magnétique se déplace.

Les données de navigation

Orientation sur la Terre

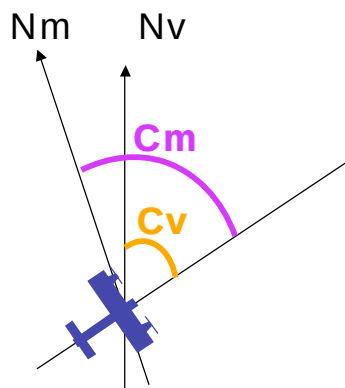
- La référence pour la radionavigation sera le nord magnétique.
- Nous pouvons définir le cap magnétique C_m :



- Il s'agit de l'angle entre :
 - Le nord magnétique (fixé par la direction donnée par la boussole).
 - L'axe longitudinal de l'aéronef.

Les données de navigation

Orientation sur la Terre



- Pour passer du cap magnétique au cap vrai ou vice versa, il faut connaître l'écart angulaire entre le nord vrai et le nord magnétique pour la position actuelle de l'aéronef.
- Cet écart angulaire s'appelle la déclinaison magnétique V (*Variation*).

Les données de navigation

Orientation sur la Terre

- La déclinaison magnétique se trouve sur les cartes identifiée par les lignes isogones :

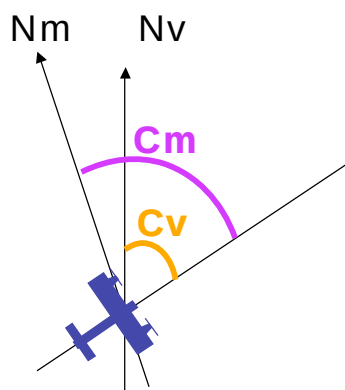


© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Les données de navigation

Orientation sur la Terre



Déclinaison **W** : V est **néglative**
Déclinaison **E** : V est **positive**

$$Cv = Cm + V$$

$$Cm = Cv - V$$

- Exercice** : un aéronef est à CYHU ou la déclinaison magnétique est 16W.

Si le cap magnétique = 240, quel sera le cap vrai ?

$$Cv = 240 + (-16) = 224$$

Si le cap magnétique = 006, quel sera le cap vrai ?

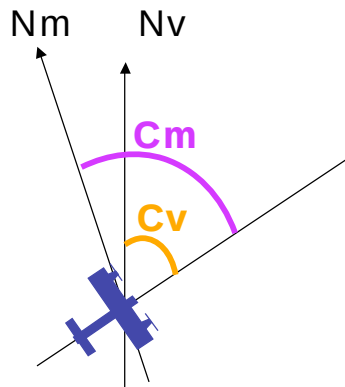
$$Cv = 006 + (-16) = 350$$

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Les données de navigation

Orientation sur la Terre



Déclinaison **W** : V est **néglative**
Déclinaison **E** : V est **positive**

$$Cv = Cm + V$$

$$Cm = Cv - V$$

- Exercice : un aéronef est à CYHU ou la déclinaison magnétique est 16W.

Si le cap vrai = 240, quel sera le cap magnétique ?

$$Cv = 240 - (-16) = 256$$

Si le cap vrai = 006, quel sera le cap magnétique ?

$$Cv = 006 - (-16) = 022$$

Les données de navigation

Orientation sur la Terre

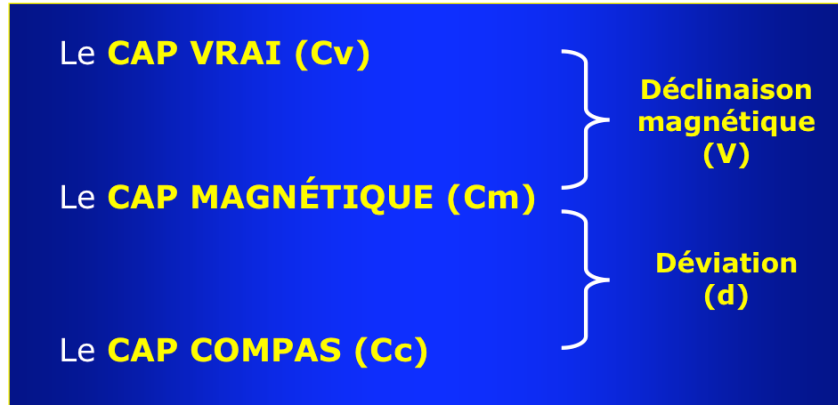


- À bord d'un aéronef, le pilote prendra sa référence de cap sur la boussole magnétique (Compass).
- Or cette boussole embarquée est influencée par la masse métallique de l'avion ainsi que par les équipements de bord générant des ondes électromagnétiques parasites.
- Un écart existe donc entre le champ magnétique terrestre et l'indication de la boussole.
- Cet écart est appelé « déviatiion » (d).
- La déviation est propre à chaque aéronef et est indiquée sur la carte de compensation de la boussole.

Les données de navigation

Orientation sur la Terre

- En résumé, il y a donc trois caps qu'il faut définir :



Les données de navigation

Les distances

- Historiquement, il y a toujours eu deux grands courants de pensée en ce qui concerne les unités :

- Le système français (métrique).
- Le système anglo-saxon.



- Pour ce qui est de l'unité angulaire, le système français était basé sur le « grade ».
- Il faut 400 grades pour effectuer un tour complet.
- La circonférence de la Terre étant de 40 000 Km environ, à 1 grade correspond 100 Km de circonférence et, dès lors, à 1/100e de grade correspond un kilomètre de circonférence.

Les données de navigation

Les distances

- Historiquement, il y a toujours eu deux grands courants de pensée en ce qui concerne les unités :
 - Le système français (métrique).
 - Le système anglo-saxon.
- L'unité angulaire du système anglais est basé sur le « degré ».
- Il faut 360 degrés pour effectuer un tour complet.
- Un degré se décompose en minutes et secondes; il faut 3600 secondes pour faire un degré et 60 secondes pour faire une minute.
- Une minute d'arc de grand cercle prise sur la Terre correspond à un mile nautique (NM-Nautical Mile).
- La circonférence de la Terre équivaut donc à 21 600 NM.

Les données de navigation

Les références de temps

- Toute navigation doit requérir à une synchronisation temporelle.
- En effet, le pilote doit déterminer :

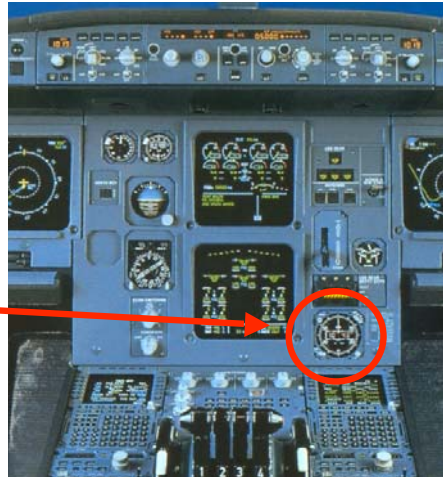


- L'heure de départ.
- Les heures de passage aux différents points de route.
- L'heure d'arrivée (ETA = « *Estimated Time of Arrival* »).
- Temps restant pour atteindre un point de route ou la destination (ETE = « *Estimated Time Enroute* »).

Les données de navigation

Les références de temps

- Les horloges des avions modernes sont des équipements très sophistiqués et de grande précision.
- De leur information de temps dépend beaucoup de paramètres.
- Exemple : Airbus A340 :



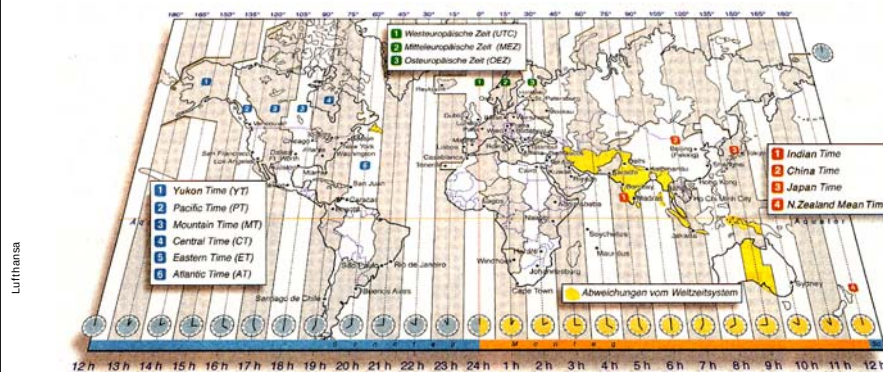
© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Les données de navigation

Les références de temps

- Le temps universel est basé sur l'heure présente du Méridien de Greenwich; on parlera de temps universel coordonné ou UTC (« *Coordinated Universal Time* ») :



© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Les données de navigation

Les références de temps

- Aux environs de l'antiméridien de Greenwich, on trouve la ligne de changement de date :
- Une heure peut être considérée comme « locale ».
- L'heure UTC se dit « zoulou ».
- Au Québec, le fuseau horaire s'appelle « heure nationale de l'Est (HNE) ».
- Par rapport à l'heure UTC :

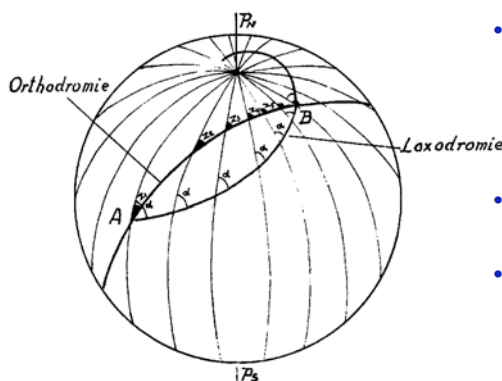
Été : **HNE = UTC - 4h00**

Hiver : **HNE = UTC - 5h00**



Orthodromie et Loxodromie

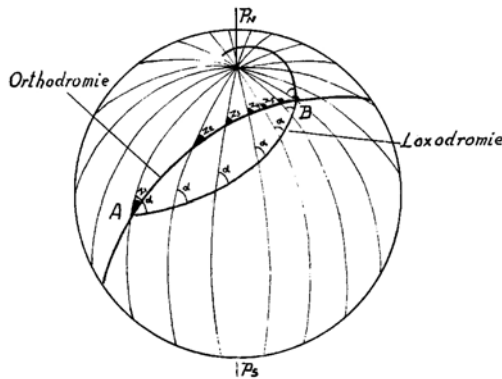
Orthodromie



- La plus courte distance entre deux points situés sur une sphère est un arc de grand cercle passant par ces deux points.
- Une navigation suivant cet arc est appelé « orthodromie ».
- Cette méthode de navigation est utilisée pour les vols à longue distance car la route suivie sera la plus courte.
- La route suivie selon une orthodromie coupe les méridiens suivant des angles différents; il faut continuellement corriger le cap de l'aéronef.

Orthodromie et Loxodromie

Loxodromie



- Une navigation suivant une route passant par deux points et coupant tous les méridiens avec le même angle est appelée « loxodromie »
- Cette méthode de navigation est plus facile à appliquer car on maintient le même cap tout au long du trajet.

La radionavigation



Navigation observée :

- À vue, par rapport aux repères au sol ou aux astres.
- Aux instruments : ADF, VOR, DME et GNSS (radionavigation).

Navigation estimée :

- Aux instruments : INS et IRS.

- En aéronautique, il existe deux méthodes de naviguer :

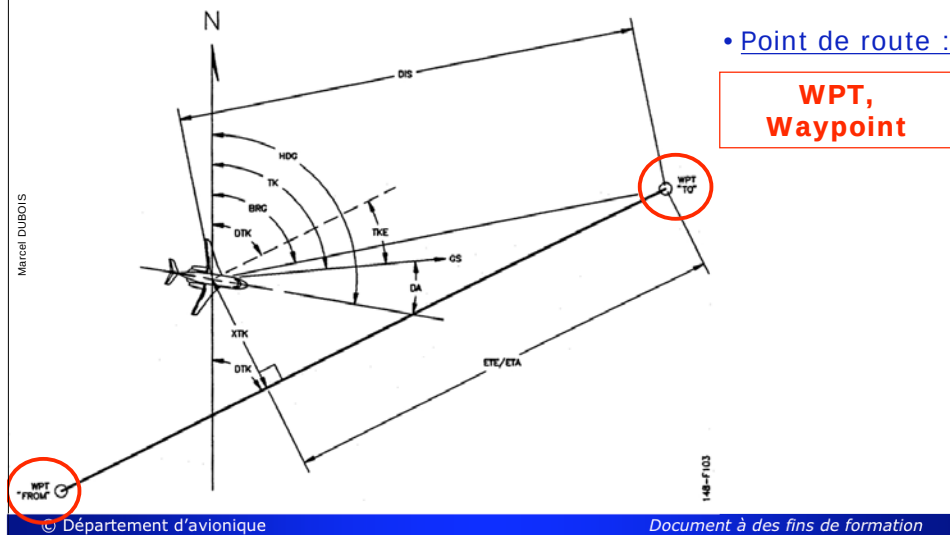
- Navigation **observée**.
- Navigation à l'**estime**.



Photo Frédéric MORIN

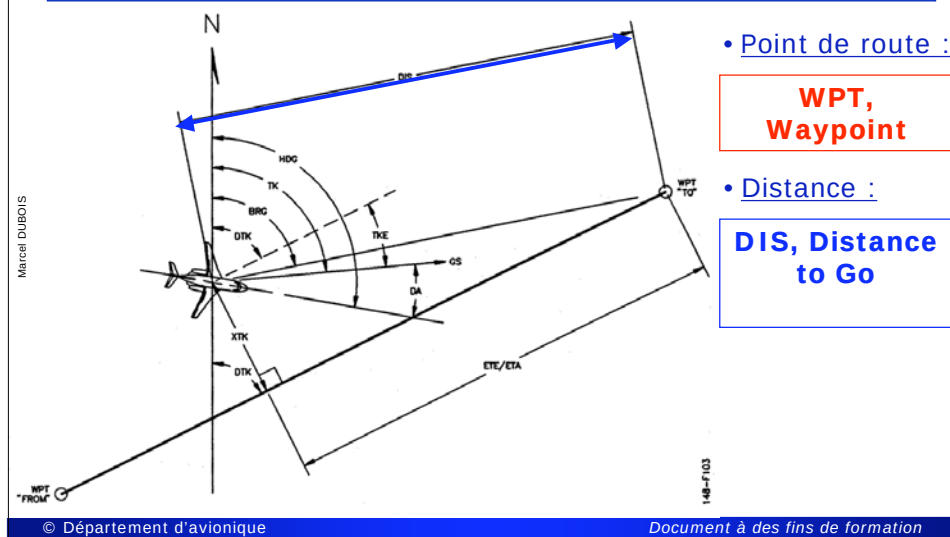
La radionavigation

Définition des paramètres de radionavigation



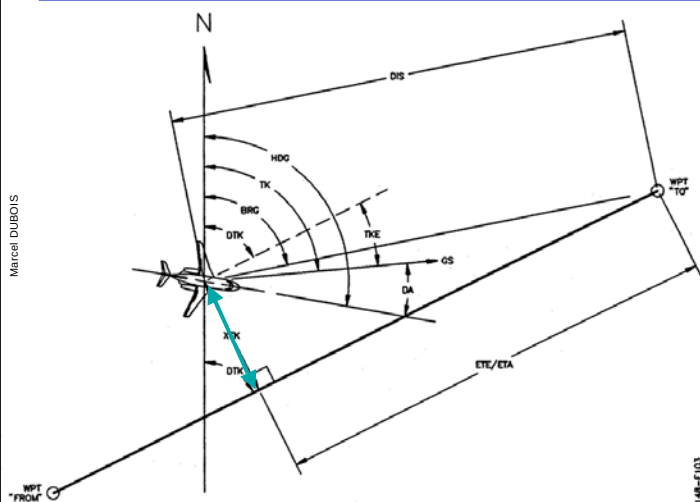
La radionavigation

Définition des paramètres de radionavigation



La radionavigation

Définition des paramètres de radionavigation



- Point de route :

**WPT,
Waypoint**

- Distance :

DIS, Distance to Go

- Écart de route :

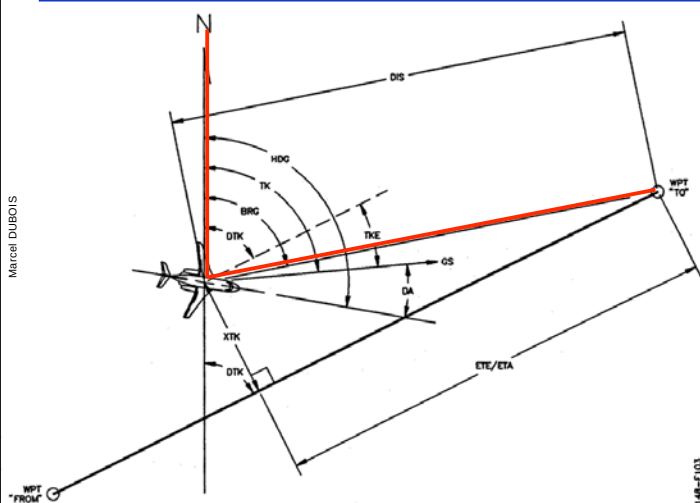
XTK, Cross Track Error

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

La radionavigation

Définition des paramètres de radionavigation



- Relèvement :

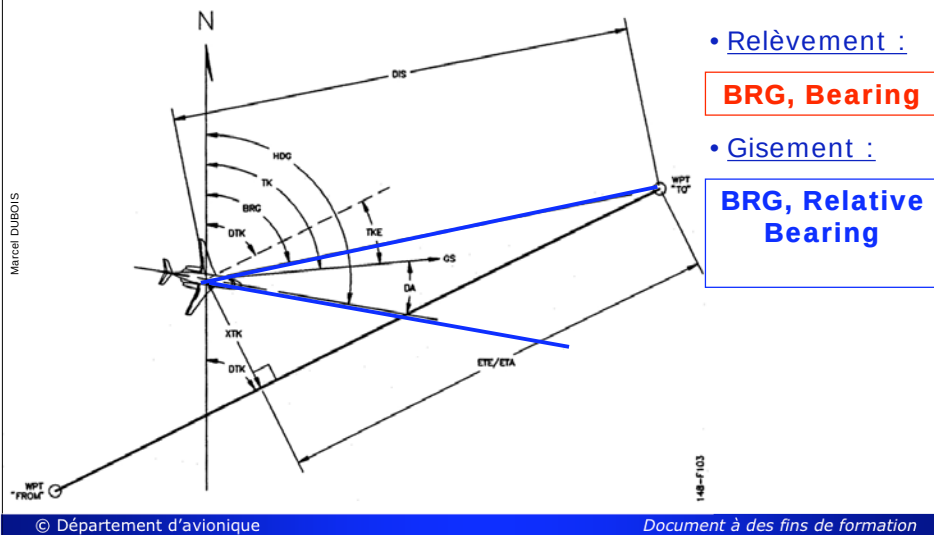
BRG, Bearing

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

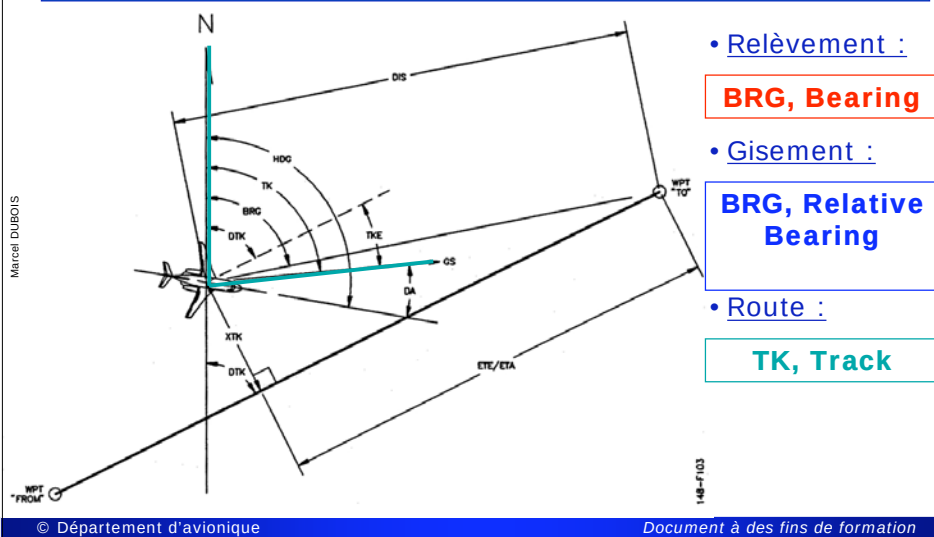
La radionavigation

Définition des paramètres de radionavigation



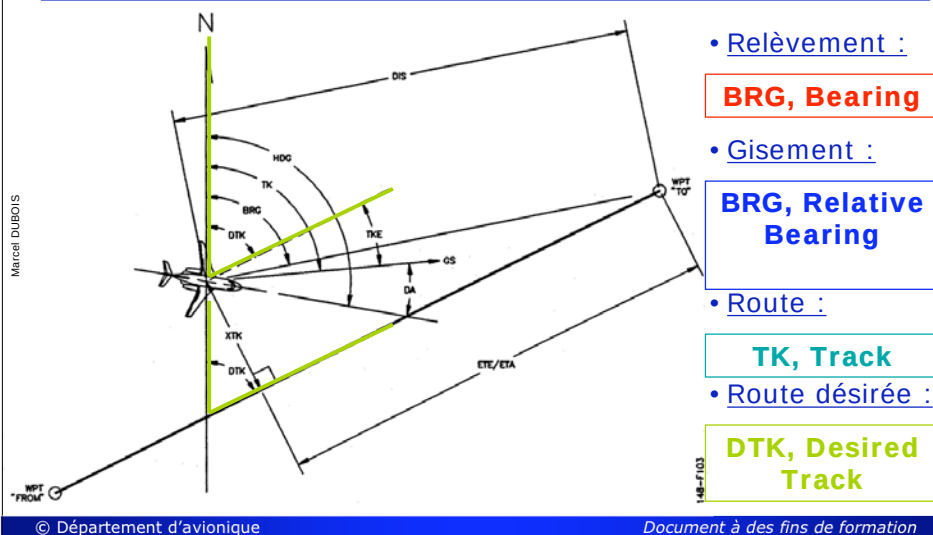
La radionavigation

Définition des paramètres de radionavigation



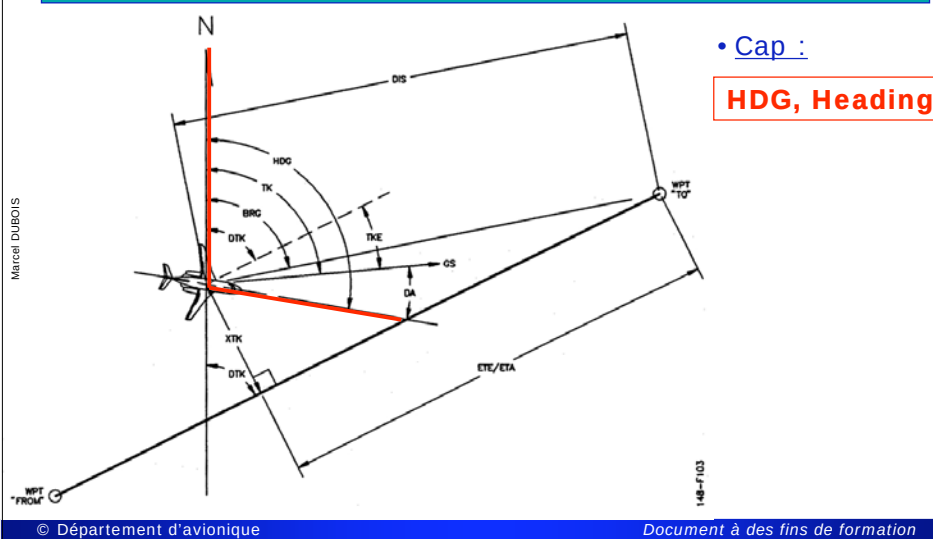
La radionavigation

Définition des paramètres de radionavigation



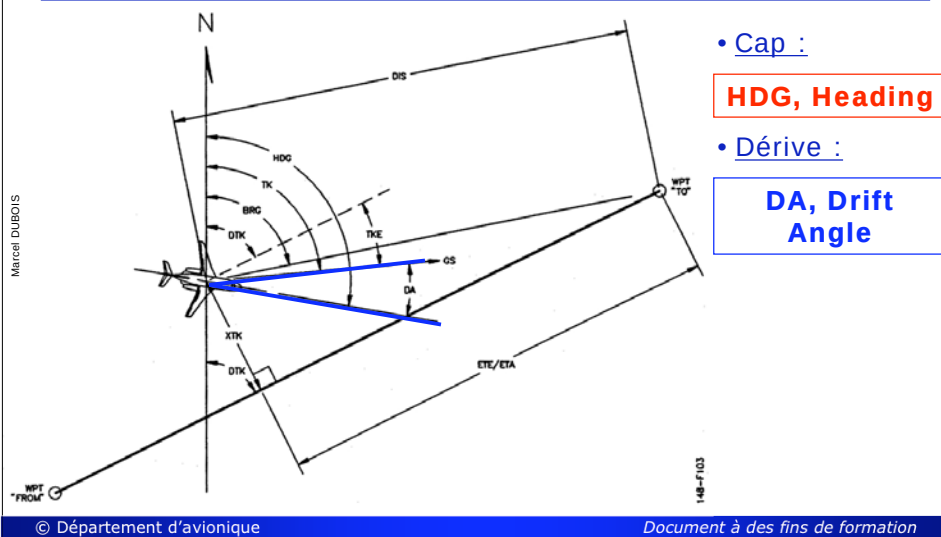
La radionavigation

Définition des paramètres de radionavigation



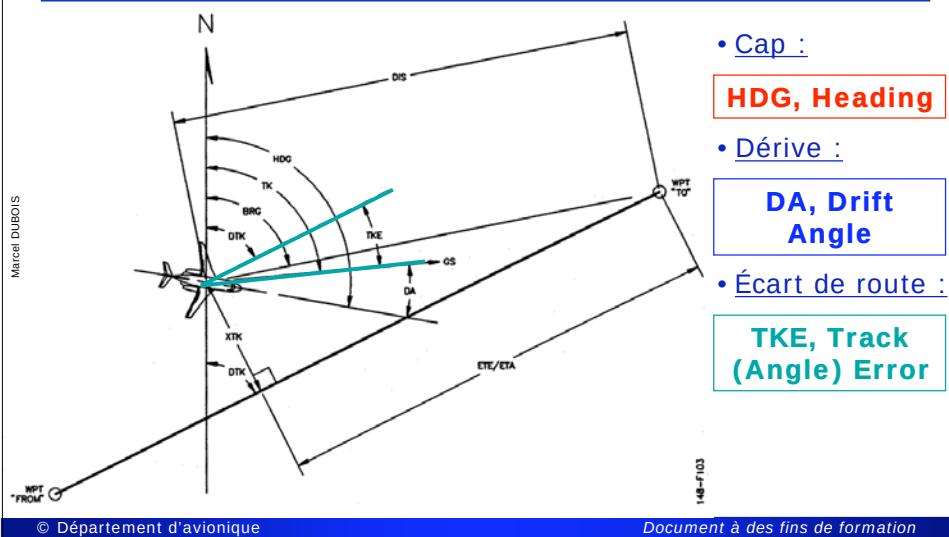
La radionavigation

Définition des paramètres de radionavigation



La radionavigation

Définition des paramètres de radionavigation

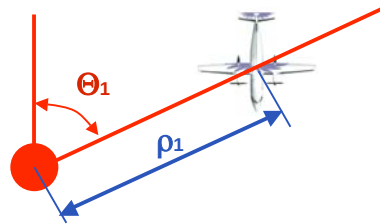


La radionavigation

Détermination de la position

- Lorsqu'on effectue une navigation par rapport à des balises ou des satellites, plusieurs possibilités existent afin de déterminer la position relative d'un aéronef par rapport à ces balises ou satellites :

*Un angle θ_1 et
une distance ρ_1
par rapport à une
balise au sol*

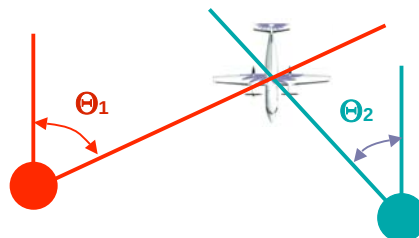


La radionavigation

Détermination de la position

- Lorsqu'on effectue une navigation par rapport à des balises ou des satellites, plusieurs possibilités existent afin de déterminer la position relative d'un aéronef par rapport à ces balises ou satellites :

*Deux angles, θ_1 et θ_2 ,
par rapport à deux
balises au sol*

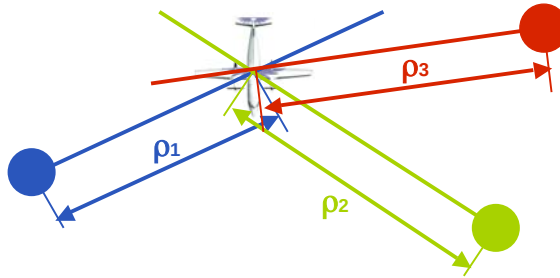


La radionavigation

Détermination de la position

- Lorsqu'on effectue une navigation par rapport à des balises ou des satellites, plusieurs possibilités existent afin de déterminer la position relative d'un aéronef par rapport à ces balises ou satellites :

Trois distances, ρ_1 , ρ_2 et ρ_3 , par rapport à trois balises au sol ou trois satellites

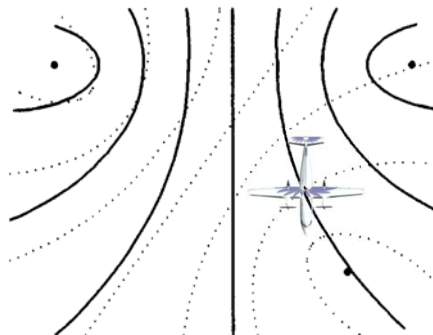


La radionavigation

Détermination de la position

- Lorsqu'on effectue une navigation par rapport à des balises ou des satellites, plusieurs possibilités existent afin de déterminer la position relative d'un aéronef par rapport à ces balises ou satellites :

Deux jeux d'hyperboles comprenant trois foyers



La navigation verticale (VNAV)

- Un aéronef évoluant en trois dimensions, le pilote doit naviguer non seulement horizontalement, mais également verticalement.
- Les systèmes de navigation par satellites peuvent donner une position verticale, mais, malgré tout, ce sont les centrales aérodynamiques (ADC-Air Data Computers) qui seront les capteurs de position verticale sur les aéronefs modernes.
- Pour rappel, il existe trois types de mesures verticales :

- **ALTITUDE** : mesurée à l'aide de l'altimètre calé en QNH.
- **NIVEAU DE VOL** (altitude-densité) : mesuré à l'aide de l'altimètre calé sur 29,92 in Hg ou 1013,25 mb.
- **HAUTEUR** : mesurée par le radioaltimètre.

- L'unité de mesure en usage en aéronautique est le pied (Foot-Feet).

Les cartes

- Les cartes sont une représentation plane d'une partie de la surface de la Terre.
- Les éléments sont représentés sur la carte par une dimension correspondant à une fraction de la dimension réelle.
- Cette fraction est appelée l'échelle (Scale) :

$$\text{Échelle} = \frac{\text{Distance sur la carte}}{\text{Distance sur la Terre}}$$

Exemple :

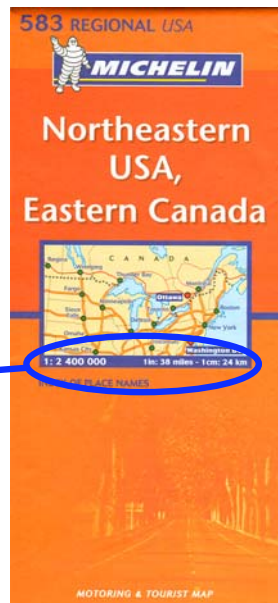
1 Km représenté sur une carte au 1/25 000e aura quelle longueur sur la carte ?

Réponse : 40 mm.

Les cartes

- L'échelle est indiquée sur toutes les cartes :

1:2 400 000.
1in = 38 miles.
1cm = 24 km.



Les cartes

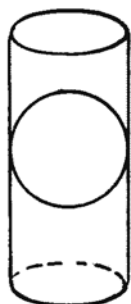


Photo par yirish sur Freeimages.com

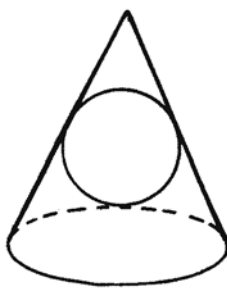
- Le problème consiste à représenter la surface sphérique de la Terre sur une surface plane.
- Trois propriétés de canevass peuvent être définies :
 - Canevas équivalent : équivalence des surfaces et des aires.
 - Canevas équidistant : équivalence des distances.
 - Canevas conforme : équivalence des angles.

Les cartes

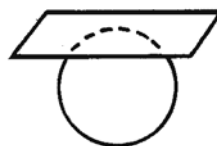
- Pour réaliser les cartes terrestres, une méthode de projection particulière sera utilisée afin de respecter l'une ou l'autre des trois propriétés précédentes :



Projection
cylindrique



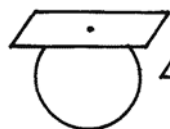
Projection
conique



Projection
plane

Les cartes

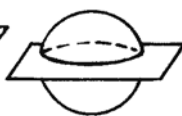
- Pour réaliser les cartes terrestres, une méthode de projection particulière sera utilisée afin de respecter l'une ou l'autre des trois propriétés précédentes :



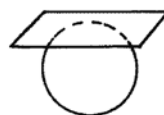
Tangente



Sécante



Diamétrale

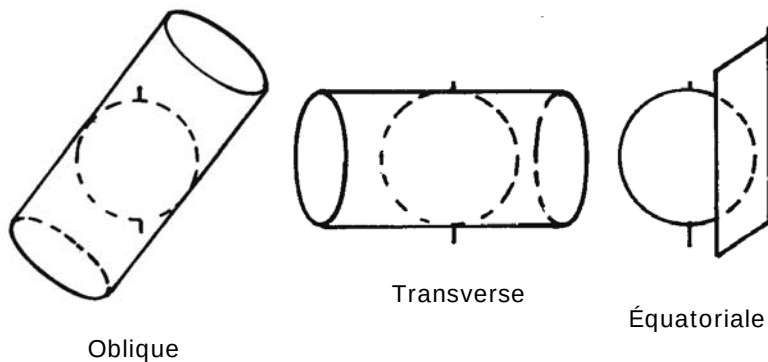


Directe ou
polaire



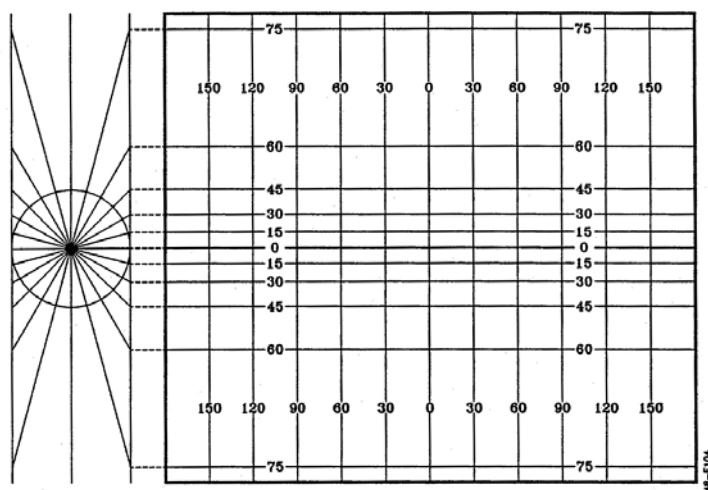
Les cartes

- Pour réaliser les cartes terrestres, une méthode de projection particulière sera utilisée afin de respecter l'une ou l'autre des trois propriétés précédentes :



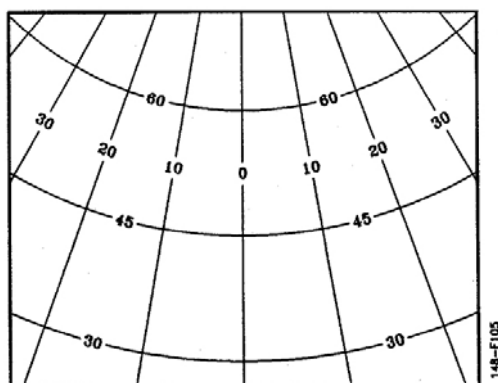
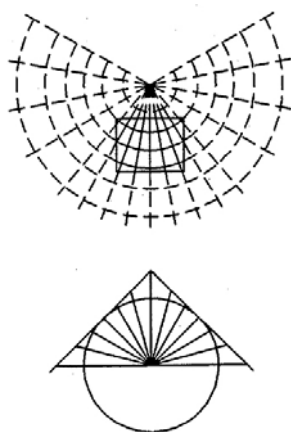
Les cartes

Projection cylindrique conforme de Mercator



Les cartes

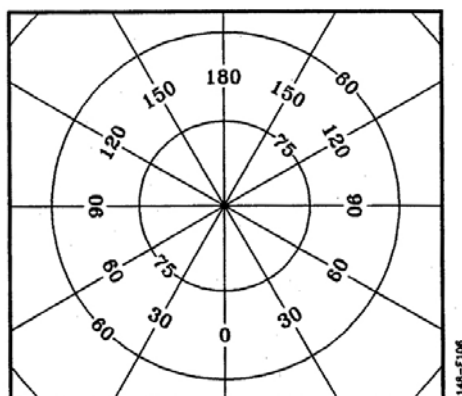
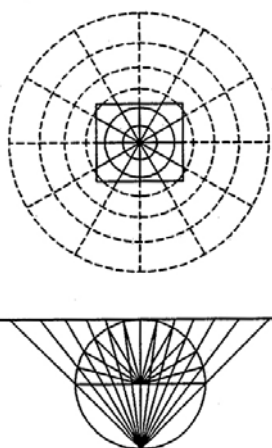
Projection conique de Lambert



Marcel DUBOIS

Les cartes

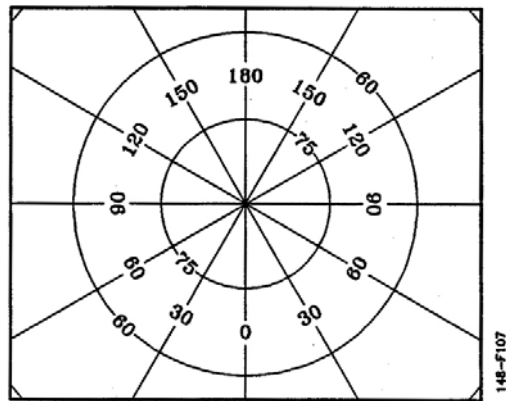
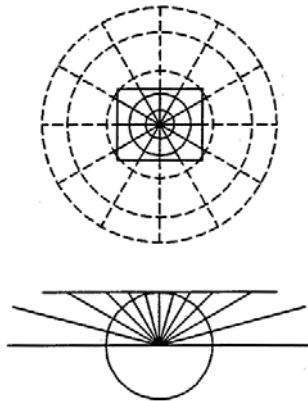
Projection stéréographique polaire conforme



Marcel DUBOIS

Les cartes

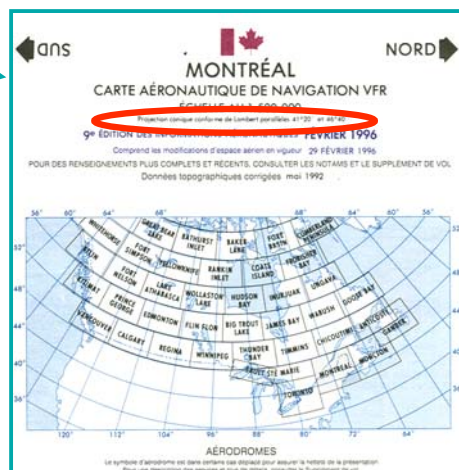
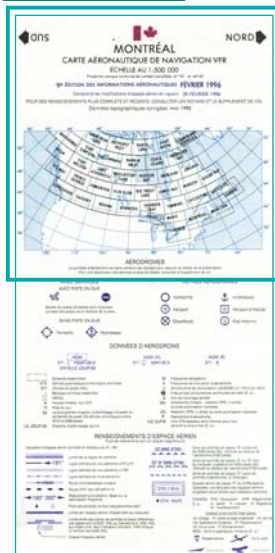
Projection orthodromique ou gnomonique



Marcel DUBOIS

Les cartes

- Sur la carte AIR 5002, quel type de projection a été utilisée ?



Les cartes

Les représentations électroniques des cartes



- Les cartes générées électroniquement sur les écrans EFIS sont habituellement :
 - Projection conique de Lambert pour la navigation « en route ».
 - Projection cylindrique transverse de Mercator lors des approches.
- Ceci est un bon compromis permettant de respecter les formes, les distances et les directions.

Conclusions



Photo © Pierre GILLARD/2024-541388

- Il est important pour le technicien en avionique de comprendre les principes élémentaires de navigation.
- Le compréhension des méthodes de navigation permet aussi de comprendre les algorithmes des systèmes de gestion de la navigation.
- En cas de dysfonctionnement d'un système de navigation, la compréhension des méthodes de navigation pourra aussi aider le technicien à identifier la cause d'un problème.



Photo © Pierre GILLARD/2024-RG1000959

Merci de votre attention