



Préparation au
BIA-CAEA

Formation à l'Aéronautique

Module III



Navigation et sécurité des vols



Préparation au
BIA-CAEA

PLAN

- **LA NAVIGATION AERIENNE**
 - ✓ Description de la Terre
 - ✓ Les coordonnées géographiques et les caps
 - ✓ Les cartes aéronautiques
 - ✓ La navigation à l'estime
 - ✓ Le cheminement
- **L'ALTIMETRIE**
 - ✓ L'atmosphère standard
 - ✓ Les calages altimétriques
 - ✓ Sécurité altimétrique
- **LA CIRCULATION AERIENNE**
 - ✓ Les règles de l'air
 - ✓ La division de l'espace aérien
 - ✓ La circulation autour d'un aéroport
- **PREPARATION ET EXECUTION D'UN VOL**
 - ✓ Préparation au sol
 - ✓ Opérations d'après vol



Préparation au
BIA-CAEA

1. Navigation aérienne

2. Altimétrie

3. Circulation aérienne

4. Préparation et exécution d'un vol

1. LA NAVIGATION AERIENNE

1. Description de la Terre
2. Les coordonnées géographiques et les caps
 - ✓ Parallèles et méridiens
 - ✓ Latitudes et longitudes
 - ✓ Déclinaison magnétique et cap vrai
 - ✓ Les routes à la surface de la terre
3. La mesure du temps
 - ✓ Greenwich Mean Time (GMT)
 - ✓ Temps Atomique International (TAI)
 - ✓ Universal Time Coordinated (UTC)
4. Les cartes aéronautiques
 - ✓ Les cartes de vol à vue
 - ✓ Les cartes de vol aux instruments
5. La navigation à l'estime
 - ✓ Préparation d'une navigation
 - ✓ Corrections en vol
6. Le cheminement à vue
7. Le cheminement radionavigation



Préparation au
BIA-CAEA

1. Navigation aérienne

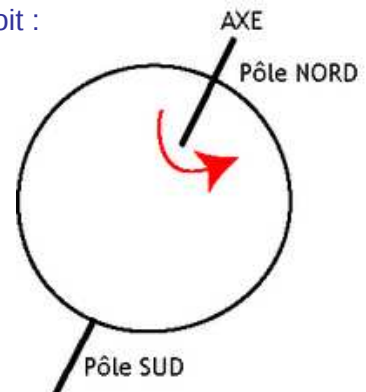
2. Altimétrie

3. Circulation aérienne

4. Préparation et exécution d'un vol

Description de la Terre

- La terre est une boule sphérique bien qu'étant légèrement aplatie au niveau des deux pôles. Le rayon de la terre est de 6370 kilomètres, et pour simplifier nous allons définir que la terre est animée par 2 mouvements :
 - ✓ un premier mouvement autour de l'axe des pôles qui est la cause des jours et des nuits, soit un tour de 360° en 24 heures
 - ✓ un second mouvement autour du soleil qui lui est la cause des saisons tout au long d'une année de 365,25 jours
- Les pôles de la terre sont des intersections de l'axe de rotation de la terre sur elle-même avec sa surface, soit :
 - ✓ le **pôle Nord** ou pôle boréal
 - ✓ le **pôle Sud** ou pôle austral





Préparation au
BIA-CAEA

1. Navigation aérienne

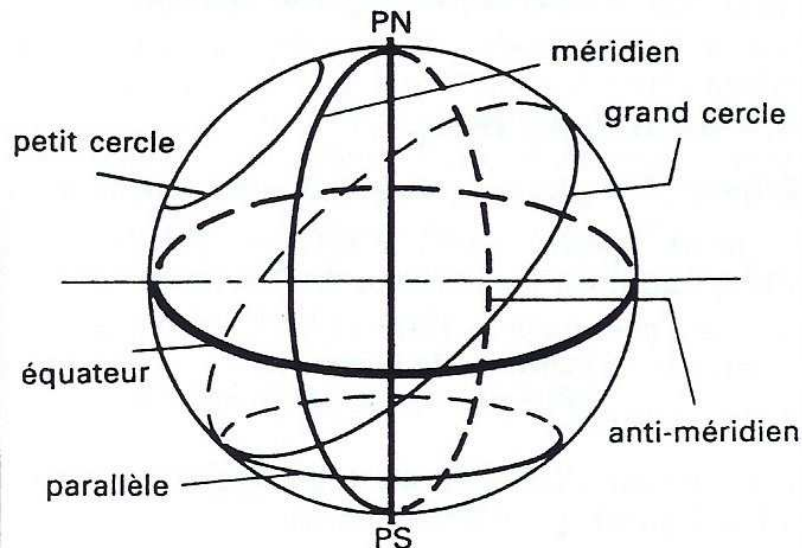
2. Altimétrie

3. Circulation aérienne

4. Préparation et exécution d'un vol

Parallèles et méridiens

- Le problème à résoudre pour pouvoir naviguer est de se **repérer à la surface de la terre** pour pouvoir connaître sa position et celle de sa destination
- Pour le résoudre on a imaginé de quadriller la terre à l'aide de lignes fictives : les **parallèles** et les **méridiens**



Préparation au
BIA-CAEA

1. Navigation aérienne

2. Altimétrie

3. Circulation aérienne

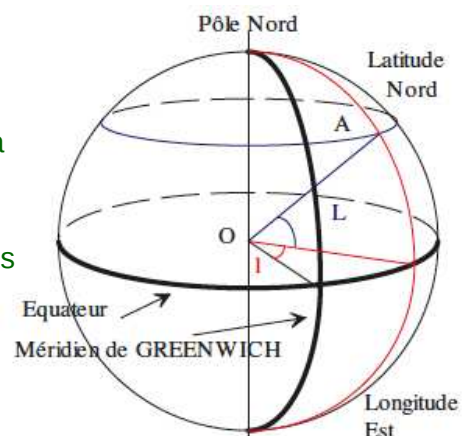
4. Préparation et exécution d'un vol

Parallèles et méridiens

- Pour se repérer sur la surface de la terre, il suffit de préciser au croisement de quel parallèle et de quel méridien on se trouve :
 - ✓ pour localiser le parallèle on utilise l'angle entre l'équateur et le point de la surface considéré (voir schéma ci-dessous). On l'appelle **latitude**. La latitude est comprise entre 0 (équateur) et 90° (pôles). On précise l'hémisphère dans lequel se trouve le point pour assurer la localisation (N ou S) ;
 - ✓ pour localiser le méridien on utilise un **méridien de référence (GREENWICH)** et on mesure l'angle entre cette référence et le méridien sur lequel se trouve le point à localiser (voir schéma ci-dessous). Cet angle est appelé **longitude**.

Remarque : les cercles dessinés à la surface et centrés sur le centre de la terre sont appelés **grand cercles** (ex : l'équateur)

Les méridiens sont des demis grands cercles. Les autres sont appelés **petits cercles** (ex : les parallèles autres que l'équateur)





Préparation au
BIA-CAEA

1. Navigation aérienne

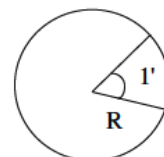
2. Altimétrie

3. Circulation aérienne

4. Préparation et exécution d'un vol

Parallèles et méridiens

- Les parallèles et méridiens sont figurés sur les cartes afin de pouvoir donner les coordonnées géographiques de tous les points y figurant
- Les cartes aéronautiques les plus utilisées ont pour échelle 1/500 000ème, 1/1 000 000ème et 1/2 000 000ème
- Ce chiffre représente le rapport entre la distance mesurée sur la carte et la distance réelle. En pratique, sur ces cartes 1cm représente respectivement 5 km, 10 km et 20 km
- L'unité de distance en aéronautique n'est pas le kilomètre mais le "**nautical mille**" ou **nautique (Nm)**. Le nautique correspond à la distance que l'on parcourt sur un grand cercle lorsqu'on décrit un arc intercepté par un angle de 1'
- La longueur d'un arc intercepté par un angle a sur un cercle de rayon R est $d = a.R$ avec a en radian
Le rayon terrestre est de 6370 km environ. Donc **$d = 1,852$ km**
- On peut également le calculer à partir de la circonférence terrestre P qui est de 40 000 km. Elle est interceptée par un angle de 360°
Donc **$d = 40\,000 / (360/60) = 1,852$ km**



Préparation au
BIA-CAEA

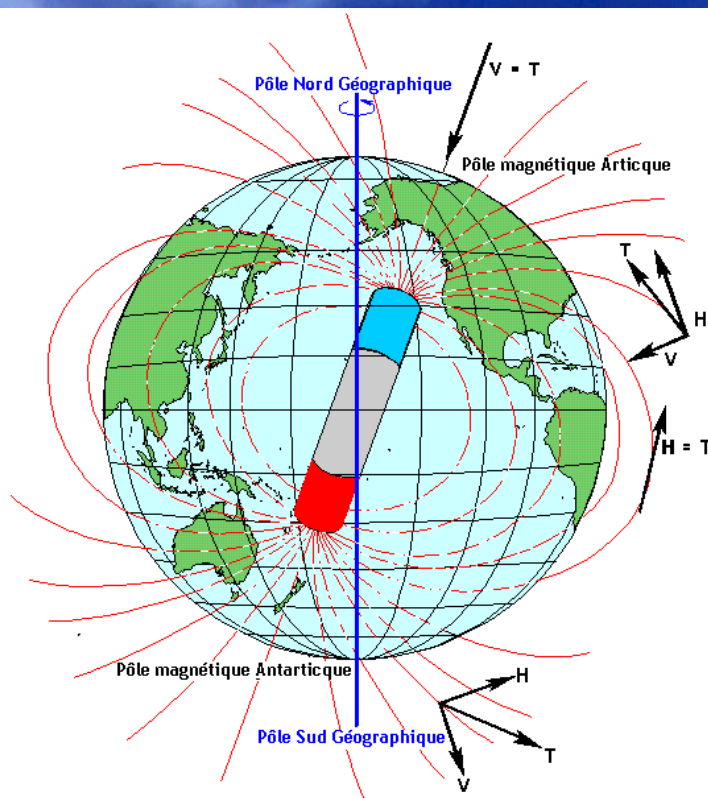
1. Navigation aérienne

2. Altimétrie

3. Circulation aérienne

4. Préparation et exécution d'un vol

Déclinaison magnétique et cap vrai





Préparation au
BIA-CAEA

1. Navigation aérienne

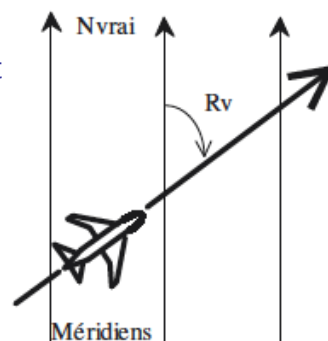
2. Altimétrie

3. Circulation aérienne

4. Préparation et exécution d'un vol

Déclinaison magnétique et cap vrai

- Pour se rendre d'un point à un autre, il faut pouvoir donner une direction à suivre
- Pour cela on trace un trait sur la carte entre le point de départ et le point d'arrivée
- On mesure ensuite l'angle entre un méridien et la ligne (= **route**) tracée sur la carte en tournant dans le sens horaire et en prenant comme référence la direction du Nord géographique (= **Nord vrai**)
- ➔ Cet angle est appelé **route vraie (Rv)**
- La direction du Nord représente une route vraie 0, celle de l'Est une route vraie 90°, celle du sud une route vraie 180° et celle de l'Ouest, une route vraie 270°
- ➔ Sans vent la route représente le cap vrai que l'avion doit suivre pour arriver au point voulu



Préparation au
BIA-CAEA

1. Navigation aérienne

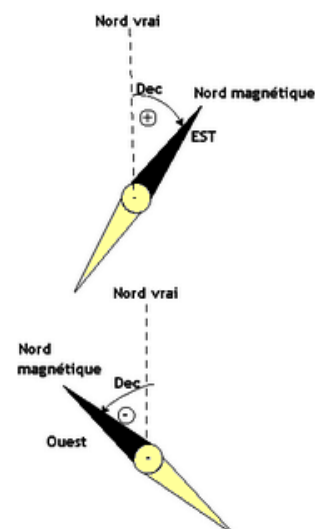
2. Altimétrie

3. Circulation aérienne

4. Préparation et exécution d'un vol

Déclinaison magnétique et cap vrai

- les instruments de bord ne donnent pas d'information sur le cap vrai de l'avion mais sur son cap magnétique
- La terre se comporte comme un aimant dont les pôles magnétiques sont légèrement décalés par rapport aux pôles géographiques
- ➔ Il est donc important de déterminer le cap magnétique de la route (**Rm**) que l'on veut suivre.
- L'angle orienté entre la direction du Nord vrai et celle du Nord magnétique en un point donné de la surface de la terre est appelé **déclinaison magnétique** (ou déclinaison) et on le note **D**
- Cet angle est positif si la déclinaison est vers l'Est et négative si elle est vers l'Ouest
- ➔ En France elle évolue entre 1°W (extrémité Est de la côte d'azur) et 5°30'W (pointe Finistère)
- ➔ On a la relation : **$Rv = Rm + D$**





Préparation au
BIA-CAEA

1. Navigation aérienne

2. Altimétrie

3. Circulation aérienne

4. Préparation et exécution d'un vol

Déclinaison magnétique et cap vrai

Exemples :

1. Un aéronef décolle de Toulouse pour aller à Perpignan. Sur la carte on relève une route vraie de 120° . Dans cette région la déclinaison est de 4° Ouest. On peut alors calculer la route magnétique à suivre :

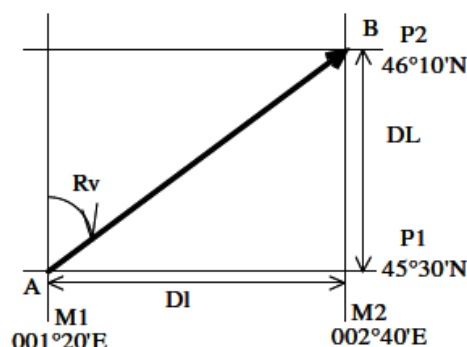
→ $R_v = R_m + D$ donc $R_m = R_v - D$, avec :
 $R_v = 120^\circ$ et $D = -4^\circ$ On a alors : $R_m = 124^\circ$

2. un pilote d'avion veut se rendre du point A au point B. Les coordonnées géographiques de ces points sont :

A : $45^\circ 30'N$ et $001^\circ 20'E$

B : $46^\circ 10'N$ et $002^\circ 40'E$

→ $DL = 46^\circ 10' - 45^\circ 30' = 40'$
et $DI = 002^\circ 40' - 001^\circ 20' = 1^\circ 20'$



Préparation au
BIA-CAEA

1. Navigation aérienne

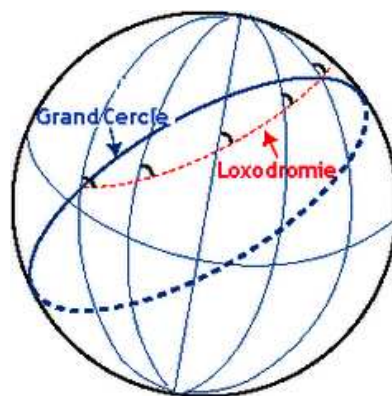
2. Altimétrie

3. Circulation aérienne

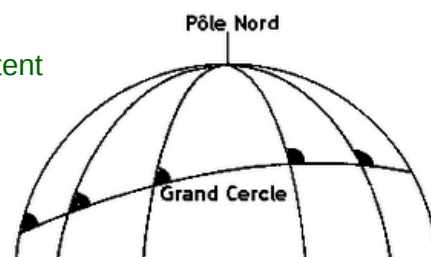
4. Préparation et exécution d'un vol

Les routes à la surface de la Terre

- La **loxodromie** est une courbe qui coupe les méridiens sous un angle constant
- ➔ la route suivie par un avion volant au cap compas constant peut être assimilée à une loxodromie



- L'**orthodromie** est le plus petit arc de grand cercle passant par deux points de la sphère terrestre
- ➔ Les ondes électromagnétiques empruntent les routes orthodromiques





Préparation au
BIA-CAEA

1. Navigation aérienne

2. Altimétrie

3. Circulation aérienne

4. Préparation et exécution d'un vol

Mesure du temps

- Greenwich Mean Time (GMT) : Le terme GMT est un acronyme anglophone signifiant **heure solaire moyenne de Greenwich**. L'heure y est comptée à partir de midi et est donc décalée de 12 h par rapport au temps universel. L'heure GMT étant basée sur la rotation de la Terre, ce n'est donc pas un temps régulier
- Temps Atomique International (TAI) : le **Temps Atomique International** est calculé par le Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) à partir des données de plus de 200 horloges atomiques situées dans des instituts de météorologie ou des observatoires de plus de 30 pays. le Temps Atomique International ne diffère pas d'une horloge idéale imaginaire par plus d'un dixième de microseconde (0.0000001 seconde) par an, en avance ou en retard. La norme UTC en est un dérivé
- Universal Time Coordinated (UTC) : **UTC** est un acronyme anglais signifiant **Temps universel coordonné**. **La norme UTC est la base légale de l'heure dans le monde**. Cette norme est dérivée du Temps Atomique International dont elle diffère seulement par un nombre entier de secondes, actuellement 32



Préparation au
BIA-CAEA

1. Navigation aérienne

2. Altimétrie

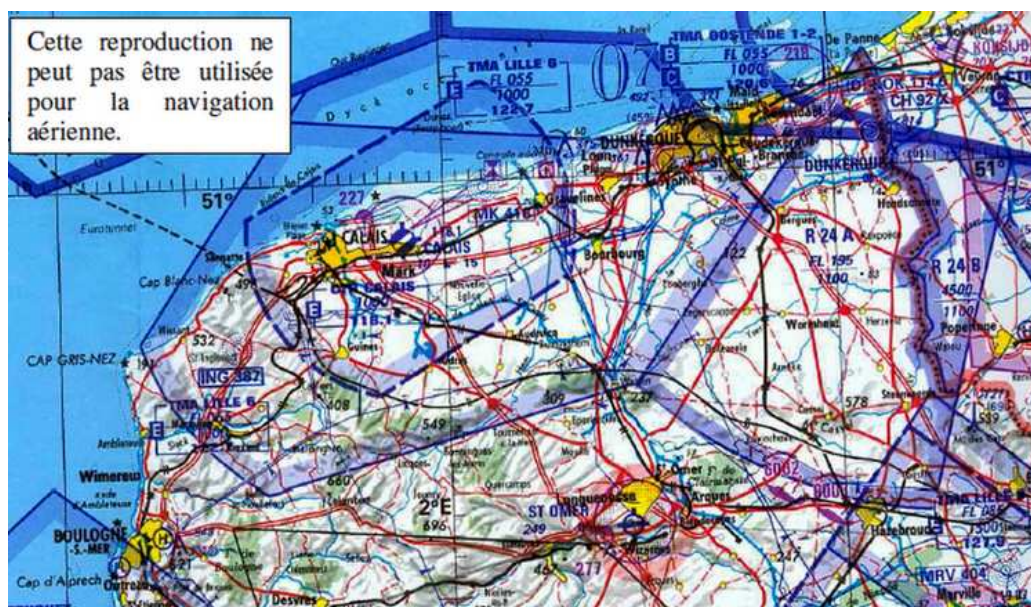
3. Circulation aérienne

4. Préparation et exécution d'un vol

Les cartes aéronautiques

Les cartes de vol à vue :

La **1/500 000ème** présente de nombreux détails du relief et du paysage pour un repérage à vue de sa position. Les obstacles et leur altitude sont indiqués ainsi que les zones P, D, R et les zones contrôlées. Les renseignements sont limités à la plus élevée des 2 altitudes de 5000 ft AMSL ou 2000 ft slol





Préparation au
BIA-CAEA

1. Navigation aérienne
2. Altimétrie
3. Circulation aérienne
4. Préparation et exécution d'un vol

Les cartes aéronautiques

Les cartes de vol à vue :

La **1/1 000 000ème** est assez similaire mais plus détaillée sur les balises de RN. Ses renseignements sont compris entre 3000 ft AMSL ou 1600 ft sol et le FL 195



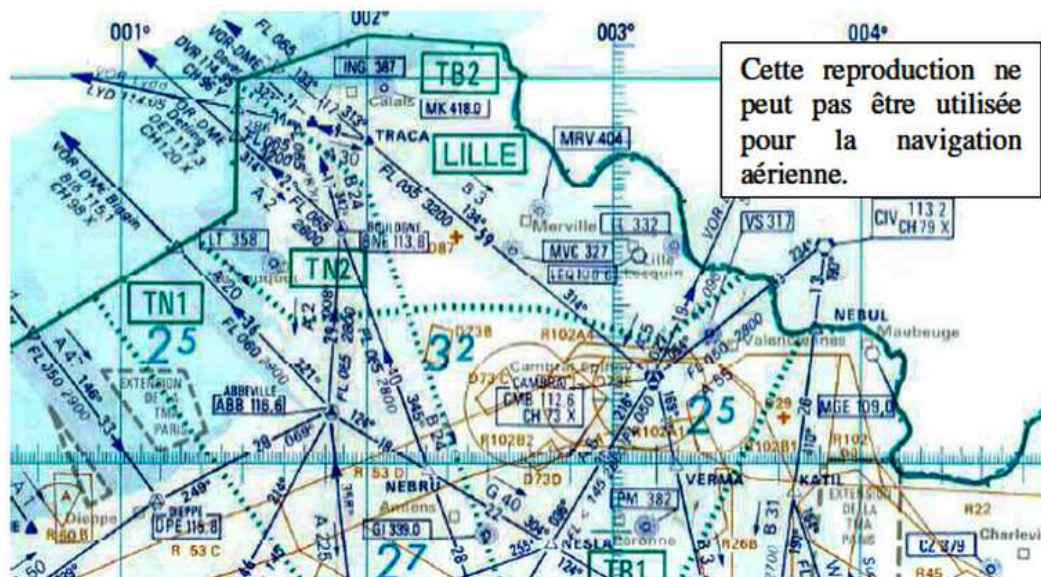
Préparation au
BIA-CAEA

1. Navigation aérienne
2. Altimétrie
3. Circulation aérienne
4. Préparation et exécution d'un vol

Les cartes aéronautiques

Les cartes de vol aux instruments:

La **1/2 000 000ème** ne représente aucun détail de la géographie des zones qu'elle représente. Elle ne fournit que les informations sur les balises de **RN**, les «**airways**», les zones de contrôle et les fréquences associées. Il en existe toujours 2 pour une même région : 1 pour l'espace inférieur et 1 pour l'espace supérieur.



CARTE AERONAUTIQUE AU 1/1000000^{ème} dite de radionavigation 1cm=10km

La couverture de l'espace français est assurée par 2 cartes nord et sud.

Cette carte fournit tous les renseignements du volume compris entre le sol et le niveau de vol 195.

On y retrouve :

- les espaces aériens contrôlés
Les zones à statut particulier (P interdites, R réglementées, D dangereuses).
- les aérodromes et leurs particularités (ouvert à la CAP, usage restreint, types de piste herbe ou dure) ;
- les fréquences et positions des balises radionavigations ; ...
- les airways en vert (avec leurs noms, leurs distances et leurs directions magnétiques, leurs planchers).



CARTE VAC D'AERODROME

ATERRISSAGE A VUE
Visual landing

Ouvert à la CAP
Public air traffic
13 MAR 08

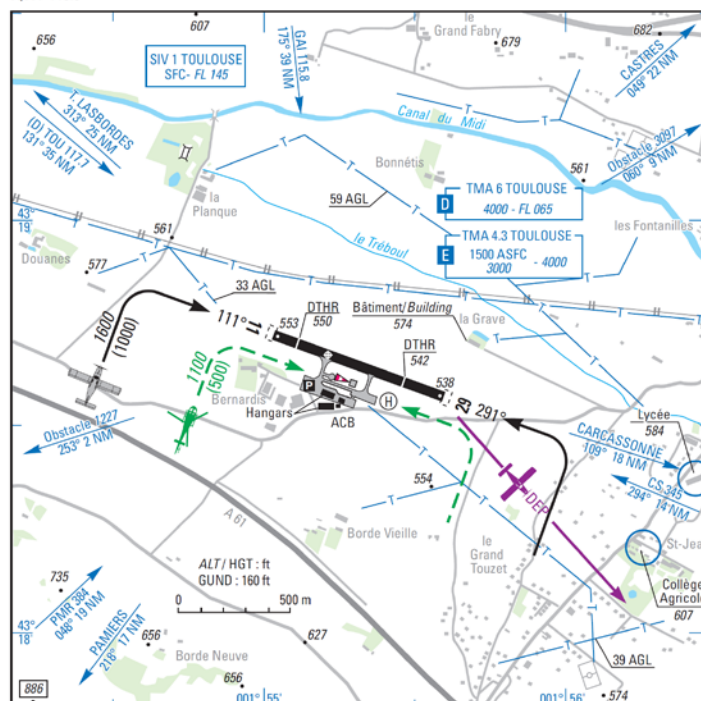
CASTELNAUDARY VILLENEUVE
AD2 LFMW ATT 01



ALT AD : 553 (20 hPa)
LAT : 43 18 40 N
LONG : 001 55 12 E

LFMW
VAR : 1°W (05)

APP : NIL
TWR : NIL
A/A : 118.9



RWY	QFU	Dimensions Dimension	Nature Surface	Résistance Strength	TODA	ASDA	LDA
11 29	111 291	810 x 30	Revêtue Paved	10 / - / -	840 840	810 810	650 620

Aides lumineuses : NIL.

Lighting aids : NIL.