

# Navigation



# Sécurité



# Réglementation



- 4 - NSR - C.A.E.A. & B.I.A.

# Navigation Sécurité Réglementation.

## Illustrations page de couverture :

- *Tour de contrôle*
- *Atterrissage difficile*
- *Et la priorité alors !!!*
- *Carte 500 000<sup>ième</sup>*

## Présentation du document & auteurs.

*Ce cours de navigation, sécurité et règlementation a été réalisé pour les formations CAEA de l'Académie de Montpellier.*

*Un document numérique a été réalisé, mis en page et illustré par Gérard Pujol sur des bases quasi exclusivement issues d'internet. Il est d'ailleurs très largement inspiré des documents du "CIRAS de Lille". Les autres sources documentaires sont issues des formateurs de l'Académie de Montpellier et du cours CAEA de Charles Pigaillem (Ac Créteil) distribué par "Volez". L'ensemble a été relu par Laurent Lespiac (DAFA de Montpellier).*

*La version Word (modifiable) permet une pagination et l'ajout d'un index. Le fonctionnement est explicité en dernière page.*



## Illustrations & Copyrights.

*Une grande partie des images sont extraites d'ouvrages existants ou d'internet. Les schémas ont pour la plupart été repris sur des base existantes... mais très souvent modifiés ou complétés.*

*Si malgré tout, l'auteur d'un schéma, d'une image ou d'une photo pense que l'on est en infraction avec les lois sur les copyrights, il est prié de contacter le service académique (DAFA) de Montpellier pour demander à ce que l'illustration (préciser le titre du document et la page SVP) posant problème soit retirée du polycop.*

*Nous remplacerons le plus rapidement possible cette illustration.*



# Plan du cours

<i>Présentation du document &amp; auteurs.</i> .....	2
<i>Illustrations &amp; Copyrights.</i> .....	2
<i>Plan du cours</i> .....	3
Introduction à la navigation et à la sécurité. ....	4
I – 1 – Ou suis-je sur la Terre ? .....	7
<i>Coordonnées géographique et orientation</i> .....	7
I – 2 - Les principes de navigation. ....	14
I – 3 - Les cartes de navigation. ....	19
I – 4 – L'aérodrome et le contrôle aérien. ....	24
II - 1 – Les instruments de navigation.....	32
II – 2 – Généralités sur les ondes. ....	35
<i>Comprendre les ondes pour utiliser la radionavigation</i> .....	35
II – 3 – La radionavigation.....	39
<i>Les instruments : étude détaillée. (CAEA)</i> .....	39
III – Les différents méthodes de navigation.....	51
IV – 1 – La circulation aérienne.....	54
<i>Généralités</i> .....	54
IV –2– Les règles de circulation aérienne.....	57
<i>Comment se déplacer dans l'espace aérien ?</i> .....	57
IV – 3 – Division de l'espace aérien.....	60
<i>Zones et classes d'espace</i> .....	60
V – Le calage altimétrique. ....	63
<i>Standard 1013, QNH, QFE</i> .....	63
VI – Les conditions de vol. ....	70
<i>Réglementation et contraintes</i> .....	70
VII – Sécurité et facteurs humains. ....	73
VIII - Brevets et licences de pilotage.....	76
IX – Médecine.....	78
<i>Utilisation de la radio. La phraséologie</i> .....	79
<i>Abréviations couramment utilisées.</i> .....	83
<i>Le code Q</i> .....	83
<i>Index</i> .....	87
<i>Plan détaillé</i> .....	89
<i>Conseils d'utilisation</i> .....	95





La navigation aérienne doit se faire en sécurité. C'est pour cela qu'elle a institué des règles

## I. Des héros des exploits et des drames

L'histoire de l'aviation est une histoire d'hommes et de femmes passionnés.

Les exploits désignent les héros (**Charles Lindbergh, Roland Garros, John Alcock et Arthur Brown, Amélia Earharts, Jean Mermoz, Henri Guillaumet** ...).

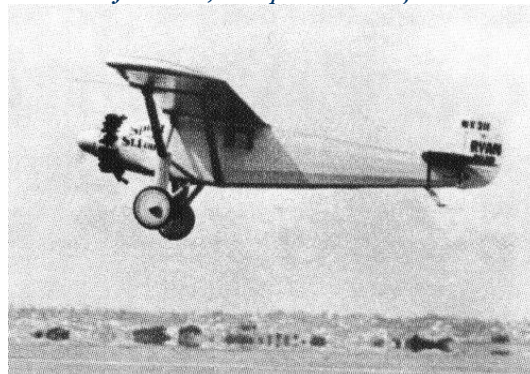
Les citer tous serait impossible ici !



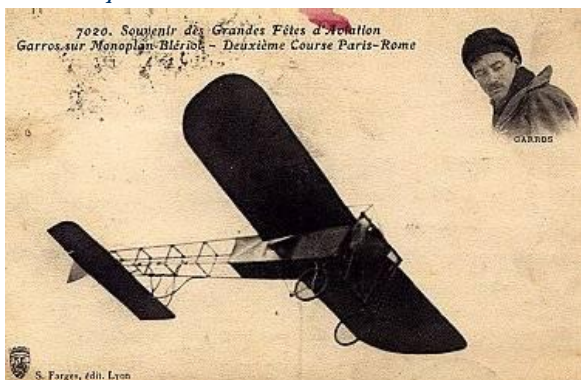
Amelia Earharts devant son Lockheed Electra. Avec le navigateur, l'Irlandais Frederick J. Noonan, ils disparaissent le 2 juillet 1937



"L'oiseau Blanc" de Charles Nungesser et François Coli  
Ils disparaissent du côté de Terre Neuve le 8 mai 1927



Le "Spirit of St Louis" de Charles Lindbergh  
traverse l'atlantique en 33 heures les 20 et 21 mai 1927



En 1913 Roland Garros traverse la Méditerranée

(\*) Le vendredi 13 juin 1930, en traversant les Andes pour la 92e fois pour l'Aéropostale, **Henri Guillaumet** s'écrase avec son **Potez 25** (immatriculé F-AJZJ) à la Laguna Diamante à cause du mauvais temps. Sans équipement autre que son blouson de pilote, il marche pendant cinq jours et quatre nuits, passant trois cols. Il manque plusieurs fois d'abandonner mais persiste en pensant à ses camarades et à sa femme Noëlle. En effet, en l'absence de corps, l'assurance vie ne peut-être versée qu'après 4 ans de disparition. À la fin, ses derniers efforts sont juste pour que l'on puisse retrouver son corps au plus vite. Il atteint un village au bout d'une semaine. L'exploit que les habitants des vallées résumant parfaitement : « Es impossible », construit la légende de cet homme discret au milieu des stars de l'Aéropostale.

À **Antoine de Saint-Exupéry**, venu le rechercher, il déclare : « **Ce que j'ai fait, je te le jure, jamais aucune bête ne l'aurait fait** ».

Les drames accentuent la valeur des exploits, ils peuvent parfois bien se terminer (**Guillaumet** dans les Andes (\*))... ou finir en tragédie comme celle de "**L'oiseau Blanc**" de **Nungesser et Coli** au large de Terre Neuve.

Les femmes, elles aussi, comme **Amélia Earharts**, construisent la légende et les drames.





## II. Un héros des temps modernes : Renaud Ecalle



Bourget 2009 – Renaud Ecalle – Extra 330

Le Capitaine **Renaud Ecalle** fut **champion du monde de voltige 2009**, et champion d'Europe 2010, sur un Extra 330 SC.

Les spécialistes de la discipline le surnommaient « l'Extra-terrestre ».

Ceux qui ont vu voler Renaud Ecalle ne peuvent avoir oublié ce magicien du pilotage...

**Regarder la vidéo (23 min) "Hommage à Renaud Ecalle.mp4"**. On y voit notamment l'impressionnante présentation au Bourget 2009... On y voit aussi toute sa petite famille.

**Lire complètement le rapport d'accident** concernant le **Jodel DR 1050** « Ambassadeur » immatriculé F-BKBZ.

Le rapport :

[Accident Renaud Ecalle f-bz101003.pdf](#)



## III. Les rapports du BEA

### • Qu'est ce que le BEA

Le **Bureau d'Enquêtes et d'Analyses (BEA)** pour la Sécurité de l'Aviation civile est l'autorité responsable des enquêtes de sécurité dans l'aviation civile.

Leur site : <http://www.bea.aero/index.php> regorge de rapports sur les accidents étudiés.

L'analyse est toujours directement liée aux faits. Parfois sans complaisance pour les hommes ou les machines elle permet souvent de bien comprendre la séquence de faits qui a conduit à l'accident.

### • L'extrait de conclusion de la page 25/32 du rapport du BEA sur F-BKBZ

*Pour l'accident de Renaud Ecalle, on peut lire au paragraphe 3.2 :*

#### **3.2 Causes identifiées**

*L'accident résulte :*

- ^ d'une préparation du vol insuffisante ;*
- ^ d'un choix de l'aérodrome de déroutement basé sur des considérations logistiques ayant amené le pilote à poursuivre le vol dans des conditions météorologiques très dégradées et incompatibles avec l'équipement de l'avion ;*
- ^ d'une série de décisions qui rendaient impossible l'arrivée de jour à l'aérodrome de déroutement en raison de la sous-estimation de la composante de vent de face.*
- ^ L'excès de confiance du pilote dans ses capacités, associé à des pratiques d'évolution en dehors du cadre réglementaire, ont contribué à l'accident.*

### • Que retenir de cet accident ?

Le rapport d'accident est donc très dur dans sa conclusion. Il est malheureusement réaliste.

Mon admiration pour Renaud Ecalle et ma tristesse après l'accident du 3 octobre 2010 me dictent d'utiliser cet accident d'un héros des temps modernes pour faire passer quelques messages.

- *Même le meilleur pilote du monde ne peut rien contre des éléments déchainés.*
- *La sécurité c'est d'abord bien préparer son vol ... et surtout savoir renoncer aux vols impossibles.*

#### IV. Un peu d'humour "pilote" pour mieux terminer

- Les affiches de l'aéroclub de Carcassonne

Beaucoup de dictons et de citations dans le hangar d'un club de Carcassonne...

En voici quelques extraits ayant un rapport avec le cours N.S.R. du B.I.A.



Ciel couvert  
sur les crêtes  
Reste peinard  
à la buvette.

Le meilleur instrument  
de navigation c'est ...  
un gros réservoir d'essence.

Un demi.tour judicieux,  
vaut mieux qu'un aller simple.

L'optimisme  
c'est l'entêtement  
dans l'espérance

Ces dictons ne s'appliquent pas tous à l'accident du Jodel F-BKBZ de Renaud Ecalé... mais certains, à postériori, font froid dans le dos.

**De l'humour oui, mais surtout beaucoup de bon sens.**

Dans le même ordre d'idées... mon instructeur m'avait donné une phrase mnémotechnique pour les check list de décollage et atterrissage... il semble qu'elle soit assez fréquente d'utilisation en club :

**Fait Ton Métier Pour Vivre Entier Heureux ...**

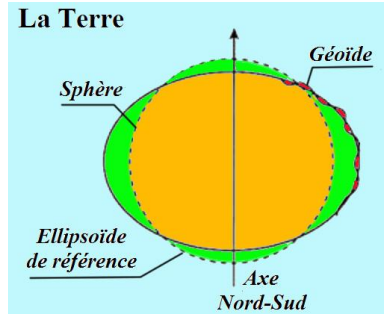
Qui correspondait à une séquence du type Frein/Train/Moteur/Pompes/Volets/Eclairage (phares) / Huile (pression) etc



**I. Se repérer sur le globe terrestre**

• **La forme de la Terre**

Notre planète se présente sous une forme quasiment **sphérique**... C'est en fait un "**géoïde**" que l'on pourra confondre avec un **ellipsoïde de révolution** qui, par rapport à la sphère parfaite, est légèrement aplati au niveau des pôles et plus gonflé au niveau de l'équateur. Nous supposons pour simplifier dans un premier temps que c'est une sphère "parfaite".



Le rayon à l'équateur vaut environ 6378 km alors qu'au pôle il n'est que de 6357 km (une différence de diamètre totale de 43 km selon l'axe choisis qui permet d'accepter l'approximation sphérique!).

• **Quelques définitions**

**Grand cercle** : intersection de la terre avec un plan passant par le centre de la terre.

**Petit cercle** : intersection de la terre avec un plan quelconque ne passant pas par le centre de la terre.

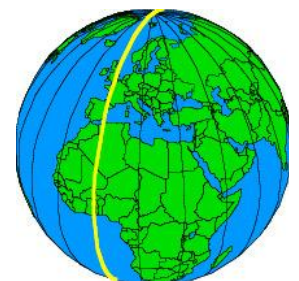
**Equateur** : grand cercle perpendiculaire à l'axe des pôles, séparant les hémisphères sud et nord.

**Parallèle** : petit cercle parallèle à l'équateur

**Méridien** : demi-grand cercle passant par les 2 pôles. Par convention, le méridien d'origine est celui qui passe par la ville de **Greenwich** (Angleterre).



*Equateur et parallèles*

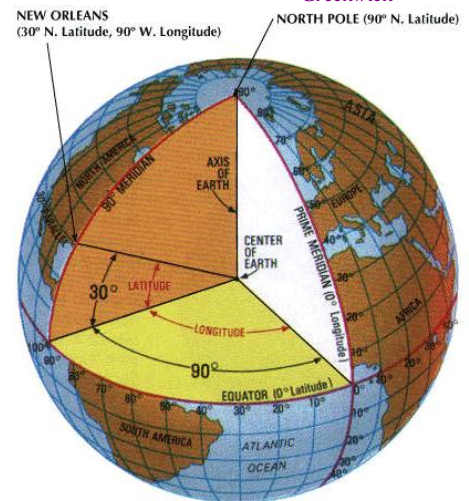
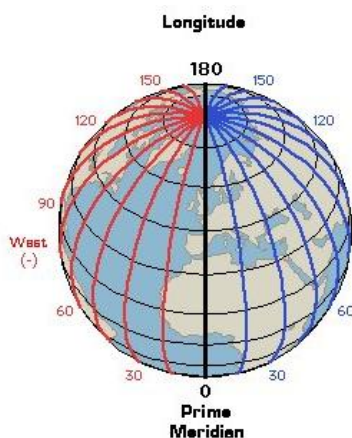
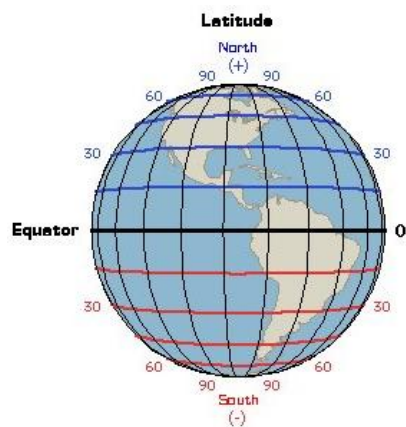


*Méridiens et méridien de Greenwich*

• **Comment se repérer sur une sphère ?**

**Latitude** : Angle compris, à partir du centre de la terre, entre l'équateur et le parallèle du point considéré. *La latitude est NORD si le point considéré est situé dans l'hémisphère nord. La latitude est SUD dans le cas contraire.*

**Longitude** : Angle compris, à partir du centre de la terre, entre le méridien de Greenwich et le méridien du point considéré. *La longitude est dite OUEST ou notée positivement si le point considéré est à l'ouest du méridien de Greenwich. La longitude est dite EST ou notée négativement si le point considéré est à l'est du méridien de Greenwich.*



Historiquement, lorsque les marins ont cherché à se positionner sur Terre leur seule référence était le Soleil. Un sextant permettait de mesurer la hauteur angulaire du Soleil à midi afin de déterminer la position sur un méridien : la latitude. Pour déterminer la deuxième



coordonnée, la **longitude**, les marins utilisaient une horloge précise réglée sur le **méridien de Greenwich**. Le décalage entre "midi" ou l'on se trouve et midi Greenwich permet de déterminer la longitude.

Petit exemple de calcul : quelle est la longitude du point X sachant qu'en ce lieu il est "midi solaire" à 15 h (heure de Greenwich).

Réponse :

Décalage 3 heures soit  $360 \times 3 / 24 = 45^\circ$  donc  $45^\circ$  longitude Ouest (le Soleil arrivant par l'Est)

On peut retenir que une heure correspond à  $15^\circ$  de décalage ... ou que **la Terre tourne de  $15^\circ$  en une heure** (par rapport au Soleil) .

Cas particuliers :	Au pôle,	A l'équateur	Au méridien de Greenwich
	latitude = $90^\circ$	latitude = $0^\circ$	longitude = $0^\circ$

• Exemples de coordonnées géographiques

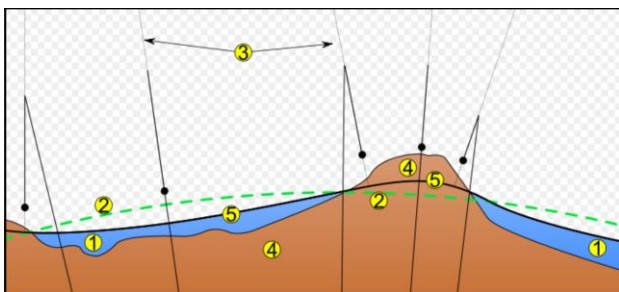
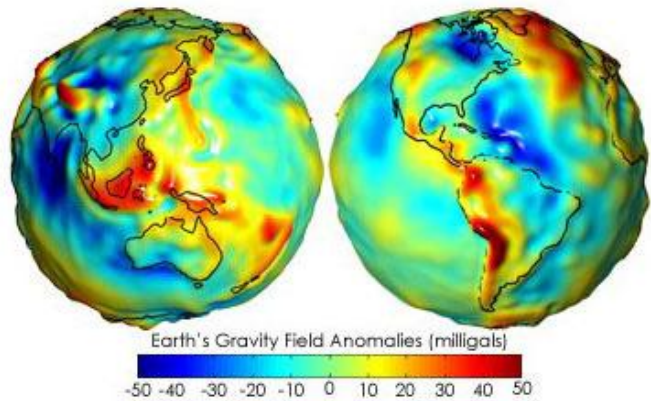
Remarquez les indications N et S pour les latitudes et W et E pour les longitudes.

Paris	Tokyo	Lima	Cape Town	New York	Sydney	San Fransico	Moscou
48° 49' N 2° 19' E	35° 40' N 139° 45' E	12° 6' S 77° 3' W	33° 55' S 18° 28' E	40° 40' N 73° 49' W	33° 55' S 151° 10' E	37° 46' N 122° 25' W	55° 42' N 37° 32' E

• Notion de géoïde

Un **géoïde** est une représentation de la surface terrestre plus précise que l'approximation sphérique ou ellipsoïdale.

Il correspond à une équipotentielle du champ de gravité terrestre, choisie de manière à coller au plus près à la surface réelle.



1. Océan — 2. Ellipsoïde — 3. Déformation locale — 4. Continent — 5. Géoïde

Le géoïde terrestre est une surface équipotentielle de pesanteur proche du niveau moyen des mers.

L'orientation du champ de pesanteur, c'est-à-dire la verticale locale, varie en grandeur et direction sur la surface de la Terre. Le géoïde ne se superpose avec l'ellipsoïde.

Le dessin du géoïde est déformé par l'inégale répartition des masses à la surface de la Terre et à l'intérieur. Une chaîne de montagne ou un océan modifie la surface du géoïde.

II. S'orienter sur le globe terrestre

• Le pôle Nord géographique ou Nord vrai (N<sub>V</sub>)

Les méridiens sont tous orientés vers le Nord géographique. Si on souhaite se rendre, en avion, en un autre point il suffit de connaître la direction à suivre et la distance à parcourir.

A priori c'est simple SI on connaît la direction du Nord géographique... malheureusement aucun instrument, à part le **système GPS**, ne permet de déterminer immédiatement sa direction.

*Le pôle Nord sur une projection stéréographique ⇒*

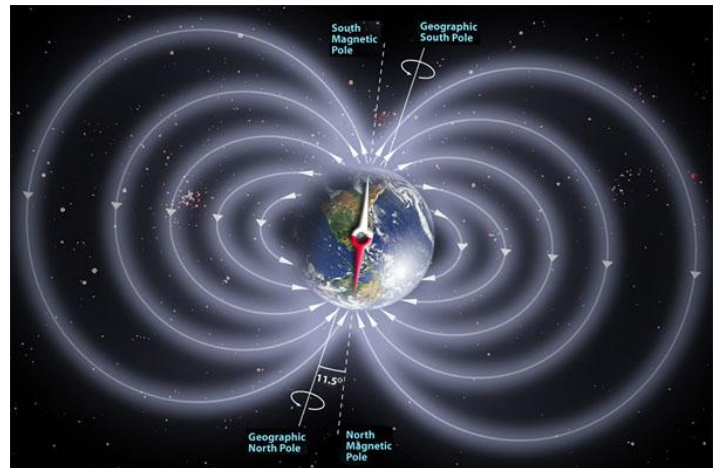


- Le pôle Nord Magnétique ( $N_m$ )

Il règne autour du globe un **champ magnétique terrestre** de faible intensité. Tout se passe comme si la Terre contenait un aimant gigantesque passant par son centre dont l'axe serait voisin de l'axe des pôles géographiques, sans toutefois coïncider avec lui car le pôle nord magnétique n'est pas tout à fait confondu avec le pôle géographique.

La terre dispose donc d'un **champ magnétique** quasiment orienté sur l'axe Nord Sud.

*Ce champ magnétique a la particularité de nous protéger contre les rayonnements électromagnétiques extérieurs et en particuliers celui du Soleil ainsi que des particules chargées portées par le vent solaire.*



*Le champ magnétique terrestre et ses lignes de champ qui nous protègent ↗*

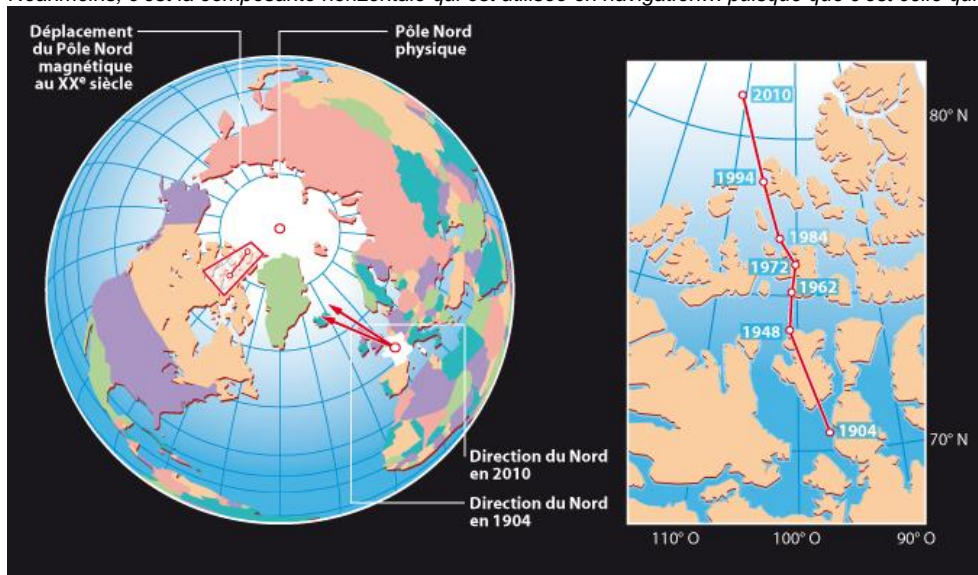


Une simple **boussole**, constituée d'un barreau aimanté permettra de connaître la direction du Nord magnétique. L'instrument s'appelle un **compas** ou **compas magnétique**.

Cet instrument ne nécessitant aucun réglage ni source d'énergie il est extrêmement fiable... même si ses indications sont parfois erronées ou pour le moins à corriger (*voir CA instruments : le compas*).

En pratique on recherche le "nord" dans un plan horizontal alors que le champ magnétique terrestre n'est horizontal qu'à l'équateur. Il est d'ailleurs approximativement vertical (*c'est-à-dire vers le centre de la Terre*) au pôle nord magnétique et incliné vers le sol d'un angle d'environ 65° à Paris.

*La composante verticale du champ magnétique terrestre est donc plus importante que sa composante horizontale dans nos régions. Néanmoins, c'est la composante horizontale qui est utilisée en navigation... puisque que c'est celle qui nous donne notre orientation.*



*Déplacement du pôle nord magnétique de 1904 à 2010 ↗*

Notons aussi que le pôle Nord magnétique, qui est lié aux mouvements de convections à l'intérieur de la croûte Terrestre se déplace.

Ce mouvement est suffisamment lent pour que la position du Nord Magnétique puisse être considérée comme fixe lors d'une navigation aérienne.

- La déclinaison magnétique ( $D_m$ )

La Terre émet un champ magnétique dont la ligne des pôles est distincte de celle des pôles géographiques. La **déclinaison magnétique (DM)** est, par définition, **l'angle que fait la direction du nord magnétique avec celle du nord géographique** (ou nord vrai), compté ouest ou est.

Comme les deux pôles ne sont pas confondus il faudra aussi disposer d'une information locale : la **déclinaison magnétique**.

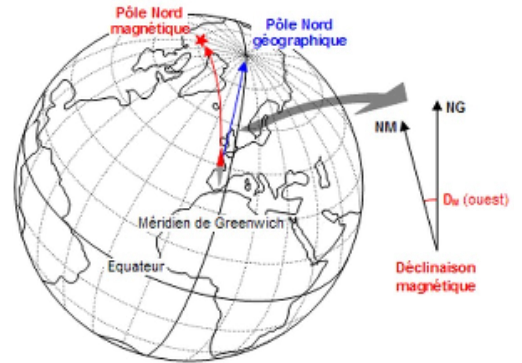
La déclinaison magnétique varie :

- selon le lieu : les cartes aéronautiques indiquent les **lignes d'égaies déclinaison**, dites "**lignes isogones**", dans leur cartouche. Le long d'une ligne isogone, la déclinaison est la même pour une époque donnée.

*La déclinaison magnétique est un angle entre le  $N_G$  et le  $N_m$  ⇨*

- dans le temps : en France elle diminue d'environ 8' par an.

La déclinaison est comptée de 0° à 180° du Nord vrai vers le nord magnétique, bien qu'elle n'atteigne jamais la valeur de 180°. Elle est dite "Est" si le nord magnétique est à l'est du nord vrai et "Ouest" si le nord magnétique est à l'ouest du nord vrai.



Par convention, elle est positive lorsqu'elle est "Est" et négative lorsqu'elle est "Ouest".

**Exemple :**

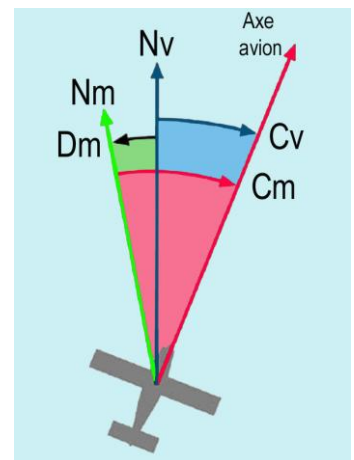
Une déclinaison de 14° Ouest s'écrit  $D_m = 14^\circ W$  ou  $D_m = -14^\circ$ .  
 Une déclinaison de 12° Est s'écrit  $D_m = 12^\circ E + 12$  ou  $D_m = +12^\circ$ .

• **Orientation et cap de l'appareil**

Le déplacement du Nord magnétique nécessite de tenir régulièrement à jour l'information sur la **déclinaison magnétique  $D_m$**  du lieu.

Cette déclinaison correspond à l'angle compris entre la direction du **Nord Géographique** (ou **Nord Vrai**)  $N_v$  et celle du **Nord magnétique**  $N_m$ .

L'orientation de l'avion s'appelle un **cap**... il sera vrai ( $C_v$ ) par rapport au Nord vrai et magnétique ( $C_m$ ) par rapport au nord magnétique.



*Les "caps" et les angles... ↗*

• **Influence magnétique de l'avion sur l'indication du compas magnétique**

Le barreau aimanté du compas magnétique indique la **direction locale du champ magnétique** terrestre lorsque celui-ci n'est pas perturbé par la présence d'une masse métallique proche du compas. Mais, dans l'avion, le compas subit l'influence des matériaux ferreux ainsi que des circuits électriques (résistance chauffante du pitot, phares, etc.), ce qui entraîne une erreur appelée **déviaton** ou "**déviaton du compas**", elle est notée **d**.

Pour minimiser cette erreur, on place le compas magnétique le plus à l'écart possible des masses métalliques ferreuses et des instruments de bord.

C'est pourquoi il est souvent placé au-dessus du tableau de bord.

De plus, on minimise la déviaton en compensant le compas lorsqu'on l'installe dans l'avion.

Après compensation, on mesure l'influence résiduelle des masses métalliques ferreuses et des circuits électriques.

Ces mesures, représentées sous la forme d'une courbe appelée "**courbe de déviaton**" ou à l'aide d'un tableau, sont placées à côté du compas magnétique. Dans la pratique, la déviaton ne doit pas dépasser 3°.



*Compas et sa courbe de déviaton (d) ↗*

• **Précaution pour l'utilisation du compas magnétique**

Il ne faut pas utiliser les indications du compas magnétique :

- en virage
- lors de variations de vitesse
- et dans une moindre mesure en air agité



Autrement dit, on peut exploiter les caps indiqués par le compas magnétique en palier à vitesse constante, en ligne droite et si possible en air calme.

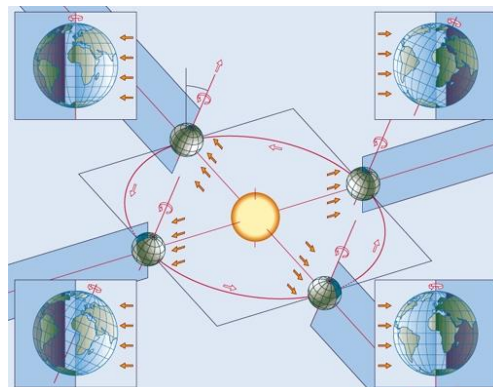
En outre, pour un usage plus précis, on tiendra compte de sa déviation

### III. La mesure du temps

- Le mouvement de la terre autour du soleil

La Terre tourne autour du Soleil (en 1 an ou 365,25 jours) et elle tourne sur elle-même et du mouvement de rotation de la Terre autour de son axe Nord-Sud qui est incliné de 23° par rapport à la normale au plan de l'orbite Terre-Soleil.

L'alternance jour-nuit découle de la rotation propre de la Terre, l'alternance des **saisons** résulte du mouvement de la Terre autour du Soleil qui, du fait de l'inclinaison permanente de l'axe N/S de 23° va voir l'inclinaison des rayons solaires à midi varier en un an. On sait que le Soleil est très bas sur l'horizon à Midi en Hiver et très haut en été.

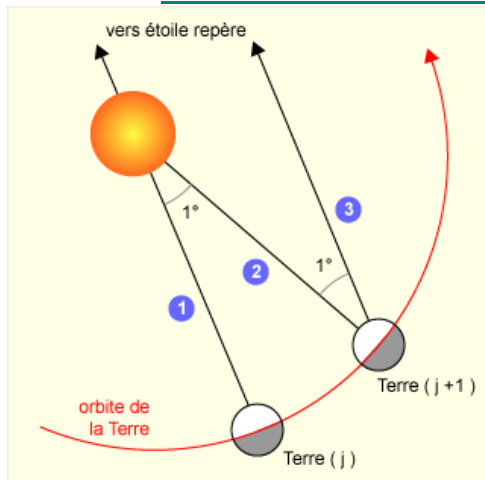


Les saisons dues à l'inclinaison de l'axe Nord/Sud

Notez aussi que le rythme des saisons est inversé pour l'hémisphère sud.

La terre tourne sur elle-même d'ouest en est, de 15° par heure.

- La durée de rotation n'est pas 24 h !!!



La Terre tourne autour d'un axe passant par les deux pôles Nord et Sud en **23 h 56 minutes et 4 s**.

En pratique les humains connaissent la durée de UN jour (durée 24 heures) qui correspond, pour un observateur terrestre, à la durée séparant deux passages successifs du Soleil au Zénith...

Mais, en 24 heures, la Terre a effectué un petit peu plus que 1 tour !!!

La Terre ayant "avancé" sur son orbite elle doit effectuer 1 tour PLUS 1/365<sup>ème</sup> de tour (quasiment 1° comme sur le schéma ci-contre) pour retrouver une même position du Soleil c'est ce qui explique les **3' 56 s** d'écart entre UN jour et UN tour.

L'écart de 236,5 s correspondant à :  $24 \times 3600 / 365,25 = 236,55 \text{ s}$  !

- Le temps universel (TU) et temps universel coordonné (UTC)

Le **Temps universel (TU)** ou UT est une échelle de temps basée sur la rotation "moyenne" de la Terre. On pourrait définir midi TU par le passage du Soleil au **Zénith**.

Le TU n'est donc malheureusement pas régulier ... car, principalement à cause des effets de marée de la Lune et du Soleil, la rotation de la Terre n'est pas régulière. Le besoin de précision des astronomes a nécessité la mise en place du **Temps atomique international (TAI)**, établi à partir d'un ensemble d'horloges atomiques réparties sur Terre.

**UT** étant lié à la rotation terrestre, il s'écarte progressivement de TAI. Une correction, sous la forme de secondes entières, est régulièrement ajouté à TAI pour fournir une autre valeur : le **temps universel coordonné**

(**UTC**) qui est satisfaisant pour la navigation aérienne.

- GMT - UTC :

Ou que l'on se trouve, on considèrera qu'il est 12h00 UTC lorsque le soleil passe au zénith sur le **méridien de Greenwich**.

- Midi local :

De même, en un point quelconque, il est 12h00 locales lorsque le soleil passe au méridien de ce point.

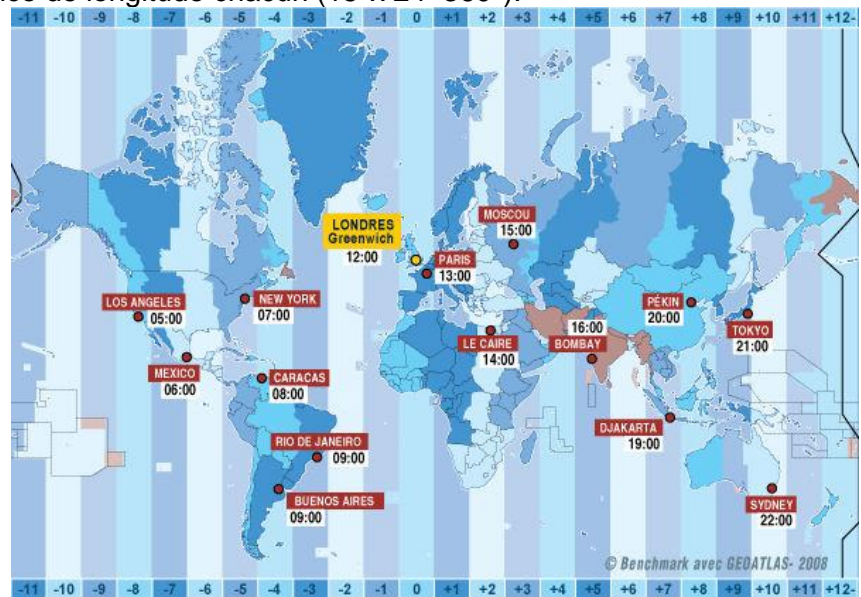
- Heure locale légale ou heure du fuseau.

L'heure du **fuseau** a été créée afin d'avoir la même heure sur une grande étendue. On a divisé la terre en 24 fuseaux de 15° de différence de longitude chacun ( $15^\circ \times 24 = 360^\circ$ ).

L'heure du fuseau est constante (par définition !) à l'intérieur d'un même fuseau et égale à l'heure locale du méridien central du fuseau, plus ou moins un nombre entier d'heures fixé par la loi d'état.

En France :

- en hiver, heure locale légale = UTC+ 1h
- en été, heure locale légale = UTC+ 2h



- Notion de nuit aérienne

On a tous remarqué qu'il fait jour après que le Soleil ai disparu sous l'horizon. On a donc considéré pouvoir "voler" dans ces conditions et on a défini une nuit aérienne correspondant à la véritable perte de visibilité.

La **nuit aérienne** commence **30 mn après le coucher** du soleil et se termine **30 mn avant le lever du soleil**.

#### IV. En quelle unité mesurer la distance entre deux points

- Les km

La Terre a servi pour définir officiellement cette unité au 18<sup>ème</sup> siècle. Le mètre fut défini pour la première fois le 26 mars 1791 par l'Académie des sciences comme étant la dix-millionième partie d'un quart de méridien terrestre... Cette définition, abandonnée aujourd'hui a été grandement améliorée en précision alors que la définition "historique" ne nous permet plus que de mémoriser que la circonférence Terrestre correspond donc environ à 40 000 km.

Malgré cela les marins, mais aussi la plupart des aviateurs, utilisent une autre unité :

- Les miles marins ou "nautiques" (NM).

La marine utilisant les angles (latitude et longitude) pour se positionner sur le globe terrestre... le **mile marin** ou "**nautique**" a été défini comme équivalent à **une minute d'arc de grand cercle**.

**1 NM correspond à 1' d'arc**

Sa valeur en mètre est fixée à 1852 m. On le notera NM. **1 NM = 1,85 km.**

Les pilotes réalisent leurs navigations en NM.

## V. Trajectoire et vitesse

La **trajectoire** d'un avion s'inscrit dans un espace à 3 dimensions.

L'une de ces dimensions est l'altitude, mais c'est le déplacement dans les deux autres dimensions (horizontales) que nous étudions en navigation.

Le pilote doit connaître à tout instant sa position sur la sphère terrestre : sa trajectoire... mais il doit aussi connaître sa vitesse avec un maximum de précision afin d'estimer le temps nécessaire pour atteindre un prochain point sur ... sa trajectoire estimée.

- La vitesse

Connaître sa vitesse par rapport au sol est important. C'est le résultat d'un calcul basé sur les dernières informations (position et date) portés sur le le "log de nav". La vitesse est alors calculée simplement  $V = \text{Distance parcourue} / \text{temps mis pour la parcourir}$ .

Cette vitesse est différente de celle qui est donnée par les instruments de bord spécialisés (anémomètre) qui eux donne la vitesse par rapport à la masse d'air.

Notons que le GPS donne lui une bonne valeur de la vitesse / sol.

- Les unités de vitesse

En France on aurait tendance à privilégier le km/h ou  $\text{km.h}^{-1}$ .

Les instruments nous la fournissent en **nœuds (knots)** ayant pour abréviation **kt**.

Un nœud est la vitesse qui correspond un mille marin par heure soit **1,852 km/h** ou encore à 0,514 mètres par secondes. Cette unité n'est utilisée que pour la navigation, maritime ou aérienne.

- Mais pourquoi un nœud ?

*A la naissance de la marine, les marins étaient incapables de calculer une distance sur l'eau, et le kilomètre n'existait pas. Ils étaient donc incapables de déterminer la vitesse de leur navire.*

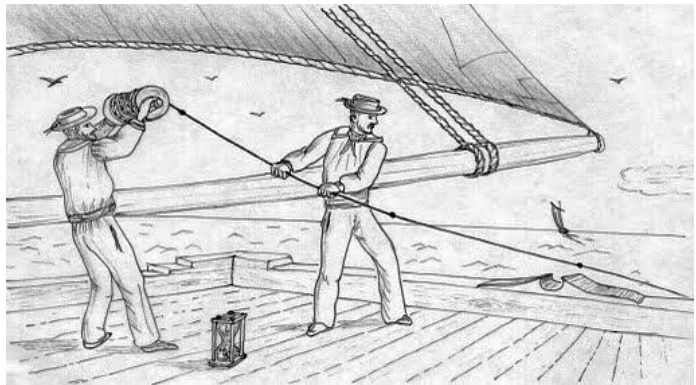
*Les marins eurent alors l'idée d'attacher à la poupe une corde pourvue de nœuds à intervalles réguliers, (tous les cinquante pieds).*

*Cet instrument de mesure est un "loch".*

*Quand le bateau est à l'arrêt, la corde tombe verticalement, et ne laisse voir aucun nœud hors de l'eau.*

*Plus le navire accélère, plus la corde s'élève à l'horizontale sous l'effet de la vitesse.*

*Donc, plus le bateau allait vite, plus on voyait de nœuds hors de l'eau que l'on comptait pour indiquer une vitesse théorique.*



## VI. Exercice

Quelques exercices de détermination (Cv Cm nécessitant d'utiliser d et Dm me paraissent ici **INDISPENSABLES** pour un CAEA et assez utiles pour un BIA)





### I. La trajectoire

La **trajectoire** d'un avion s'inscrit dans un espace à 3 dimensions. L'une de ces dimensions est l'altitude, mais c'est le déplacement dans les deux autres dimensions (horizontales) que nous étudions en navigation. C'est d'ailleurs ce qui motive l'existence du modèle de la sphère, qui est une copie du globe terrestre affranchi du relief, c'est-à-dire de l'altitude :

### II. La route

C'est la trace sur la sphère de la *trajectoire de l'avion* qui nous importe, et cette trace s'appelle la **route de l'avion**.

Il est simple, pour la décrire, de l'exprimer sous la forme d'un angle par rapport à une référence :

**La route est l'angle que fait la trace sol de l'avion avec le nord.**

Mais nous distinguons deux nords :

- le **Nord vrai**  $N_v$  (ou **Nord géographique**), dont on dispose sur la carte,
- le **Nord magnétique**  $N_m$ , direction qui dépend de l'orientation du champ magnétique terrestre, *variable selon le lieu*.

Pour une même trajectoire, l'**angle de route** prendra le nom de :

- **Route vraie**, notée conventionnellement  $R_v$ , lorsqu'on exprime la trajectoire horizontale en degrés par rapport au **Nord vrai**,
- **Route magnétique**, notée conventionnellement  $R_m$ , lorsqu'on exprime la trajectoire horizontale en degrés par rapport au **Nord magnétique**.

Il est facile de passer de l'une à l'autre : On passe du Nord magnétique au Nord vrai en ajoutant avec son signe la **déclinaison magnétique** (angle noté  $D_m$ ), dont la valeur est donnée sur la carte des isogones située dans la légende des cartes aéronautiques 1/500 000 et 1/1 000 000.

On passera de la route magnétique à la route vraie en ajoutant le même angle.

Ainsi :

$$R_v = R_m + D_m$$

#### • Exemple 1 :

Calculer la **route magnétique** à suivre sachant que :  $R_v = 180^\circ$ ,  $D_m = 12^\circ W$

On sait qu'une **déclinaison magnétique** Ouest (W) est comptée négativement ( $12^\circ W = -12^\circ$ ).

La route magnétique  $R_m$  est donc :

$$R_m = 180 - (-12) = 192^\circ$$

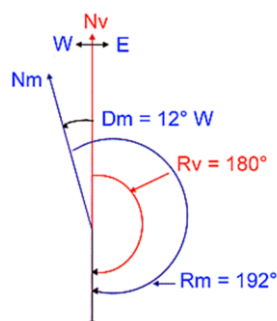
#### • Exemple 2 :

Calculer la route magnétique à suivre sachant que :  $R_v = 260^\circ$ ,  $D_m = 5^\circ E$

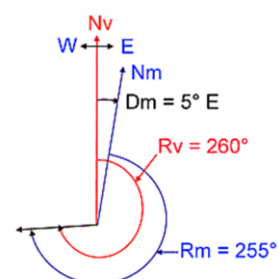
On sait qu'une déclinaison magnétique Est (E) est comptée positivement ( $5^\circ E = +5^\circ$ ).

La route  $R_m$  est donc :  $R_m = 260 - (+5) = 255^\circ$

Exemple 1



Exemple 2

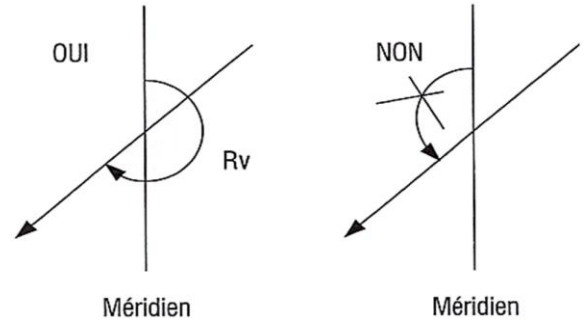


- Détermination de  $R_v$  et  $R_m$  à l'aide d'une carte

On sait que les méridiens indiquent la direction du **Nord géographique** (Nord vrai) ; il suffit donc de placer le centre d'un rapporteur à l'intersection de la route recherchée et d'un méridien.

L'angle lu sur le rapporteur est la **route vraie**.

Une précaution cependant : l'angle doit être lu dans le sens des aiguilles d'une montre (fig. ci-contre).



Cet angle ( $R_v$ ) est compris entre  $0^\circ$  et  $360^\circ$ .

Par convention, la **valeur de la route est un nombre à trois chiffres**. Par exemple, si l'angle formé entre la trajectoire horizontale de l'avion et le Nord vrai est de  $17^\circ$ , la route vraie est  $017^\circ$ .

Certains GPS affichent cependant  $5^\circ$  ou  $17^\circ$  au lieu de  $005^\circ$  ou  $017^\circ$ .

La **route magnétique  $R_m$**  se déduit de  $R_v$  à l'aide de la déclinaison magnétique  $D_m$ , donnée dans les cartes aéronautiques et de la relation déjà vue :  $R_v = R_m + D_m$ .

### III. La vitesse

A la différence du conducteur d'une voiture, qui peut mesurer sa vitesse par rapport à un objet fixe qui est la route, le pilote d'avion n'est entouré que d'air. C'est donc **par rapport à l'air** que l'**anémomètre** (ou "**Badin**"), instrument donnant la vitesse de l'avion, prendra sa référence de mesure.

- Unité de vitesse

C'est le **nœud**, en abrégé **kt** pour **knot** (nœud en anglais).

Un nœud équivaut à un **mille marin par heure** ; **1 kt = 1,852 km/h** (à ne pas confondre avec mph qui est un mile terrestre par heure sur les véhicules anglais ou américains... avec un mile de 1,609 km)

LA définition du mile marin (ou "nautique") fait référence à une mesure angulaire... très utilisée par les marins qui se repèrent en longitude et latitude. En fait cela correspond à un arc de  $1'$  c'est-à-dire  $1/60^{\text{ème}}$  de degré.

- Vitesse conventionnelle  $V_c$  et vitesse indiquée  $V_i$

L'**anémomètre** détermine la vitesse de l'avion, de manière approchée, en déterminant la pression dynamique à partir de la pression totale  $P_t$  (correspondant à l'air en mouvement) et de la pression statique  $P_s$  (correspondant à ce même air au repos). Mais l'air a des caractéristiques (pression, température) variables dans le temps. Pour donner malgré tout une valeur de vitesse se rapprochant de la vitesse air, on a fixé une convention de graduation des anémomètres :

La vitesse donnée par un anémomètre est la vitesse air de l'avion lorsque la pression statique  $P_s$  vaut  $1013,25 \text{ hPa}$ , et la température  $15^\circ \text{C}$ .

Cette vitesse, issue d'une convention de graduation, s'appelle tout naturellement "**vitesse conventionnelle**" ; elle est notée  $V_c$ .

En outre, les capteurs de pression, statique et dynamique, disposés sur la cellule de l'avion ne sont pas toujours dans une position optimum, c'est pourquoi on fait une distinction entre la vitesse conventionnelle, que donnerait l'anémomètre si la pression statique mesurée était correcte, et la vitesse réellement indiquée, appelée "**vitesse indiquée**", et notée  $V_i$ .

DONC

- Vitesse indiquée  $V_i$

**VI** ou **IAS** (indicated air speed) : c'est simplement la **vitesse lue** sur l'anémomètre... Celle qui est utilisée pour piloter.

- Vitesse indiquée  $V_{ic}$

**VIC** ou **CIAS** (corrected indicated air speed) : C'est la vitesse qui serait lue sur le cadran si l'instrument était parfait.

En aviation légère, on confondra la vitesse indiquée et la vitesse conventionnelle, car la différence entre ces deux vitesses est d'ordinaire négligeable (de l'ordre du nœud).

- Vitesse indiquée  $V_c$

**VC** ou **CAS** (calibrated air speed) : Vitesse qui serait égale à VIC si l'installation de l'antenne

anémométrique (sondes des pressions) était parfaite.

- **Equivalent vitesse EV**

**EV** ou **EAS** (équivalent air speed) : vitesse qui serait égale à VC si l'air était incompressible (cas où la vitesse de l'avion est faible).

Correction (CAEA) :  $VC.k = EV$  on a  $k = 1$  si  $V < 250$  km/h et  $Z_p < 10\ 000$  ft.

- **La vitesse vraie Vv**

**Vv** ou **TAS** (true air speed) : Vitesse de l'aéronef par rapport à la masse d'air, elle serait égale à EV si la masse volumique de l'air ne dépendait pas de l'altitude.

Correction (CAEA) :  $Vv = \frac{EV}{\sqrt{\delta}}$  ici  $\delta$  représente la densité de l'air c'est-à-dire le rapport  $\rho/\rho_0$  dans

lequel  $\rho$  est la masse volumique de l'air autour de l'avion et  $\rho_0$  celle de l'air au sol dans l'atmosphère standard.

En résumé ! On mesure la vitesse de l'avion par rapport à l'air ( $V_i$ ) et on corrige les erreurs instrumentales ( $V_{ic}$ ) ou de sondes ( $V_c$ ) puis les erreurs liées à la densité de l'air qui varie par rapport à l'atmosphère standard (1013 ; 15°C) au niveau du sol ( $z = 0$ )... pour avoir **EV**.

- **Détermination de la vitesse vraie à partir de la vitesse indiquée (CAEA)**

En pratique les corrections instrumentales sont très faibles (1 kt !) on les néglige et on ne tient compte que de la température statique extérieure et de l'altitude-pression.

Les pilotes utilisent l'approximation suivante :

- i. **+1 %** de  $V_i$  par **5 degrés** d'écart avec la température en atmosphère type
- ii. Et **+1 %** de  $V_i$  par **tranche de 600 ft** au-dessus de la **surface 1013,25 hPa**,

Cette règle s'applique jusqu'à 12 000 ft, et 180 kt.

Au-delà, l'estimation n'est plus assez précise.

Pour ces corrections RETENIR **à  $V_i$  constante si l'altitude ou la température augmente  $V_v$  augmente** ou encore : **"plus haut, plus chaud, plus vite"**.

*Pour la navigation on va maintenant corriger cette vitesse en fonction du vent et de la trajectoire (montée descente...)*

- **Vitesse propre  $V_p$**

**$V_p$**  vitesse propre : c'est la composante horizontale de la vitesses vraie  $VV$ ... C'est une simple correction "montée/descente" liée à la projection de la trajectoire dans un plan horizontal. Si la pente est faible  $V_p = VV$ .

En l'absence de vent on parle de **vitesse propre** pour caractériser le déplacement de l'avion **par rapport à l'air**.

On confond souvent ces deux vitesses dans l'aviation civile car les machines utilisées adoptent des positions telles que la vitesse vraie (ou "vitesse air") et la vitesse propre soient très proches (*angles de montée ou de descente très faible*). Par contre, un avion en piqué vertical a une vitesse propre nulle... mais cela ne concerne que l'acrobatie ou la chasse !

- **Relation vitesse propre  $V_p$  - Vitesse sol  $V_s$**

**$V_s$**  ou  **$G_s$**  (ground speed) : la vitesse sol, sera égale à  $V_p$  si le vent est nul.

L'air étant très souvent en mouvement par rapport au sol (*vent !*), la vitesse de l'avion par rapport à l'air est ainsi très souvent différente de celle de l'avion par rapport au sol. Comme la vitesse propre  **$V_p$**  est la vitesse de l'avion par rapport à l'air, et on appellera **vitesse sol  $V_s$**  la vitesse de l'avion **par rapport au sol**. La différence entre ces deux vitesses est intimement liée au vent qui, rappelons-le, est le déplacement de l'air par rapport au sol.

*En navigation, on se préoccupe de la projection horizontale des déplacements, on ne parle donc de ce fait que de vitesse propre (avion/ air vu depuis le cockpit) et de la vitesse sol (analyse des déplacements réels/sol).*



• Influence du vent sur la vitesse et la route

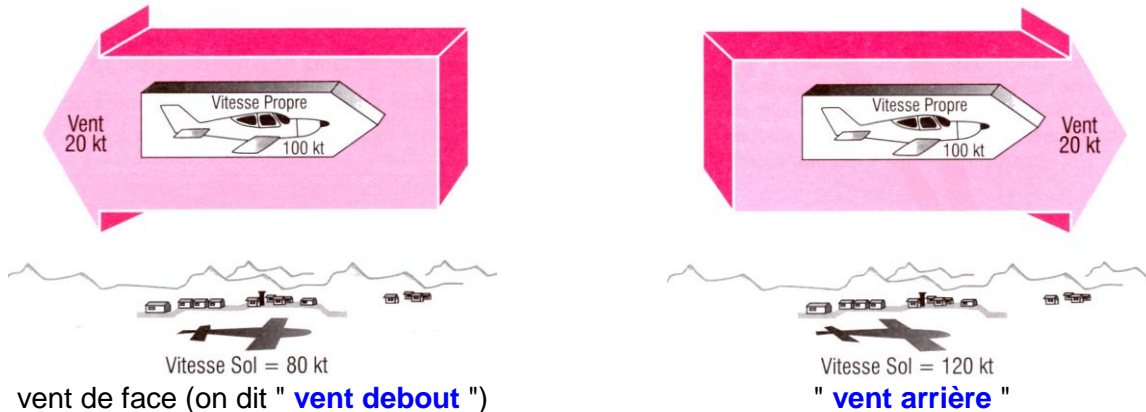
Pour les opérations de calcul mental, on définit le vent par deux composantes :

- l'une parallèle à la route, appelée "**vent effectif**",
- l'autre, perpendiculaire à l'axe longitudinal de l'avion, appelée "**vent traversier**".

Ces deux composantes ont respectivement une influence sur la vitesse sol de l'avion, et sur sa route.

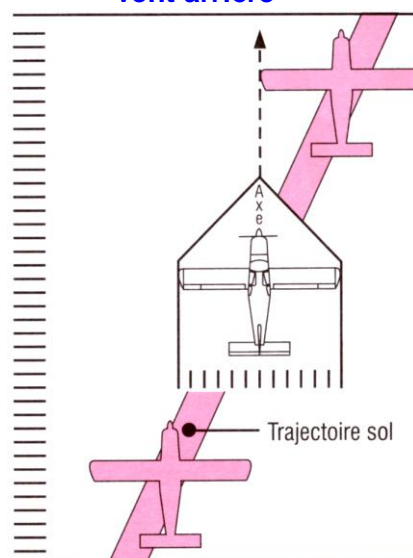
l'étude des trois cas suivants montre cette influence :

**1<sup>er</sup> cas :** Vent parallèle à la route (vent traversier nul). *Figures ci-dessous.*



**2<sup>ème</sup> cas :** vent perpendiculaire à l'axe de l'avion (vent effectif nul).

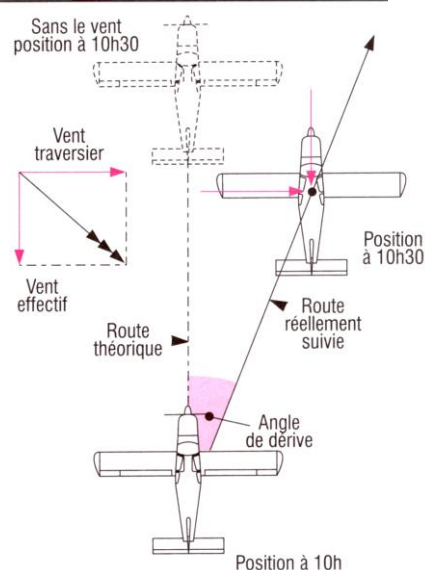
*Figure ci-contre.*



**3<sup>ème</sup> cas :** vent venant de l'avant gauche (vent de NW) (vents effectif et traversier non nuls).

Notons que ce vent n'est pas perpendiculaire à la route, on le voit bien sur la figure.

*Figure ci-contre.*



#### IV. Le cap - La dérive

- Le cap

Le vent traversier génère un angle entre l'axe longitudinal de l'avion et la route qu'il suit. Il est donc nécessaire de définir l'orientation de l'axe longitudinal de l'avion.

Nous allons le faire de manière exactement similaire à celle que nous avons donnée de la route, en prenant en compte les deux références distinctes que nous connaissons : le Nord vrai et le Nord magnétique.

De la même manière que pour la route, le **cap vrai**, noté  $C_v$ , est l'angle formé entre l'axe longitudinal de l'avion et le Nord vrai.

Le **cap magnétique**, noté  $C_m$ , est l'angle formé entre l'axe longitudinal de l'avion et le Nord magnétique.

Et nous avons la relation :

$$C_v = C_m + D_m$$

- La dérive (notée X)

La **dérive** est l'angle formé entre la route et le cap.

La dérive lie le cap et la route par la relation :

$$R_v = C_v + X$$

Et de même :

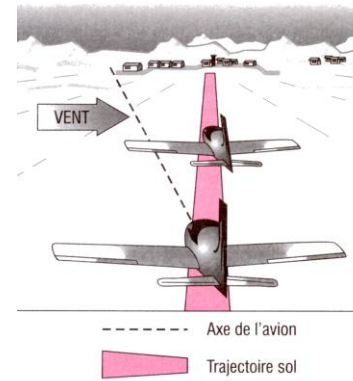
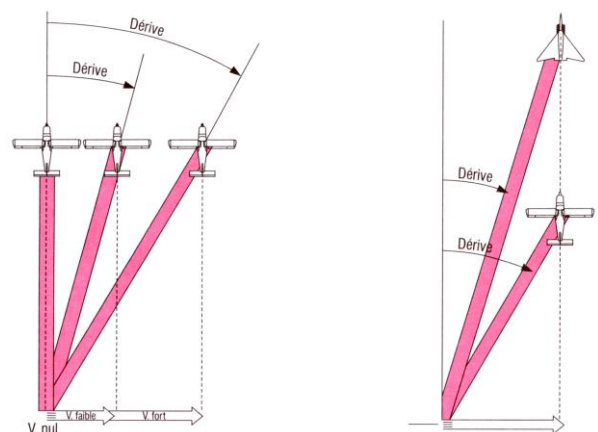
$$R_m = C_m + X$$

Par convention, on dit que **la dérive est droite** lorsque l'avion dérive vers la droite, elle est alors **notée positivement**.

Exemple :  $X = + 7^\circ$ . De même, on dit que la dérive est gauche lorsque l'avion dérive vers la gauche, elle est alors notée négativement : Exemple :  $X = - 7^\circ$ .

La dérive est d'autant plus importante que :

- à vitesse égale, le vent traversier est fort,
- à vent traversier égal, la vitesse de l'avion est faible







## I. Les différentes cartes utilisées en aéronautique

### • Généralités

Il existe différentes cartes aéronautiques. Elles se différencient par l'échelle utilisée mais aussi par les objectifs visés. Il vous faudra plus de détails au sol si vous faites du vol à vue (VFR) alors que pour un vol aux instruments (IFR) il faudra privilégier la localisation et la facilité d'utilisation des instruments de radionavigations.

Pour les aérodromes des cartes beaucoup plus détaillées seront utile aussi bien pour les circuits en vol que pour le roulage au sol.

## II. Les cartes de navigation

### • La carte au 1/500 000<sup>ème</sup> OACI

#### Echelle 1/500 000<sup>ème</sup>

1 cm sur la carte représente 5 km réel... ou 2,7 NM.

Carte très détaillée pour les repères au sol (reliefs, antennes, voies ferrées, routes et surtout autoroutes, fleuves, forêts etc...) elle est adaptée à la préparation et à la réalisation d'un vol à vue.

Comme elle ne peut concerner qu'un quart de la France à la fois il en faut donc 4 (NE, NO, SE et SO) pour parcourir la France.



En plus des repères visuels au sol elle indique également l'emplacement des aérodromes, les différentes classes d'espaces aériens et les zones réglementées ou interdites.

Elle donne aussi les informations nécessaires pour la radionavigation (VOR, DME, ADF, ILS).

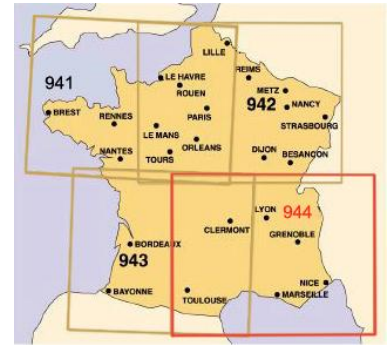
Cartes publiées par l'I.G.N. en collaboration avec le Service de l'Information Aéronautique (S.I.A.). <https://www.sia.aviation-civile.gouv.fr/>



Constituée par 7 feuilles, le relief y est représenté au moyen de différentes couleurs (appelées teintes hypsométriques).

Elle précise toutes les constructions humaines visibles, les diverses zones à statut particulier et certains espaces aériens contrôlés, la topographie, l'hydrographie, etc ...

Les méridiens et les parallèles sont tracés des demi-degrés en demi-degrés.



• **La carte radionavigation à vue au 1/1 000 000<sup>ème</sup> SIA**

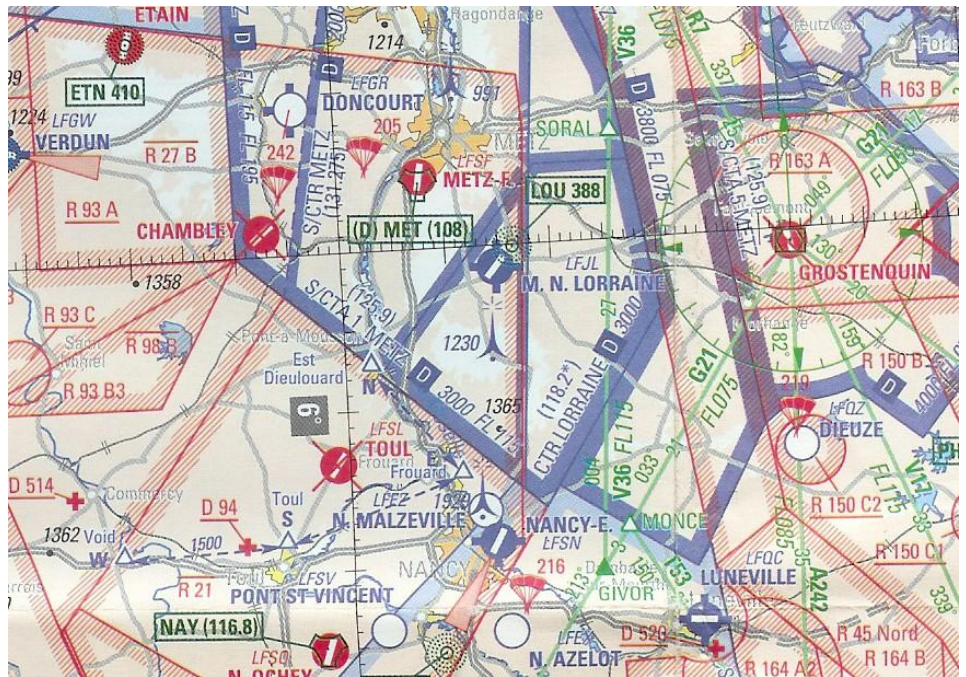
**Echelle 1/1 000 000<sup>ème</sup>**

1 cm sur la carte représente 10 km réel... ou 5,4 NM.

Très détaillée pour toutes les aides radioélectriques (VOR, DME, ADF, ILS, etc...) elle est adaptée à la préparation et à la réalisation d'un vol aux instruments.

Il existe deux cartes : France Nord et France Sud.

On y trouve les renseignements indispensables sur les VOR et NDB, les espaces aériens réglementés (rouge ou bleu : zones interdites / réglementées / dangereuses / réservées, vert : espaces aériens contrôlés).



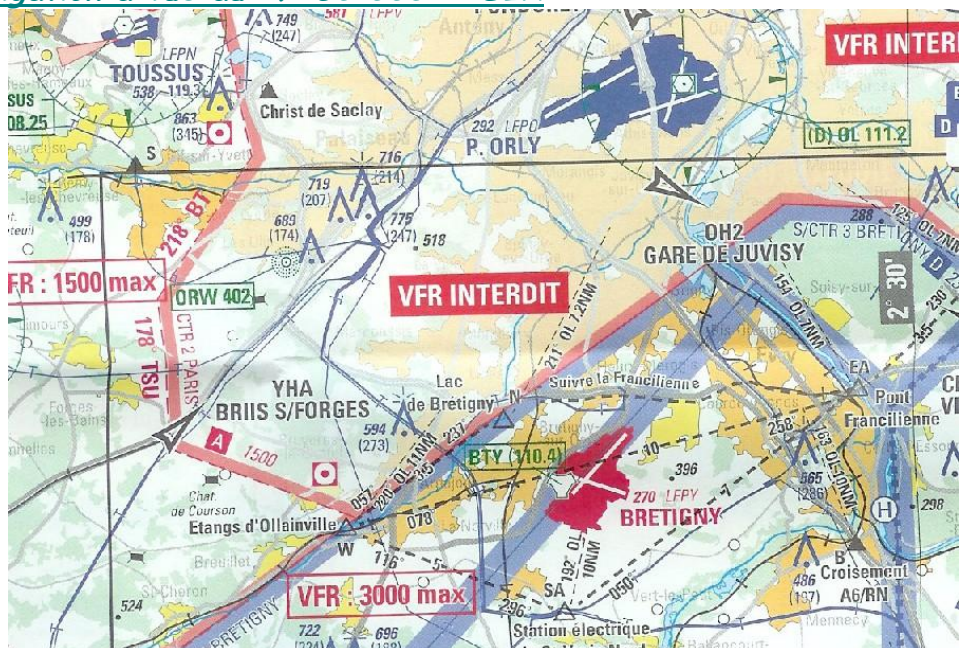
• **La carte radionavigation à vue au 1/250 000<sup>ème</sup> SIA**

**Echelle 1/250 000<sup>ème</sup>**

1 cm sur la carte représente 2,5 km réel... ou 1,3 NM.

Carte très détaillée ici pour la région parisienne très chargée en espaces aériens. (Il existe d'autres zones traitées à cette échelle : Bale Mulhouse ; Delta du Rhone...)

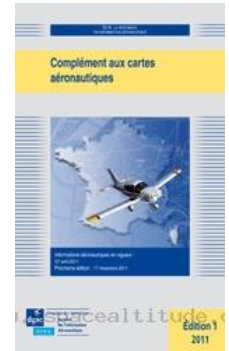
Utilité pratique pour ne pas survoler une zone Dangereuse, réglementée, interdite ou un espace aérien interdit de type Classe A.





- Le complément aux cartes aéronautiques (SIA)

Les pochettes SIA contiennent le "Complément aux Cartes Aéronautiques".



Il permet de connaître, entre autre, les conditions d'activation des "Zones" et les organismes à contacter.

Il donne les informations indispensables relatives aux règles de l'air, aux services de la circulation aérienne et aux restrictions de l'espace aérien. Il fournit en particulier les limites verticales et les fréquences de radiocommunication utilisables des espaces contrôlés.

### III. Les cartes d'aérodrome

- Les cartes d'aérodrome

Les cartes publiées dans l'atlas des cartes **VAC** (*Visual Approach Chart*) des aérodromes font parties des documents que le pilote doit avoir à bord.

La documentation utilisée doit être impérativement à jour et donc conforme à la documentation officielle.

- Les cartes d'approche à vue (VAC)

La "**carte d'approche à vue**" ou **VAC** (*Visual Approach Chart*) fournit au pilote les informations dont il a besoin en phase d'approche d'un aérodrome.

Elle comporte notamment :

- le nom de cet aérodrome, (*Montpellier Candillargues*)
- sa localisation géographique, (*lat et long*)
- son altitude (*ici 5 m soit 1 hPa*)
- son **code OACI**. (*ici LFMG = Montpellier Candillargues*)

Elle indique les diverses fréquences radio nécessaires au bon déroulement de l'approche et de l'atterrissage. Elle mentionne également les différentes catégories d'espaces aériens présentes à proximité du terrain et signale les zones interdites.

En France, les cartes VAC sont éditées par le **Service de l'Information Aéronautique** (SIA).

Les cartes VAC peuvent être téléchargées gratuitement au format PDF sur le site de la **SIA** :

<https://www.sia.aviation-civile.gouv.fr/aip/enligne/fr/VACProduitPartieframeset.htm>

**ATTERRISSAGE A VUE** Ouvert à la CAP Public air traffic **MONTPELLIER CANDILLARGUES**  
*Visual landing* 04 JUN 09 AD2 LFNG ATT 01

	ALT AD : 5 (1 hPa) LAT : 43 36 37 N LONG : 004 04 13 E	<b>LFNG</b> VAR : 0° (05)
--	--	------------------------------

APP : NIL  
TWR : NIL  
A/A : 120.6 (FR)

Les circuits et les évolutions à l'ouest de la piste 14/32 sont interdits  
*Circuits and manoeuvring at west of RWY 14/32 are prohibited*

RWY	QFU	Dimensions Dimension	Nature Surface	Résistance Strength	TODA	ASDA	LDA
14	144	900 x 30	Revêtement Paved	5.7 t	900	900	810
32	324				900	900	900

Aides lumineuses : NIL *Lighting aids : NIL*

APPROCHE A VUE : Voir MONTPELLIER MEDITERRANEE *VISUAL APPROACH: See MONTPELLIER MEDITERRANEE*

Carte d'approche à vue (VAC)

• Détails de la carte VAC de l'aérodrome d'Annemasse LFLI (CAEA).

On y découvre énormément d'informations utiles au pilote. Les activités principales se déroulant sur l'aérodrome sont rappelées sous forme de symbole en haut de la carte.

Sur l'entête on voit :

- o **ALT AD : 1620** :

C'est l'ALTitude en pieds de l'aérodrome (AD)

- o **A/A : 125.875** :

C'est la fréquence COM pour l'autoinformation.

Sur la carte principale (toujours orientée au nord), on voit entre autres :

- o La **piste** (traitillé épais noir) avec ses deux directions (12 et 30) ainsi que les caps réels (117° et 297°)

- o Les **circuits** des pistes (trait noir continu). Ici, ces deux circuits superposés ce qui fait que le circuit de la 30 est un circuit standard (main gauche) alors que celui de la 12 ne l'est pas (main droite).

- o Les **trajectoires de départ** des deux pistes (flèches violettes)

- o Les **approches et circuits hélicos** (traits verts continus)

- o Les **altitudes des circuits** : 2600 pieds (1000 pieds de plus que la piste) pour les avions

- o La **zone hélicos** (H entouré d'un cercle à côté de la piste)

- o Des **repères au sol** très précieux pour respecter le circuit (rivières, autoroute, péage, gare SCNF) ...

**ATERRISSAGE A VUE**  
Visual landing

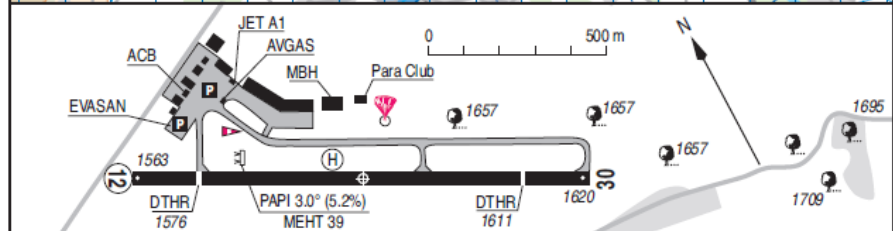
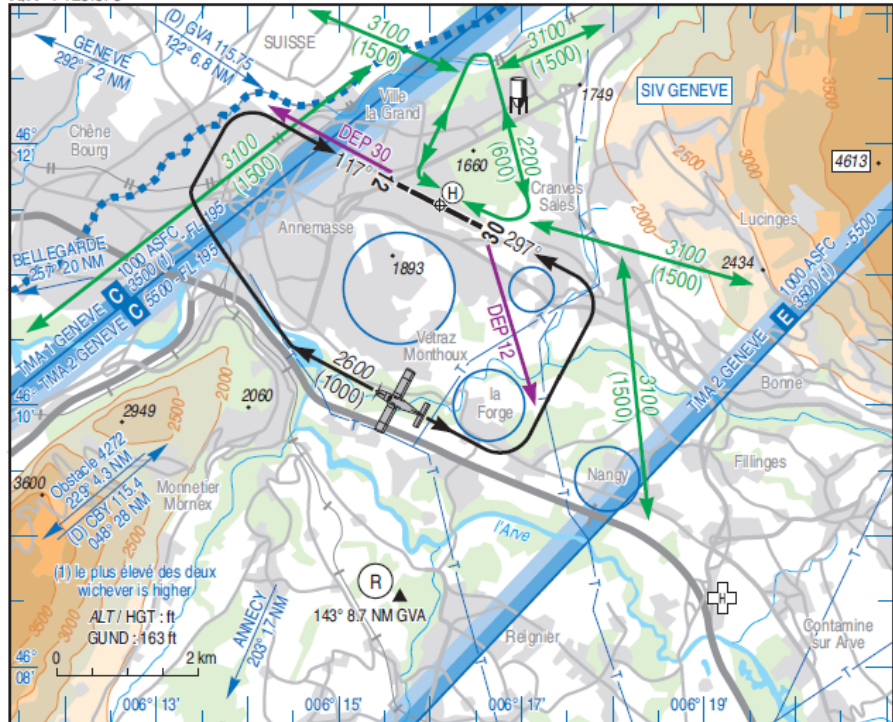
Ouvert à la CAP  
Public air traffic  
15 DEC 11

**ANNEMASSE**  
AD2 LFLI ATT 01

			<b>ALT AD : 1620 (58 hPa)</b>	<b>LFLI</b>
			LAT : 46 11 31 N	VAR : 1° E (10)
			LONG : 006 16 06 E	

FIS : GENEVE Information 126.350  
APP : NIL - GENEVE Départs/Departures : 119.525  
GENEVE Arrivées/Arrivals (au-dessus de/above 1000 ASFC/3500 (1)) 136.250

TWR : NIL  
A/A : 125.875



RWY	QFU	Dimensions Dimension	Nature Surface	Résistance Strength	TODA	ASDA	LDA
12	117	1300 x 30	Revêtue Paved	58 F/A/W/T	1300	1300	1105
30	297						

Aides lumineuses : BI RWY 12/30

Lighting aids : LIL RWY 12/30

(1) voir/see TXT01



AMDT 01/12 CHG : VAR, résistance piste, distances déclarées, infrastructure.

© SIA

En dessous de la carte figure un petit plan du taxiway et du parking. Il montre aussi l'emplacement du "C" (ACB) ... pour aller payer la taxe d'atterrissage ...

Plus bas se trouvent les **données des pistes elles-mêmes** avec entre autres :

- o Le **numéro** (RWY)
- o Le **cap** (QFU)
- o Les **dimensions** 1300 X 30 **mètres** (bien que l'unité ne soit pas indiqué)
- o Le **type de surface** (herbe, béton etc...)

Les cartes VAC sont toujours accompagnées d'une ou plusieurs pages comportant notamment le règlement de l'aérodrome (limitations, heures d'ouverture, etc), parfois les cartes d'approche à moyenne distance, etc.



• Carte d'approche (APP)

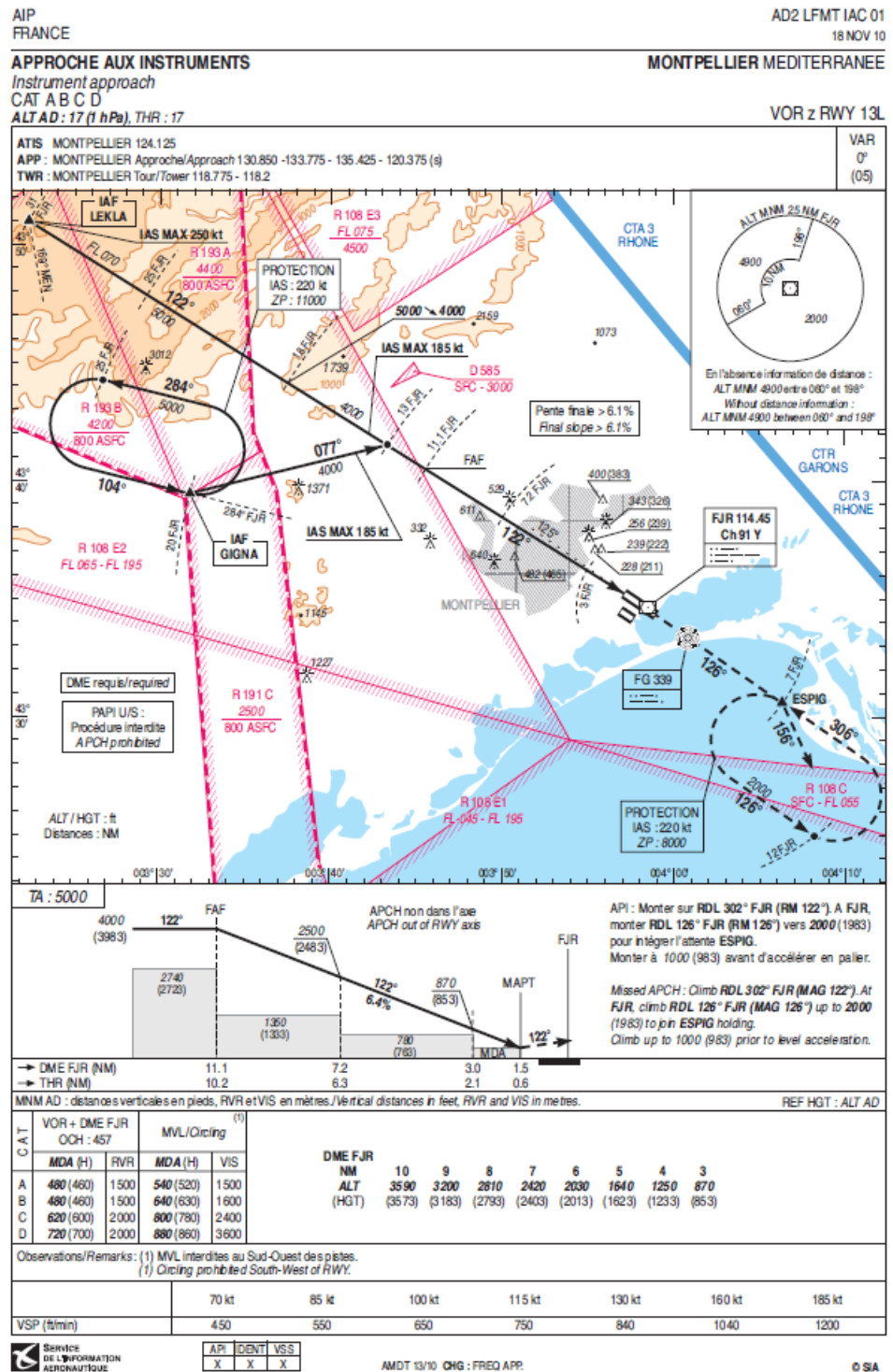
Une carte **APP** est diffusée pour les aéroports dotés d'une **CTR** (zone de contrôle terminale, ConTRol zone) ou situés dans un environnement complexe.

Les organismes de la circulation aérienne (organisme ATS, Air Traffic Services) avec leurs indicateurs d'appel et leurs fréquences sont indiqués en haut.

Ces cartes sont référencées par :

- le nom officiel de l'aéroport (le nom abrégé utilisé comme indicatif d'appel est représenté en gras)
- la mention AD2 suivie de l'indicateur d'emplacement et l'identification du type de carte mentionnée **APP** suivi d'un Numéro d'ordre

Les espaces aériens sont représentés sur les cartes APP.



Carte APP d'approche aux instruments

• REPRENDRE ICI

UTILISER : [http://www.f6ddr.fr/aero/navigation/navigation\\_index.htm](http://www.f6ddr.fr/aero/navigation/navigation_index.htm)

Se pencher sur le site :

<http://home.nordnet.fr/dmorieux/aviaform.htm>

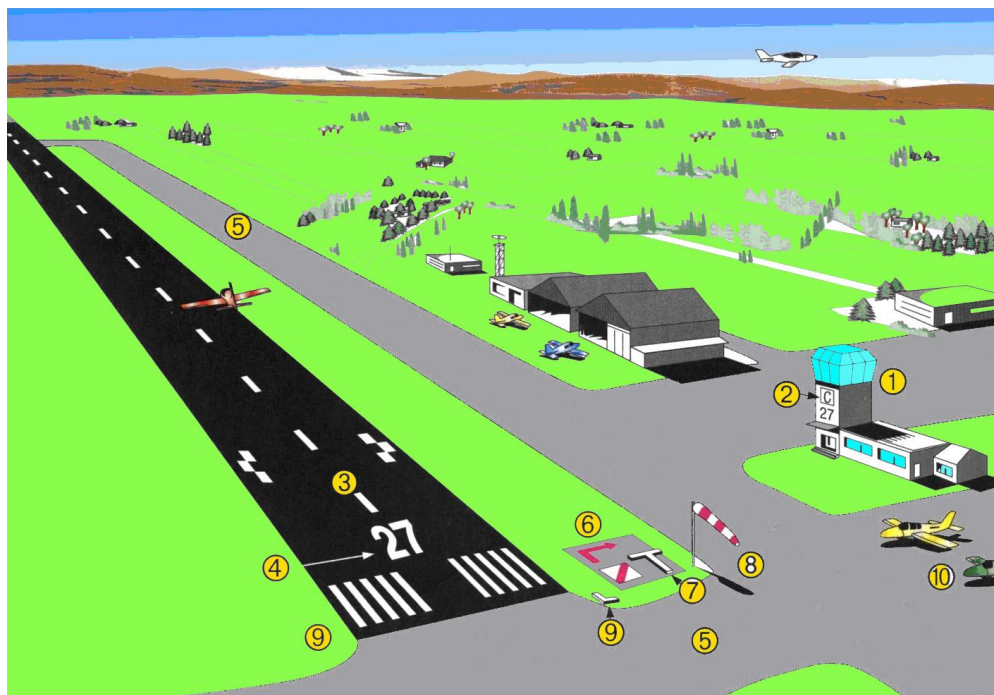
Très bien fait sur la réglementation (alti, mémo etc...)

# I - 4 - L'aérodrome et le contrôle aérien.



## I. L'aérodrome : description globale

- 1 - Tour de contrôle
- 2 - Contrôle d'aérodrome
- 3 - Piste
- 4 - Numéro de la piste
- 5 - Taxiways
- 6 - Aire à signaux
- 7 - T d'atterrissage
- 8 - Manche à air
- 9 - Balises
- 10 - Aire de trafic (aire de stationnement).



### • La vigie (ou bâtiment technique)

La vigie est souvent le bâtiment le plus visible sur un aérodrome à cause de sa hauteur.

Elle permet d'avoir une vue d'ensemble de l'aérodrome. On l'appelle aussi "**tour de contrôle**" ou "tour", bien que ce soit en fait le nom de l'organisme qui s'y trouve (dans certains cas).

Elle abrite deux types d'organismes de la circulation aérienne, suivant que l'aérodrome est contrôlé ou pas :

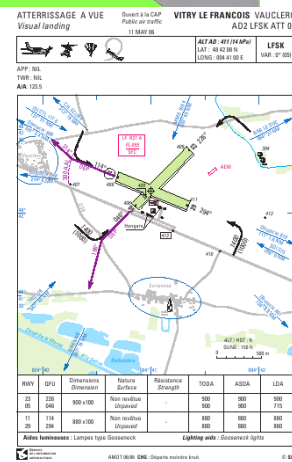
- la **tour de contrôle** ou **TWR** (contrôlé),
- l'organisme **AFIS** (non contrôlé).

### • L'aérodrome contrôlé

On appelle aérodrome contrôlé un aérodrome où le service du contrôle de la circulation aérienne est assuré. La circulation des aéronefs au sol et en vol y est soumise à une **clairance** (c'est-à-dire une autorisation) délivrée par un contrôleur sur une fréquence appelée "fréquence tour" (TWR) qui figure sur la carte d'aérodrome appelée carte **VAC** (pour "**Visual Approach and landing Chart**", ou **carte d'approche à vue**), le contrôleur donne des clairances auxquelles le pilote doit se conformer.



Tour de contrôle.



Extrait de carte VAC



Ainsi, ses déplacements et toutes les actions qui leur sont liées (roulage, alignement sur la piste, décollage, etc.) devront avoir été approuvés ou autorisés par le contrôleur avant d'être engagés.

L'organisme qui est chargé du contrôle de la circulation d'aérodrome s'appelle simplement **l'organisme du contrôle d'aérodrome, ou tour de contrôle**.

Il prend place dans la **vigie**. Son objectif est d'ordonner et accélérer la circulation des aéronefs au sol et en circuit d'aérodrome d'une manière sûre et efficace.



La vigie et les contrôleurs

Pour cela, il prévient les abordages entre aéronefs en les espaçant, et en fournissant une information de trafic. Le pilote reste malgré tout responsable des abordages avec les autres aéronefs et avec les obstacles, et doit donc rester très vigilant.

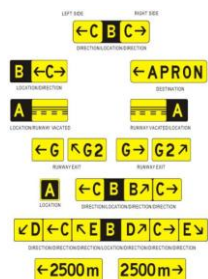
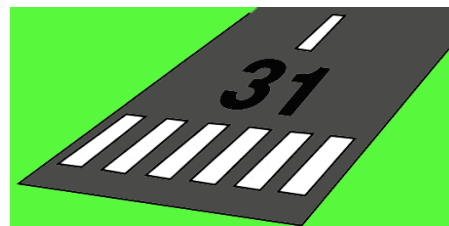
Sauf autorisation particulière, l'aérodrome contrôlé n'est accessible qu'aux aéronefs pouvant établir la liaison radio avec la tour de contrôle. On ne peut donc utiliser un tel aérodrome que si on dispose à bord d'un équipement de radiocommunication en état de marche ou, s'il est en panne, que si on s'estime en situation d'urgence. Si tel n'est pas le cas, il faut se dérouter vers un aérodrome ne nécessitant pas d'équipement radio.

- **La piste de décollage et d'atterrissage**

De dimensions variables, elle peut être en dur (béton, ciment ou goudron), en terre battue ou encore gazonnée. Elle est caractérisée par son numéro de piste (voir fig.), qui est indiqué par des chiffres peints aux deux extrémités de la piste, lorsqu'elle est en dur.

Il correspond à son orientation magnétique en dizaines de degrés, arrondies à la plus proche. Par exemple, une piste orientée au 308° (magnétique) est numérotée 31. A l'atterrissage ou au décollage, le cap lu sur le conservateur de cap devra correspondre, à 5 degrés près, au numéro de piste.

Le choix d'une piste dépend de la direction d'où souffle le vent.



Au sol, pour rejoindre la piste en service, on utilise des voies de circulation appelées **taxiway** (ou bretelles).

Ces voies, repérées sur les cartes VAC, sont munies d'un balisage et le contrôleur vous indiquera lesquelles utiliser



La piste 23 L (Gauche)

Certains aérodromes possèdent plusieurs pistes, souvent parallèles.

Les pistes sont alors désignées par des lettres qui suivent le numéro de piste : **L** pour « left » (gauche) ou **R** pour « right » (droite).

Les pistes 02 L et R ->



- **Les aires de trafic, l'aire de mouvement, l'aire de manœuvre et l'aire d'atterrissage**

Les **aires de trafic** sont les aires de stationnement, d'avitaillement et d'entretien. Elles regroupent donc l'aire de stationnement, la station d'avitaillement en carburant et les hangars.

L'**aire de manœuvre** est la partie de l'aérodrome qui doit être utilisée pour les décollages, les atterrissages et la circulation en surface des aéronefs à l'exclusion de l'aire de trafic : il s'agit donc de



la piste d'atterrissage et des voies de circulation (taxiways).

L'**aire de mouvement** est l'ensemble des aires de trafic et de l'aire de manœuvre.

L'aire d'atterrissage est la partie de l'aire de mouvement servant à l'atterrissage et au décollage des aéronefs.

Les aires de stationnement peuvent être indiquées par une lettre qui désigne les différentes parties du parking suivie d'un chiffre (lui indique le numéro du poste de stationnement. Sur les aérodromes où le nombre de mouvements est important, la gestion de la circulation des aéronefs au sol se fait sur une fréquence particulière : la « fréquence sol ». Sur cette fréquence sont données les instructions de roulage depuis la sortie du parking jusqu'au point d'arrêt (limite au-delà de laquelle on pénètre sur la piste), ou de la piste jusqu'à l'entrée de l'aire de stationnement.

### • L'aérodrome non contrôlé

C'est un aérodrome sur lequel le service du contrôle d'aérodrome n'est pas rendu. Ici, les déplacements **ne sont pas soumis à la clairance** préalable d'un contrôleur.

Il y a deux types d'aérodromes non contrôlés :

→ *Les aérodromes munis d'un organisme AFIS* ( « Aerodrome Flight Information Service » pour « service d'information de vol d'aérodrome » ). Il est géré par un agent AFIS, qui n'est pas un contrôleur, mais qui fournira par radio les paramètres de l'aérodrome s'il les a (piste en service, vent, visibilité, types de nuages et hauteur de leur base, température, pression QNH) et une information sur la présence d'autres aéronefs au voisinage de l'aérodrome, dans la mesure où ces aéronefs se sont fait connaître.

Bien noter la différence entre l'information de trafic fournie par le contrôle, et l'information de vol donnée par l'agent AFIS : la première assure que, sauf incident, le pilote est prévenu de la présence de tout aéronef proche de lui (par exemple : « attention, trafic dans vos 3 heures, à 5 NM de vous »). L'information de vol, à l'inverse, ne donne qu'une information globale sur le trafic au voisinage de l'aérodrome (par exemple : "3 avions en circuit de piste") et ne garantit pas que le pilote sera prévenu de la proximité d'un autre appareil. C'est le pilote qui devra déterminer la position des autres avions par une observation attentive de l'espace qui l'entoure.

→ *Les aérodromes sans organisme de circulation aérienne*, où vous pratiquerez l'auto-information, si vous êtes équipé d'une radio : vous transmettez des comptes rendus de position et vos intentions sur la fréquence assignée à l'aérodrome, que vous trouverez sur la carte VAC.

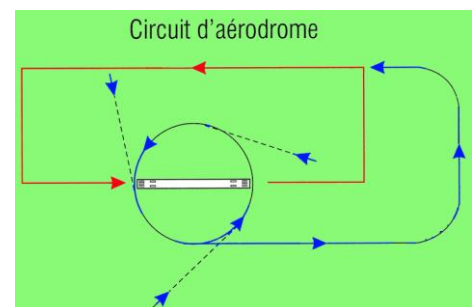
### • Aérodrome non contrôlé, non AFIS

S'il n'a pas toutes les informations utiles, le pilote doit procéder à une reconnaissance de l'aérodrome. Cela se fait par un 360° à la verticale de la piste à une altitude supérieure d'au moins 500 ft de celle du plus haut des tours de piste.

#### Le Pilote :

- applique la phraséologie d'auto-information (*sur la fréquence assignée à l'aérodrome ou sur 123,5 MHz*) ;
- interprète des renseignements rassemblés sur l'aire à signaux ;
- évalue l'état des surfaces d'atterrissage et de roulage ;
- évalue le vent (force et direction) et détermine la piste à utiliser ;
- évalue les obstacles présents sur les trajectoires d'approche finale et de remise de gaz ;
- Observe les positions des autres aéronefs évoluant dans la circulation d'aérodrome.

A l'issue de la reconnaissance, il rejoint le début de la branche vent arrière en respectant la trajectoire indiquée sur le circuit d'aérodrome. Par ailleurs, il doit transmettre des comptes-rendus de position et indiquer ses intentions tout au long de la manœuvre : avant de s'intégrer dans la circulation



*Intégration dans le circuit d'aérodrome  
(exemple circuit main gauche)*

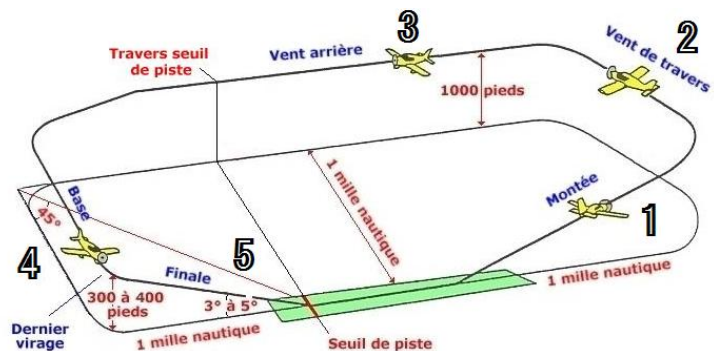
d'aérodrome, en vent arrière, en étape de base, en approche finale, lorsque la piste est dégagée et enfin sur l'aire de trafic.

## II. Le circuit d'aérodrome

C'est une trajectoire « de principe », c'est-à-dire qui indique les manœuvres que doivent effectuer les avions qui se trouvent aux abords de l'aérodrome pour atterrir dans des conditions normales de sécurité.

Ce circuit comporte plusieurs parties, ou « branches », définies comme suit :

- 1 - **montée initiale** ;
- 2 - **vent traversier** ;
- 3 - **vent arrière** ;
- 4 - **étape de base** ;
- 5 - **approche finale** ou **finale**



4 – 5 - Le virage reliant la base et la finale est appelé « **dernier virage** ».

### • Zones importantes

- Le **vent arrière** : est une préparation à l'atterrissage. On vole parallèlement à la piste mais en sens inverse habituellement à 1000 ft/sol (voir la carte d'aérodrome qui le précise)
- L'**étape de base** ou **Base** : on quitte le vent arrière et on descend sur un cap perpendiculaire à la piste jusqu'à retrouver son axe (alignement)
- Le **dernier virage** : on continue de descendre mais on recherche l'alignement
- La **finale** : aligné sur la piste on continue de descendre sur "le plan standard" jusqu'au touché des roues. *Des aides (ILS, Markers, Vasis) peuvent aider le pilote à se maintenir sur le plan. Le pilote doit aussi gérer sa vitesse (attention au décrochage), ses volets (plein volets) et sa communication radio... Il doit aussi refaire une check liste qui vérifie toute la sécurité (freins, train, pompe de gavage, phares etc... même si une partie de cette check list a déjà commencé en vent arrière pour éviter la surcharge finale). En clair il y a du boulot !!!*

Le circuit type se fait à 1000 ft (300 m) d'altitude et par virage à gauche, on dit aussi "**circuit main gauche**". Ce sens de virage a été choisi pour offrir au pilote une meilleure visibilité en virage.

Cependant, on peut rencontrer des circuits par virage à droite ou "**main droite**", souvent pour éviter le survol d'obstacles ou d'habitations. Sur les cartes d'aérodrome est indiquée l'amorce du virage (gauche ou droite).

## III. Les signaux

Il existe un certain nombre de signaux (signaux lumineux et signaux visuels au sol) permettant d'entrer en contact et d'échanger des informations importantes avec le pilote dans des situations telles que la panne de radio, ou des situations d'urgence ou de détresse. La connaissance de ces signaux (visuels au sol ou lumineux à partir de la TWR) peut simplifier considérablement la gestion des dites situations et relève directement de la sécurité des occupants de l'avion au même titre que la connaissance des panneaux de circulation routière pour un automobiliste.

### • Signaux visuels au sol

Une signalisation existe pour les avions se trouvant à l'arrivée sur un aérodrome pour lequel il n'est pas possible d'établir une liaison radio avec l'organisme chargé de la circulation aérienne.

Il est alors possible de prendre connaissance des éléments indispensables à la réalisation de l'approche, de l'atterrissage et du roulage jusqu'au parking grâce aux différents signaux qui se trouvent au sol et qui sont visibles depuis l'avion en vol.

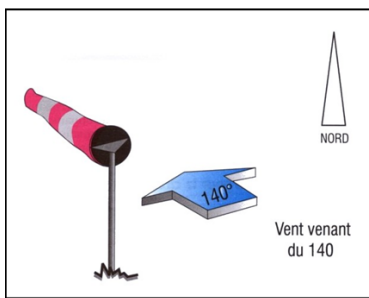


L'aire à signaux



La manche à air

Ces **signaux** (voir schémas ci-après) sont pour la plupart regroupés dans l'**aire à signaux**, sur laquelle se trouve aussi la **manche à air** : une girouette blanche et rouge qui indique la direction d'où vient le vent et permet d'estimer sa force grâce aux différents anneaux .



Le manche à air indique la direction d'où vient le vent



fig. 1



fig. 2

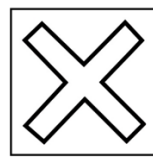


fig. 3

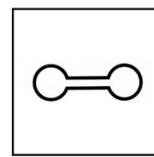


fig. 4

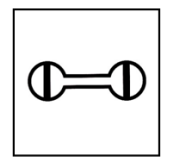


fig. 5

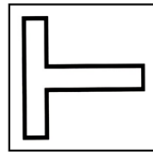


fig. 6

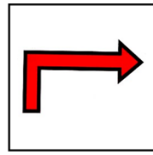


fig. 7

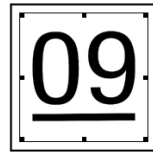


fig. 8

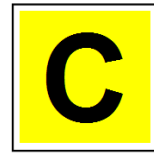


fig. 9

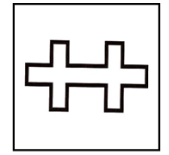


fig. 10

**fig. 1** - Interdiction d'atterrissage (pouvant se prolonger).

**fig. 2** - Précautions spéciales à prendre au cours de l'approche et de l'atterrissage

**fig. 3** - Zone impropre aux manœuvres des aéronefs.

Une portion de piste inutilisable porte une croix blanche ou jaune à chaque extrémité de la portion. Ce peut être la piste entière.

**fig. 4** - Il est prescrit aux aéronefs d'atterrir, de décoller et de circuler exclusivement sur les pistes et voies de circulation.

**fig. 5** - Il est prescrit aux aéronefs d'atterrir et de décoller sur les pistes seulement, mais que les autres manœuvres peuvent être effectuées ailleurs que sur les pistes et voies de circulation.

**fig. 6** - Indique la direction à utiliser pour l'atterrissage et le décollage. Le T symbolise l'avion.

**fig. 7** - Indique que le circuit d'aérodrome dans le sens de la flèche est main droite.

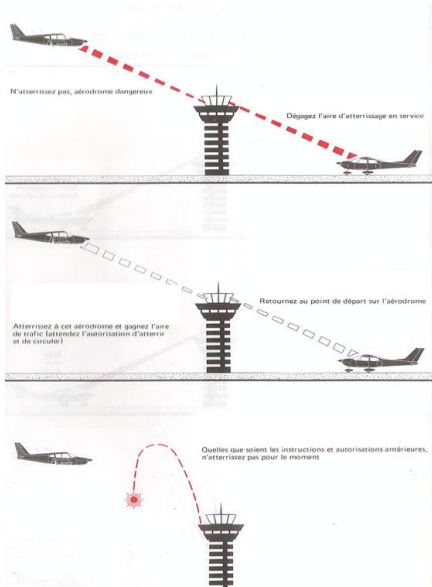
**fig. 8** - 2 chiffres jaunes, placés verticalement sur le bâtiment de la tour de contrôle ou près de celle-ci, indique aux aéronefs au roulage la direction du décollage, exprimée en dizaines de degrés du compas magnétique, arrondie à la dizaine la plus proche.

**fig. 9** - La lettre C, noire sur fond jaune, placée verticalement, indique l'emplacement du bureau de piste.

**fig. 10** - Vols de planeurs en cours.

### • Les signaux lumineux

En cas de panne des communications radio il est encore possible de communiquer à l'avion des informations sur l'attitude à retenir.



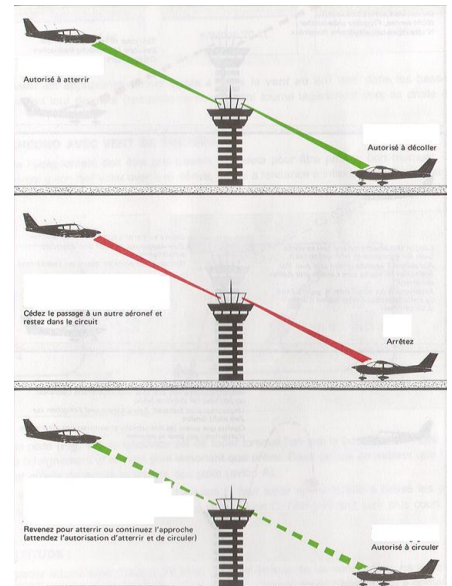
Les signaux lumineux sont :

- **ROUGES** (en gros arrêtez ce que vous faites)

- **VERTS** (autorisation de continuer) OU

- **BLANCS** ils peuvent être continus ou à éclats (clignotement) .

Ils ont une signification différente selon que l'avion est au sol ou en vol.



## IV. Aide lumineuse pour suivre le plan de descente

Plusieurs systèmes (**VASIS**, **PAPI**, **ALS** ...) cohabitent selon les aérodromes et les pays :

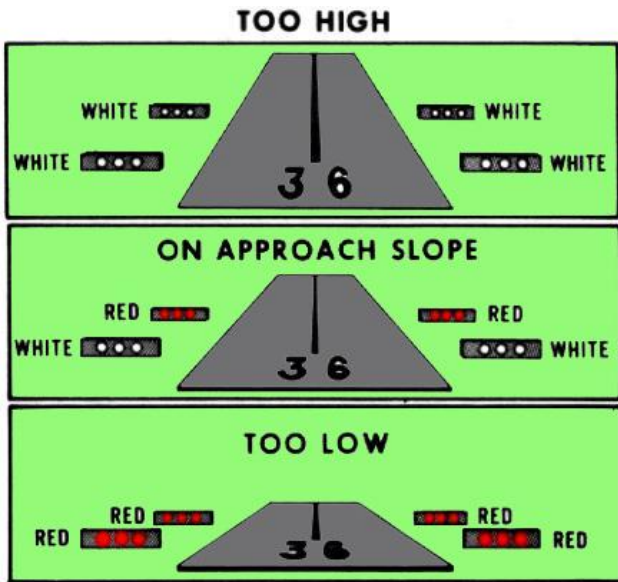
- Plusieurs rangées de lampes (VASIS)
- Plusieurs lampes par rangées (2 ou 4 pour le PAPI)
- Le pilote, selon sa position dans le plan de descente, reçoit une lumière rouge ou blanche

En gros l'information donnée (schémas plus loin) est toujours la même :



- Un même nombre de **rouge** et de blanc = **DANS LE PLAN**
- Excès de **ROUGE** = **DANGER TROP BAS**
- Excès de **BLANC** = trop haut

• VASIS



Le **VASIS** (*Visual Approach Slope Indicator*). Est donc un Indicateur Visuel De Pente D'Approche. C'est un système lumineux comportant deux rangées de lampes placées à côté de la piste.

Les lampes permettent de savoir comment on est positionné par rapport au plan de descente.

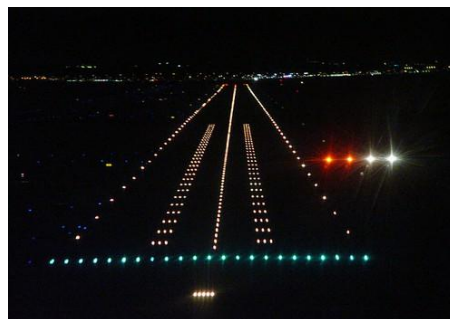
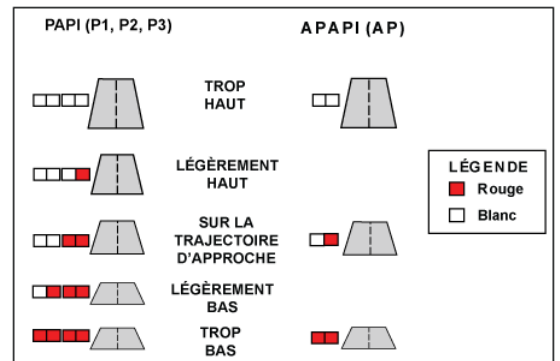
Le VASIS est visible entre 3 et 5 milles de jour et jusqu'à 20 milles de nuit.

• PAPI ou ALS Approach lighting system

**PAPI** signifie "Precision Approach Path Indicator" ou "Indicateur de trajectoire d'approche de précision".

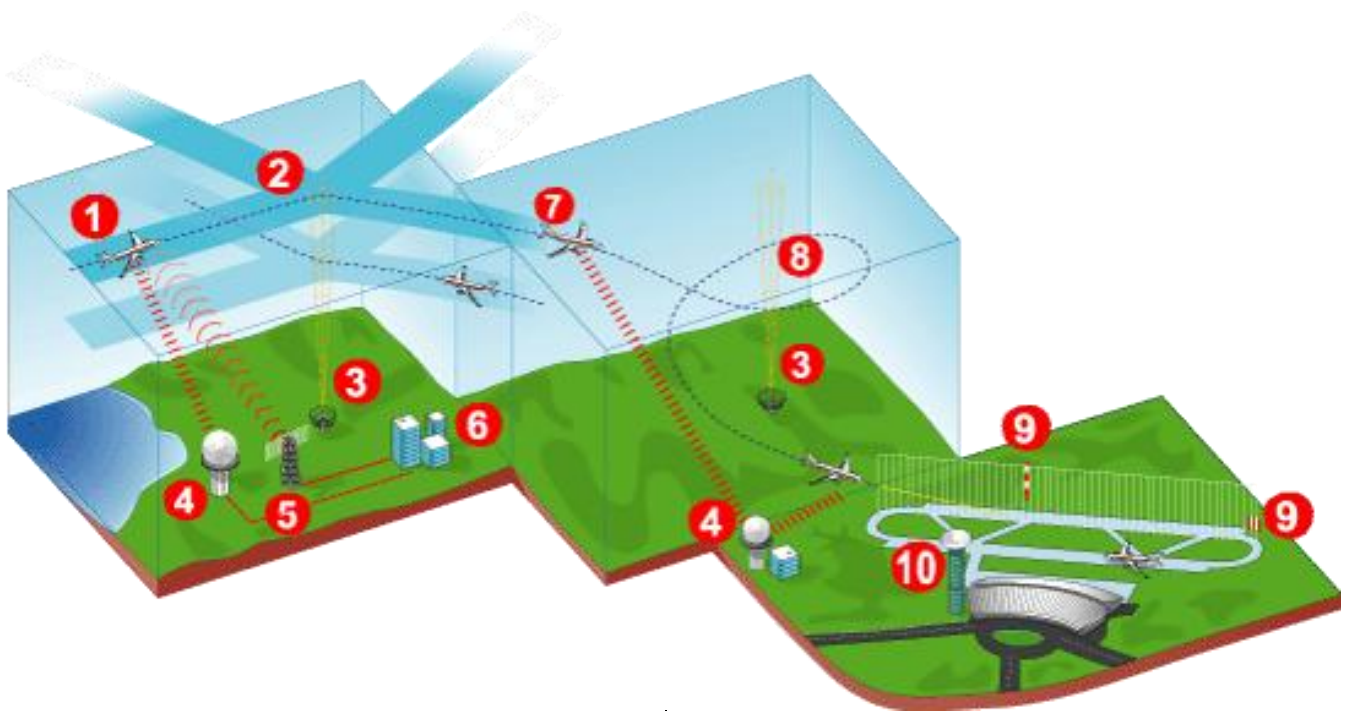
C'est une installation utilisant 4 projecteurs rouges et blancs qui indique au pilote la position de l'avion par rapport au plan d'approche idéal.

Le système est utilisable de jour comme de nuit. Il existe une version simplifiée (APAPI) à 2 feux.



V. Le contrôle aérien

Il existe 3 types de contrôle : le **contrôle en route**, le **contrôle d'approche** et le **contrôle d'aérodrome**.



1 - Avion entrant dans un secteur de contrôle,

2 - Couloir aérien,

3 - Balise radio,

4 - Radar mono-impulsion,

5 - Émetteur/récepteur radio

6 - Centre en route de la navigation aérienne,

7 - Avion entrant dans un secteur d'approche,

8 - Circuit d'attente,

9 - Balise pour l'atterrissage aux instruments (ILS),

10 - Tour de contrôle et radar de contrôle au sol.

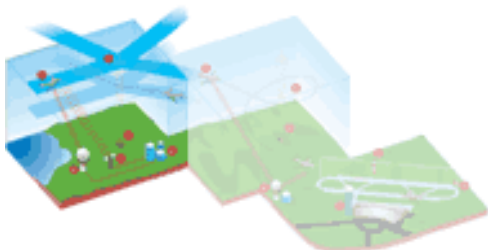
En route, chaque binôme de contrôleurs suit de 22 à 28 avions par heure avec des espacements de l'ordre de 9 à 15 km environ, en fonction des centres de contrôle et des densités de trafic.

A proximité des grands aéroports, le trafic est plus tendu et le nombre d'avions simultanément traités par une position de contrôle peut aller de 8 à 15, avec des vitesses et des trajectoires très différentes.

Un "filet de sauvegarde" permet d'avertir le contrôleur des risques de conflit de trajectoire entre avions.

En outre, le **MSAW** (Minimum Safe Altitude Warning), capable d'anticiper un risque de collision de l'avion avec le relief, équipe les aéroports les plus importants.

### • Le contrôle en route



Sa mission : gérer la progression des avions évoluant en dehors des zones proches des aéroports. Il contrôle en particulier le trafic le long des routes aériennes.

Les avions circulent à l'intérieur de couloirs larges de 10 milles nautiques (18 km) et sont séparés verticalement de 300 m.

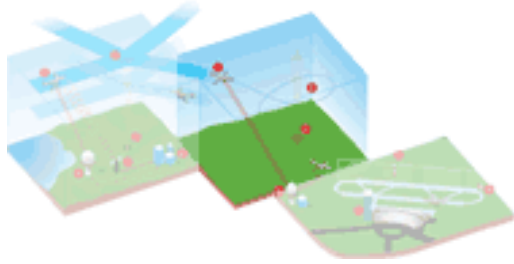
Répartis en équipe de deux sur une position de contrôle, les contrôleurs ne voient pas les avions mais disposent, comme leurs collègues des autres phases du contrôle, de tous les paramètres leur permettant de suivre chaque appareil : sa position, son altitude et sa vitesse s'affichent sur l'écran grâce au radar et sont confirmées par les communications radio avec le pilote.

Ils connaissent également le plan de vol, la trajectoire future et les caractéristiques du vol de l'avion. Ils peuvent dialoguer à tout moment avec le système central Cautra (système informatisé de coordination automatique du trafic aérien), ainsi qu'avec les autres centres de contrôle français ou étrangers concernés par la trajectoire de l'avion.

La quasi-totalité des avions disposent de systèmes embarqués de navigation – **centrales à inertie**

ou **GNSS** (satellite) – leur permettant de se diriger. Mais les appareils restent toujours sous la surveillance du contrôle aérien. Au-dessus des océans et des espaces inhabités il n'existe pas de surveillance radar et les avions volent sur des routes aériennes avec des normes de séparation plus importantes.

- **Le contrôle d'approche**



Il prend le relais du contrôle en route pour gérer la phase de descente de l'avion jusqu'à 6 ou 10 milles nautiques de la piste (entre 11 et 18 km).

Chaque contrôleur doit maîtriser parfaitement toutes les configurations possibles de l'espace aérien autour de l'aéroport, qui changent notamment en fonction des conditions météo. Cette étape est particulièrement délicate car les avions rejoignent tous une même trajectoire en direction des pistes.

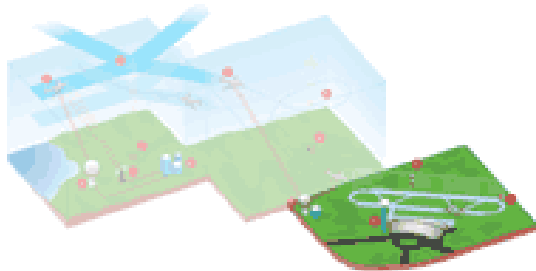
L'espacement entre eux se réduit alors à 3 milles nautiques (un peu plus de 5 km).

Paris présente une complexité supplémentaire, en raison de la proximité des circuits d'approche de Roissy et d'Orly, de la présence du Bourget et d'autres aérodromes de moindre importance.

Dans le but d'améliorer la sécurité et l'efficacité de la phase de descente, un nombre croissant d'aérodromes régionaux assurent une mission "d'approche centrale" pour le compte d'aérodromes "voisins".

C'est ainsi, par exemple, que Brest gère l'approche de Quimper et qu'Ajaccio organise celle de Figari.

- **Le contrôle d'aérodrome**



La vigie de la tour de contrôle prend en charge les avions lorsqu'ils ont été alignés par le contrôle d'approche.

Le contrôleur d'aérodrome surveille visuellement la phase finale de l'avion qui utilise un système d'aide à l'atterrissage (ILS, Instrument Landing System) pour suivre la trajectoire avec précision.

Sur les grands aéroports, le contrôleur d'aérodrome transfère la responsabilité du contrôle de l'avion au contrôleur au sol, sitôt la piste dégagée.

Ce dernier guide les appareils jusqu'aux parkings comme il le fait dans l'autre sens pour le décollage.

*Illustration et commentaires de la partie contrôle d'après :*

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Contrôle-aerien,10109.html>





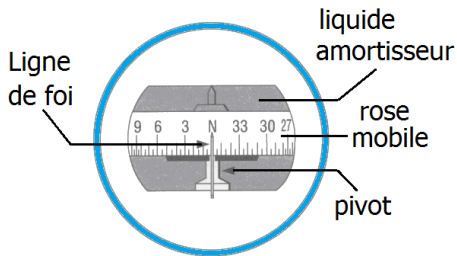
**I. Les instruments de navigation**

Le repérage dans l'espace s'effectue par rapport à une référence qui peut être le Nord géographique **Ng** ou **Nv** (pour Nord vrai) ou le Nord Magnétique **Nm**.

On doit avoir en tête la **rose des caps**

On peut, par exemple, utiliser

- Un **compas magnétique** (avec son tableau de déviation)
- Un **conservateur de cap**
- Un **VOR** ( VHF Omnidirectional Range )
- Un **Radiocompas** ou **ADF** ( Automatic Direction Finder )
- Un **ILS** (Instrument Landing System... couplé au VOR)
- Un **DME** (Distance Measuring Equipment)
- Un **transpondeur**



**Compas**  
Schéma légendé



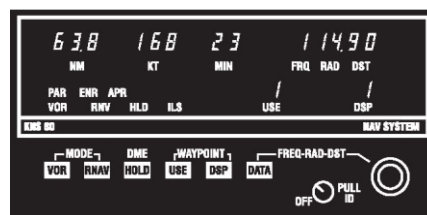
**Compas** et son  
tableau de déviation



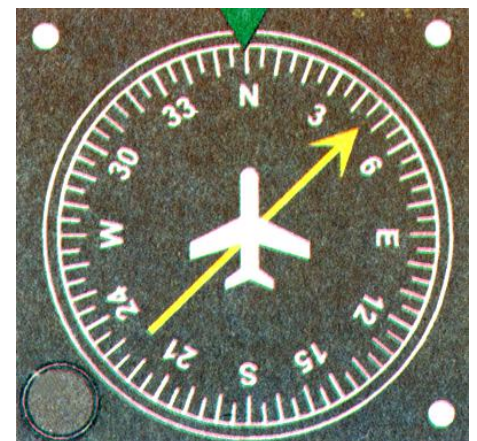
**Conservateur de cap**  
ou directionnel



**VOR** et ici **ILS**  
( VHF Omnidirectional Range )  
(Instrument Landing System)



**DME** (Distance Measuring  
Equipment)  
fréq radio 114.90  
distance 63,8 NM,  
vitesse 168 kt,  
durée estimée 23 min



**Radiocompas** ou **ADF**  
(Automatic Direction Finder )

## II. Instruments complémentaires.

- La montre (chrono)

Le chrono est indispensable pour déterminer la distance parcourue à partir de la vitesse (estimée) et de la durée (chrono) du déplacement :

$$D = V \cdot t$$

L'information permet de "suivre" sa NAV point par point sur son "log de NAV" et de rectifier ses estimations en fonction des paramètres météo rencontrés (vent !).



Radiophare

- Le radiogoniomètre (Gonio)

En fait un vieux instrument qui permet à la station au sol de déterminer OU se trouve un avion (radial) et de lui donner un cap à suivre pour rejoindre la destination.

C'est un service à la disposition des aéronefs en difficulté.

La station repère la direction de l'émetteur (COM 1 ou COM 2) de l'avion. Couplé à un radar le radiogoniomètre peut parfois déterminer la position précise en déterminant la distance.



Radio COM et NAV

## III. Le panel radio

- Bloc radio complet

Deux exemples côte à côte :

En haut les 3 **markers** O M et I  
(O pour **Outer** voyant bleu,  
M pour **Middle** voyant orange,  
et I pour **Inner** voyant blanc)

Les deux **radios** (COM 1 et COM 2)

Couplées avec les deux **radionav** (NAV 1 et NAV 2)

L'**ADF**

Le **transpondeur** (code 5562 ici à gauche et 7000 à droite)

Le **DME**







## II - 2 - Généralités sur les ondes.

Comprendre les ondes pour utiliser la radionavigation

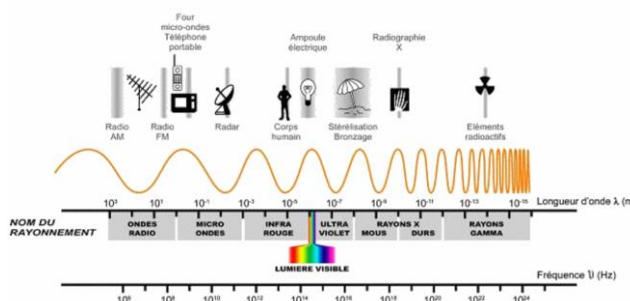


### I. Les ondes utilisées en radionavigation.

- Notion d'onde électromagnétique.

La radionavigation utilise les **ondes radios** qui font partie, comme la lumière visible, de la grande famille des **ondes électromagnétiques**.

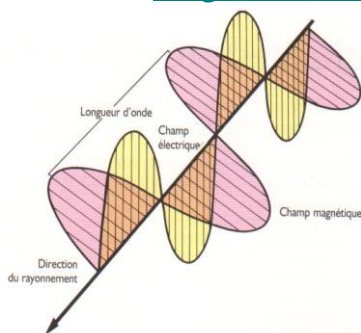
Repérer la zone des ondes "radio" et la comparaison fréquence/longueur d'onde →



- Propagation des ondes électromagnétiques.

Les **ondes radios** se propagent comme la lumière visible à la vitesse  $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$  dans le vide... et dans l'air.

- Longueur d'onde et fréquence



Une onde radio est caractérisée par sa **fréquence** (en Hz) ou sa **longueur d'onde** (en m).

Les deux notions étant liées par la relation  $\lambda = \frac{c}{\nu}$  avec  $\lambda$  en m,  $\nu$

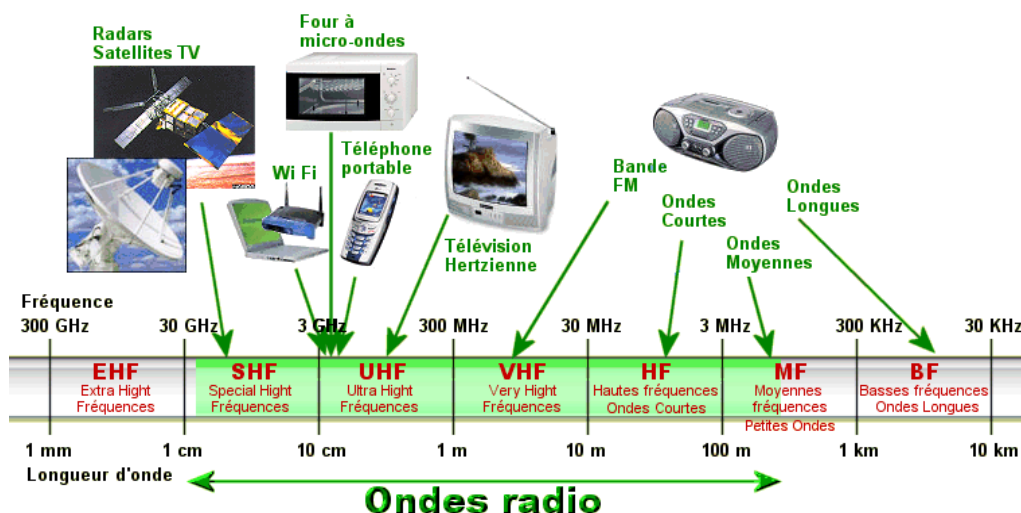
en **Hz** et  $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$  (vitesse de la lumière).

Exemple : une onde de fréquence 30 MHz =  $30.10^6 \text{ Hz}$  a une longueur

$$\text{d'onde de } \lambda = \frac{3.10^8}{30.10^6} = 10 \text{ m}$$

Les longueurs d'ondes et les fréquences correspondantes utilisées varient du cm (30 GHz) pour les radars à plusieurs centaines de m (MHz) dans le cas des grandes ondes radio...

Les aides radio à la navigation nécessitent un **émetteur**, un **récepteur** et des **antennes**.



Les ondes utilisées en radionavigation correspondent à la zone verte... commune à d'autres fonctions !

La plupart du temps l'aide est donc une station au sol (balise) qui émet des signaux radioélectriques transformés en indications de positions par des récepteurs installés à bord de l'avion.

Le **GPS** constitue un cas à part avec des signaux satellites multiples.

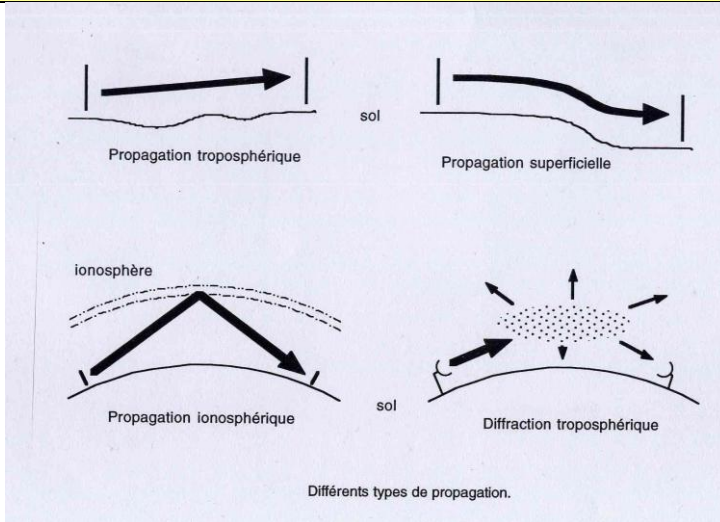
- **Portée**

Ces ondes se déplacent donc très vite (300 000 km/s comme la lumière) et en ligne droite ! ... même si certains phénomènes comme la diffraction sur des obstacles dont la dimension est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde ou la réflexion sur les couches ionisées de la haute atmosphère peuvent leur faire suivre des cheminements non rectilignes.

On considèrera en aéronautique une propagation directe et donc la nécessité d'une "portée optique" (l'émetteur et le récepteur se voient !).

Cette portée optique, liée à la courbure de la Terre augmente avec l'altitude de l'avion on pourra utiliser l'expression :

$$P_{opt} = 1,23\sqrt{H} \text{ avec une portée exprimé en nautiques (NM) et H en pieds (ft) !}$$



Les schémas ci-contre montrent comment les ondes électromagnétiques peuvent être déviées par le relief (phénomène de diffraction dépendant de la longueur d'onde). On peut aussi observer une courbure au voisinage de la Terre.

Les ondes peuvent aussi se réfléchir sur les couches ionisées de l'atmosphère (Ionosphère).

Tous ces phénomènes vont permettre d'augmenter la portée.

Il y a par contre un facteur limitant qui résulte de la déperdition d'énergie comme le carré de la distance (si la distance double le niveau du signal est divisé par 4).

La puissance résulte d'un choix technique lié à l'émetteur : une balise VOR pourra être reçue à 100 NM... alors que le signal ILS d'un VOR ILS sera limité à 20 NM

- **La chaîne émetteur/récepteur**

Pour un VOR on a un émetteur et son antenne au sol, une antenne radio sur l'avion (ici en V sur la queue de l'appareil), un boîtier radio pour sélectionner la station par sa fréquence (éventuellement confirmer par écoute audio du signal morse associé) et enfin l'affichage des informations sur l'instrument de radionavigation.



Emetteur (sol)



Antenne de réception



Boîtier radio (sélection de la station écoutée).



Affichage des informations

## II. Principes de base pour la radionavigation

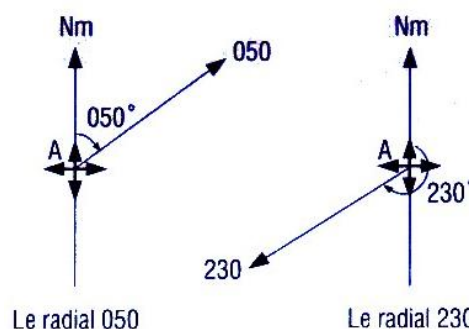
### • Les radials

Les radials sont des axes radioélectriques qui sont repérés par leur **mesure angulaire à partir du Nord magnétique**.

Ils sont générés par une balise radioélectrique. Celle-ci permet de définir 360 radials de 0° à 360° de 1 en 1 degré.

On observe alors que le radial pointé vers le Nord est le 0 ou le 360, vers l'Est le 090, vers le Sud le 180 et vers l'Ouest le 270.

Notons que **chaque radial est une demi-droite** et qu'il ne faut pas confondre, par exemple, le radial 230 avec le radial 050.



### • Utilisation des radials

Selon que l'on relève la position de la station (par l'avion) ou la position de l'avion (par la station) on distingue respectivement les deux types de radials suivants : les **QDM** et les **QDR**

**QDM** = Relèvement magnétique de la **station par l'avion**

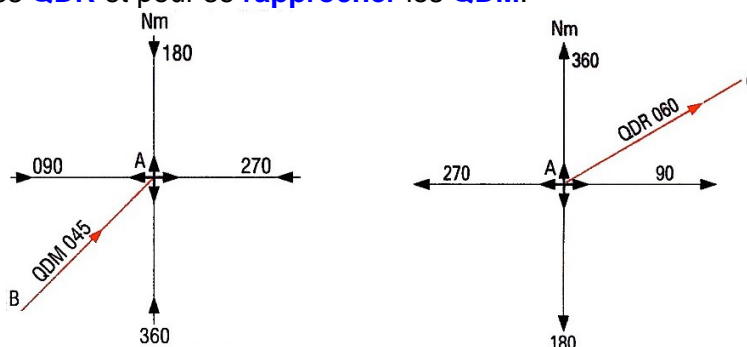
**QDR** = Relèvement magnétique de **l'avion par une station**.

Pour s'**éloigner** de la station on utilise les **QDR** et pour se **rapprocher** les **QDM**.

#### Exemple :

Pour aller de B en A, on suit la route magnétique 045°, alignée sur le QDM 045.

Pour aller de A en C, on suit la route magnétique 060°, alignée sur le QDR 060



« A » est une station radioélectrique au sol.

Notons que QDM et QDR sont liés par les relations simples :  
de même

$$\text{QDM} = \text{QDR} + 180^\circ$$

$$\text{QDR} = \text{QDM} + 180^\circ$$

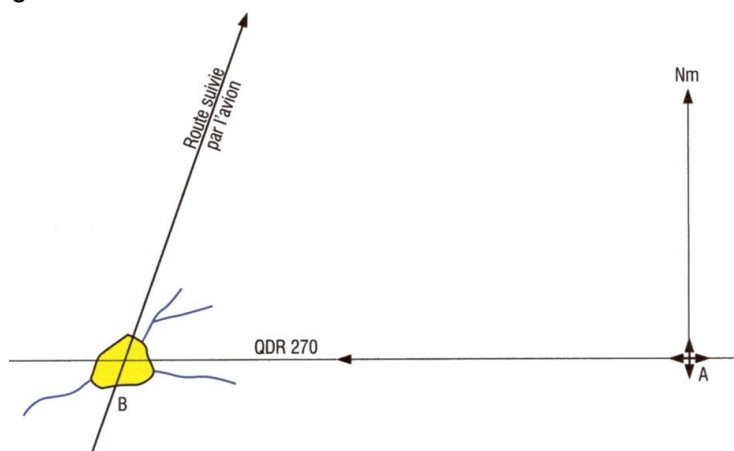
Deux cas sont envisageables pour la radionavigation en route :

La route suivie ou son prolongement passe par la balise de radionavigation :

Si on va vers la balise on suit un QDM (que l'on aura mesuré préalablement) ;

Si on s'en éloigne on suit un QDR.

La route suivie ne passe pas par la balise (voir ci-contre). Supposons qu'un repère de navigation soit une ville située en B. Pour l'identifier, on confirmera son observation du terrain en vérifiant qu'on est bien sur le QDR 270 de la balise A, QDR préalablement mesuré sur une carte.



Confirmation que c'est bien la ville qui est sur ma route par relèvement du QDR.

Ainsi, au cours du vol, on cherchera suivant son souhait à s'**aligner** sur un radial ou à **croiser** un radial.



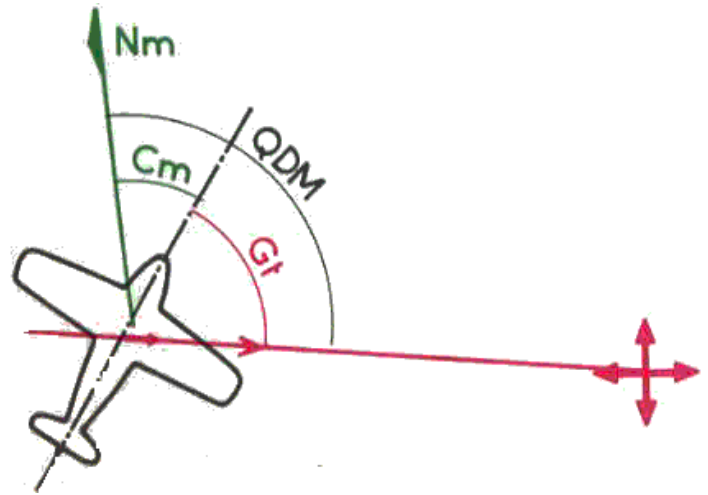
- Notion de "Gisement" (ADF)

Le **gisement** est un angle (0 à 360°) correspondant à la direction de la balise (ADF) vue par le pilote... c'est-à-dire par rapport à l'axe de l'avion. L'axe de l'avion est matérialisé sur l'indicateur ADF, la flèche nous donne la direction de la station. On peut donc lire l'angle que fait cette flèche avec l'axe de l'avion.

Cet angle s'appelle "le Gisement" (*Gt en rouge sur le schéma*) et se compte de 0° à 360° dans le sens des aiguilles d'une montre.

Ici on lit approximativement :

- Un Cm au 035
- Un gisement de 65°
- On est sur le QDM 100 (et le QDR 280)





### I. Le VOR

Il s'agit d'un système de **positionnement** radioélectrique utilisant les fréquences VHF, d'où son nom : "**VHF Omnidirectional Range**" (*alignement omnidirectionnel VHF*), ou **VOR**.

- Principe de fonctionnement

Un **émetteur E** est **au sol**, un **récepteur R** est **dans l'avion**. Le signal reçu par le récepteur dépend de la direction (*E-R*) suivant laquelle il est reçu, et est traduit sur l'afficheur par **un angle** lu par le pilote.

Cette direction est **mesurée par rapport au Nord magnétique**.

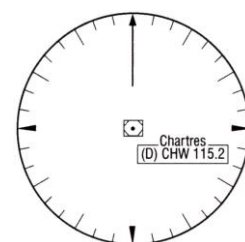
Remarque : Un récepteur VOR permet également d'obtenir une information d'écart par rapport à l'axe d'une piste dotée d'un **ILS** (« Instrument Landing System »). Le VOR utilise des fréquences paires et l'ILS des fréquences impaires.

- Les émetteurs VOR

Ils sont implantés sur les aérodromes ou aux points clés des régions de contrôle. L'émission VOR se fait dans la plage VHF de 108,00 à 117,95 MHz.

Les positions des VOR figurent sur les cartes de radionavigation. Pour chaque VOR on trouve les renseignements suivants :

- son emplacement avec le symbole approprié (*fig. ci-contre*),
- son indicatif (transmis au récepteur en code Morse que le pilote identifiera),
- sa fréquence,
- une rose centrée sur la balise et orientée suivant le Nord magnétique facilitant la lecture directe des **QDR** (directe) et donc des QDM (QDR + 1800).

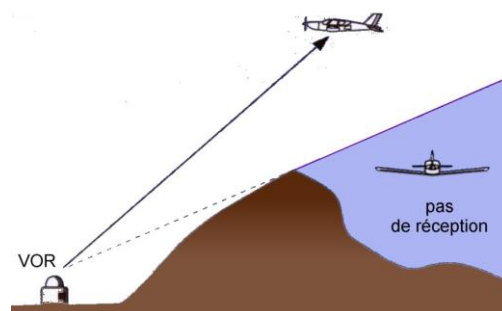


*Représentation d'un VOR-DME sur les cartes aéronautiques*

La distance de réception des VOR dépend de l'altitude de vol.

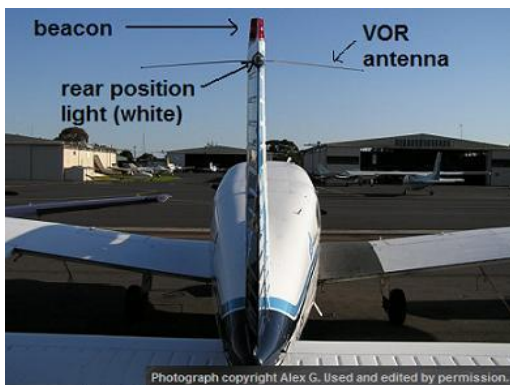
En gros, elle varie de 30 à 70 NM.

La **portée** étant sensiblement **optique**, une bonne réception implique qu'entre émetteur et récepteur il n'y ait pas d'obstacle important.



*Portée optique des VOR*

• Le récepteur



Il est composé de trois parties : l'antenne de réception, le boîtier de bord et un indicateur (ou afficheur).

- L'antenne de réception a la forme d'un V horizontal, généralement fixé sur le haut du fuselage ou de part et d'autre de la dérive.
- Le boîtier de bord permet la mise en marche du système, la sélection de la balise VOR et son identification.

← Antenne de réception VOR (en V sur a dérive)

• L'indicateur. Il a différentes présentations. Les plus courants comprennent :

- un petit rond central fixe représentant l'avion,
- un trait vertical (appelé aiguille) mobile suivant l'horizontale (droite-gauche), représentant la route sélectionnée,
- un bouton **OBS** (Omni Bearing Selector), ou sélecteur de route, qui permet la sélection d'un radial, en faisant tourner une couronne graduée,
- un voyant mobile (souvent triangulaire) donnant les trois indication possibles : **TO – FROM – OFF**,



Récepteur VOR

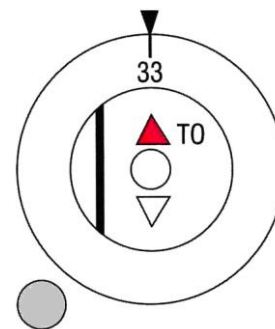
- OFF** : le système ne fonctionne pas,
- TO** : l'indicateur donne un **QDM**,
- FROM** : l'indicateur donne un **QDR**,

• Utilisation du récepteur

A partir du boîtier de bord, on affiche la fréquence du VOR choisi (qu'il est alors indispensable d'identifier, grâce à l'indicatif morse émis, avant d'utiliser les informations du VOR).

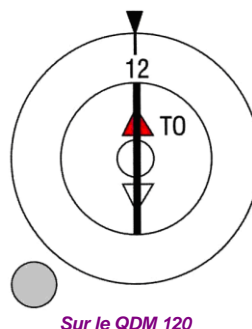
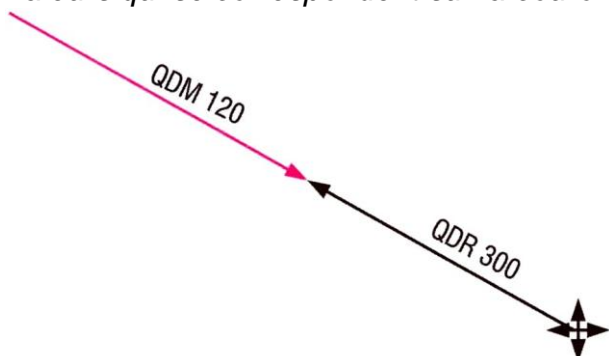
Dès la mise en fonctionnement en vol et si les conditions de réception sont correctes, le voyant OFF disparaît de l'indicateur et laisse place au voyant **TO** ou **FROM**. Généralement l'aiguille est déviée (Fig. ci contre).

En tournant lentement le bouton **OBS**, la couronne graduée tourne simultanément et l'aiguille se déplace.

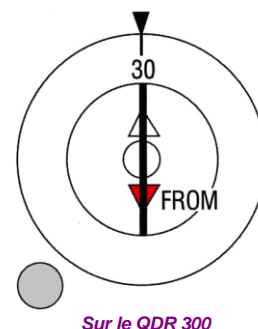


A droite du QDM 330

Pour une rotation de **360°** de la couronne, l'aiguille passe deux fois devant le rond central, et le voyant bascule vers **TO** dans un cas et vers **FROM** dans l'autre cas (on remarquera que les valeurs qui se correspondent sur la couronne graduée diffèrent de 180°).



Sur le QDM 120



Sur le QDR 300



La déviation maximale de l'aiguille correspond à un écart angulaire de 10 degrés. La précision du VOR est de l'ordre de plus ou moins 5 degrés.

Remarque : On l'aura compris, **l'indication du VOR est indépendante du cap de l'avion.**

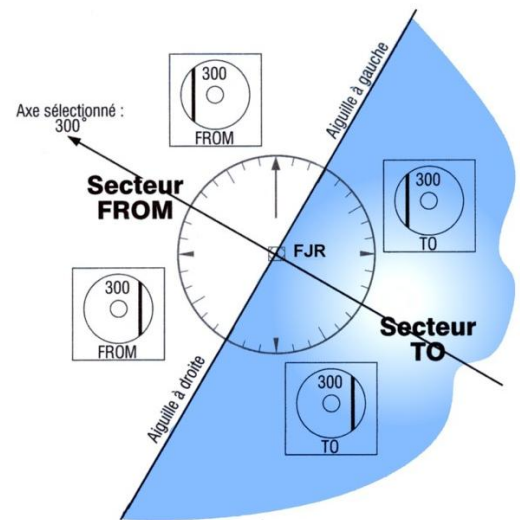
• Comment interpréter l'indicateur VOR ?

On souhaite par exemple se situer par rapport à un axe radioélectrique sélectionné 300° de la station VOR de Fréjorgues FJR. On affiche avec l'OBS le radial 300.

On constate alors l'affichage donné par l'indicateur et on en déduit sa position par rapport à la station de Fréjorgues comme indiqué sur les 4 positions de la figure ci-contre.

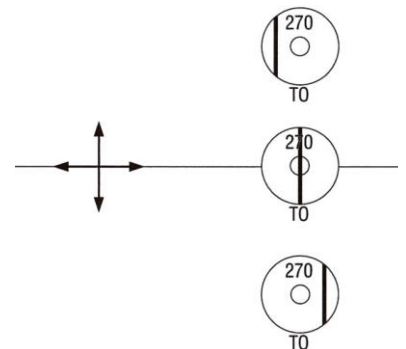
D'abord l'indication TO si, en suivant approximativement le cap 300, on est AVANT la balise... ou FROM si la balise est DERRIERE nous.

Ensuite l'aiguille qui indique de quel côté se trouve le radial 300... si l'aiguille est à gauche c'est que mon avion est trop à droite du radial sélectionné. Je dois aller "chercher l'aiguille" donc m'orienter légèrement vers la gauche pour retrouver ce radial.



Ainsi, on a les trois éléments importants pour le positionnement :

- 1- **Sélection du radial.**
- 2- Le récepteur indique si on est dans le secteur **TO** ou **FROM** (délimité par l'axe perpendiculaire au radial sélectionné).
- 3- L'**aiguille** indique **de quel côté du radial** ou du QDM on se trouve. Il suffit d'orienter mentalement l'avion dans le même sens que l'indication affichée (Fig. ci-contre), l'aiguille représente l'axe, le rond central l'avion.



Si pour une raison quelconque on n'arrive pas à recevoir l'émission d'un VOR, il faut alors s'appuyer sur l'estime et le cheminement, ou chercher à recevoir un autre VOR dont on n'est pas trop éloigné.

**II. Le VOR - ILS.**

• Utilisation d'un ILS

• Le **VOR ILS** (Instrument Landing System) comporte une deuxième aiguille horizontale qui donne la position du plan de descente.

- **Atterrissage ILS** : il suffit de tenir la croix centrée pour
  - être aligné sur la piste
  - être sur le plan de descente (le Glide).

Le pilote "va chercher l'aiguille" en clair si l'aiguille est en bas on pousse le manche, si elle est à droite on pousse le manche à droite. 2 ou 3 markers (voyant + son ) marquent différents points de la descente.



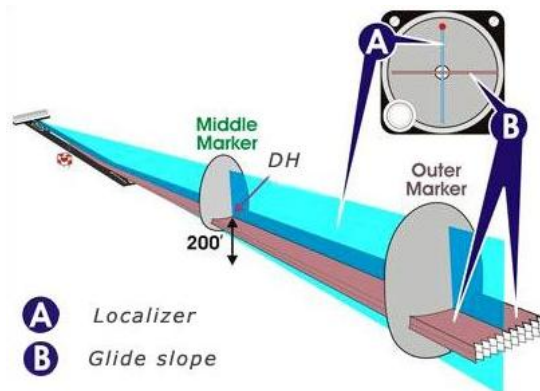
Récepteur VOR ILS

• Présentation du VOR ILS.

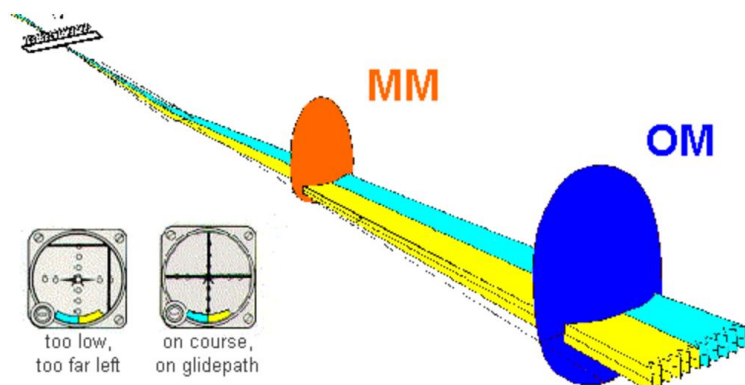
L'Instrument Landing System (ILS) ou Système d'atterrissage aux instruments est le moyen de radio-navigation le plus précis utilisé pour l'atterrissage IFR. Il comprend deux éléments :

- un **localizer** qui donne l'axe de la piste ;
- un **glide path** (ou slope) qui donne un plan de descente (entre 2,5° et 3,5°).

Le VOR ILS affiche ces deux informations grâce à deux aiguilles. Un HSI ou un EFIS donne des index (barres, triangles, ...) sur deux échelles, l'une horizontale, l'autre verticale.



Le plan vertical du "localizer" et la pente du "glide path"



Indications du récepteur (dans l'axe ou trop bas trop à gauche) et les markers.

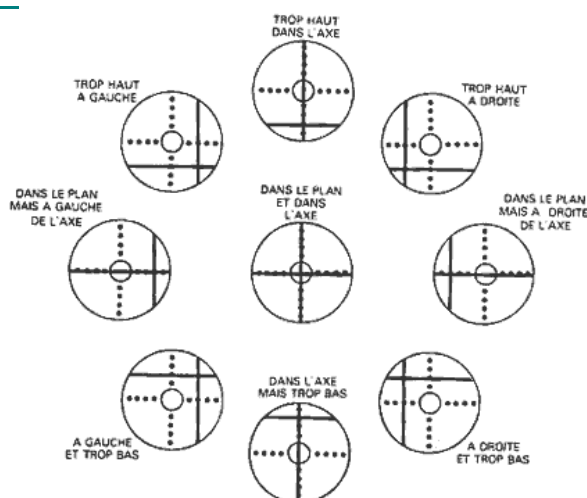
En plus des deux faisceaux (plans croisés) des balises à émission verticale (cônes) appelées markers permettent de se repérer dans la procédure d'approche. Un voyant lumineux et un signal sonore se déclenchent au passage de chacun des 3 markers (**Outer bleu**, **Middle orange** et **Inner blanc**).

On trouve aussi des DME (*Distance Measuring Equipment*) qui indiquent directement sur l'afficheur la distance au seuil de piste.

L'utilisateur affiche la fréquence du localizer (VHF entre 108,00 et 111,95 MHz). Les fréquences glide path et DME lorsqu'il existe sont dans des gammes de fréquences différentes (UHF) mais appariées à celle du localizer, ce qui reste transparent pour l'utilisateur. La portée certifiée est de 15 à 20 NM pour le localizer (30 à 50 NM en pratique) ; légèrement moins pour le glide path. Le DME d'un ILS, moins puissant qu'un DME, peut néanmoins être reçu jusqu'à 50 voire 100 NM.

• Avantages et inconvénients de l'ILS :

- Utilisation très simple et très intuitive (schéma) *Différents systèmes de modulations permettent d'identifier (code morse) le faisceau et permettent de se situer, à +/- 3° près, par rapport à l'axe du localizer et au plan du glide path.*
- très grande précision ;
- sous certaines conditions (*dégagement des aires critiques, séparations accrues entre avions, secours électrique, balisage spécifique, ...*), permet de réaliser des atterrissages automatiques et donc de se poser avec des visibilités très faibles (Le faisceau du glide est utilisable jusqu'à une hauteur de 15m/sol (50ft). (\*))



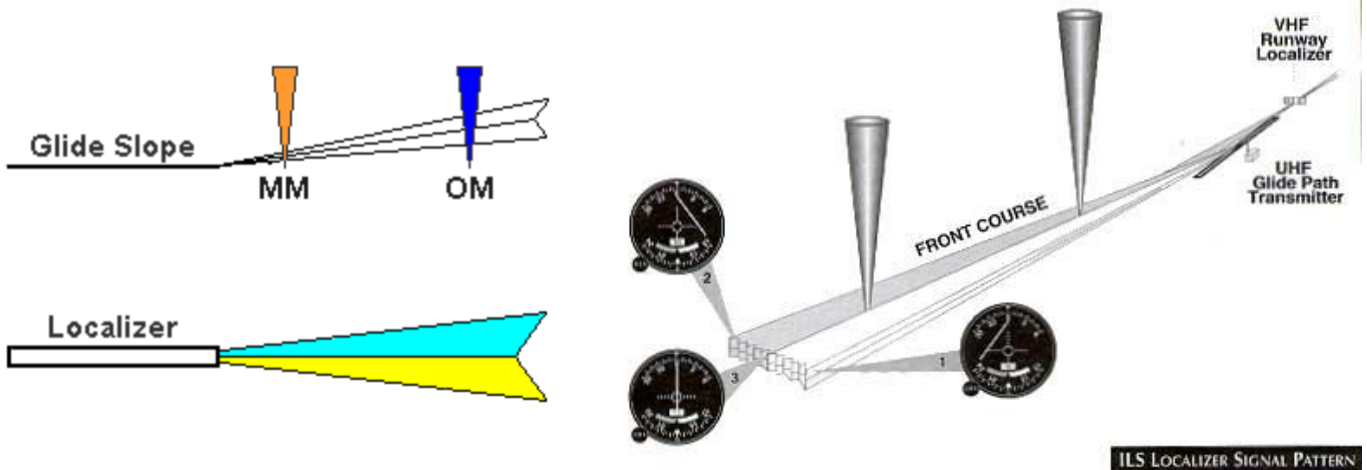
*L'ILS a un faisceau très étroit parfois délicat à identifier. Il est aussi très sensible aux perturbations électriques... et peut, dans ce cas, générer des indications erronées. (\*) Pour un*

atterrissage totalement automatique (visi nulles) l'avion est guidé par les informations de la radiosonde et du vario.

- Les Markers

Les markers sont des radiobalises à émission verticale placées sur la trajectoire finale des avions qui émettent sur 75 MHz. Ils sont peu à peu remplacés par des DME appariés à la fréquence du localizer.

L'**outer marker** est situé à environ 8 km du seuil de piste (voyant bleu et tonalité Morse - - /s). Le **middle marker** se trouve à 1 km du seuil (voyant orange et Morse - . - .). L'**inner marker** situé à environ 100 m du seuil de piste (voyant blanc et Morse de 6 pts/s . . . . .). Ce dernier n'existe pas sur les aérodromes Français car il est remplacé par des DME ATT.



### III. Le radiocompas - ADF

Son utilité est de donner la direction (orientée) suivant laquelle se trouve une balise émettrice choisie. L'indication donnée est un angle que l'on appelle **le gisement (G<sub>t</sub>)**.

Comme pour le VOR, le système est basé sur le un couple émetteur – récepteur.



- L'émetteur

Il existe deux types d'émetteurs : Le **locator** et le **NDB** (« *Non Directional Beacon* »)

*Le radiocompas fonctionne dans la gamme des moyennes fréquences MF (180 à 1750 kHz) et plus principalement entre 200 et 420 kHz. Autrefois implanté à un croisement de routes aériennes, le NDB est aujourd'hui plutôt situé sur ou à proximité des aérodromes. L'instrument ADF est principalement composé d'une antenne cadre constituée de spires conductrices bobinées dans un même plan. Placé verticalement, ce cadre devient un collecteur d'ondes de sol à effet directif. La tension induite par l'onde électromagnétique qui provient d'un émetteur au sol (Locator ou NDB) est captée par le cadre et acheminée vers le récepteur équipé d'un modulateur 50 Hz. Un transmetteur de type synchro (synchro-transmetteur), solidaire du cadre, va transmettre grâce à son moteur électrique la position du cadre à l'aiguille de l'ADF. Celle-ci indiquera par conséquent la direction de la balise par rapport à l'axe de l'avion.*



Le **locator** est un moyen radio d'aide à l'atterrissage, de portée réduite (10 à 25 NM). Il est implanté à proximité de certains aérodromes, dans l'axe de la piste, et son indicatif comporte généralement deux lettres.

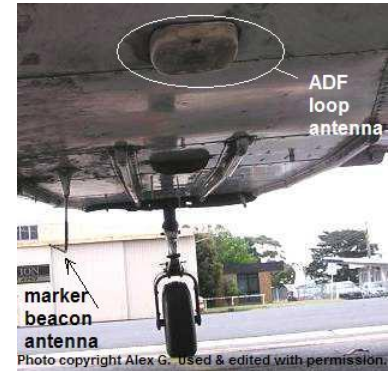
Le **NDB** est un moyen de radionavigation implanté le plus souvent en campagne, aux points clés des régions de contrôle. Son indicatif comporte généralement trois lettres. Sa portée est plus grande que celle du locator.

Locator et NDB fonctionnent dans la plage moyenne fréquence MF, de 200 à 1750 kHz.

Comme pour les VOR, les emplacements, indicatifs et fréquences de ces émetteurs sont indiqués sur la cartes de radionavigation.

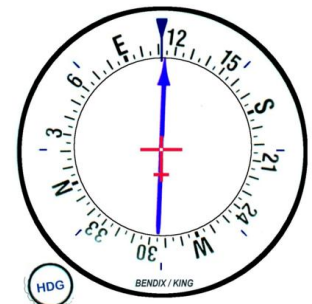


• Le récepteur



Le récepteur de bord est en fait désigné lui-même par le terme **radiocompas**. Il se compose :

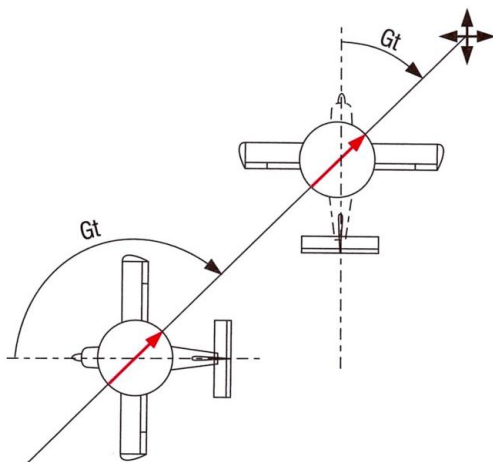
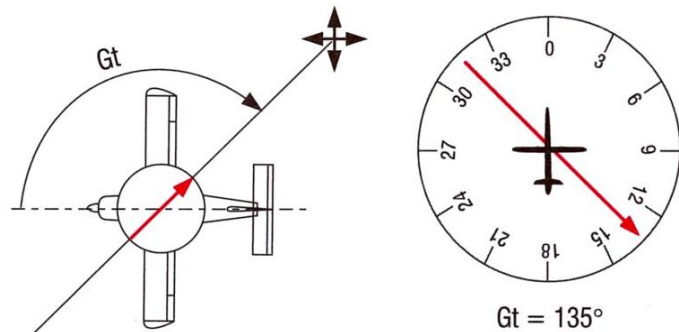
- D'une antenne de réception (généralement placée sous l'avion et protégée par un carénage).
- D'un récepteur radio permettant de sélectionner la fréquence de la balise choisie.
- D'un afficheur comportant une rose graduée de 0 à 360°, et une aiguille indiquant le gisement de la station.



Boîtier de bord (ci-dessus) et indicateur (ci-contre) du radiocompas

• Utilisation pratique du radiocompas

On affiche la fréquence de la **balise** (on vérifie l'identité de celle-ci avec son code Morse), puis on place le sélecteur du boîtier sur la position **ADF** (« Automatic Direction Finder ») : après stabilisation, l'aiguille indique l'angle que fait l'axe de l'avion avec la direction vers la station, c'est-à-dire le **gisement**. Cet angle se compte de 0 à 360°.



Ainsi, contrairement au VOR, deux avions sur le **même QDM**, mais ayant des **caps différents**, n'ont pas la même indication instrumentale : ils ont des **gisements différents**.

Le premier donne **045**

Le second **135**

- Calcul d'un QDM à partir d'un gisement

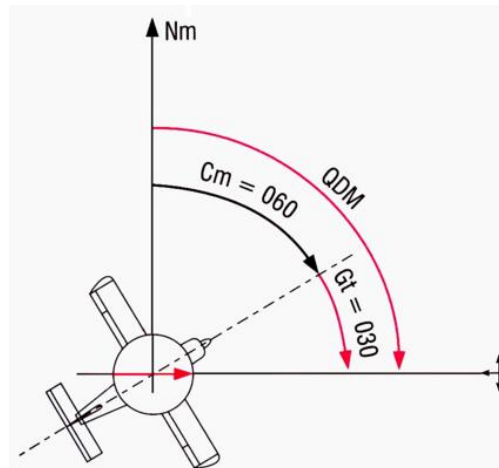
Voyons cela sur un exemple.

On est au cap 060 et le radiocompas nous indique un gisement de 030,

On est donc sur le QDM  $060 + 030 = 090$ ,  
Comme l'illustre la figure ci-contre.

On obtient donc le QDM en ajoutant au cap le gisement :

$$QDM = C_m + G_t$$



Sur cet exemple : le  $C_m$  est de 060, le gisement de 030

Le QDM vaut  $060 + 030 = 090$

Remarque : Supposons un vol au cap 060 mais en recevant l'indication  $G_t = 330^\circ$ , le QDM est donc  $= 060 + 330 = 390$ , c'est-à-dire  $QDM = 030 (=390 - 360)$

Pour éviter d'avoir à faire ce calcul, l'indicateur ADF est muni d'un bouton situé à gauche et nommé HDG ressemblant à celui de l'OBS. Ce bouton permet de faire tourner la rose de l'indicateur. En affichant à l'aide de ce bouton le cap lu sur le conservateur de cap, l'aiguille de l'ADF donne alors directement le QDM.

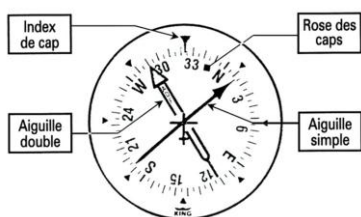
- Limite d'utilisation et précision du radiocompas

L'onde moyenne fréquence est très sensible aux perturbations magnétiques. Par temps orageux, l'aiguille du radiocompas peut très bien indiquer la direction d'un cumulo-nimbus (!... ) au lieu d'indiquer celle de la balise.

De même, de nuit l'indication du radiocompas peut être douteuse à cause des réflexions sur des couches ionisées (il vaut mieux alors couper le récepteur).

La **précision du radiocompas** est de l'ordre de  $5^\circ$ .

#### IV. Le RMI (« Radio Magnetic Indicator »)



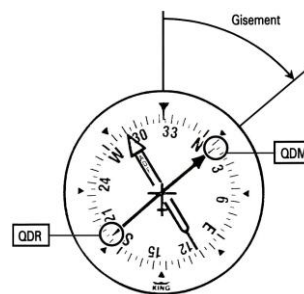
Le **RMI** est un indicateur sophistiqué. Il résulte de la combinaison d'un conservateur de cap et d'une information **VOR** et/ou **ADF**.

Les informations directement lues sont le cap, le QDM, le QDR et le Gisement. Il ne nécessite donc pas de calcul de la part du pilote.

Exemple :

Sur l'illustration ci-contre, le VOR est sur l'aiguille simple du RMI, (l'aiguille double étant celle de l'ADF).

On est ici au cap  $324^\circ$ , sur le QDR  $193^\circ$  ou QDM  $013^\circ$  et le gisement à la station est de  $049^\circ$ .

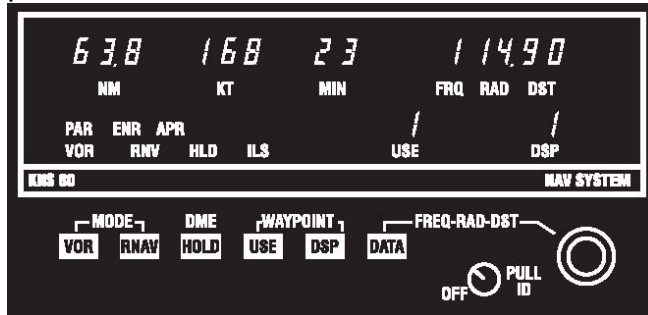
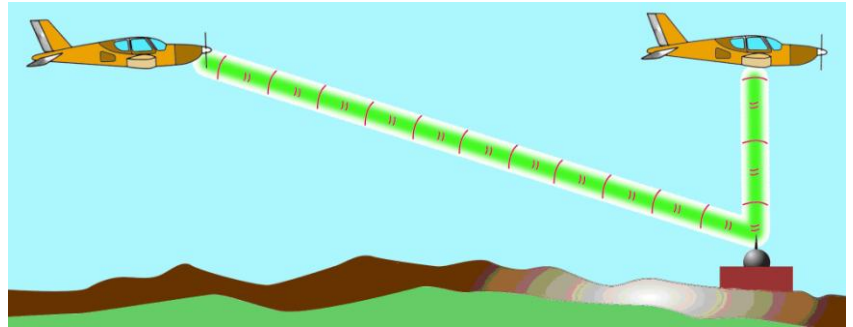


## V. Le DME (« Distance Measuring Equipment »)

Cet instrument mesure la **distance oblique** (en NM) entre l'avion et une station au sol (souvent co-implantée avec un VOR).

Grâce à un calculateur, il fournit aussi les informations de vitesse sol (en kt) et de temps pour rejoindre la station.

Sa portée est de 200 NM et sa précision de 0,2 NM.



Affichage du **DME** ci-contre :

- Fréquence **114,9**
- Distance oblique jusqu'à la balise **63,8 NM**
- Vitesse **168 kt**
- Temps de vol jusqu'à la balise **23 min**

## VI. Le radar (au sol !)

### • Le radar primaire

C'est un système dont disposent les contrôleurs aériens pour détecter un avion et déterminer sa position par rapport à une station au sol.

Ce système n'implique aucun dispositif particulier à bord de l'avion.

Au sol, une antenne parabolique au sol tourne sur elle-même en émettant des impulsions radioélectriques. Lorsqu'une impulsion atteint les surfaces de l'aéronef, elle revient en écho à l'émetteur.

Le temps d'aller-retour ainsi que l'orientation de l'antenne lors de sa réception permettent de situer l'écho, visualisé sur un écran radar.

Le **radar primaire** est utilisé essentiellement pour **les approches**, le but étant de repérer tous les mouvements dans un espace où il y a beaucoup de monde. De plus celui tourne assez vite pour avoir un temps de rafraîchissement des positions le plus court possible.



### • Le radar secondaire



C'est un système généralement associé au radar primaire qui facilite l'identification des différents aéronefs.

Il envoie à l'avion une interrogation à laquelle le transpondeur de bord fournit une réponse.

Cette réponse apparaît sur le **scope radar** sous la forme d'un **écho**, auquel est associée une étiquette qui retranscrit les 4 chiffres que le pilote a affichés sur son **transpondeur** à la demande du **contrôleur**.



Le radar secondaire est destiné au **contrôle "en route"** et a une **portée typique de 250NM**.

En cas de difficulté, le pilote affiche avec le transpondeur, et de sa propre initiative un code signifiant sa difficulté : 7500 en cas de détournement ; 7600 en cas de panne radio ; 7700 en cas de détresse



## VII. Le transpondeur

Le transpondeur est un appareil radioélectrique embarqué servant à faire **identifier l'appareil par un organisme de contrôle au sol** (par exemple un contrôleur aérien).

Ce dernier demande au pilote d'afficher sur le boîtier de son transpondeur un **code à quatre chiffres**, ceux-ci apparaîtront alors sur l'écran radar du contrôleur qui identifiera alors clairement l'appareil parmi d'autres en vol et figurant sur son écran.

Le transpondeur n'est pas un appareil de radionavigation il est par contre très utile pour le contrôle aérien.



- Les codes transpondeur.

Le contrôleur demande à ce que le pilote affiche le code qu'il lui propose. Ce code peut donner des indications sur le type de vol et l'altitude (5430 peut signifier VFR(54) et 3000 ft (30)).



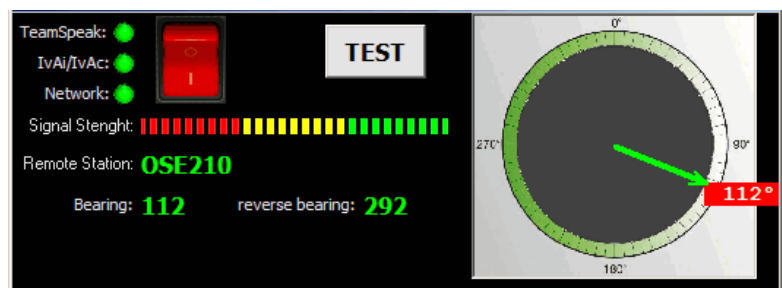
Le pilote peut aussi afficher des codes particuliers

- 7700 détresse,
- 7600 panne radio,
- 7500 détournement.

## VIII. Le VDF ou gonio

Le **gonio** ou **VDF** (« VHF Directional Finding ») est une aide à la navigation permettant d'avoir un QDM ou un QDR après un contact radio direct avec un organisme au sol (disposant de cet équipement).

C'est donc une aide très facile à utiliser.



- Principe du VDF



Le gonio permet de relever la position d'un émetteur (la radio VHF de l'avion), en utilisant un récepteur approprié. Le pilote émet sur la fréquence du VDF, et la direction d'émission est relevée par l'opérateur. Le relèvement est alors communiqué au pilote, généralement sous forme d'un QDM.

Les fréquences des VDF figurent sur les cartes d'atterrissage.

- Utilisation pratique du VDF

On affiche sur sa radio VHF la fréquence du gonio que l'on veut contacter puis on appelle. Par exemple, si la station gonio est Martigues, le message sera : « *Martigues Gonio, pour un cap magnétique vers vous, répondez* ». Pour rejoindre la station il suffit de prendre ce cap corrigé de la dérive. Les demandes sont répétées en vue d'éventuelles corrections de route. Lors du dernier appel VDF, le message est : « *Martigues gonio, terminé* ».

On peut par ailleurs utiliser le QDM fourni par le VDF simplement pour confirmer sa navigation, même si on ne cherche pas à se diriger vers la station VDF contactée.

- Limite d'utilisation du VDF

C'est un moyen non autonome qui nécessite un opérateur. Le nombre d'avions qui peuvent utiliser ce service est forcément limité.

Comme pour les autres émetteurs, tout obstacle entre émetteur et récepteur gêne l'opération de relèvement.

## IX. Le GPS

Le **Global Positioning System (GPS)** ou, en français : "système de localisation mondial") est un système de géolocalisation par satellites accessible au grand public... même si dans ce cas l'information est aléatoirement dégradée (précision de 15 m ... au mieux !).

Pour les cartes (voir cours CAEA de Thierry Lecointe), le GPS utilise le système **géodésique WGS 84**.

Ce "détail" est important car la surface géodésique ne colle pas nécessairement à l'altitude ZERO/niv mer !

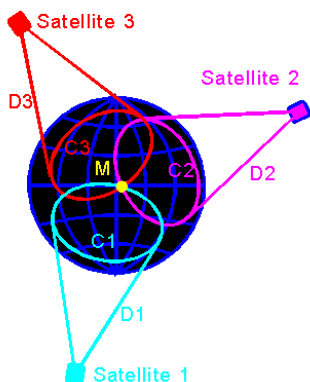


Le système utilise 24 satellites tournant à 20 200 km d'altitude émettant des informations datées par une horloge ultra précise (horloge atomique).

L'écran peut afficher les différents types de cartes y compris l'approche.

Les informations disponibles sont multiples et précises... au point que certain oublie déjà les bonnes habitudes de navigation.

Pour fonctionner, le récepteur GPS doit capter les signaux d'au moins quatre satellites.



Si on n'en avait que 2 on aurait, sur le sol deux intersections... et donc 2 points possibles.

Un troisième satellite permet de lever le doute.

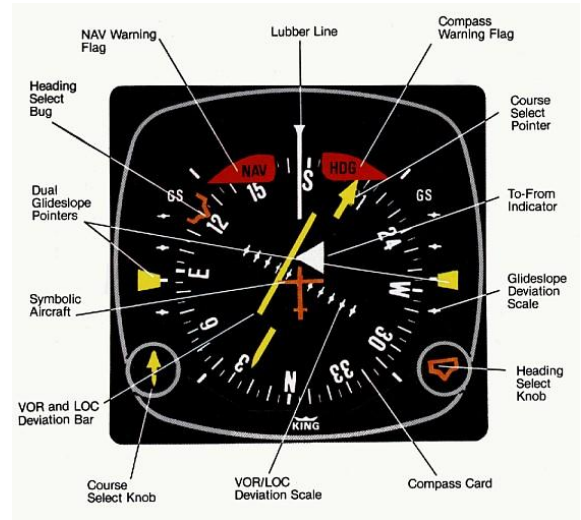
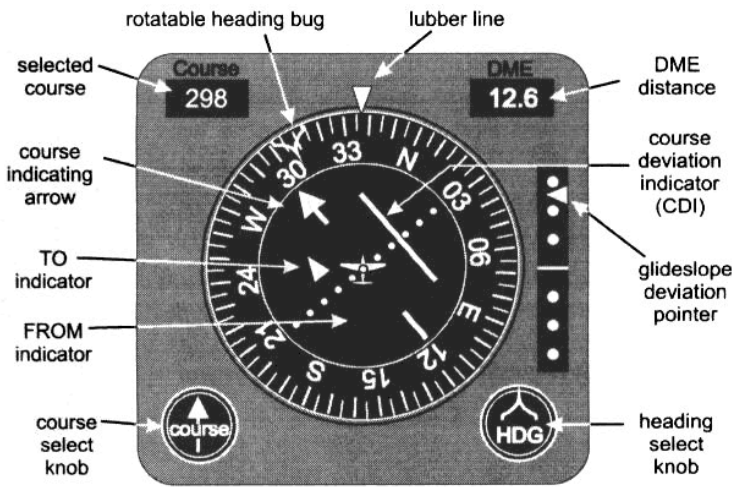
Un quatrième affine la précision sur le géoïde et permet d'accéder à l'altitude.





## X. HSI indicator

Le **HSI** ou **Horizontal Situation Indicator** (*indicateur de situation horizontale*) regroupe, sur un même instrument, un maximum d'information permettant au pilote de connaître tous ses paramètres de navigation.



Le HSI fournit les informations suivantes :

- une référence de **cap**
- une indication d'écart latéral par rapport à un radial ou à l'axe d'un **localizer** et une indication d'écart, dans le plan vertical, par rapport à un plan de descente (**glide**). (VOR ILS)
- une distance **DME**
- une **vitesse sol**
- la **dérive**

L'HSI peut être relié au pilote automatique pour permettre le maintien d'un radial ou d'un QDM ou d'un cap.





## XI. Piloter aux instruments...

- Vent de travers et courbe "du chien"

En cas de vent de travers, les yeux rivés aux instruments ... le pilote peut en oublier sa dérive il suit alors une trajectoire bizarre dite "courbe du chien" (fig de gauche)...

Un petite réflexion sur le "bon cap compte tenu du vent" permet de rester sur un radial ou même de le conserver après interception

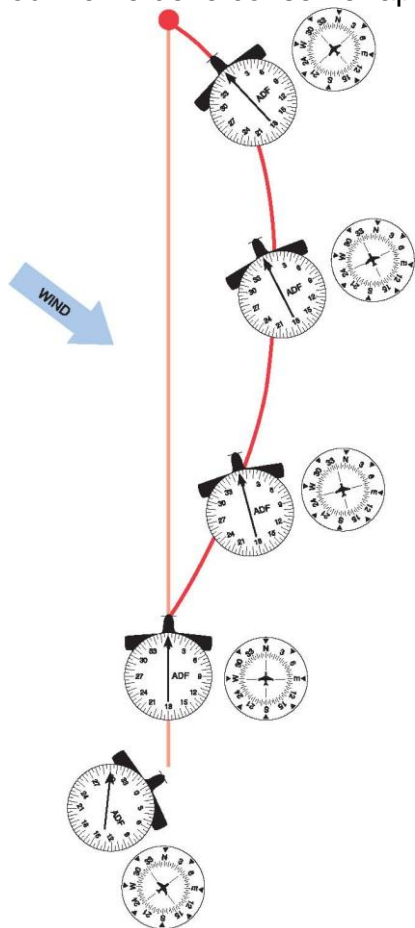


Figure 7-6. ADF homing with a crosswind.

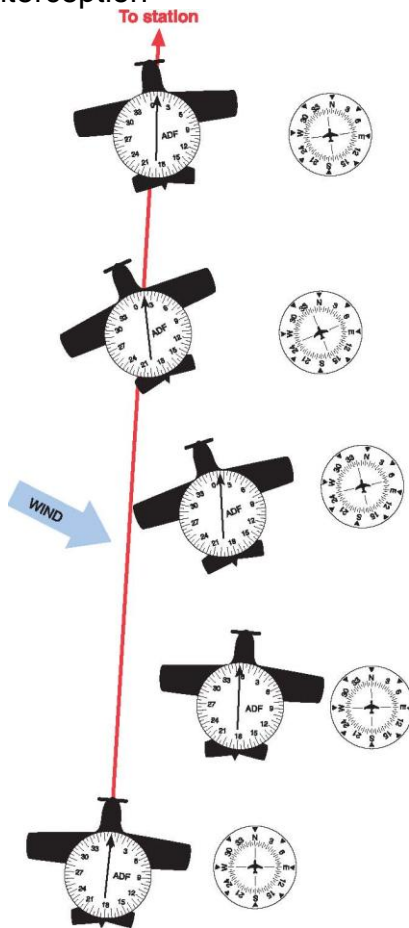


Figure 7-7. ADF tracking inbound.

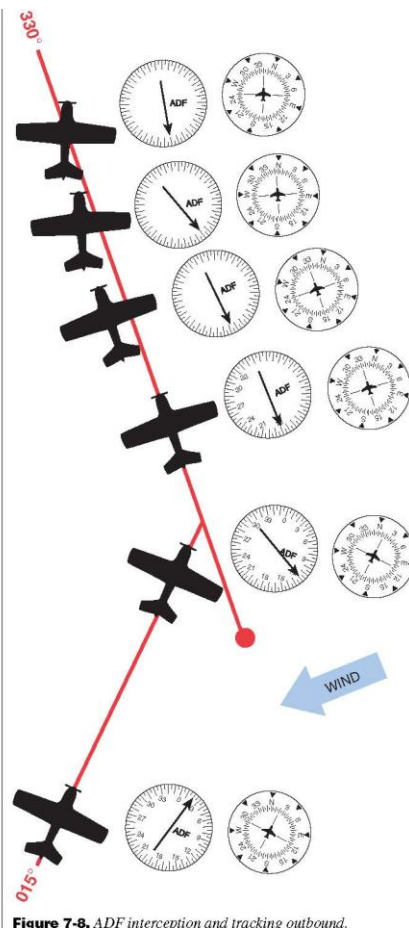


Figure 7-8. ADF interception and tracking outbound.

*Biblio : on consultera avec bonheur les liens suivant dont sont extraites une partie des informations données ici :*

[http://www.aviationpassion.org/articles.php?lng=fr&pg=119#.T6GB68U\\_h8E](http://www.aviationpassion.org/articles.php?lng=fr&pg=119#.T6GB68U_h8E)

<http://controleaerien.pagesperso-orange.fr/>

Un site intéressant sur l'ADF :

[http://home.nordnet.fr/dmorieux/utilisation\\_radiocompas.htm](http://home.nordnet.fr/dmorieux/utilisation_radiocompas.htm)



### I. La navigation à l'estime

- Préparation d'une navigation

- première étape, il faut tracer le trait de la navigation sur la carte.
- ensuite il faut renseigner un "log de navigation" comme ci-dessous :

Vp =	Fb=				Conso					
Repère	Cm	Dist	Tsv	HEA	Conso	X	$\Delta t$	HRA	Remarques	RDO

- la première colonne permet d'identifier les points.
- dans la deuxième colonne on note le cap magnétique à prendre pour atteindre le point suivant (sans vent).
- dans la troisième on note la distance pour atteindre le point suivant.
- dans la quatrième, le temps de parcours prévu sans vent.
- dans la cinquième l'heure à laquelle on prévoit d'arriver.
- dans la sixième, le carburant consommé.
- les trois colonnes suivantes sont renseignées en vol pour tenir compte du vent (estimation de la dérive, du temps perdu ou gagné et heure actualisée d'arrivée).
- il est utile dans les remarques de noter les déroutements à envisager au cas où, ainsi qu'une altitude de sécurité (1500 ft au-dessus de l'obstacle le plus élevé dans une bande de 5Nm autour de la route prévue).
- dans la colonne RDO on peut indiquer les fréquences des balises RN à proximité, des terrains proches de la route et celles des organismes de contrôle gérant les zones environnantes.

Le calcul du **temps sans vent** se fait à l'aide du **facteur de base** : en mettant Vp en Km/h (ou Kt)

Pour calculer le temps sans vent pour parcourir la distance D (en km pour une vitesse en km/h et en Nm pour une vitesse en Kt), il suffit de faire  $Tsv = D \cdot Fb$ . Le résultat est en minutes.

- Corrections en vol

Lorsque l'on effectue la navigation, il est rare qu'il n'y ait pas de vent du tout. En conséquence les paramètres déterminés lors de la préparation ne seront pas tout à fait respectés.

Le vent est donné par deux paramètres : la direction de laquelle il vient et sa vitesse. Par exemple un vent du 135 pour 12kt provient du sud-est (cap 135°) et souffle à la vitesse de 12 nœuds. Il se note  $Vw = 135^\circ/12 \text{ kt}$ .

### II. Influence du vent sur la navigation :

- Modification de la vitesse sol (Vs).

Sans vent on a  $Vs = Vp$  (vitesse propre). Si le vent est arrière  $Vs > Vp$  (il "pousse" l'avion). Si le vent est de face,  $Vs < Vp$  (il « freine l'avion »).

- Modification de la route.

Si le vent est dans l'axe de la route, il n'a pas d'influence sur celle-ci.

S'il vient de la droite de la route, il dévie l'avion à gauche de celle-ci. S'il provient de la gauche de la route, il le dévie à droite.

Dans les deux cas on dit que le vent engendre une **dérive** (= angle entre la route tracée et la route réellement suivie).

La **dérive** se note **X** et se compte positivement quand elle est à droite de la route tracée.

Le vent peut être décomposé en une composante parallèle à la route suivie, le **vent effectif** ( $V_e = V_w \cdot \cos\alpha$ ) et une composante perpendiculaire à la route suivie, le **vent traversier** ( $V_t = V_w \cdot \sin\alpha$ ).

L'angle entre le cap de l'avion et la route suivie est la dérive.

Le **triangle des vitesses** permet de prévoir l'influence du vent :

En pratique, on repère sa dérive afin de revenir sur la route et de maintenir un cap corrigé qui permettra de la suivre.

De même on repère son écart de temps entre le temps prévu et le temps réel pour corriger les **HEA** (heures estimées d'arrivée).

Pour s'aider on peut retenir le schéma suivant :

	- →				← +	
<b>Rv</b>	<b>X</b>	<b>Cv</b>	<b>D</b>	<b>Cm</b>	<b>d</b>	<b>Cc</b>

Il se retient à l'aide de la phrase :

« Retouchez votre dérive, cela vous donnera chaque mesure de votre cap compas. »

**EXERCICE et compléments : voir cours ppt de Vincent VdGr CAEA**

### III. La navigation par cheminement à vue

Ce type de navigation consiste à chercher des **points de repère visuels** tout au long du trajet et à effectuer la navigation en passant d'un point de repère à un autre.

Lorsque la météo est très clémente et que la portée visuelle est très grande, il est possible d'effectuer ce type de navigation en toute tranquillité.

Toutefois si la visibilité est moins bonne que prévu ou que les conditions météo se dégradent au cours du vol, on peut se retrouver dans l'impossibilité de mener la navigation de cette façon.

Il est donc impératif de toujours prévoir un tracé rigoureux avec un log complet auquel on pourra se raccrocher si le besoin s'en fait sentir.

- La méthode

#### **Préparation du log de NAV**

- Sur la carte (1/500 000), tracer une route entre deux points.
- Calculer sa route (cap, distances),
- Déterminer ses temps de vol sans vent sur chaque tronçon
- Renseigner le log de NAV

#### **Utilisation en vol**

- En vol après avoir reporté les positions et temps de passage sur les points de report
- En déduire le vent, la dérive, la vitesse sol.
- Réévaluer les temps de vol et les caps à appliquer pour les points suivants.
- S'aider de la carte pour confirmer les calculs.

- L'erreur systématique

Si un point de la NAV est situé sur un excellent repère au sol (Bord de mer, ligne TGV, fleuve, etc...) on peut aboutir sur le repère mais ne pas savoir si le point cherché se trouve à notre droite ou à notre gauche à cause de la dérive.

Votre NAV se joue à pile ou face...

La solution : Aller chercher le repère sol bien AVANT le point de NAV par une erreur de cap volontaire et obligatoirement très supérieure à la dérive. Dès le repère au sol identifié on le suit jusqu'au point de NAV.



- Exemple d'erreur volontaire

Vous arrivez du Nord (Clermont Ferrand) et vous souhaitez vous poser à Béziers sans utiliser votre RadioNav (il y a un VOR DME à Béziers).

Vous prenez un cap volontairement trop à l'Est qui vise le milieu de l'étang de Thau.

Vous traversez l'étang jusqu'à la côte puis vous tournez à droite pour suivre la côte jusqu'au cap d'Agde

Remontez la côte vers le Nord Ouest jusqu'à l'embouchure de l'Hérault...

Et prenez en fin le cap de l'aérodrome de Béziers Vias.

La faible distance restante empêche tout risque de manquer l'aérodrome.



#### IV. La navigation par cheminement radionavigation

Il se pratique dans le même esprit que le cheminement à vue mais utilise des balises de RadioNav (ADF, VOR et radiocompas) comme points de repère.

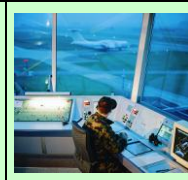
On note la fréquence des balises et le radial (ou QDM) que l'on désire suivre et on passe ainsi de balise en balise jusqu'à la destination.

Il faut être très prudent car les balises sont destinées à l'origine aux avions en IFR et il est donc très important de ne pas interférer avec eux (altitude ou FL de vol et contact radio dans les zones contrôlées).

- Les points de reports préparés

On peut créer un point sur une route RadioNav en le déterminant par intersection de deux radials ... Il suffit que cette intersection se fasse avec un angle ne laissant aucun doute (voisin de 90°) sur la localisation du point.

Si en plus on peut y associer un repère au sol c'est parfait pour l'identification.



### **I. La Circulation Aérienne (CA)**

Afin de réglementer de façon mondiale la circulation aérienne et faciliter ainsi les échanges entre les différents pays par la voie des airs, 150 pays se sont regroupés pour former l'**O.A.C.I.** (Organisation de l'Aviation Civile Internationale).

Cette organisation établit des normes et règlements que les pays membres adoptent pour légiférer la Circulation Aérienne Générale (C.A.G) dans leur espace aérien national. Il arrive que dans certains cas les pays maintiennent un règlement national plus restrictif que les propositions de l'O.A.C.I.

Les langues reconnues comme langues aéronautiques internationales sont par ordre de priorité l'anglais, le français, l'espagnol, le russe et le chinois.

En France, deux types de circulation aérienne sont à distinguer :

- la **Circulation Aérienne Générale (CAG)** pour les aéronefs civils
- la **Circulation Aérienne Militaire (CAM)** pour les aéronefs militaires.

- **La Circulation Aérienne Générale (CAG).**

Dans laquelle on retrouve tous les **aéronefs civils et militaires** se devant de respecter les règles de l'air.

Celles-ci comprennent les règles générales applicables à tous les vols et l'une des deux règles particulières de vol (voir ci-après).



- **La Circulation Aérienne Militaire (CAM)**

Dans laquelle on trouve les **aéronefs militaires**.

La CAM est elle-même divisée en deux catégories : la Circulation Opérationnelle Militaire (COM) et la Circulation d'Essai et de Réception (CER).

### **II. Les règles de bon sens**

Un aéronef ne sera pas conduit de façon négligente ou imprudente pouvant entraîner un risque pour la vie ou pour les biens d'un tiers.

Nul ne pilotera un aéronef, ou ne fera fonction de membre d'équipage, s'il est sous l'influence de l'alcool, de narcotiques ou de stupéfiants susceptibles de compromettre les facultés nécessaires à sa fonction. (alcoolémie 0 !).

Tout membre d'équipage doit s'abstenir d'exercer ses fonctions dès lors qu'il ressent une déficience physique de nature à lui faire penser qu'il ne remplit pas les conditions physiques d'aptitude à sa fonction. (notamment en cas de fatigue importante).

### **III. Les services de la CA**

Le rôle des services de la CA a été défini dans les buts suivants :

- Assurer la sécurité de la circulation des aéronefs en vol comme au sol,
- Assurer l'écoulement rapide et régulier du trafic,
- Fournir les renseignements utiles au déroulement du vol,
- Déclencher la mise en œuvre des moyens de recherche et de sauvetage lorsque cela est nécessaire.

Pour que ces services soient pleinement efficaces il est alors obligatoire que les pilotes d'aéronefs respectent la réglementation de la CA.

## IV. L'information aéronautique

### • NOTAM (Notice To Air Men)

Ces publications sont éditées par le Service de l'Information Aéronautique ou SIA. Elles concernent l'état ou la modification d'une installation, d'un service, d'une procédure ou l'existence d'un danger pour la navigation aérienne.

Selon leur caractère d'urgence, ils sont publiés selon deux classes :

- les **NOTAM de classe 1**, urgents et transmis par télétype ou par téléphone,
- les **NOTAM de classe 2**, prévisibles et transmis par courrier.

Une lettre de série est attribuée à ces deux catégories en fonction des sujets traités et de leur diffusion à l'échelle nationale ou internationale.

La consultation des messages NOTAM constitue une des étapes primordiales de la préparation du vol, au même titre que la consultation de la météo ou le calcul des performances. C'est un acte de sécurité ! Les NOTAM sont disponibles dans les Bureaux de d'Information Aéronautique (BIA) ou les Bureaux de Piste (BdP). Les BIA à consulter sont indiqués sur les cartes d'aérodrome.

### • Exemple de NOTAM

Les 2 NOTAM publiés concernant la manifestation du 13 avril 2013 sur l'aérodrome de LFNG Candillargues.

<input checked="" type="checkbox"/> LFFA-C1072/13 A) LFNG MONTPELLIER CANDILLARGUES B) 2013 Apr 13 07:00 C) 2013 Apr 13 16:00 E) CREATION D'UNE ZONE RESERVEE TEMPORAIRE SUR AD : MANIFESTATION AERIENNE LIMITES LATERALES : CERCLE DE 1.5NM DE RAYON CENTRE SUR ARP PSN : 433637N 0040413E CONDITIONS DE PENETRATION CAG IFR/VFR ET CAM : CONTOURNEMENT OBLIGATOIRE DE LA ZONE POUR TOUS LES AERONEFS SAUF: AERONEFS BASES, AERONEFS PARTICIPANT A LA MANIFESTATION ET AERONEFS EFFECTUANT DES MISSIONS URGENTES D'ASSISTANCE, DE SAUVETAGE OU DE SECURITE PUBLIQUE SI LA MISSION NE PERMET PAS LE CONTOURNEMENT DE LA ZRT. SERVICES RENDUS : IDENTIQUES A CEUX RENDUS DANS LES ESPACES AERIENS REMPACES PAR LA ZRT, PAR LES ORGANISMES HABITUELS. INFO : 133.775MHZ MONTPELLIER APP 118.775MHZ MONTPELLIER TWR 120.600MHZ AUTO INFO CANDILLARUES F) SFC G) 5000FT AMSL
<input checked="" type="checkbox"/> LFFA-C1367/13 A) LFNG MONTPELLIER CANDILLARGUES B) 2013 Apr 13 16:00 C) 2013 Apr 14 16:40 D) 13 1600-SS, 14 SR-SS E) PARACHUTAGES SUR AERODROME PSN : 433637N - 0040413E INFO : MONTPELLIER APP 133.775 MHZ MONTPELLIER TWR 118.775 MHZ CANDILLARGUES A/A 120.600 MHZ F) SFC G) FL115



- **Publication d'Information Aéronautique (AIP)**

Ces publications comprennent :

- Le **Manuel d'Information Aéronautique (MIA)**, dans lequel sont insérées les informations aéronautiques de base, essentielles à la navigation aérienne.

Le MIA comporte huit chapitres qui sont nommés par trois lettres facilitant le classement des informations :

- |                              |  |
|------------------------------|--|
| 1 – généralités (GEN)        | 5 – règlements et service de la circulation aérienne (RAC) |
| 2 – aérodromes (AGA)         | 6 – facilitation (FAL)                                     |
| 3 – télécommunications (COM) | 7 – recherche et sauvetage (SAR)                           |
| 4 – météorologie (MET)       | 8 – cartes aéronautiques (MAP)                             |

- L'**Atlas des aérodromes**, qui regroupe les cartes d'approche et d'atterrissage à vue.  
La mise à jour de ces publications s'effectue au moyen de bulletins de mise à jour (BMJ).



**I. Les règles de l'air**

On désigne sous le nom de règles de l'air un certain nombre de directives imposées à tout aéronef circulant quel que soit son régime de vol (CAG ou CAM).

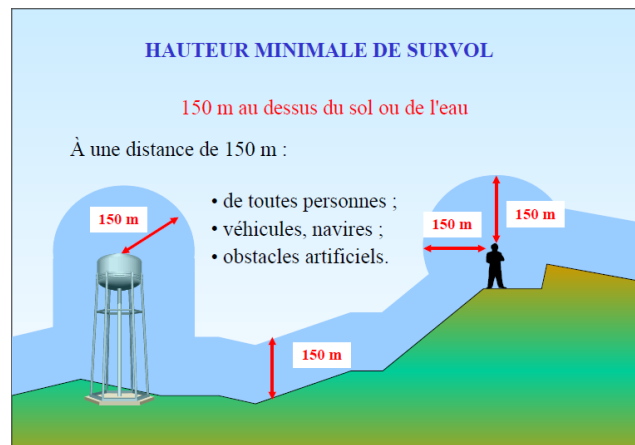
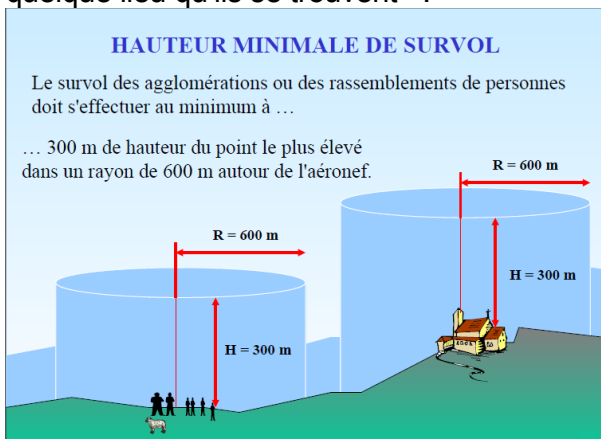
Ces règles sont applicables par tous les aéronefs évoluant en conditions VMC, donc applicables pour les vols VFR et les vols IFR.

La première de ces règles permet de protéger les personnes et les biens au sol.

**II. Règle de survol minimum des obstacles**

La réglementation dit :

« En dehors des besoins du décollage et de l'atterrissage, les aéronefs doivent voler à une **hauteur d'au moins 500 ft** au-dessus du sol ou de l'eau ou de tout obstacle matériel et à une **distance d'au moins 500 ft** de toute personne ou de tout obstacle artificiel, fixe ou mobile, en quelque lieu qu'ils se trouvent ».



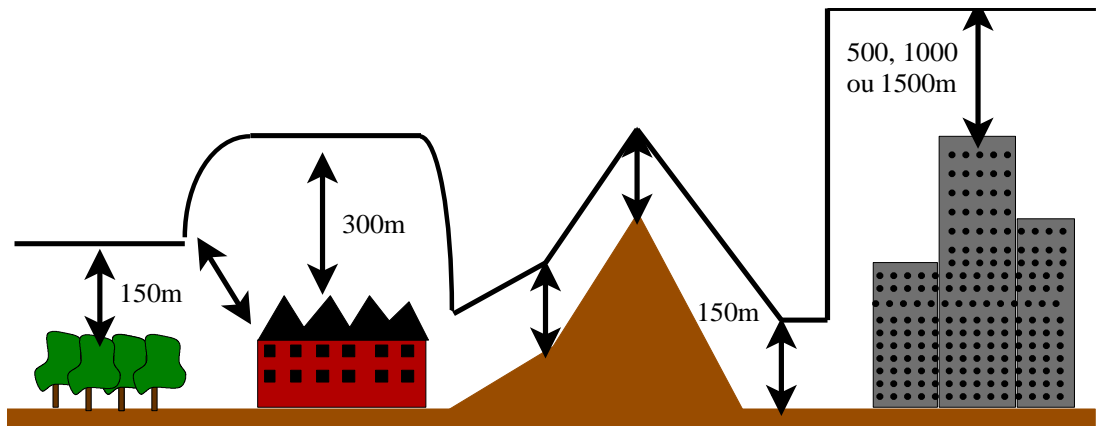
• **Les minimas de survol**

Dans le cadre de la protection des personnes et des biens il est imposé aux aéronefs une hauteur minimale de survol dont la valeur dépend de la zone survolée :

<b>Zone survolée</b>	<b>Hauteur minimale de survol</b>
Campagne.	<b>150 m</b> (500 ft) au-dessus de l'obstacle le plus élevé dans un rayon de 600 m autour de l'aéronef.
Petite ville ou village.	<b>300 m</b> (1000 ft) au dessus ...
Agglomérations de largeur moyenne < 1200 m ou de moins de 10 000 habitants.	<b>500 m</b> (1600 ft)
Agglomérations de largeur comprise entre 1200 et 3600m et de moins de 100 000 habitants.	<b>1000 m</b> (3300 ft)
Agglomérations de largeur moyenne > 3600 m ou de plus de 10 000 habitants.	<b>1500 m</b> (5000 ft)
Ville de PARIS.	<b>2000 m</b> (6600 ft)
Installations particulières (arrêté).	<b>300 m</b> (1000 ft)
Réserves naturelles.	<b>300 à 1000 m</b> (1000 à 3300 ft)

*En pratique le pilote doit toujours s'assurer que son aéronef est à une hauteur suffisante pour pouvoir, en cas d'urgence lors du survol d'une agglomération, effectuer un atterrissage dans une zone dégagée sans mettre en danger la sécurité des personnes et des biens à la surface.*

Ces règles peuvent se schématiser par :



### III. Les règles d'évitement

L'espace aérien est grand, mais il est bien souvent encombré, notamment aux abords des aérodromes le week-end. Il existe un certain nombre de règles et de priorités destinées à prévenir les **abordages** (*collisions en vol*).

- Règles générales

- Aux abords d'un aérodrome, un **aéronef en vol a toujours la priorité sur un aéronef au sol** (Par exemple : interdiction de pénétrer la piste quand un appareil est en finale).
- Priorité à l'aéronef le plus bas (circuit de piste).
- Ne pas franchir le seuil de piste si elle est engagée.
- Priorité au moins manœuvrant.
- Vols IFR prioritaires sur vols VFR.



*Le Père Noël ne bénéficie d'aucune priorité particulière !*

L'ensemble de ces règles est détaillé et illustré ci-dessous

- Les priorités liées à la manœuvrabilité



En raison de leur caractère plus ou moins manœuvrant, certains aéronefs sont prioritaires sur d'autres. Les priorités sont établies comme suit :

- \* les **aéronefs à moteur** doivent céder le passage aux **dirigeables**, **planeurs** et **montgolfières**.
- \* les **dirigeables** doivent céder le passage aux **planeurs** et **montgolfières**.
- \* les **planeurs** doivent céder le passage aux **montgolfières**.
- \* les aéronefs **volant seuls** doivent céder le passage aux attelages (remorquage de planeurs...) et aux aéronefs volant en **patrouille**.

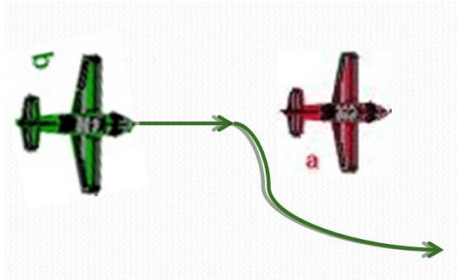
- Les priorités de circulation pour éviter les abordages

Dans tous les cas il faudra maintenir un espacement > 150 m par rapport aux autres aéronefs.



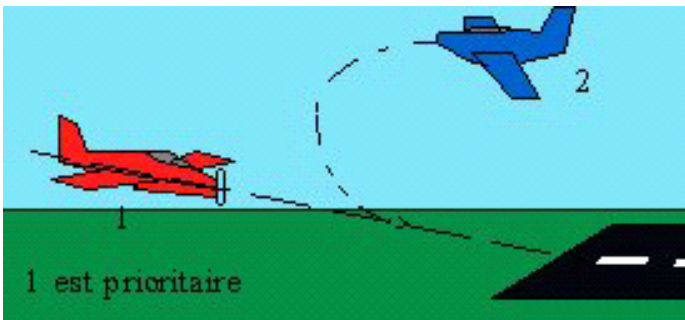
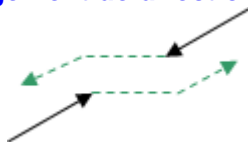
- Routes convergentes

La **priorité à droite** s'applique.  
L'aéronef cédant le passage effectue un changement de direction par la droite.

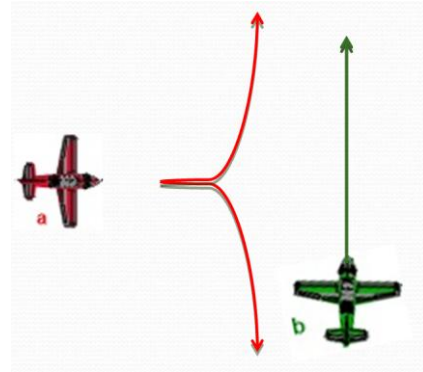


- Rapprochement de face

En **rapprochement de face** les deux aéronefs effectuent un **changement de direction par la droite**.

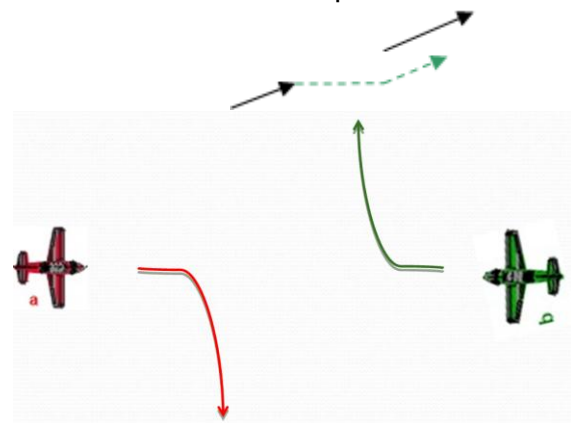


*Sauf autorisation ou instruction contraire, un aéronef à l'atterrissage ou en approche finale ne doit pas franchir le seuil de piste utilisée tant que l'aéronef au départ et qui le précède n'a pas franchi l'extrémité de piste ou assuré un virage, ou tant que tous les aéronefs à l'arrivée qui le précèdent n'ont pas dégagé la piste.*



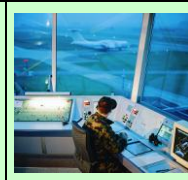
- Dépassement d'aéronef

Le **dépassement se fait toujours par la droite** de l'aéronef dépassé.



- Atterrissage simultané

En cas de présentation simultanée à l'**atterrissage** l'aéronef le **plus bas** est prioritaire.



### I. Les espaces aériens

- Les types et les classes d'espaces aériens

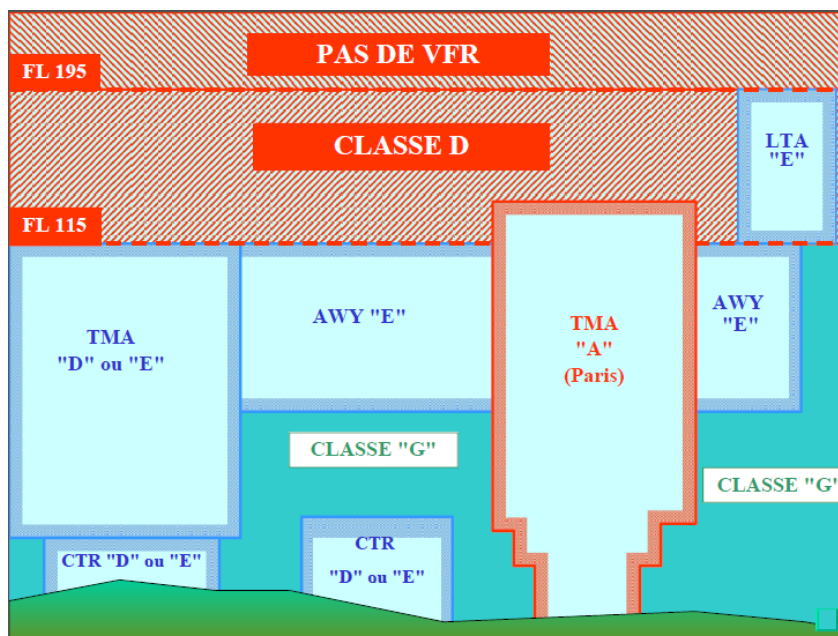
Afin d'assurer la sécurité des aéronefs l'espace aérien a été divisé en plusieurs zones selon la nature des services rendus par les services de la circulation aérienne et donc de l'activité qui s'y déroule.

Il y a deux types d'espace aérien :

- L'**espace aérien contrôlé** dans lequel les services de la **CA** (circulation aérienne) sont assurés, c'est-à-dire l'information, le contrôle et l'alerte.
- L'**espace aérien non contrôlé** où le service d'information de vol peut éventuellement être assuré et donc l'alerte.

Ces espaces sont aussi divisés en **classes d'espace** selon l'activité comme dans les couloirs aériens, les zones d'approche et de départ, les zones terminales d'aérodrome et les autres zones :

- Les **classes d'espaces A, B, C, D et E** sont des **espaces aériens contrôlés**, de la plus restrictive à la moins restrictive.
- Les **classes d'espaces F et G** sont des **espaces aériens non contrôlés** où seules les règles de l'air sont à appliquer.



- Espaces contrôlés / non contrôlés.

L'**espace contrôlé** est l'espace aérien dans lequel les appareils **IFR** sont contrôlés par les **ATC**. Celui-ci inclut les espaces de **classe A, B, C, D et E**.

L'**espace non contrôlé** est constitué du reste, donc la **classe G** et la **classe F** quand elle existe.

*Un vol VFR doit-il être en contact radio permanent lorsqu'il se trouve en espace contrôlé ?*

*Cela dépend : par exemple, en classe E, aucun contact radio n'est requis. Certains appareils ne servant qu'aux VFR ne sont même pas équipés de radio. Le contact radio n'est requis qu'en classe A, B, C et D.*

Donc le terme espace contrôlé signifie essentiellement que les opérations IFR y sont contrôlées.

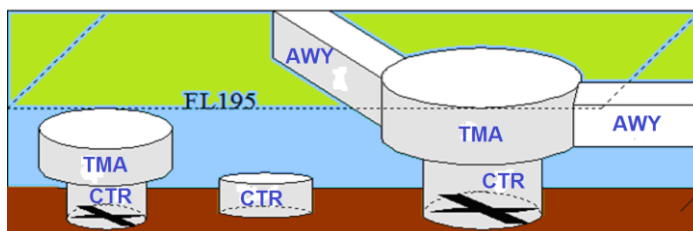
### II. Les zones à statuts particuliers

- Les TMA

La **TMA** (TerMinal Area = Zone terminale) est un important volume d'espace contrôlé surplombant un aérodrome important.

La TMA englobe les trajectoires IFR de transit, départ, arrivée. En France une TMA est classée A, C, D, ou E.

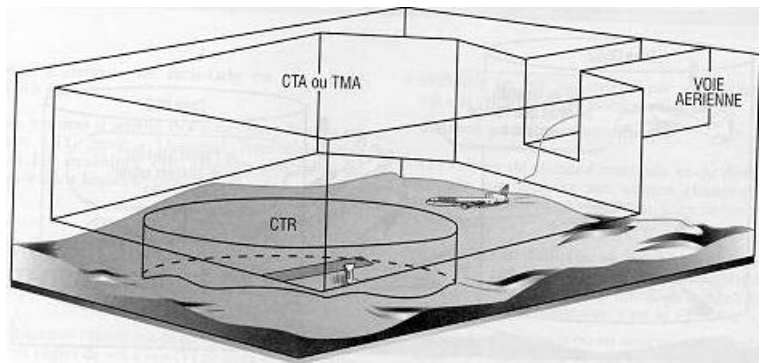
Plancher à 700 Ft ASFC, plafond variable



- **La CTR**

La **CTR** (*ConTrol Region = Zone de contrôle*) est un volume d'espace contrôlé directement en contact avec l'aérodrome. Il englobe les trajectoires de décollage, d'atterrissage et la circulation l'aérodrome.

En France une CTR est classée A,C, ou D.



Plancher: la surface, plafond: la limite de la région de contrôle au dessus

- **AWY: Airways**

Les **AWY** (*Airway = Voie aérienne*) sont des couloirs **IFR** dont l'axe est défini par les balises de radionavigation (*carte 1/1000 000<sup>ème</sup>*)

La largeur est de 10 Nm, le plafond au FL 195 et le plancher variable

En France une AWY est classée D ou E

- **Zones P, R, D et temporaires**

Il existe d'autres zones dites à statuts particuliers : elles possèdent des conditions de pénétration et d'évolution particulières.

*La plupart de ces zones sont militaires. Ce sont des zones d'entraînement qui doivent être exemptes de tout trafic civil, en tout cas à certaines heures. Ils ont donc créés diverses catégories d'espaces avec plus ou moins de restrictions pour les trafics non militaires.*

- Les **zones "P"** (*Prohibited*) ou **Interdites**, dont la pénétration est interdite H24. *Aucun trafic civil admis, en aucune circonstance*
- Les **zones "R"** (*Restricted*) ou **Réglementées**, dont la pénétration est soumise à accord préalable de l'organisme gestionnaire de la zone. Ces zones sont activables H24 ou selon des horaires publiés. *Pratiquement inaccessibles lorsqu'elles sont actives, sauf avec une autorisation spécifique.*
- Les **zones "D"** (*Dangerous*) ou **Dangereuses**, dont la pénétration est possible et le pilote est informé de la nature de l'activité qui s'y déroule, H24 ou selon des horaires publiés.
- Les **zones "M"** (Interdites) qui sont affectées aux aéronefs militaires évoluant à basse altitude.

Toutes ces zones portent un numéro et il est possible de consulter les documentations aéronautiques pour connaître les raisons de leur classification ou les conditions de pénétration.

Exemple d'infos sur la P13	<b>P 13</b>	<b>FOS SUR MER</b> Cercle de 5km de rayon centré sur : 43°26'41"N 004°53'46"E	3300 AMSL SFC	H24 - Voir conditions de pénétration page ZI 1.
----------------------------	-------------	---	------------------	---

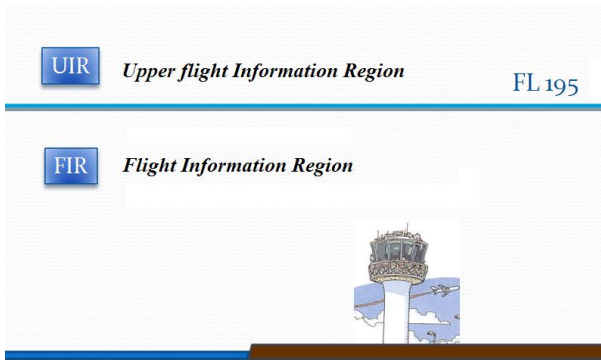
Les **zones à caractères temporaires**, qui peuvent être Interdites (**ZIT**), Réglementées ou Dangereuses mais uniquement limitées dans le temps. *Les appareils civils peuvent voler dans ces zones, mais il est déconseillé de le faire lorsqu'elles sont actives.*

- **ZIT** (*Zones Interdites Temporaires*)
- et **ZRT** (*Zones Réglementées Temporaires*)



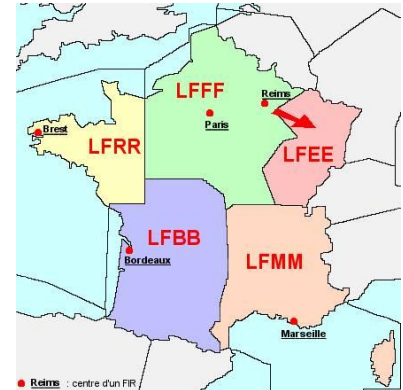
### III. La division de l'espace aérien

- Une première division verticale en UIR et FIR



Au dessus du FL 195 l'**UIR** (*Upper flight Information Region*), interdit aux VFR

En dessous du FL 195 et jusqu'au sol Les **FIR** (*Flight Information Region*) divisés en 5 régions (carte ci-contre)



En fait l'UIR s'arrête au FL 660... mais il n'y a pas beaucoup d'aéronefs capable de dépasser cette valeur !

Dans l'espace supérieur (UIR) les aéronefs doivent obligatoirement être sous le régime de vol aux instruments. Ils sont donc contrôlés. Dans cette partie de l'espace aérien on ne trouve, en général, que des avions performants en utilisation professionnelle.

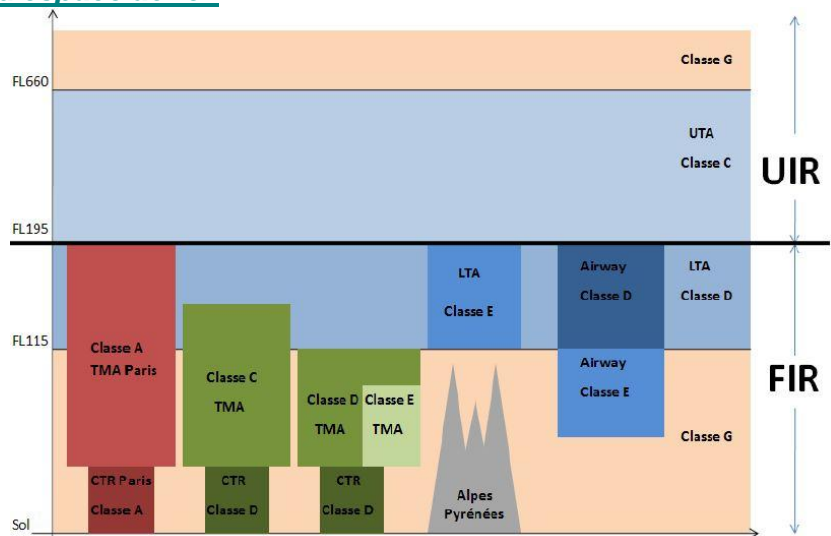
- Les différentes classes d'espace aérien

L'espace est ensuite divisé en classe (de A à G)

Les zones contrôlées sont les classes A, (B)(\*), C, D et E...

Les zones non contrôlées sont les classes (F)(\*) et G (au dessus du FL 660 !!!)...

(\* )B et F n'existent pas en France... quand à la classe A elle ne concerne que Paris !

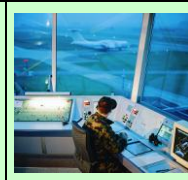


- Les règles de pénétration dans les classes d'espace

Ce sont les règles de pénétration qui différencient les espaces

Classe d'espace	Espace contrôlé	Clairance	Radio	Service rendu
<b>D</b>	oui	oui	oui	infos trafic, infos vol, alertes
<b>E</b>	non sauf VFR spécial	non sauf VFR spécial	non sauf VFR spécial	infos vol, alertes
<b>G</b>	non	non	non	infos vol, alertes

Remarque : une clairance est un terme aéronautique qui désigne une autorisation délivrée par les organismes de contrôle aérien.



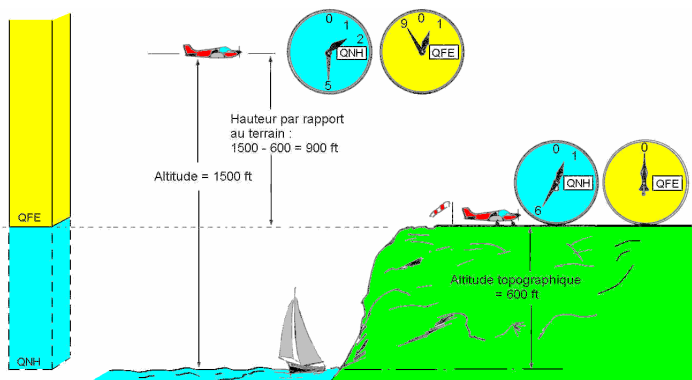
### I. Les trois choix possibles :

- Le QFE (hauteur/sol... ou à l'aérodrome)

Je souhaite me poser (ou voler en local) sur un **aérodrome**...

Il faudrait que mon altimètre indique ZERO (0 m) lorsque mes roues toucheront le sol.

Pour cela il me faut caler mon altimètre sur la pression "au sol" et cette information me sera donnée par le contact radio avec la tour (\*).



Comparaison calage QNH et QFE

C'est le **QFE**.

Ce calage donne une **hauteur** par rapport à l'aérodrome.

(\*) Notons que dans la situation de décollage c'est au pilote de caler son altimètre à ZERO lors de la mise en route. Il pourra vérifier si l'indication fournie par la tour est en accord avec son instrument de bord.

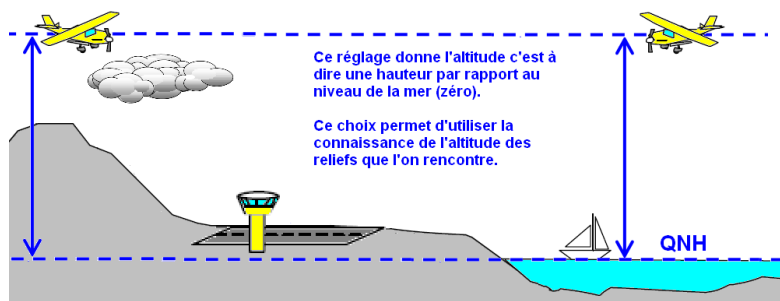
**Ce calage est actuellement de plus en plus abandonné au profit du QNH**

- Le QNH (altitude/niveau de la mer)

Je souhaite effectuer des évolutions en campagne et je dispose d'une carte donnant les altitudes du relief par rapport au niveau de la mer...

Il faudrait que mon altimètre indique mon **altitude** par rapport à la référence mer.

Pour cela il me faut caler mon altimètre sur la pression équivalente à celle qui règnerait "au niveau de la mer".



Calage QNH

Cette information me sera aussi donnée par le contact radio avec la tour. C'est le **QNH**.

Notons que, sur un aérodrome non contrôlé, le QNH peut être recalculé à partir du QFE et de l'altitude de la piste.

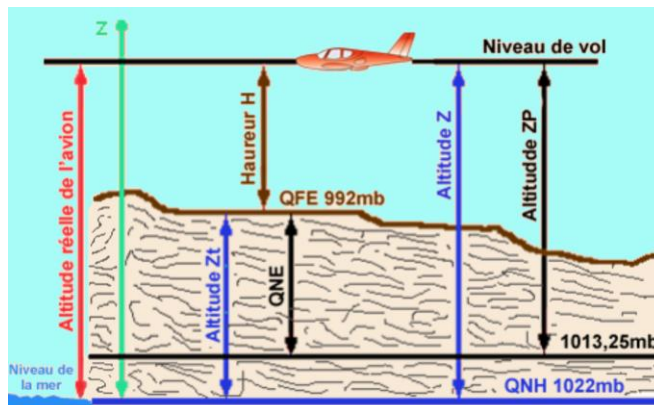
- Le calage 1013... ou FL (Flight Level = niveau de vol) ou QNE (\*)

Je souhaite effectuer un **voyage aérien**.

Je vais donc croiser des avions et il faudrait que tout le monde utilise la même référence pour éviter des accidents.

C'est un **calage standard**, l'altimètre est calé sur la pression standard de 1013,25 hPa.

Ce calage définit les **niveaux de vol (FL ou Flight Level)** son nom officiel, le **QNE**.



Comparaison calage 1013, QNH et QFE

(\*) Le code QNE n'est pas employé par risque de confusion avec le QFE.

## II. Le calage à 1013,25 hPa - Niveau de vol

- La référence 1 013,25... notion de niveaux de vol (FL)

Lors d'un **voyage aérien** au-dessus d'une certaine altitude, quand le risque de collision avec du relief est écarté, il est important que tous les avions utilisent la même référence. Cette référence est obligatoirement le calage de l'altimètre sur la pression standard de **1013,25 hPa**, qui est la pression au niveau de la mer en atmosphère standard. *Il est ainsi garanti que tous les avions au-dessus de cette altitude, appelée **altitude de transition** (TA), utiliseront la même référence pour calculer leur altitude.*

Cette référence (1013,25) définit la notion de **niveau de vol** ou **Flight Level (FL)**.

On élimine les centaines de pieds en supprimant 2 zéros à l'altitude déterminée par rapport à la référence 1013 et on obtient le FL correspondant.

FL 75 → signifie 7500 ft alti calé standard 1013

FL 110 → signifie 11000 ft alti calé standard 1013

- IFR et VFR

En **VFR** (*Visual flight rules*) on applique les règles du vol à vue :

Le vol à vue est la façon la plus simple de voler, la plus libre aussi, où il s'agit simplement de voir et d'éviter.

Ce mode de pilotage n'est autorisé que sous certaines conditions de visibilité (VMC) et est réglementé.

Les règles du VFR peuvent varier si certaines conditions sont réunies : VFR on top, VFR de nuit, VFR spécial.

En **IFR** (*Instrument flight rules*), un pilote effectue un vol selon les règles de vol aux instruments lorsqu'il respecte un certain nombre de règles lui permettant, avec l'aide de ses instruments et du contrôle aérien, de :

- maintenir son avion dans une configuration propre au vol (*altitude, vitesse*),
- suivre une trajectoire imposée par les organismes de circulation aérienne (*pour assurer la séparation avec le relief, les obstacles et les autres avions*),
- respecter la réglementation et les procédures publiées (*voir VMC et IMC*).

- La règle semi-circulaire pour l'utilisation des niveaux de vol

L'utilisation des niveaux de vol obéit à la **règle semi-circulaire**.

Pour aider les aéronefs à se séparer, notamment dans les espaces aériens non contrôlés, les règles d'utilisation sont les suivantes :

Les **niveaux de vol impairs** sont utilisés quand l'aéronef suit une **route magnétique entre 0° et 179°**.

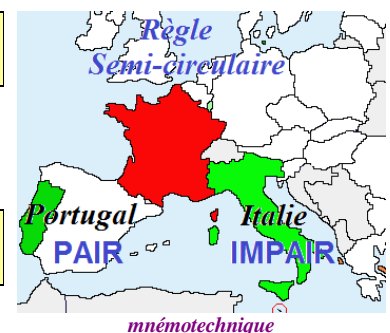
*Les niveaux pairs (on oublie le dernier chiffre) : FL 40, FL 45, FL 60, FL 65, FL 80, FL 85, FL 100, FL 105, FL 120, etc.*

*Le moyen mnémotechnique associé est : Impair comme on vole vers l'est, on va vers l'Italie (qui est à l'est de la France) → I → Impaire*

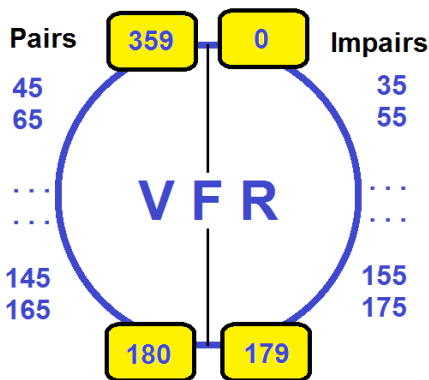
Les **niveaux de vol pairs** sont utilisés quand l'aéronef suit une **route magnétique entre 180° et 359°**.

*Les niveaux impairs (on oublie le dernier chiffre) : FL 30, FL 35, FL 50, FL 55, FL 70, FL 75, FL 90, FL 95, FL 110, FL 115, FL 130, etc.*

*Le moyen mnémotechnique associé est : Pair comme on vole vers l'ouest, on va vers le Portugal (qui est à l'ouest de la France) → P → Paire*



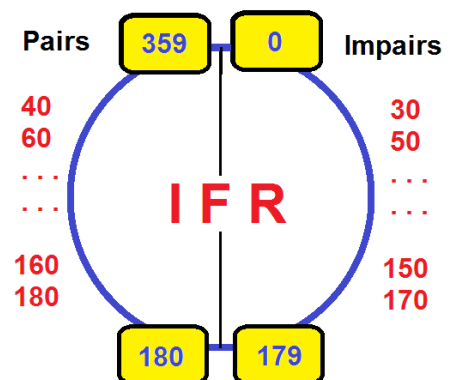




Les vols **VFR** utilisent les **niveaux de vol se terminant par un 5** : FL 45, FL 55, etc.

Les vols **IFR** utilisent les **niveaux de vol se terminant par un 0** : FL 50, FL 60, etc.

Les niveaux de vol sont qualifiés de **pairs** et **impairs** suivant leur nombre de **dizaines**



**Grâce à la règle d'utilisation des niveaux de vols et à la règle semi circulaire :**  
**On assure un espacement de 500 pieds entre un IFR et un VFR.**  
**On assure 1 000 pieds entre deux aéronefs en régime de vol identique, mais de direction opposée.**

*Le contrôle aérien peut déroger à la règle semi-circulaire, soit de manière ponctuelle à l'aide d'une clairance, soit de manière systématique. Ainsi, les règles d'utilisation des niveaux de vol sur certaines routes sont définies comme "Pair vers le nord et impair vers le sud". La règle semi-circulaire doit être considérée comme un guide, non comme une règle fixe et absolue. Cependant, le respect de cette règle augmente grandement la sécurité et il est fortement conseillé de la suivre chaque fois que cela est possible.*

**Cette règle s'applique pour les vols d'altitude égale ou supérieure à 3 000 pieds ASFC1 (au dessus du sol) ou à l'altitude de transition si celle-ci est définie dans un espace aérien donné.**

L'**ancienne réglementation** introduisait la notion de "**surface S**" qui correspond à l'altitude la plus élevée entre 3 000 pieds AMSL (*above main sea level : au dessus du niveau moyen de la mer*) ou 1 000 pieds ASFC (*above surface : au dessus du sol*).

**La surface S est toujours utilisée afin de définir les conditions météo nécessaires à un vol VFR, dites conditions VMC.**

- **La règle "semi-circulaire" dans une TMA**

Au dessus de 3000 ft sol, **on respecte toujours** la règle semi-circulaire.

- Niveau de vol (FL) ou niveau QNH pair + 5 de 180° à 359°, impair + 5 de 0° à 179°).
- Niveau de vol (FL) au dessus de la TA en montée et en vol stabilisé.
- Niveau QNH de 3000 ft AGL à la TA en montée ou en vol stabilisé. En descente à partir du Niveau de Transition, jusqu'à 3000 ft.

En dessous de 3000 ft sol, on vole toujours au QNH.

Le QFE ne doit plus être utilisé.

*Il est fortement conseillé de respecter aussi la "semi-circulaire".*

- **La règle "semi-circulaire" hors de la TMA,**

Au dessus de 3000 ft sol on vole en niveau de vol (FL) (alti calé à 1013) et on applique la règle semi-circulaire.

En dessous de 3000 ft sol, on vole toujours au QNH. Le QFE ne doit plus être utilisé.

*Il est fortement conseillé de respecter aussi la "semi-circulaire".*

- **Exercice : IFR, VFR et cap...**

**Proposez le maximum d'informations à partir des données suivantes :**

**1°) Que signifie voler à 8500 ft/ réf 1013 ?**

**2°) Que signifie voler à 13000 ft/ calage standard ?**

**Réponses**

Déjà 1013 ou standard... c'est pareil. L'altitude se transforme en niveau de vol (FL).

1°) 8500 ft revient à se situer au FL 85 et, comme 8 est PAIR, voler sur un cap magnétique compris entre 180 et 359° (donc plutôt vers l'ouest). Le 5 suggère un plan de vol VFR.

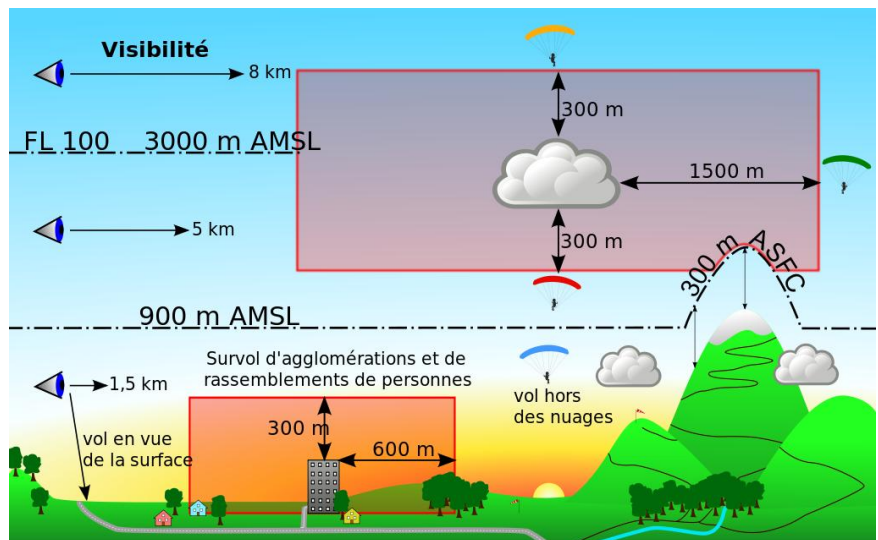
2°) 13000 ft revient à se situer au FL 130 et, comme 13 est IMPAIR, voler sur un cap magnétique compris entre 0 et 179° (donc plutôt vers l'est). Le 0 final suggère un plan de vol IFR.

### III. Les limites du vol à vue : VMC et IMC

#### • VMC et IMC

Dans la réglementation Européenne (JAA), les conditions **VMC** diffèrent selon que l'on est en espace contrôlé ou non contrôlé.

En **espace contrôlé**, on sera en conditions **VMC** (*Visual Meteorological Conditions*) lorsqu'on aura une **visibilité de 5000 mètres** minimum et un **plafond** nuageux d'au moins **1500 m** (mètres) par rapport au **SOL**. (un **plafond** est défini par une couche nuageuse d'au moins la moitié du ciel)



*VMC applicables en VFR ([http://fr.wikipedia.org/wiki/Visual\\_flight\\_rules](http://fr.wikipedia.org/wiki/Visual_flight_rules))*

En **espace non contrôlé**, on sera **VMC** quand on aura au moins **1500 mètres de visibilité** ou **30 secondes de vol**, et qu'on restera **hors des nuages**.

**IMC** : lorsqu'il n'est pas possible de maintenir les conditions **VMC** permettant de voler à vue, on parle alors de conditions **IMC** (*Instrumental Meteorological Conditions*). Le vol doit s'effectuer selon les règles de vol aux instruments (*IFR*).

### IV. La transition entre un calage QNH et un calage 1013

#### • Altitude de transition

L'**altitude de transition** est l'altitude à laquelle, ou au dessous de laquelle, la position verticale d'un aéronef est donnée par son **altitude**. (AT) en français et (TA) en anglais.

Au-dessus de cette altitude, tous les pilotes doivent voler en niveau de vol (**FL**). Ils changent leur calage altimétrique initial (QNH ou QFE) en un calage standard, à 1 013,25 hPa, qui est la pression au niveau de la mer en atmosphère standard.

Il est ainsi garanti que tous les avions au-dessus de cette altitude, appelée **altitude de transition (TA)**, utiliseront la même référence pour calculer leur altitude.

Le **niveau de transition** (correspondant à l'altitude de transition) fait l'objet d'un petit calcul lié à la réglementation aérienne... et au relief survolé.

#### • Détermination de l'altitude de transition et calcul du niveau de transition

**L'Altitude de Transition (TA) est fixée à 5000 ft au niveau national**

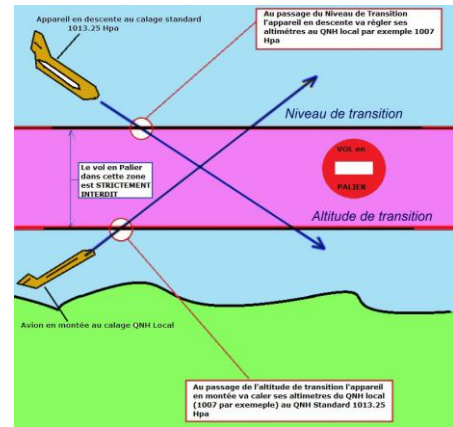
Si dans une **TMA** cette TA est différente, elle est notée sur la carte au 1/1000 000 et non sur la carte OACI au 1/500 000. La valeur est la même dans toute la zone contrôlée.

**Le Niveau de Transition correspond au premier niveau IFR utilisable après la TA.**

Il varie en fonction de la pression atmosphérique du moment dans la TMA concernée. Cette valeur est donnée, entre autres, par l'ATIS.

La **couche de transition** (TL pour *transition Layer*) correspond à l'espace aérien compris entre l'Altitude de Transition (TA) et le Niveau de Transition.

**Il est interdit de voler, en vol stabilisé (en palier) dans la couche de transition** même si, dans la pratique, cette couche ne représente que 100 à 150 ft maxi.  
L'objectif est de la traverser !



#### V. Exercice sur le calage altimétrique en voyage.

Deux avions volent l'un vers l'autre sur le trajet Toulouse Marseille.

Le premier au départ de Toulouse vole à 5500 ft QNH, avec un QNH réglé au départ de Toulouse à 1010 hPa.

Le second au départ de Marseille vole à 6000 ft QNH, avec un QNH réglé au départ de Marseille à 1027 hPa.

Déterminez leurs altitudes respectives lors de leur croisement au milieu du trajet.

Quelle serait la situation dans le cas d'un calage en niveau de vol (FL) sur la référence 1013,25 sachant que les appareils respectent la règle semi circulaire avec un vol VFR au départ de Toulouse et IFR au départ de Marseille.

Conclure sur le choix le plus judicieux.

**Pour cet exercice il est très important de réaliser un schéma au point de croisement et de ne pas regarder la solution ... avant d'avoir proposé votre conclusion.**



### Résultats :

Bien que leurs altimètres respectifs indiquent 500 ft d'écart (5500 et 6000 ft), ces deux avions volent exactement à la même altitude.

**En conservant leur calage altimétrique au QNH initial, ces deux appareils courent un très grave DANGER DE COLLISION ...**

... En pratique il faudrait donc, surtout pour un vol de longue durée, recalibrer constamment l'altimètre avec le QNH local pour avoir une référence d'altitude compatible avec un avion venant en sens inverse.

Le schéma pour un calage initial à 1013 pour les deux avions correspond aux niveaux de vols suivants :

**FL 55** pour le VFR venant de Toulouse et allant vers l'Est (impair = 50 + 5 VFR donc FL 55)

**FL 60** pour l'IFR venant de Marseille et allant vers l'Ouest (pair = 60 + 0 IFR donc FL 60)

### Conclusion :

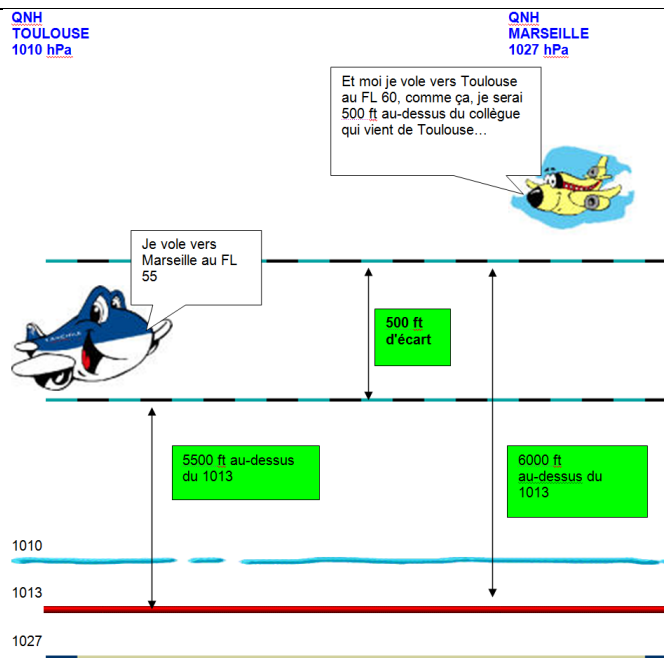
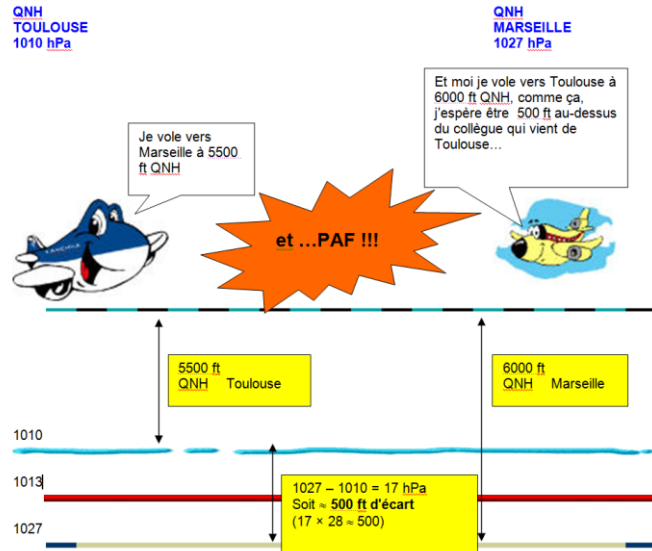
L'altimètre est ici réglé en niveau de vol et donc au calage standard de 1013,25 hPa .

Le schéma est réalisé au point de croisement.

Le risque de collision est évité. La différence d'altitude (500 ft  $\approx$  170 m ) permet un croisement sans risques.

- Conclusion

**Pour la sécurité, en voyage, on vole en niveau de vol (calage standard 1013,25 hPa)**



## VI. La nouvelle réglementation aérienne

Pour faire simple ...

En dehors des zones contrôlées, l'ancienne **surface S** est remplacée par une surface **ASFC + 3000 ft**.

Au-dessus on vole en niveau de vol... en dessous au **QNH**.

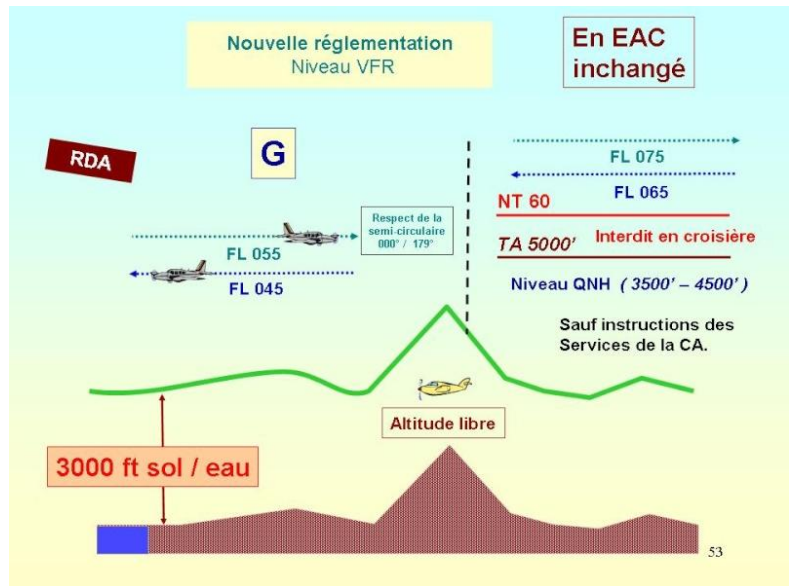
(EAC = Espace aérien contrôlé)

(FL = Niveau de vol)

(NT = Niveau de transition)

(TA= Altitude de transition)

(RDA = Règles de l'air)



### • Exemple d'utilisation dans l'espace aérien

Sur le schéma ci-dessus vous volez

- Au **QNH** en dessous de la surface **ASFC + 3000 ft** ou en dessous du FL de transition dans la TMA
- Au calage **1013** dans tous les autres cas (au dessus de la surface S)

Cas du QFE

- Le **QFE** était utilisé au voisinage immédiat (décollage atterrissage) des aérodromes. Bien que très pratique (*altimètre indiquant ZERO au touché des roues sur la piste*), la tendance actuelle est de se passer du QFE ... et de passer au QNH..



### I. Vol avec survol maritime.

#### • Définition du Survol maritime :

Vol au dessus de l'eau et au delà de la plus faible des deux distances suivantes :

- Distance permettant en cas de panne d'un moteur d'atteindre la terre ferme.
- Distance égale à 15 fois l'altitude de l'aéronef.
- Si l'aéronef est à plus de 50 Nm des côtes, il doit en être impérativement équipé quelle que soit son altitude.



#### • Contraintes matérielles

En cas de survol maritime chaque occupant doit porter (disposer ?) un **gilet de sauvetage** (ou un dispositif individuel analogue).

Si l'aéronef dépasse les 100 Nm des côtes (pour un monomoteur et 200 Nm pour un multi moteurs) il doit en plus emporter des **canots de sauvetage** pour tous les occupants ainsi qu'un équipement de **secours médical** et de survie et une **balise de détresse** flottante et étanche.



*Les balises ELT sont des balises de détresse montées sur tous les avions, petits ou gros, qui se déclenchent en cas de choc violent. Obligatoires depuis le 1/1/2009 sur tous les aéronefs, elles sont aussi installées dans les canots de survie en cas de survol maritime en version portable (PLB), portable ou individuelle à déclenchement manuel par les PNC et les passagers survivants d'un crash. Une gamme qui permet dans quasiment tous les cas de figure de signaler sa position de détresse après un crash.*

#### • Contraintes réglementaires:

- Dépôt d'un **plan de vol**
- Suivre des **itinéraires prédéterminés**
- Avion équipé des **moyens radioélectriques** permettant de **suivre les itinéraires obligatoires**

### II. Vol en altitude

#### • Equipement en oxygène

Sur un aéronef non pressurisé, l'emport d'un **équipement respiratoire alimenté en oxygène** est nécessaire pour tout vol d'une durée supérieure à 30 minutes au-dessus de 3800 m (FL 125) et quelle que soit la durée **au-dessus de 4400 m** (FL 145).

Ne pas utiliser d'oxygène en atmosphère raréfiée en oxygène peut entraîner une hypoxie.

Le pilote peut alors être sujet à des troubles visuels, ressentir des picotements, des vertiges et enfin perdre conscience.

Cela affecte donc tous les types d'informations que le pilote reçoit de son corps pour s'orienter dans l'espace :

- les sensations visuelles (en provenance de l'œil)
- les sensations vestibulaires (en provenance des canaux de l'oreille interne)
- les sensations proprioceptives (en provenance des muscles)

Sur un avion de ligne les masques à oxygène tombent spontanément en cas de dépressurisation brutale ( vol à 10 000 m !!!)





### III. Repérage et immatriculation des aéronefs

#### • Immatriculation

Tous les aéronefs doivent être immatriculés pour être autorisés à circuler.

Cette immatriculation est, en France, un code de 5 lettres que le pilote doit signaler aux contrôleurs lors des vols.

Ce code indique d'abord le pays dans la codification OACI...

**F** = France ; **D** = Allemagne ; **N** les Etats Unis.

Puis peut donner des indications sur le type d'appareil ...

Pour la France il reste 4 symboles... le premier pouvant indiquer la nature de l'appareil :

**F-Axxx** : Aéronefs immatriculés avant 1940 et

**F-Cxxx** Planeurs

**F-AZxx** : Aéronefs de collections

**F-Pxxx** Aéronefs de construction amateur



**F-GDKA** (Avion de tourisme France)



**F-CFHS** (Planeur France)



**N3084M** (Américain)



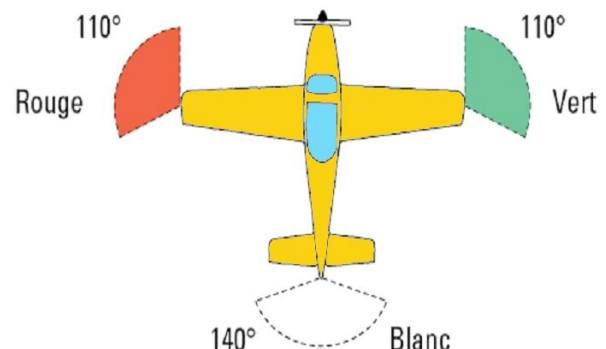
**F-PZRU** (Avion de construction amateur France)

Pour éviter des erreurs de compréhension à la radio, il existe un alphabet aéronautique qui associe un mot à chaque lettre. Le pilote annonce donc son immatriculation par ces mots.

#### • Feux de navigation :

Les avions doivent être équipés de feux de navigation afin d'être mieux vus en vol, notamment par mauvaise visibilité et de nuit (où ils sont obligatoires). Ces feux sont disposés de la façon suivante :

- un **feu vert en bout d'aile droite**
- un **feu rouge en bout d'aile gauche**
- un **feu blanc derrière**



## IV. Vol spéciaux

- Voltige et vol à voile : équipement en parachute obligatoire

Le port du parachute est obligatoire pour la pratique de la voltige ainsi que pour le vol à voile si le planeur n'est pas équipé de groupe motopulseur.



- Vol de nuit :

Le vol de nuit nécessite de passer une qualification spéciale pour pouvoir être pratiqué en VFR. Le dépôt d'un plan de vol est obligatoire pour sa pratique lors des vols de voyage et des conditions météorologiques spécifiques.

L'avion doit également posséder un équipement minimum en instruments et en éclairage de bord.

La  **nuit aéronautique**  commence  **30' après le coucher du soleil**  et  **se termine 30' avant le lever du soleil** .

Le décollage doit avoir lieu avant le début de la nuit aéronautique.

L'heure du lever et du coucher du soleil varie en fonction de la longitude : le soleil se lève et se couche plus tard pour un point situé plus à l'ouest. Le décalage est d'une heure pour une différence de longitude de 15°.

- Vol après avoir effectué une plongée sous-marine :

Après une plongée sous-marine avec paliers de décompression à la remontée, il faut  **attendre 24 h**  avant de prendre l'avion.

## V. Autonomie en carburant :

Pour entreprendre un vol il faut emporter une quantité de carburant correspondant à la mise en route au roulage, la montée, la croisière, la descente et l'arrivée  **plus 20' de réserve**  en régime économique.

Le calcul peut être fait en tenant compte du vent ou en  **ajoutant 10% à la quantité calculée** .

Dans tous les cas un vol VFR local (tours de piste par exemple) ne pourra être entrepris avec moins de  **30' d'autonomie** .

## VI. Dépôt d'un plan de vol :

Afin de pouvoir gérer le trafic de façon optimale les services de la circulation aérienne exigent le dépôt d'un plan de vol dans les cas suivants :

- **vol IFR**  (vol contrôlé)
- **vol VFR de nuit**  en voyage
- **vol VFR avec franchissement de frontières**



## I. La philosophie

Depuis quelques dizaines d'années le **facteur humain** ou l'étude des réactions psychologiques et physiologiques de l'Homme a fait son apparition dans l'aéronautique.

Jusque là, les incidents et accidents d'aéronefs étaient imputables aux aéronefs eux mêmes. Avec l'évolution des techniques de conception et de fabrication, l'emploi de nouveaux matériaux et des nouveaux systèmes de gestion et d'aide au pilotage, l'aéronef est devenu un moyen de transport sûr. Les défaillances ont ainsi été réduites et pour certaines quasiment disparues.

Les études statistiques ont alors montré que l'Homme était devenu de plus en plus responsable des incidents et accidents, jusqu'à 70 % des cas.

Les **facteurs déclenchant** de l'**erreur humaine** sont en général :

- les **conditions physiques**,
- les **erreurs de perception**,
- l'attitude face à la réglementation,
- les **défauts de connaissances**,
- le **manque d'entraînement**,



*No comment !*

Le pilote a été le premier visé, puis ce fut l'équipage technique avec la mise en place du Cockpit Resource Management (CRM) qui apprend à gérer les relations humaines dans les procédures normales et d'urgences et dans la gestion du cockpit en général.

Aujourd'hui, l'équipage complet (technique et commercial) peut être source d'erreur.

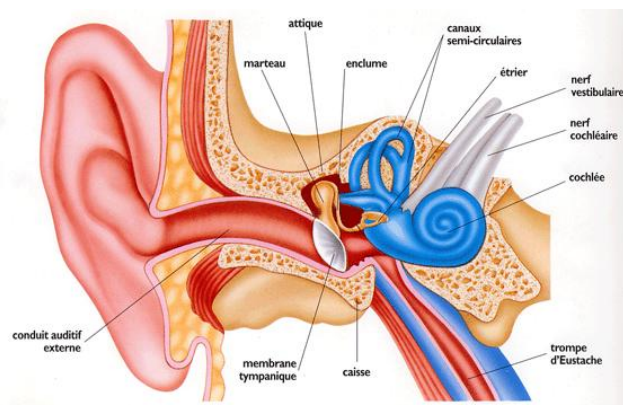
## II. Aptitude physique et mentale. Notions d'aéromédecine

Les deux grandes sources d'erreur humaine, d'un point de vue physiologique, sont les **illusions sensorielles** et les **effets dus à l'altitude**.

### • Illusions sensorielles

Celles-ci apparaissent lorsque le pilote perd ses références visuelles extérieures, surtout de nuit et/ou en IMC. Il peut y avoir discordance entre l'oreille interne (centre de l'équilibre) et l'œil.

Exemple : l'œil voit l'horizon artificiel « à plat » et l'oreille interne donne au cerveau une sensation d'inclinaison que le pilote aura tendance à corriger pour se fier à ses impressions. Cette discordance peut aussi provoquer des nausées.



*L'oreille interne débute ici (en bleu) à droite après l'étrier*

Dans tous les cas il s'en suit une mauvaise appréciation des distances, du plan d'approche (surestimation altimétrique), erreur de trajectoire si le pilote ne fait pas confiance aux instruments qui sont réputés ne pas être "faux".



- Effets physiologiques dues à l'altitude

- **Hypoxie**

Lorsque l'altitude augmente l'air se raréfie et même si la proportion relative d'O<sub>2</sub> reste identique la quantité nécessaire à l'Homme devient de plus en plus faible.

Apparaît alors l'**hypoxie** ou le manque d'oxygène. La lassitude devient pesante avant que l'euphorie ne prenne le relais et pousse le pilote à se surestimer. L'imprudence peut alors avoir des effets désastreux à l'origine d'incidents.

L'hypoxie apparaît plus ou moins rapidement selon les individus, selon le temps d'exposition, augmenté par la fatigue, le manque de sommeil, le tabac, l'alcool, une alimentation trop riche en graisse.

- **Hyperventilation**

Le stress, l'émotion ou encore l'anxiété peuvent engendrer une respiration trop rapide et trop ample générant une évacuation trop importante de CO<sub>2</sub>. Il y a alors modification importante de l'équilibre (gazeux) du milieu intérieur de l'organisme. Elle peut évoluer vers la crise de tétanie.

Respirer lentement dans un sac permet de revenir à une respiration normale plus riche en CO<sub>2</sub>. Il peut y avoir des vertiges et des nausées.

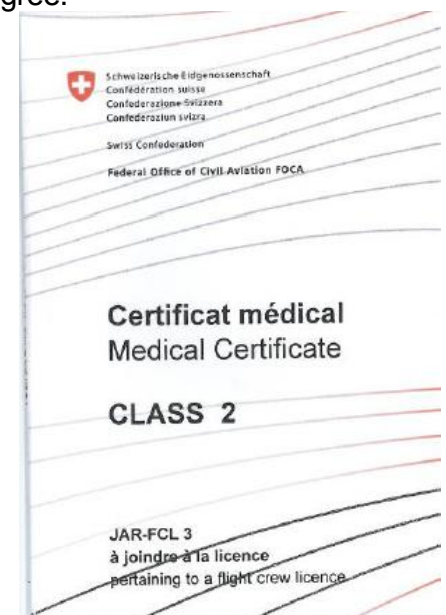
- Visite Médicale

Pour pouvoir voler, du pilote privé au pilote professionnel en passant par le Personnel Navigant Commercial (PNC), il est obligatoire de passer une **visite médicale d'aptitude physique** et mentale auprès d'un médecin ou d'un centre médical agréé.



Test d'effort et respiration

- **Classe 2** ⇒ **pilote privé**
  - valable 2 ans si le pilote a moins de 40 ans,
  - 1 an si plus de 40 ans.
- **Classe 1** ⇒ **pilote professionnel**
  - 1 an si moins de 40 ans,
  - 6 mois si plus de 40 ans.
- **PNC** (*Personnel Navigant Commercial*)
  - 2 ans si moins de 40 ans,
  - 1 an Si plus de 40 ans.



### III. Gestion du Stress

Le même incident de vol peut conduire à des situations finales très différentes.

- Exemple de la panne moteur... au voisinage du sol !

Lorsque survient une panne moteur sur un "bi-moteur" la situation devient très tendue... elle devient encore plus stressante lorsqu'elle se produit près du sol.

Si en plus de tout ça l'avion est à sa charge maximum... vient de décoller, et est encore en phase de gestion des trainées (assiette de montée, train sorti etc...) cela peut se transformer en accident grave. Ce fut le cas sur l'exemple ci contre... 102 morts !

Une panne moteur au décollage... suivie d'un décrochage qui aurait probablement pu être mieux géré (*la conservation du train sorti et le maintien de l'assiette de montée on entraîné le décrochage*).



*Les restes du Boeing 737 7T-VEZ.*

D'après <http://www.securiteaerienne.com/node/69>

Une autre panne moteur au décollage gauche sur un Boeing 767 à pleine charge se passe sans conséquences.

Remarquez l'aileron droit levé et l'aileron gauche baissé. Le pilote braque le manche à droite pour contrer la tendance de l'avion à s'incliner sur la gauche, c'est-à-dire vers le moteur en panne. Le train d'atterrissage finit à peine de rentrer.

Une fois équilibré par quelques gestes simples, l'avion peut voler pendant des heures sur un seul moteur.



*Panne du moteur gauche au décollage gauche sur un Boeing 767 (US Airways) à pleine charge.*

- Décrochage dynamique à haute altitude

L'accident du Rio Paris (givrage des sondes de pitot) est un parfait exemple d'accident dramatique avec un avion parfaitement capable de voler.

Après l'incident (givrage des sondes à 11 000 m d'altitude), le pilote automatique se déconnecte (trop d'informations non concordantes).

L'avion est en parfait état de vol et les sondes vont être dégivrées automatiquement dans quelques dizaines de secondes. Malgré cela un concours de circonstance stressantes vont conduire au drame.

Le pilote tire sur le manche à un moment où une très faible variation de l'assiette entraîne un décrochage dynamique. L'alarme décrochage retenti...

Le pilote (STRESS MAXIMUM) persiste dans l'augmentation de l'assiette... l'alarme se coupe (angle d'assiette trop important (\*)) mais le décrochage est bien présent et l'avion tombe.

A ce moment les sondes sont dégivrées... mais ne serviront plus.

Lorsque le pilote fait enfin le BON GESTE qui est de rendre la main pour faire cesser le décrochage et rendre l'avion pilotable ... l'alarme retenti à nouveau (\*) car on est repassé dans la zone de déclenchement de cette alerte !!! Le stress du à la situation fait que le pilote arrête son action et se remet à cabrer l'avion. La situation est alors définitivement perdue. Humainement le réflexe d'arrêter son action (la seule pouvant sauver l'avion et ses occupants) est tout à fait compréhensible.... En situation de stress encore plus !

(\*) Ici c'est le paramétrage de l'alarme qui est un mauvais choix du constructeur !



### I. Les sigles utilisés

- **BB** : *Brevet de Base* (est typiquement français)
- **PPL** *Private Pilot Licence* (anciennement **TT**) ou Brevet de pilote privé (**BPV** ?)

Depuis 1999, le TT est remplacé par le PPL.

- **CPL** : *Commercial Pilot Licence*
- **ATPL** : *Airline Transport Pilot Licence*

### II. Contraintes d'âge et heures de vol minimas pour les pilotes privés

- **Brevet de Base (BB)**

Pour obtenir le **BB**, il faut avoir **15 ans** minimum, **10 h** (\*) dont **6 HDC** (*Heures en double commandes*) et **4 h solo** et **20 atterrissages**.

Ce brevet n'est **valable que 24 mois**. < 40 ans et 12 mois > 40 ans

Privilèges: piloter **seul à bord**, de jour, dans un **rayon de 30 Km** de l'aérodrome de départ, hors espaces contrôlés ou réglementés

*L'élève-pilote doit obtenir un certificat d'aptitude physique et mentale délivré, en France, par un médecin titulaire d'une qualification de médecine aéronautique.*

*Avant de se présenter au test pratique, le pilote doit avoir réussi un examen théorique composé de 60 questions (QCM), il faut un minimum de 75% de bonnes réponses.*

- **Brevet de pilote privé (PPL)**

Pour avoir le **PPL**, il faut être âgé d'au moins **17 ans** et il faut au moins **45 h de vol** (\*\*) réparties ainsi :

- **25 heures HDC** (*Heures Double Commande*)
- **10 heures solo** (*seul aux commandes sous le contrôle d'un instructeur*)
- **+ 10 heures** que l'on utilise comme l'on veut.
- L'examen comporte une épreuve théorique + épreuve pratique

Validité de qualification de classe ou de type 24 mois (\*).

Privilèges: Fonction Commandant de Bord ou Copilote de tout avion non exploité à titre onéreux  
Le titulaire d'un PPL peut voler en VFR privé partout en France et en Europe, seul ou accompagné.

*(\*)Le pilote doit obtenir et renouveler régulièrement (2 ans avant 40 ans et 1 an après) un certificat d'aptitude physique et mentale délivré, en France, par un médecin titulaire d'une qualification de médecine aéronautique. Ce contrôle ne fixe pas de limite d'âge haute pour le pilote : seule sa capacité au moment de l'examen est prise en compte.*

*(\*\*) Le décompte de l'heure de vol se fait du début du déplacement de l'appareil à l'arrêt du moteur.*

### III. Brevets et Licences de pilote

- **Le Brevet**

Le **brevet** atteste que le pilote possède les connaissances requises pour exercer les fonctions de **Commandant de bord dans un avion**. Ce dernier est **acquis définitivement**.

*Le brevet est acquis à vie, comme le permis de conduire, sous réserve de conserver l'aptitude médicale mais la licence (autorisation de pratiquer) doit se renouveler après avoir passé un test avec un instructeur.*



- La notion de Licence

La **licence est le titre provisoire**, renouvelé périodiquement sous certaines conditions, qui permet d'exercer les fonctions de Commandant de bord à bord d'un avion.

Cet avion peut transporter des passagers.

*La différence entre les licences « privées » et « professionnelles » tient dans le fait que le « professionnel » peut transporter des passagers contre rémunération. Le navigant privé ne peut transporter des passagers qu'à titre gratuit avec une licence de pilote de base ou de pilote privé.*

**Retenir : un brevet est définitif, une licence est renouvelable.**

- Les qualifications

Des qualifications complémentaires existent pour le **VFR de nuit**, le vol **IFR**, la **voltige**, l'utilisation d'avion à **train rentrant** et **hélice à pas variable**, le **vol sur réacteur**, **l'utilisation d'altisurfaces**...

Les qualifications avion et planeur ont une durée de validité limitée et nécessitent un renouvellement annuel.

- Des brevets différents pour tous les sports aériens...

Pour la pratique de l'ULM, il existe des brevets spécifiques en fonction de la classe de l'aéronef (3 axes, pendulaires, paramoteurs, montgolfières, hélicoptères, autogires...).

Pour le vol à voile, il existe un brevet de pilote spécifique auquel s'ajoutent des qualifications supplémentaires pour le vol en campagne, l'emport de passagers,...

#### IV. Aptitude médicale

Pour la pratique de toutes ces disciplines il est obligatoire d'avoir obtenu un **certificat médical d'aptitude** par un **médecin agréé aéronautique**.

- La visite médicale :

La durée validité de ce certificat médical dépend de l'âge du pilote : 2 ans avant 40 ans, puis seulement 1 an après.

On distingue la visite de classe 2 (pour monsieur tout le monde) et la visite de classe 1 (pour les professionnels).

*Les contraintes sont beaucoup plus sévères pour un pilote professionnel que pour un pilote privé.*

#### V. Progression

- Après le PPL :

Après 24 mois, il y a deux solutions :

- soit on renouvelle (*FE, Flight Examiner*)
- soit on proroge (*FI, Flight Instructor*).

*Pour proroger, il faut qu'en 24 mois on ait fait 12 h de vol + 1h avec instructeur dans les 12 derniers mois, sinon on renouvelle.*



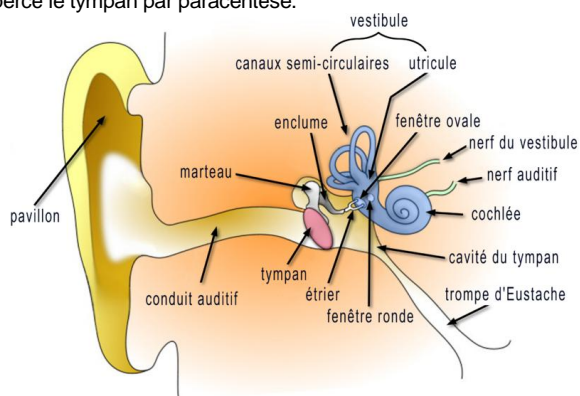
On regroupera ici tous les comportements relevant de la médecine

### **I. Manœuvre de Valsalva (décompression du tympan en descente)**

La manœuvre de Valsalva, du nom de son inventeur Antonio Maria Valsalva, est une manœuvre d'équilibrage permettant d'équilibrer la pression entre l'oreille externe et l'oreille moyenne, par exemple lors d'une plongée sous-marine. Décrite pour la première fois dans *De aure humana* de Antonio Maria Valsalva, publié en 1704 elle est initialement utilisée pour évacuer des infections après avoir percé le tympan par paracentèse.

Cette manœuvre consiste à rétablir de force l'équilibre entre la pression extérieure (pression de l'eau par exemple dans le cas d'un plongeur) et la pression intérieure de l'oreille moyenne en insufflant de l'air par le biais des trompes d'Eustache.

Elle est relativement traumatisante pour les tissus et notamment les tympans. Il est donc recommandé d'éviter de l'effectuer de manière trop fréquente ou trop violente, surtout si on ne la maîtrise pas correctement.





### *I. Généralités sur la radio*

Généralement, la première fois qu'un élève vole sur avion léger, les bruits que diffuse le haut-parleur ou son casque le laisse totalement perplexe.

Il n'a rien compris, n'a pas saisi le moindre mot n'arrivant pas à sectionner les différents termes noyés dans la friture. Au cours de sa progression, son oreille va se former pour saisir les échanges radio. Le problème ne sera pas pour autant réglé, car s'il comprend ce qu'il écoute, il va lui falloir émettre.

Il a souvent eu beau s'entraîner à la maison en imaginant toutes les conversations habituelles dans un tour de piste ou l'ors de l'arrivée sur un terrain, le tout résumé éventuellement sur un papier servant de rappel une fois à bord, les mots ont parfois du mal à sortir dès que l'alternat est enfoncé. La répétition du message "à blanc", une ou deux fois avant l'émission, ne suffit pas toujours à écarter l'angoisse du micro. Heureusement, l'instructeur sert alors de souffleur.

Un des remèdes possible est d'utiliser, au sol et en dehors des vols, un récepteur VHF portable pour écouter régulièrement les communications lorsque l'on se rend sur le terrain.

Autre solution, aller passer une heure dans une tour de contrôle, méthode qui permet de découvrir, de plus, l'autre vision des choses, du côté des contrôleurs.

Une fois que les problèmes basiques de réception et d'émission sont résolus, il faut encore savoir émettre au bon moment sans couper un échange avion-tour, ou placer un message entre une question et une réponse... Etre aussi conscient qu'un pilote débutant n'est pas toujours disponible pour entendre un message qu'il n'attend pas.

Après son message en vent arrière, il s'occupe de préparer sa machine. Si la tour l'appelle alors pour lui demander par exemple de rallonger son tour de piste suite à une longue finale en cours, absorbé par ses tâches, il peut ne pas "entendre" le message même s'il a "écouté". Plus tard, il est alors surpris quand la tour lui annonce l'avoir appelé à plusieurs reprises sans succès.

### *II. Discipline d'emploi*

En matière de phraséologie, l'ouvrage de référence demeure le recueil des "Procédures de radiotéléphonie à l'usage de la circulation aérienne générale - phraséologie", édité par le Service de l'information aéronautique (SIA) suite à l'arrêté du 7 septembre 1984 (dernière édition datée de 1991).

Le but des rappels qui suivent n'est pas de résumer un ouvrage de 120 pages, mais d'attirer l'attention des pilotes brevetés et des stagiaires en cours de formation, sur certains points pratiques.

Il est nécessaire pour se faire comprendre d'utiliser une prononciation claire, avec une cadence régulière comprise entre 80 et 100 mots à la minute (rythme à réduire pour des données devant être notées par écrit, notamment des chiffres), le tout sur un ton constant. Avant d'effectuer un appel, il faut s'assurer que cela ne gênera pas une communication en cours. Si vous venez d'afficher une nouvelle fréquence, écoutez-la quelques instants pour d'être certain de ne pas interférer dans un autre échange. Au niveau de l'écoute, gare à l'anticipation de la perception auditive. Il s'agit d'un conditionnement mental qui fait en sorte qu'une personne entend ce qu'elle s'attend à entendre, même si le contrôleur n'a pas répondu dans le sens souhaité...

En règle générale, les circuits d'aérodrome n'ont pas de dimensions strictement définies.

Il incombe au pilote d'adapter sa trajectoire suivant les possibilités de son avion et sans gêner les autres appareils évoluant dans le circuit ou passant à proximité.

Afin de limiter les nuisances sonores (critère qui devient de plus en plus important actuellement),



il est recommandé d'éviter le survol de certaines zones (voire respecter le circuit dans son intégralité s'il est tracé entièrement sur la carte d'approche, cas exceptionnel).

En cas d'absence de consignes particulières, le tour de piste (vent arrière) s'effectue à 1.000 pieds au-dessus de l'altitude de l'aérodrome quand la hauteur des nuages le permet (les tours de piste basse hauteur, à des buts de formation, sont possibles s'ils ne gênent pas), avec un circuit à main gauche (virages par la gauche), avec, dans le cas d'une remise de gaz, une trajectoire ne gênant pas les autres appareils.

### **III. Le dépassement**

Il est possible de dépasser un appareil à condition de ne pas le gêner (dépassement par l'extérieur du circuit) ni retarder son atterrissage.

En pratique, ce dépassement peut intervenir en vent arrière mais ni en base ni en finale.

### **IV. Obtenir une clairance**

Sur un aérodrome contrôlé, tout appareil doit obtenir une "clairance" pour se déplacer sur les taxiways, pénétrer sur une piste (alignement), décoller, s'intégrer dans le trafic, atterrir.

Sur un terrain non contrôlé, des comptes-rendus de position doivent être communiqués en auto-information (émission à l'attention des autres pilotes sur la fréquence officielle, sans réponse d'un organisme de la circulation aérienne cas d'un terrain contrôlé ou AFIS cessant de l'être à partir d'une certaine heure).

### **V. Sur un terrain non contrôlé**

Le pilote doit procéder lui-même à l'évaluation des paramètres avant de quitter le parking, au départ.

Lors d'une arrivée, avant de s'intégrer dans le circuit, il devra faire de même, en inspectant le terrain à "une hauteur supérieure au plus haut des circuits" - il n'y a plus de valeur déterminée, mais uniquement un souci de bon sens pour ne pas interférer avec les appareils déjà en tour de piste.

L'observation devra porter sur l'aire à signaux, la manche à air, l'état de surface de la piste pour s'assurer que l'aérodrome ne présente pas de danger.

Si le pilote a pu prendre connaissance de la piste en service en exploitant les messages d'auto-information d'autres appareils déjà dans le circuit, il peut se dispenser de l'examen de l'aérodrome.

L'intégration dans le circuit (terrain non contrôlé) doit se faire en début de vent arrière à la hauteur du circuit, en assurant une séparation visuelle avec les autres appareils qui ont la priorité.

Les arrivées semi-directes et directes ne sont pas autorisées sur un terrain non contrôlé sans AFIS.

Cela peut être le cas sur un terrain contrôlé (TWR ou AFIS-agent paramètre) si le terrain n'est accessible qu'aux avions équipés d'une radio et si de telles manœuvres ne gênent pas d'autres appareils.

### **VI. Indicatif d'appel.**

Cette discipline d'emploi exige des communications concises (un minimum de mots mais l'essentiel pour se faire comprendre), des expressions conventionnelles (termes connus de tous) et une phraséologie normalisée. Normalisation veut dire une même structure dans la composition des messages.

Exemple: station appelée, station appelante, message avec intentions ou réponse. Cet ordre habituel est impératif car connu de tous.

Lors du premier appel, l'indicatif à utiliser doit être composé des cinq caractères de l'immatriculation de votre appareil: Fox-India November Fox Oscar par exemple. Lors des messages suivants, on pourra utiliser la première et les deux dernières lettres (Fox-Fox-Oscar) sauf si l'organisme

(la tour, le service d'info en vol, etc.) a utilisé une forme abrégée que vous pouvez utiliser ensuite - souvent les deux dernières lettres.

Si deux appareils ont une immatriculation s'achevant par les deux mêmes lettres (cela s'est déjà vu sur un même terrain !), dans ce cas il faut retenir les trois dernières lettres, voire la totalité de l'immatriculation - quelques secondes de plus sur les ondes valent mieux qu'une mauvaise compréhension.

## **VII. Premier contact**

Le premier appel" d'une station doit être bref, ce qui n'exclue pas la courtoisie ("Bonjour !").

En fonction de sa charge de travail, la station appelée vous invitera ou non à enchaîner par votre message. Si la réponse est "Je vous rappelle", patientez, votre tour viendra et ne soyez pas vaincu par l'habitude en débitant aussitôt le message qui vous brûle la langue et en monopolisant la fréquence.

Le contrôle souhaite l'utiliser pour un autre contact... Une telle erreur d'appréciation entraînera une méfiance de la part du contrôleur, c'est logique.

C'est sa seule façon d'appréhender vos capacités à évoluer dans son volume puisqu'il ne vous voit pas, ne connaît pas votre expérience aéronautique. Ne le décevez pas ! Une bonne phraséologie, dès le premier contact, c'est déjà la moitié du travail effectué si vous souhaitez obtenir te( ou tel service.

Si vos communications concernent un terrain avec fréquence d'auto-information ( notamment 123,5 ), chaque message de positionnement dans le tour de piste devra être précédé du nom du terrain. Ainsi, dès le début de vos messages, les autres pilotes en vol dans le secteur sauront s'ils sont ou non concernés par votre présence. Evitez-leur l'écoute complète d'un message pour apprendre, dans le meilleur des cas à la fin de la communication, que (e terrain en question est à quelques centaines de kilomètres de distance, ou dans le pire des cas, pour les laisser dans le doute en l'absence du nom d'un terrain...

## **VIII. Collationnement**

Après tout message reçu d'un organisme, le pilote doit "collationner" le message en question, c'est à dire accuser réception des clairances et informations concernant par exemple les données suivantes: piste en service, calages altimétriques, code transpondeur, niveau de vol, cap, fréquence à contacter, autorisation de pénétrer sur une piste en service, d'y atterrir, d'y décoller, de la traverser et de la remonter, clairances en route, ...etc.

Le collationnement doit intégrer (l'indicatif d'appel; pour confirmer au contrôleur que c'est le bon appareil qui a reçu le message.

Si l'information reçue n'est pas essentielle pour la sécurité (exemple, une information donnée lors du roulage vers la pompe à essence), le collationnement de la totalité des informations n'est pas nécessaire, l'indicatif d'appel suffit alors pour confirmer la bonne réception.

Un collationnement du strict minimum s'impose en pratique, sur des terrains très actifs, c'est un critère de bonne intégration d'un avion léger chez les 'grands'.

Dès que des mots ou des chiffres doivent être mal compris (intelligibilité du message), le recours à l'alphabet international OACI (alpha, bravo, charlie, etc. et unité zéro par exemple) s'avère impératif.

Rappelons au passage que si vous donnez une valeur chiffrée de la position verticale de votre avion, si vous ne précisez rien après "2.000 ft", cela sous-entend QNH. & si vous parlez en QFE, i) faut préciser "2.000 ft „QFE!": La différence peut être notable et éviter un risque de collision en vol.

Le collationnement est impératif dans le cas le " mentions conditionnelles" émises par la tour. Exemple: "Alignez vous derrière l'avion en finale, derrière" avec répétition en fin de message de la condition nécessaire, ou bien 'Alignez vous après l'avion au décollage, après. Le pilote doit collationner l'autorisation ou l'instruction conditionnelle, voire confirmer que l'aéronef en question est bien identifié: "je m'aligne derrière le Robin en finale" ou ")e m'aligne derrière le TB au décollage".

Si une erreur s'est glissée dans votre transmission, il faut utiliser le terme "correction" suivi de la

répétition de la dernière expression en cause.

Si votre message a été mal compris par l'organisme, votre réponse devra comporter en début, le terme "négatif", suivi ensuite le la raison: "je confirme (ou je répète)" avec la partie du message mal reçu. Attention, si le " négatif " est utilisable, " affirmatif" doit être exclu de tout dialogue pour éviter toute confusion entre ces deux termes.

Le terme approprié est affirme.

### **IX. Cloturer avant de quitter**

Des communications entre aéronefs ne peuvent avoir lieu sur une fréquence d'un organisme de la circulation aérienne (tour, service d'info) que si la permission de ce dernier a été obtenue au préalable, ce n'est pas le téléphone !

Des messages d'information doivent par contre être échangés entre plusieurs avions dans le cas d'une fréquence d'auto-information.

Sauf pour des raisons de sécurité immédiate (remise de gaz par exemple), aucune transmission ne doit être adressée à un avion pendant le décollage, la dernière partie de l'approche (courte finale jusqu'à l'arrondi) ni au roulage à l'atterrissage (jusqu'à vitesse contrôlée).

En cas de remise de gaz imposée, la première tâche du pilote est de l'effectuer, la radio viendra ensuite. Le pilotage passe en priorité et la manœuvre n'a pas besoin d'être confirmée par radio dans l'immédiat, sauf si vous bénéficiez d'un casque avec alternat sur le manche vous permettant d'être disponible totalement. Le contrôleur verra bien l'évolution de la trajectoire.

En dernier virage, il est toujours bon pour le contrôleur de connaître vos intentions. Dites-le-lui !

Dans le cas de l'instruction par exemple, si en fonction de la qualité de l'atterrissage de l'élève, un instructeur hésite entre complet et toucher-décoller (touch-and-go in english), le terme "une option" permet au pilote de se réserver la possibilité soit de remettre les gaz, soit de rester au sol jusqu'au dégagement de la piste ("Fox-Fox-Oscar en finale pour une option") - ce terme n'est pas très utilisé car inconnu de bon nombre de pilotes et même de contrôleurs, c'est dommage !

Lors d'un vol, si un contact à été pris avec un organisme, on ne doit pas quitter l'écoute, même momentanément, sans avoir prévenu la station (service d'info) ou obtenu sa permission (tour).





#### X. Abréviations usuelles (acronymes)

<b>AD</b> Aérodrome	<b>d</b> déviation ( <i>liée au compas</i> )
<b>ADF</b> <i>Automatic Direction Finder</i> Radiocompas automatique	<b>Dm</b> Déclinaison magnétique
<b>AFIS</b> <i>Aerodrome Flight Information Service</i> Service d'information de vol d'aérodrome	<b>DME</b> <i>Distance Measuring Equipment</i> - Dispositif de mesure de distance
<b>AGL</b> <i>Above Ground Level</i>	<b>EAS</b> <i>Equivalent Airspeed</i> - Vitesse équivalente au sol : Ev
<b>AIRMET</b> <i>Air Meteorological Report</i> : message de météo aéronautique.	<b>Ev</b> <i>Equivalent de vitesse</i> - Vitesse équivalente au sol : Ev
<b>AMSL</b> <i>Above Mean Sea Level</i>	<b>fb</b> facteur de base. Cette valeur, dépendante de l'aéronef, est une aide au calcul mental
<b>APP</b> <i>Approach Control Center</i> Centre de contrôle d'approche : CCA	<b>FIR</b> <i>Flight Information Region</i> - Région d'information de vol
<b>ASFC</b> <i>Above SurFaCe</i> c'est à dire au dessus de la surface... sol ou mer.	<b>FL</b> <i>Flight Level</i> - Niveau de vol
<b>ATIS</b> <i>Automatic Terminal Information Service</i> Service automatique d'information de région terminale	<b>Ft</b> <i>Feet</i> ou pieds
<b>AWY</b> <i>Airway</i> - Voie aérienne	<b>GMT</b> <i>Greenwich Meridian Time</i> - Temps moyen au méridien de Greenwich
<b>CAM</b> <i>Ciculation Aérienne Militaire</i>	<b>GPS</b> <i>Global Positioning System</i> – Système de positionnement global
<b>CAG</b> <i>Circulation Aérienne Générale</i>	<b>HD</b> <i>Heure de départ</i>
<b>Cc</b> <i>Cap Compas</i>	<b>HEA</b> <i>Heure estimée d'arrivée</i>
<b>CDN</b> <i>Certificat de navigabilité</i>	<b>IAS</b> <i>Indicated Airspeed</i> - Vitesse indiquée
<b>Cm</b> <i>Cap Magnétique</i>	<b>IFR</b> <i>Instrument Flight Rules</i> - Règles de vol aux instruments
<b>CTR</b> <i>ConTrol Region</i> - Zone de contrôle	<b>ILS</b> <i>Instrument Landing System</i> - Système d'atterrissage aux instruments
<b>Cv</b> <i>Cap Vrai</i>	<b>Kt ou KT</b> <i>Noeuds = Knot (mile/heure)</i>
<b>D</b> <i>Dangerous (pour une zone)</i>	

**L** Locator - Radiobalise Locator BF/MF

**METAR** *Meteorological Aerodrome Report* -  
Compte rendu météorologique d'aérodrome

**Nc** Nord compas

**NM** Nautic Mile (mile marin)

**Nm** Nord magnétique

**Nv** Nord vrai

**NDB** *Non Directional Beacon* - Radiophare non  
directionnel

**NOTAM** *NOtice To Air Men* - Avis aux aviateurs

**OACI** Organisation de l'aviation civile  
internationale (en anglais International Civil  
Aviation Organization : ICAO)

**P** *Prohibited* – Interdit(e) (*pour une zone*)

**QDM** Relèvement magnétique de la station  
mesuré à l'avion

**QDR** Relèvement magnétique de l'avion mesuré à  
la station

**QFE** *Atmospheric pressure (Q) at Field Elevation*  
- Pression régnant au niveau de l'aérodrome

**QFU** Orientation magnétique d'une piste  
exprimée en degrés

**QNH** *Atmospheric pressure (Q) at Nautical  
Height* - Pression mesurée sur un aérodrome et  
ramenée au niveau de la mer en conditions  
standard

**R** Restricted – Restreint (*pour une zone*)

**RCA** Règlement de la Circulation Aérienne

**RDA** Règles de l'air

**Rm** Route magnétique

**Rv** Route vraie

**SFC** Surface

**SIA** Service d'Information Aéronautique

**SIGMET** *Significant Meteorological report* -  
Message du temps significatif

**SNA** Service de la Navigation Aérienne

**SPECI** Special Report (message d'observations  
spéciales)

**TACAN** Tactical Air Navigation Aid (système de  
navigation aérienne tactique)

**TEMSI** Temps significatif

**TMA** *TerMinal Area* – Zone terminale

**TWR** *ToWeR* - Tour de contrôle

**UIR** *Upper flight Information Region* à partir du  
niveau 195 exclus.

**ULM** Ultra Léger Motorisé

**UTC** *Universal Time Coordinated* - Temps  
universel coordonné : TU

**VAC** *Visual Approach Chart* - Cartes d'approche  
et d'atterrissage à vue

**Vc** Vitesse corrigée

**VFE** Velocity Flaps Extended Speed (vitesse  
maximale volets sortis).

**VFR** *Visual Flight Rules* - Règles de vol à vue)

**VHF** Very High Frequency (très haute fréquence  
: THF)

**VMC** *Visual Meteorological Conditions* -  
Conditions météorologiques de vol à vue

**VNE** *Velocity Never Exceed Speed* - Vitesse à ne  
jamais dépasser

**VNO** *Velocity Normal Operating Limit Speed* -  
Vitesse maximale en utilisation normale

**VSO** *Velocity Landing Gear and Flaps Extended Stalling Speed* - Vitesse de décrochage en configuration atterrissage

**VS1** *Velocity Specified Configuration Stalling Speed* - Vitesse de décrochage en configuration spécifiée, généralement lisse

**VSI** *Vertical Speed Indicator* - Variomètre)

**Vw** Direction et force (vitesse) du vent

**W** Variation ( $W = Dm + d$ )

**VOR** *VHF Omni-Range* - Radiophare omnidirectionnel VHF)

**Vp** Vitesse propre

**Vs** Vitesse sol

## **XI. Autres acronymes relatifs à l'espace aérien**

Liste d'acronymes moins usités que les précédents mais permettant de "lire" certain documents.

**AIP** *Aeronautical Information Publication*

**AIRPROX** *Aircraft Proximity* (remplace AIRMISS)

**AAL** *Above Airport Level*

**ACFT** Aircraft

**APP** APProach

**CCRAGALS** Comité Consultatif Régional de l'Aviation Générale et de l'Aviation Légère et Sportive

**CDAOA** Commandement de la Défense aérienne et des opérations aériennes

**CNFAS** Conseil National des Fédérations Aéronautiques et Sportives

**CRG** Comité Régional de Gestion

**DIRCAM** Direction de la Circulation Aérienne Militaire

**DSAC** Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile

**LTA** Lower Traffic Area

**PUL** Planeur Ultra Léger

**RTBA** Réseau Très Basse Altitude

**SUPAIP** Supplement to Aeronautical Information Publication

**ZDT** Zone Dangereuse Temporaire

**ZIT** Zone Interdite Temporaire

**ZRT** Zone Réglementée Temporaire

## **XII. Le code Q**

Juste pour évoquer un dernier vestige historique (!) datant d'une époque où la communication s'effectuait en morse, le **code Q** a été conservé ensuite car la qualité de la réception audio des premiers émetteurs récepteurs était extrêmement mauvaise. Il fallait s'appuyer sur une phraséologie COURTE et SIMPLE à comprendre...

Même à la fin du vingtième siècle la radio en avion était parfois délicate à écouter.

Historiquement donc, les commandants ou leurs adjoints délivrent des informations d'approche et

d'atterrissage aux abords des terrains et les opérateurs radio transmettent leurs instructions en morse, plus rarement en phonie, pour cause de langues différentes.

On applique alors le **code Q**, créé en 1920 et obligatoire en 1926 qui est une suite de 3 lettres transmises rapidement en morse.

Quelques exemples :

- Le **QGP** : numéro d'ordre d'approche.
- Le **QFU** : numéro de la **piste en service**.
- Le **QNH** : **pression atmosphérique au niveau de la mer** qui permet de séparer les aéronefs en altitude.
- Le **QFE** : **pression atmosphérique au sol** qui permet de séparer les aéronefs en hauteur.
- Le **QDR** : **relèvement magnétique de l'avion mesuré à la station** (également appelé "radial").
- Le **QDM** : **relèvement magnétique de la station mesuré dans l'avion**.
- Le **QTE** : relèvement vrai de l'avion mesuré à la station.
- Le **QUJ** : relèvement vrai de la station mesuré à l'avion.
- Le **QAA** : heure estimée d'arrivée.
- **QBI** : vol IFR obligatoire.
- **QBG** : je suis au-dessus des nuages.

*Vous remarquerez que 5 d'entre eux (QFU, QNH, QFE, QDR, QDM) sont encore "actifs" !*

### **XIII. Rappel de l'alphabet aéronautique :**

**A:** alpha **B:** bravo **C:** charlie **D:** delta **E:** écho **F:** fox-trot **G:** golf **H:** hôtel **I:** india **J:** juliette **K:** kilo **L:** lima **M:** mike **N:** november **O:** oscar **P:** papa **Q:** quebec **R:** roméo **S:** sierra **T:** tango **U:** uniform **V:** victor **W:** whisky **X:** X ray **Y:** yankee **Z:** zoulou



# Index

## 1

1 013,25, 64  
**1,852 km/h**, 13  
1/1 000 000, 20  
**1/250 000<sup>ème</sup>**, 20  
1/500 000<sup>ème</sup>, 19

## 2

**23 h 56 minutes et 4 s**, 11

## A

**ADF**, 32, 33, 38, 43, 45  
**aérodrome**, 24, 63  
aérodrome contrôlé, 24  
Aerodrome Flight Information Service, 26  
aérodrome non contrôlé, 26  
**aéromédecine**, 73  
**AFIS**, 26  
aides radioélectriques, 20  
**aiguille**, 41  
**aire à signaux**, 28  
**aire de manœuvre**, 25  
**aire de mouvement**, 26  
aires de trafic, 25  
ALS, 28, 29  
**altitude**, 63, 66  
**altitude de transition**, 64, 65, 66  
**Altitude de Transition**, 66  
*Amelia Earharts*, 4  
**Amélia Earharts**, 4  
**anémomètre**, 15  
**angle de route**, 14  
antenne de réception, 44  
*Antoine de Saint-Exupéry*, 4  
**APP**, 23  
Approach lighting system, 29  
**Aptitude physique et mentale**, 73  
**ASFC + 3000 ft**, 69  
**ASFC1**, 65  
**ATPL**, 76  
ATS, 23  
**au niveau de la mer**, 63  
*Automatic Direction Finder*, 32  
**AWY**, 61

## B

**Badin**, 15  
**balise**, 44  
balise VOR, 36  
**BB**, 76  
**BEA**, 5  
**boussole**, 9  
**brevet**, 77

*Brevet de Base*, 76

## C

**CAG**, 54  
calage 1013, 63  
**calage standard**, 63  
calibrated air speed, 15  
CAM, 54  
cap, 10, 18, 49  
**cap magnétique**, 18  
**cap vrai**, 18  
carte **APP**, 23  
**carte d'approche à vue**, 21, 24  
cartes d'aérodrome, 21  
cartes d'approche à vue, 21  
**CAS**, 15  
centrales à inertie, 31  
centre médical agréé, 74  
**champ magnétique**, 9  
**champ magnétique terrestre**, 9, 14  
*Charles Nungesser*, 4  
**cheminement**, 53  
chrono, 33  
**CIAS**, 15  
**circuit d'aérodrome**, 27  
**circuit main gauche**, 27  
**Circulation Aérienne Générale**, 54  
**Circulation Aérienne Militaire**, 54  
**clairance**, 24  
**classes d'espace**, 60  
**C<sub>m</sub>**, 10, 18  
CO<sub>2</sub>, 74  
Cockpit Resource Management, 73  
**code**, 47  
**code à quatre chiffres**, 47  
*code morse*, 42  
**code OACI**, 21  
**code Q**, 86  
codes transpondeur, 47  
**Coli**, 4  
**compas**, 9  
**Compas**, 32  
**compas magnétique**, 9, 32  
**conditions physiques**, 73  
**conservateur de cap**, 32  
**Conservateur de cap**, 32  
contrôle d'aérodrome, 31  
contrôle d'approche, 31  
contrôle en route, 30  
coordonnées géographiques, 8  
corrected indicated air speed, 15  
**couche de transition**, 67  
couches ionisées de l'atmosphère, 36  
Couloir aérien, 30  
couloirs **IFR**, 61  
**courbe de déviation**, 10  
**CPL**, 76  
crise de tétanie, 74  
CRM, 73

**CTR**, 23, 61  
**C<sub>v</sub>**, 18

## D

**d**, 10  
**D**, 61  
**DANGER DE COLLISION**, 68  
**Dangereuses**, 61  
*Dangerous*, 61  
déclinaison magnétique, 9, 10, 14, 15  
**défauts de connaissances**, 73  
dérive, 18, 49, 52  
**dernier virage**, 27  
Détermination de la vitesse vraie, 16  
**déviaton**, 10  
**déviaton du compas**, 10  
**distance oblique**, 46  
D<sub>m</sub>, 9, 10, 14, 15  
**DME**, 32, 33, 42, 46, 49

## E

*EAC*, 69  
**EAS**, 16  
**effets dus à l'altitude**, 73  
Effets physiologiques dues à l'altitude, 74  
**ellipsoïde de révolution**, 7  
émetteurs VOR, 39  
**Equateur**, 7  
équivalent air speed, 16  
Equivalent vitesse, 16  
**erreur humaine**, 73  
*erreur systématique*, 52  
**erreurs de perception**, 73  
*Espace aérien contrôlé*, 69  
**espace aérien contrôlé**, 60  
**espace aérien non contrôlé**, 60  
**espace contrôlé**, 66  
**espace non contrôlé**, 66  
**estime**, 51  
**étape de base**, 27  
**EV**, 16

## F

**facteur de base**, 51  
**facteur humain**, 73  
**facteurs déclenchant**, 73  
**finale**, 27  
**FIR**, 62  
**FL**, 63, 64, 66  
**Flight Level**, 63  
*François Coli*, 4  
**fréquence**, 35  
fréquence de la **balise**, 44  
**FROM**, 41  
fuseau, 12  
*fuseaux horaires*, 12

## G

**géodésique WGS 84**, 48  
**géoïde**, 7  
**gisement**, 43, 44  
Gisement, 38  
**glide**, 49  
**glide path**, 42  
**Global Positioning System**, 48  
GMT, 11  
GNSS, 31  
**gonio**, 47  
Gonio, 33  
GPS, 15, 35  
**Grand cercle**, 7  
**Greenwich**, 7, 11  
ground speed, 16  
**Gs**, 16

## H

**hauteur**, 63  
**HDC**, 76  
*Henri Guillaumet*, 4  
*Heures Double Commande*, 76  
**heures solo**, 76  
**Horizontal Situation Indicator**, 49  
**HSI**, 49  
Hyperventilation, 74  
**hypoxie**, 74  
Hypoxie, 74  
*hypsométriques*, 20

## I

**I.G.N.**, 19  
**IAS**, 15  
**IFR**, 61, 64, 65  
IFR et VFR, 64  
**illusions sensorielles**, 73  
Illusions sensorielles, 73  
**ILS**, 32, 41, 42  
**IMC**, 66, 73  
indicated air speed, 15  
indicateur VOR, 41  
*Inner*, 33, 42  
**inner marker**, 43  
Instrument flight rules, 64  
*Instrumental Meteorological Conditions*, 66  
**Interdites**, 61

## K

**knot**, 15  
**knots**, 13  
**kt**, 13, 15

## L

*La dérive*, 18  
*l'alphabet aéronautique*, 86  
**Latitude**, 7  
*Le contrôle aérien*, 29  
*licence*, 77  
lignes d'égales déclinaison, 10

lignes isogones, 10  
**localizer**, 42, 49  
**locator**, 43  
**loch**, 13  
log de NAV, 33, 34  
**log de navigation**, 51  
*L'oiseau Blanc*, 4  
**Longitude**, 7  
**longueur d'onde**, 35

## M

**manche à air**, 28  
**manque d'entraînement**, 73  
**markers**, 33  
Markers, 43  
**Méridien**, 7  
**méridien de Greenwich**, 8, 11  
*méridiens*, 20  
**mesure du temps**, 11  
*Middle*, 33, 42  
**middle marker**, 43  
Midi, 12  
**mile marin**, 12  
Minimum Safe Altitude Warning, 30  
montre, 33  
moyenne fréquence MF, 43  
**MSAW**, 30

## N

**nautique**, 12  
**NAV**, 34  
**NDB**, 43  
**Ng**, 32  
**niveau de transition**, 66  
**Niveau de Transition**, 66  
Niveau de vol, 65  
**niveaux de vol**, 63, 64  
**niveaux de vol impairs**, 64  
**niveaux de vol pairs**, 64  
N<sub>m</sub>, 9, 10, 32  
noeud, 13  
**nœud**, 15  
**nœuds**, 13  
**Nord géographique**, 15  
**Nord Géographique**, 10  
**Nord magnétique**, 10, 14, 39  
Nord Magnétique, 9  
Nord vrai, 8, 14  
**Nord Vrai**, 10  
nuit aéronautique, 12  
*Nungesser*, 4  
*Nungesser et Coli*, 4  
**Nv**, 10, 32  
N<sub>v</sub>, 8

## O

**O.A.C.I.**, 54  
OACI, 21  
**OBS**, 40  
**ondes électromagnétiques**, 35  
**ondes radios**, 35  
Organisation de l'Aviation Civile Internationale, 54  
*Outer*, 33, 42

**outer marker**, 43

## P

**P**, 61  
**panel radio**, 33  
PAPI, 28, 29  
**Parallèle**, 7  
*parallèles*, 20  
Personnel Navigant Commercial, 74  
**Petit cercle**, 7  
*Pilote*, 26  
**pilote privé**, 74  
**pilote professionnel**, 74  
piste, 25  
**plafond**, 66  
**PNC**, 74  
**portée**, 39  
**portée "optique"**, 36  
*Potez 25*, 4  
**PPL**, 76  
Precision Approach Path Indicator, 29  
*Prohibited*, 61

## Q

**QDM**, 37, 40, 44, 45, 86  
**QDR**, 37, 40, 86  
QFE, 63, 86  
**QFU**, 86  
QNE, 63  
QNH, 63, 69, 86

## R

**R**, 61  
radar, 33, 46  
radar primaire, 46  
radar secondaire, 46  
radars, 35  
**radial**, 41  
radials, 37  
**radio**, 33  
**radiocompas**, 43, 44  
**Radiocompas**, 32  
radiogoniomètre, 33  
**radionav**, 33  
*Radiophare*, 33  
**radios**, 33  
réactions psychologiques et physiologiques de l'Homme, 73  
récepteur, 40  
récepteur radio, 44  
règle "semi-circulaire", 65  
règle semi-circulaire, 64  
**Réglementées**, 61  
**Renaud Ecale**, 5  
*Restricted*, 61  
**R<sub>m</sub>**, 14, 15  
**RMI**, 45  
*Roland Garros*, 4  
**rose des caps**, 32  
route, 14, 17, 37  
**route de l'avion**, 14  
**route magnétique**, 15, 64  
**Route magnétique**, 14

route vraie, 15  
Route vraie, 14  
R<sub>v</sub>, 14, 15

## S

S.I.A., 19  
Saint-Exupéry, 4  
saisons, 11  
satellites, 48  
Service de l'Information  
Aéronautique, 21  
SIA, 21  
signaux, 27  
signaux lumineux, 28  
Signaux visuels au sol, 27  
solo, 76  
Spirit of St Louis, 4  
surface S, 65, 69  
système GPS, 8

## T

TA, 66  
tableau de déviation, 32  
TAI, 11  
TAS, 16  
taxiway, 25  
temps, 11  
Temps atomique international, 11  
temps sans vent, 51  
temps universel, 11  
Temps universel, 11  
temps universel coordonné, 11  
tétanie, 74  
TMA, 60, 65, 66  
TO, 41  
tour de contrôle, 24

trace sol de l'avion, 14  
trajectoire, 13, 14  
transpondeur, 32, 33, 47  
triangle des vitesses, 52  
true air speed, 16  
TT, 76  
TU, 11

## U

UIR, 62  
UT, 11  
UTC, 11  
UTC), 11  
utilisation du compas magnétique, 10

## V

VAC, 21, 24  
VASIS, 28, 29  
V<sub>c</sub>, 15  
VC, 15  
VDF, 47  
vent, 17  
vent arrière, 17  
Vent arrière, 27  
Vent de travers, 50  
vent debout, 17  
vent effectif, 17, 52  
vent traversier, 17, 52  
VFR, 64, 65  
VHF Omnidirectional Range, 39  
Vi, 15  
VI, 15  
VIC, 15  
vigie, 24  
visibilité, 66  
Visite médicale, 77

Visite Médicale, 74  
visite médicale d'aptitude  
physique, 74  
Visual Approach and landing  
Chart, 24  
Visual Approach Chart, 21  
Visual flight rules, 64  
Visual Meteorological Conditions,  
66  
vitesse, 13  
vitesse conventionnelle, 15  
Vitesse conventionnelle, 15  
vitesse indiquée, 15  
vitesse lue, 15  
vitesse propre, 16  
Vitesse propre, 16  
vitesse sol, 16, 49  
vitesse vraie, 16  
VMC, 65, 66  
VMC et IMC, 66  
vol VFR, 65  
VOR, 32, 36, 39, 45  
VOR ILS, 36, 41, 42  
voyage aérien, 63  
V<sub>p</sub>, 16  
Vs, 16  
Vv, 16

## X

X, 18

## Z

Zénith, 11  
ZIT, 61  
ZRT, 61

# Plan détaillé

Présentation du document & auteurs .....	2
Illustrations & Copyrights .....	2
Plan du cours .....	3
Introduction à la navigation et à la sécurité .....	4
I. Des héros des exploits et des drames .....	4
II. Un héros des temps modernes : Renaud Ecalle .....	5
III. Les rapports du BEA .....	5
• Qu'est ce que le BEA .....	5
• L'extrait de conclusion de la page 25/32 du rapport du BEA sur F-BKBZ .....	5
• Que retenir de cet accident ? .....	5
IV. Un peu d'humour "pilote" pour mieux terminer .....	6
• Les affiches de l'aéroclub de Carcassonne .....	6
I – 1 – Ou suis-je sur la Terre ? .....	7
Coordonnées géographique et orientation .....	7

I.	<b>Se repérer sur le globe terrestre</b> .....	7
•	La forme de la Terre.....	7
•	Quelques définitions.....	7
•	Comment se repérer sur une sphère ? .....	7
•	Exemples de coordonnées géographiques.....	8
•	Notion de géoïde .....	8
II.	<b>S'orienter sur le globe terrestre</b> .....	8
•	Le pôle Nord géographique ou Nord vrai ( $N_v$ ).....	8
•	Le pôle Nord Magnétique ( $N_m$ ).....	9
•	La déclinaison magnétique ( $D_m$ ) .....	9
•	Orientation et cap de l'appareil.....	10
•	Influence magnétique de l'avion sur l'indication du compas magnétique.....	10
•	Précaution pour l'utilisation du compas magnétique.....	10
III.	<b>La mesure du temps</b> .....	11
•	Le mouvement de la terre autour du soleil.....	11
•	La durée de rotation n'est pas 24 h !!! .....	11
•	Le temps universel (TU) et temps universel coordonné (UTC).....	11
•	GMT – UTC :.....	11
•	Midi local : .....	12
•	Heure locale légale ou heure du fuseau.....	12
•	Notion de nuit aéronautique .....	12
IV.	<b>En quelle unité mesurer la distance entre deux points</b> .....	12
•	Les km.....	12
•	Les miles marins ou "nautiques" (NM).....	12
V.	<b>Trajectoire et vitesse</b> .....	13
•	La vitesse.....	13
•	Les unités de vitesse.....	13
•	Mais pourquoi un nœud ?.....	13
VI.	<b>Exercice</b> .....	13
I – 2 -	Les principes de navigation.....	14
I.	La trajectoire .....	14
II.	La route .....	14
•	Exemple 1 : .....	14
•	Exemple 2 : .....	14
•	Détermination de $R_v$ et $R_m$ à l'aide d'une carte.....	15
III.	La vitesse.....	15
•	Unité de vitesse .....	15
•	Vitesse conventionnelle $V_c$ et vitesse indiquée $V_i$ .....	15
•	Vitesse indiquée $V_i$ .....	15
•	Vitesse indiquée $V_{ic}$ .....	15
•	Vitesse indiquée $V_c$ .....	15
•	Equivalent vitesse $E_V$ .....	16
•	La vitesse vraie $V_v$ .....	16
•	Détermination de la vitesse vraie à partir de la vitesse indiquée (CAEA).....	16
•	Vitesse propre $V_p$ .....	16
•	Relation vitesse propre $V_p$ - Vitesse sol $V_s$ .....	16
•	<b>Influence du vent sur la vitesse et la route</b> .....	17
IV.	Le cap - La dérive .....	18
•	<b>Le cap</b> .....	18



• La dérive (notée X).....	18
I – 3 - Les cartes de navigation.....	19
I. Les différentes cartes utilisées en aéronautique .....	19
• Généralités.....	19
II. Les cartes de navigation.....	19
• La carte au 1/500 000 <sup>ème</sup> OACI.....	19
• La carte radionavigation à vue au 1/1 000 000 <sup>ème</sup> SIA .....	20
• La carte radionavigation à vue au 1/250 000 <sup>ème</sup> SIA .....	20
• Le complément aux cartes aéronautiques (SIA) .....	21
III. Les cartes d'aérodrome.....	21
• Les cartes d'aérodrome .....	21
• Les cartes d'approche à vue (VAC).....	21
• Détails de la carte VAC de l'aérodrome d'Annemasse LFLI (CAEA).....	22
• Carte d'approche (APP).....	23
• REPRENDRE ICI .....	23
I – 4 – L'aérodrome et le contrôle aérien. ....	24
I. L'aérodrome : description globale .....	24
• La vigie (ou bâtiment technique) .....	24
• L'aérodrome contrôlé.....	24
• La piste de décollage et d'atterrissage .....	25
• Les aires de trafic, l'aire de mouvement, l'aire de manœuvre et l'aire d'atterrissage.....	25
• L'aérodrome non contrôlé .....	26
• Aérodrome non contrôlé, non AFIS.....	26
II. Le circuit d'aérodrome.....	27
• Zones importantes .....	27
III. Les signaux.....	27
• Signaux visuels au sol .....	27
• Les signaux lumineux .....	28
IV. Aide lumineuse pour suivre le plan de descente .....	28
• VASIS .....	29
• PAPI ou ALS Approach lighting system .....	29
V. Le contrôle aérien.....	29
• Le contrôle en route .....	30
• Le contrôle d'approche .....	31
• Le contrôle d'aérodrome.....	31
II - 1 – Les instruments de navigation. ....	32
I. Les instruments de navigation .....	32
II. Instruments complémentaires.....	33
• La montre (chrono) .....	33
• Le radiogoniomètre (Gonio) .....	33
III. Le panel radio .....	33
• Bloc radio complet .....	33
IV. La navigation : positionnement et "log de NAV" .....	34
II – 2 – Généralités sur les ondes.....	35
<i>Comprendre les ondes pour utiliser la radionavigation.....</i>	35
I. Les ondes utilisées en radionavigation.....	35
• Notion d'onde électromagnétique.....	35
• Propagation des ondes électromagnétiques.....	35

• Longueur d'onde et fréquence .....	35
• Portée.....	36
• La chaîne émetteur/récepteur .....	36
<b>II. Principes de base pour la radionavigation .....</b>	<b>37</b>
• Les radials .....	37
• Utilisation des radials .....	37
Exemple : .....	37
• Notion de "Gisement" (ADF).....	38
<b>II – 3 – La radionavigation. ....</b>	<b>39</b>
<i>Les instruments : étude détaillée. (CAEA).....</i>	<i>39</i>
<b>I. Le VOR.....</b>	<b>39</b>
• Principe de fonctionnement.....	39
• Les émetteurs VOR .....	39
• Le récepteur.....	40
• Utilisation du récepteur .....	40
• Comment interpréter l'indicateur VOR ? .....	41
<b>II. Le VOR - ILS.....</b>	<b>41</b>
• Utilisation d'un ILS .....	41
• Présentation du VOR ILS.....	42
• Avantages et inconvénients de l'ILS : .....	42
• Les Markers.....	43
<b>III. Le radiocompas - ADF .....</b>	<b>43</b>
• L'émetteur .....	43
• Le récepteur.....	44
• Utilisation pratique du radiocompas .....	44
• Calcul d'un QDM à partir d'un gisement .....	45
• Limite d'utilisation et précision du radiocompas .....	45
<b>IV. Le RMI (« Radio Magnetic Indicator ») .....</b>	<b>45</b>
<b>V. Le DME (« Distance Measuring Equipment ») .....</b>	<b>46</b>
<b>VI. Le radar (au sol !).....</b>	<b>46</b>
• Le radar primaire.....	46
• Le radar secondaire .....	46
<b>VII. Le transpondeur.....</b>	<b>47</b>
• Les codes transpondeur.....	47
<b>VIII. Le VDF ou gonio .....</b>	<b>47</b>
• Principe du VDF .....	47
• Utilisation pratique du VDF.....	48
• Limite d'utilisation du VDF .....	48
<b>IX. Le GPS.....</b>	<b>48</b>
<b>X. HSI indicator.....</b>	<b>49</b>
<b>XI. Piloter aux instruments.....</b>	<b>50</b>
• Vent de travers et courbe "du chien" .....	50
<b>III – Les différents méthodes de navigation. ....</b>	<b>51</b>
<b>I. La navigation à l'estime.....</b>	<b>51</b>
• Préparation d'une navigation .....	51
• Corrections en vol .....	51
<b>II. Influence du vent sur la navigation :.....</b>	<b>51</b>
• Modification de la vitesse sol (Vs).....	51

•	Modification de la route.....	52
III.	La navigation par cheminement à vue.....	52
•	La méthode.....	52
•	L'erreur systématique.....	52
•	Exemple d'erreur volontaire.....	53
IV.	La navigation par cheminement radionavigation.....	53
•	Les points de reports préparés.....	53
IV – 1 –	La circulation aérienne.....	54
	<i>Généralités</i> .....	54
I.	La Circulation Aérienne (CA).....	54
•	La Circulation Aérienne Générale (CAG),.....	54
•	La Circulation Aérienne Militaire (CAM).....	54
II.	Les règles de bon sens.....	54
III.	Les services de la CA.....	54
IV.	L'information aéronautique.....	55
•	NOTAM (NOtice To Air Men).....	55
•	Exemple de NOTAM.....	55
•	Publication d'Information Aéronautique (AIP).....	56
IV – 2 –	Les règles de circulation aérienne.....	57
	<i>Comment se déplacer dans l'espace aérien ?</i> .....	57
I.	Les règles de l'air.....	57
II.	Règle de survol minimum des obstacles.....	57
•	Les minimas de survol.....	57
III.	Les règles d'évitement.....	58
•	Règles générales.....	58
•	Les priorités liées à la manœuvrabilité.....	58
•	Les priorités de circulation pour éviter les abordages.....	58
•	Routes convergentes.....	59
•	Dépassement d'aéronef.....	59
•	Rapprochement de face.....	59
•	Atterrissage simultané.....	59
IV – 3 –	Division de l'espace aérien.....	60
	<i>Zones et classes d'espace</i> .....	60
I.	Les espaces aériens.....	60
•	Les types et les classes d'espaces aériens.....	60
•	Espaces contrôlés / non contrôlés.....	60
II.	Les zones à statuts particuliers.....	60
•	Les TMA.....	60
•	La CTR.....	61
•	AWY: Airways.....	61
•	Zones P, R, D et temporaires.....	61
III.	La division de l'espace aérien.....	62
•	Une première division verticale en UIR et FIR.....	62
•	Les différentes classes d'espace aérien.....	62
•	Les règles de pénétration dans les classes d'espace.....	62
V –	Le calage altimétrique.....	63
	<i>Standard 1013, QNH, QFE</i> .....	63

I. Les trois choix possibles :	63
• Le QFE (hauteur/sol... ou à l'aérodrome)	63
• Le QNH (altitude/niveau de la mer)	63
• Le calage 1013... ou FL (Flight Level = niveau de vol) ou QNE (*)	63
II. Le calage à 1013,25 hPa - Niveau de vol	64
• La référence 1 013,25... notion de niveaux de vol (FL)	64
• IFR et VFR	64
• La règle semi-circulaire pour l'utilisation des niveaux de vol	64
• La règle "semi-circulaire" dans une TMA	65
• La règle "semi-circulaire" hors de la TMA,	65
• Exercice : IFR, VFR et cap...	65
III. Les limites du vol à vue : VMC et IMC	66
• VMC et IMC	66
IV. La transition entre un calage QNH et un calage 1013	66
• Altitude de transition	66
• Détermination de l'altitude de transition et calcul du niveau de transition	66
V. Exercice sur le calage altimétrique en voyage	67
• Conclusion	68
VI. La nouvelle réglementation aérienne	69
• Exemple d'utilisation dans l'espace aérien	69
VII – Les conditions de vol	70
<i>Réglementation et contraintes</i>	70
I. Vol avec survol maritime	70
• Définition du Survol maritime :	70
• Contraintes matérielles	70
• Contraintes réglementaires:	70
II. Vol en altitude	70
• Equipement en oxygène	70
III. Repérage et immatriculation des aéronefs	71
• Immatriculation	71
• Feux de navigation :	71
IV. Vol spéciaux	72
• Voltige et vol à voile : équipement en parachute obligatoire	72
• Vol de nuit :	72
• Vol après avoir effectué une plongée sous-marine :	72
V. Autonomie en carburant :	72
VI. Dépôt d'un plan de vol :	72
VII – Sécurité et facteurs humains	73
I. La philosophie	73
II. Aptitude physique et mentale. Notions d'aéromédecine	73
• Illusions sensorielles	73
• Effets physiologiques dues à l'altitude	74
• Visite Médicale	74
III. Gestion du Stress	75
• Exemple de la panne moteur... au voisinage du sol !	75
• Décrochage dynamique à haute altitude	75
VIII - Brevets et licences de pilotage	76



I. Les sigles utilisés.....	76
II. Contraintes d'âge et heures de vol minimas pour les pilotes privés.....	76
• Brevet de Base (BB).....	76
• Brevet de pilote privé (PPL) .....	76
III. Brevets et Licences de pilote.....	76
• Le Brevet.....	76
• La notion de Licence .....	77
• Les qualifications .....	77
• Des brevets différents pour tous les sports aériens... ..	77
IV. Aptitude médicale.....	77
• La visite médicale : .....	77
V. Progression.....	77
• Après le PPL : .....	77
IX – Médecine. ....	78
I. Manœuvre de Valsalva (décompression du tympan en descente).....	78
<i>Utilisation de la radio. La phraséologie</i> .....	79
I. Généralités sur la radio.....	79
II. Discipline d'emploi .....	79
III. Le dépassement .....	80
IV. Obtenir une clairance.....	80
V. Sur un terrain non controle .....	80
VI. Indicatif d'appel., .....	80
VII. Premier contact .....	81
VIII. Collationnement.....	81
IX. Cloturer avant de quitter.....	82
<i>Abréviations couramment utilisées.</i> .....	83
<i>Le code Q.</i> .....	83
X. Abréviations usuelles (acronymes).....	83
XI. Autres acronymes relatifs à l'espace aérien .....	85
XII. Le code Q.....	85
XIII. Rappel de l'alphabet aéronautique :.....	86
<i>Index</i> .....	87
<i>Plan détaillé</i> .....	89
<i>Conseils d'utilisation</i> .....	95

## *Conseils d'utilisation*

**En version modifiable (Word)**

**Ajout d'un renvoi vers la table d'Index.**

*Sélectionner le mot ou le groupe de mot puis la combinaison de touches **Maj+Alt+X***

*Choisir vos options puis valider.*

**Avant impression du document complet.** (*Avantage = pagination + index + table des matières*)

*Vérifier ensuite en mode aperçu qu'il n'y a pas de pages blanches, des erreurs de numérotation ou*

*des polices anormales (des bugs de Word assez pénibles).*

*Mettre ensuite à jour les références (table des matière et index)*

*Clic droit sur les éléments actifs (tables des matières simplifiée du début et la complète de la fin ainsi que sur l'index) pour une MISE à JOUR des CHAMPS ou mieux de toute la table en commençant si possible par la fin.*