



# Licence PRO Maintenance Aéronautique IMA

## PRESENTATION CONTRÔLE AÉRIEN

# SOMMAIRE

1. Présentation générale de la DGAC
2. Les espaces aériens
3. Le contrôle aérien
4. Les moyens techniques
5. Déroulement d'un vol

# 1. Présentation de la DGAC

- DGAC : Direction Générale de l'Aviation Civile.
- Elle dépend du ministère de la transition écologique et solidaire.
- Environ 11 000 personnes travaillent pour la DGAC dont 4000 ingénieurs du contrôle de la navigation aérienne

# Organisation de la DGAC

- Elle s'articule autour de 3 pôles :
  - **Pôle Régulateur** : c'est du ressort de la DTA (Direction du Transport Aérien)
  - **Pôle Prestataire de Service** : c'est la DSNA (Direction des Services de la Navigation Aérienne)
  - **Pôle Autorité et Surveillance** : c'est le rôle de la DSAC (Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile).

# Régulateur : DTA

- Elle élabore les politiques publiques du transport aérien. Elle détermine donc le cadre dans lequel évoluent tous les acteurs : ces règles sont des applications des normes européennes et recommandations internationales (sur la sécurité, la sûreté, l'environnement ...)
- Elle participe aux travaux des organisations européennes et internationales.
- Elle délivre aux compagnies françaises la licence de transporteur aérien.
- Elle supervise les aéroports français.
- Elle traite les réclamations d'usagers non satisfaits des réponses apportées par les compagnies aériennes (4000 cas).
- Elle gère les questions sociales concernant les personnels de l'aérien civil.
- Elle met en œuvre la politique de soutien de l'état à la filière aéronautique.

# Prestataire de Service : DSNA

- Elle rend les services de circulation aérienne, au moyen de ses centres de contrôle en route et de ses tours de contrôle.
- Elle assure l'écoulement du trafic dans l'espace aérien qui lui est confié en garantissant en priorité le meilleur niveau de sécurité (humain et technique).
- Elle met en œuvre des procédures de gestion du trafic aérien pour diminuer les impacts sonores et environnementales.

# Autorité de Surveillance : DSAC

- Elle est garante de la sécurité de l'ensemble des acteurs du transport aérien par la surveillance de l'application de la réglementation.
- La DSAC certifie et contrôle l'organisation et le contenu de la formation des personnels (licence de contrôle, autorisation d'exercice ...).
- Elle délivre les autorisations techniques permettant aux compagnies françaises d'exploiter leur avions : inspections inopinées des aéronefs sur les aéroports français.
- Elle instruit des programmes de sûreté, délivre des agréments et surveille les différents opérateurs intervenants dans la sûreté.
- Elle mène des audits réguliers pour s'assurer de l'effectivité des mesures de sûreté.

# 2. Les espaces aériens

- Ils sont définies par différentes classes.
- La classe d'espace traduit la nature du service qui y est rendu :
  - Service de contrôle
  - Service d'information
  - Service d'alerte
- La classe d'espace traduit la façon dont sont traités les conflits potentiels :
  - IFR / IFR
  - IFR / VFR
  - VFR / VFR
- IFR : Instrument Flight Rules
- VFR : Visual Flight Rules



# 5 classes d'espaces aériens en France

- Classe A : espaces aériens où ne sont admis que les IFR. Le contrôleur assure la séparation entre vols IFR.
- Classe C : espaces aériens où sont admis les IFR et VFR. Le contrôleur assure la séparation entre IFR/IFR et IFR/VFR. Il donne des informations de trafic entre VFR/VFR.
- Classe D : espaces aériens où sont admis les IFR et VFR. Le contrôleur assure la séparation entre IFR/IFR. Il donne des informations de trafic entre IFR/VFR et VFR/VFR.
- Classe E : espaces aériens où sont admis les IFR et VFR. Le contrôleur assure la séparation entre IFR/IFR. Tous les vols reçoivent dans la mesure du possible des informations de trafics : la contact radio n'est pas obligatoire en VFR, la règle de base « VOIR et EVITER » s'applique.
- Classe G : espaces aériens où sont admis les IFR et VFR. Le contrôleur assure uniquement le service d'information de vol et d'alerte : espace aérien non contrôlé.

# Découpage espaces aériens

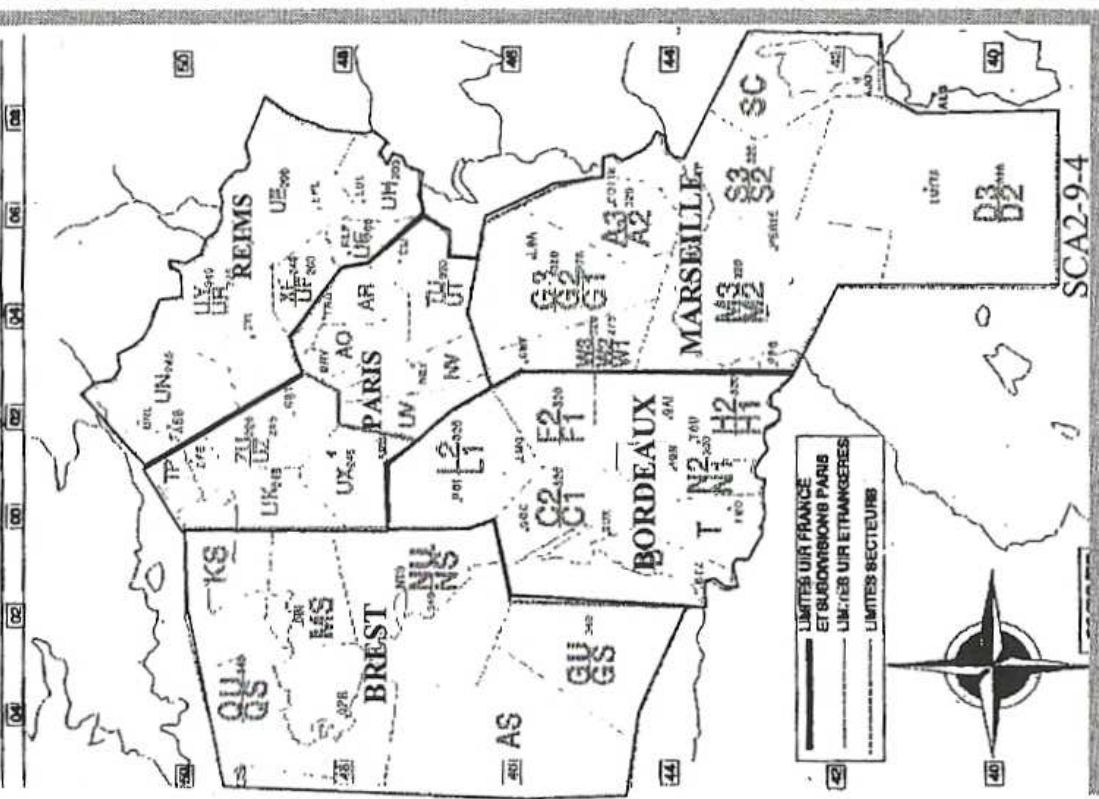
L'espace aérien français est divisé en 2 parties :

- L'espace inférieur :
  - 5 FIR (Région d'information de vol) couvrent le territoire métropolitain ainsi que des zones maritimes.
  - FIR de Paris, Marseille, Bordeaux, Brest et Reims.
  - Limites :
    - Inférieures : le sol ou l'eau
    - Supérieures : FL 195 (Flight level 19500 Ft ou 5.94 km)
- L'espace supérieur :
  - Une seule région couvre les 5 FIR : UIR France (Région supérieure d'information de vol) partagée entre les 5 centres.
  - Limites :
    - Inférieures : FL 195
    - Supérieures : illimité

# UIR

- On distingue 2 tranches :
  - L'espace aérien supérieur (**UTA**, *Upper Traffic Area*) du niveau 195 (exclu) au 660 (5 800 à 20 000 m), **espace contrôlé** de classe C.
  - A partir du niveau 660 (exclu), **l'espace aérien est non contrôlé** de classe G

# SECTORISATION UIR



## UIR

- Il existe 1 seule UIR
- Limites verticales:
  - $\frac{ILL}{FL195}$
- les 5 centres de contrôle régionaux qui assurent la fourniture du service du contrôle dans la région supérieure de contrôle (UTA) qui va du FL195 au FL660:

- REIMS
- PARIS
- BREST
- BORDEAUX
- MARSEILLE

# FIR

Dans une FIR on distingue plusieurs espaces contrôlés.

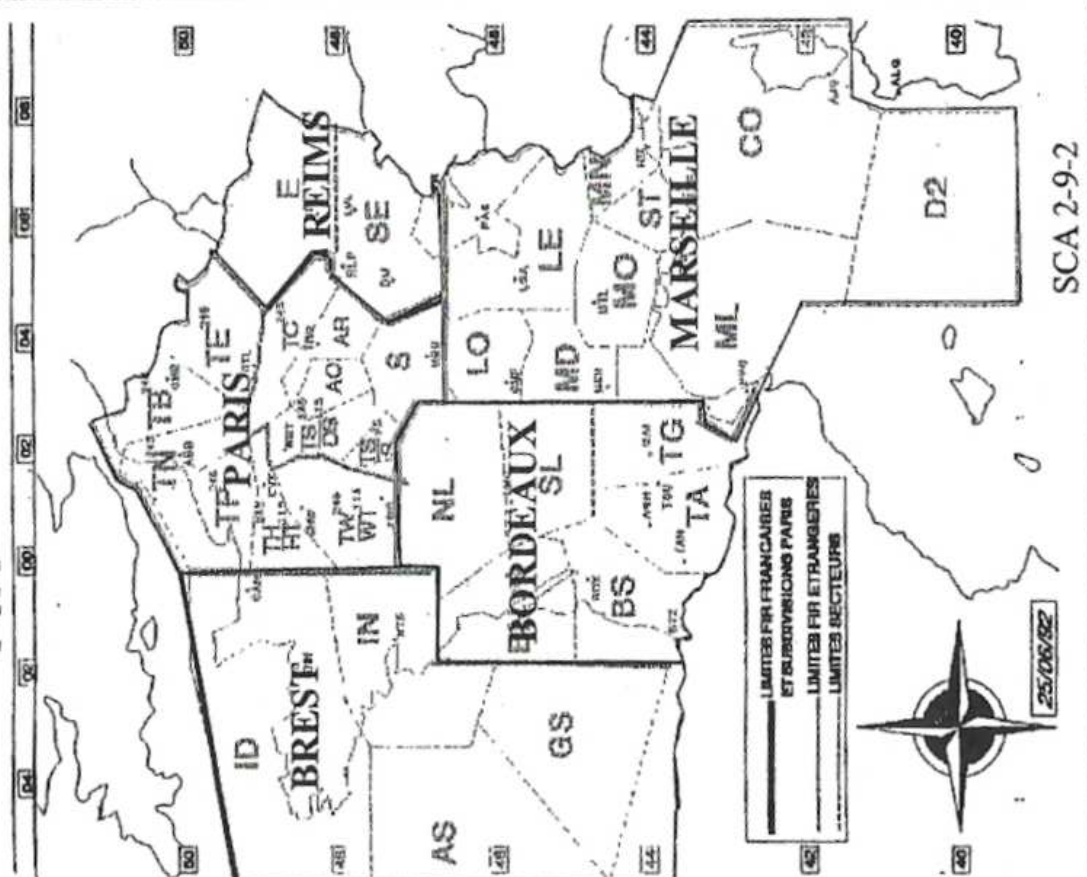
- CTR (ConTRol Zone : zone de contrôle terminal) : souvent de forme cylindrique, centrée sur un aéroport important, qui permet de gérer les décollages et atterrissages ainsi que les circuits de piste. Elle a une hauteur faible (généralement 500 mètres de hauteur) et démarre au sol.
- TMA (Terminal Manoeuvring Area) : elle se situe au dessus d'une ou plusieurs CTR et elle permet de protéger les trajectoires de départ et d'arrivée d'un aéroport. Sa hauteur peut aller du niveau FL115 (en général) à FL195 (pour Paris).

# FIR (suite)

- Routes AWY (AirWaY) en espace inférieur pour une navigation en moyenne altitude pour relier les TMA entre elles. Elle est en classe E jusqu'au FL115 et en classe D entre FL115 et FL195.
- Espace aérien inférieur LTA (Lower Traffic Area) du FL115 jusqu'au FL195. Classe D dans la majorité des cas sauf au-dessus des Pyrénées, des Alpes et de la haute mer (au-delà de 12MN des côtes) où c'est en classe E.
- En dehors des CTR, TMA et AWY et en dessous de la LTA, l'espace aérien est non contrôlé et de classe G.  
Règle : VOIR et EVITER

# FIR

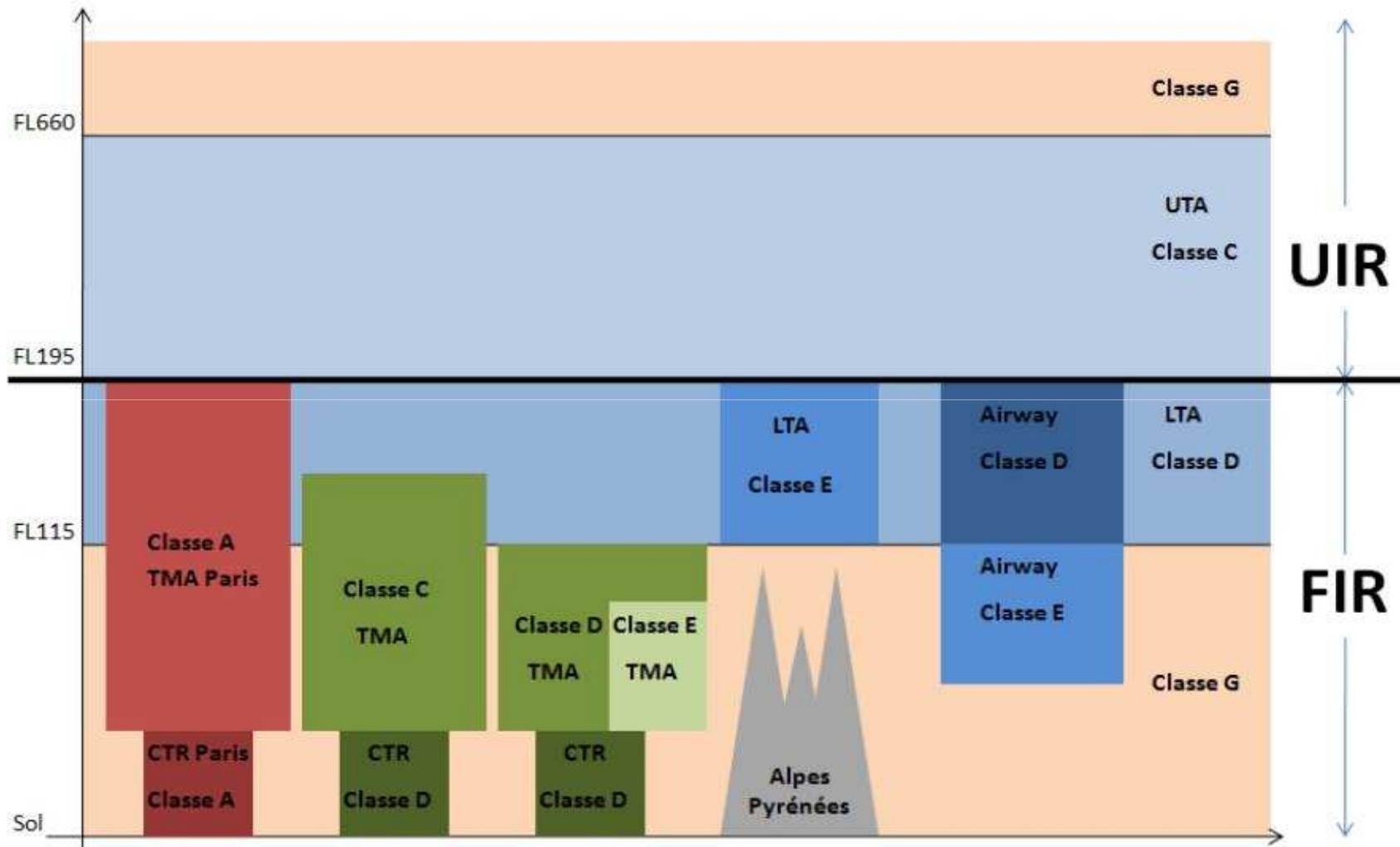
## SECTORISATION FIR



SCA 2-9-2

- L'espace inférieur français est partagé en 5 régions d'information de vol
- Limites verticales:  
FL195  
surface
- Géré par 5 centres de contrôle régional:
  - Reims
  - PARIS
  - BREST
  - BORDEAUX
  - MARSEILLE

# Récapitulatif





# 3. Le contrôle aérien

Organisation du contrôle dans un CRNA (Centre Régional de la Navigation Aérienne) ou une approche.

- L'espace aérien est découpé en secteur.
- Par secteur, il y a deux contrôleurs (un radariste et un organique).

Le contrôleur :

- A des responsabilités envers le trafic.
- Travaille en interdépendance avec d'autres organismes.
- Hiérarchise ces actions dans le temps et les mènent à leur terme.
- Utilise des outils spécifiques (radar ...).

# Rôle du radariste

- Assure les communications avec les avions.
- Est tenu d'appliquer la phraséologie réglementaire adaptée à chaque situation (pour supprimer les ambiguïtés et réduire le temps de communication).
- Assure les séparations entre avions.
- Détecte et résout les conflits dans son secteur.
- Gère les vols interférant avec un espace militaire.
- S'occupe de la tenue du tableau de strip en le faisant évoluer en fonction de la situation.
- Réalise les transferts de contrôle.

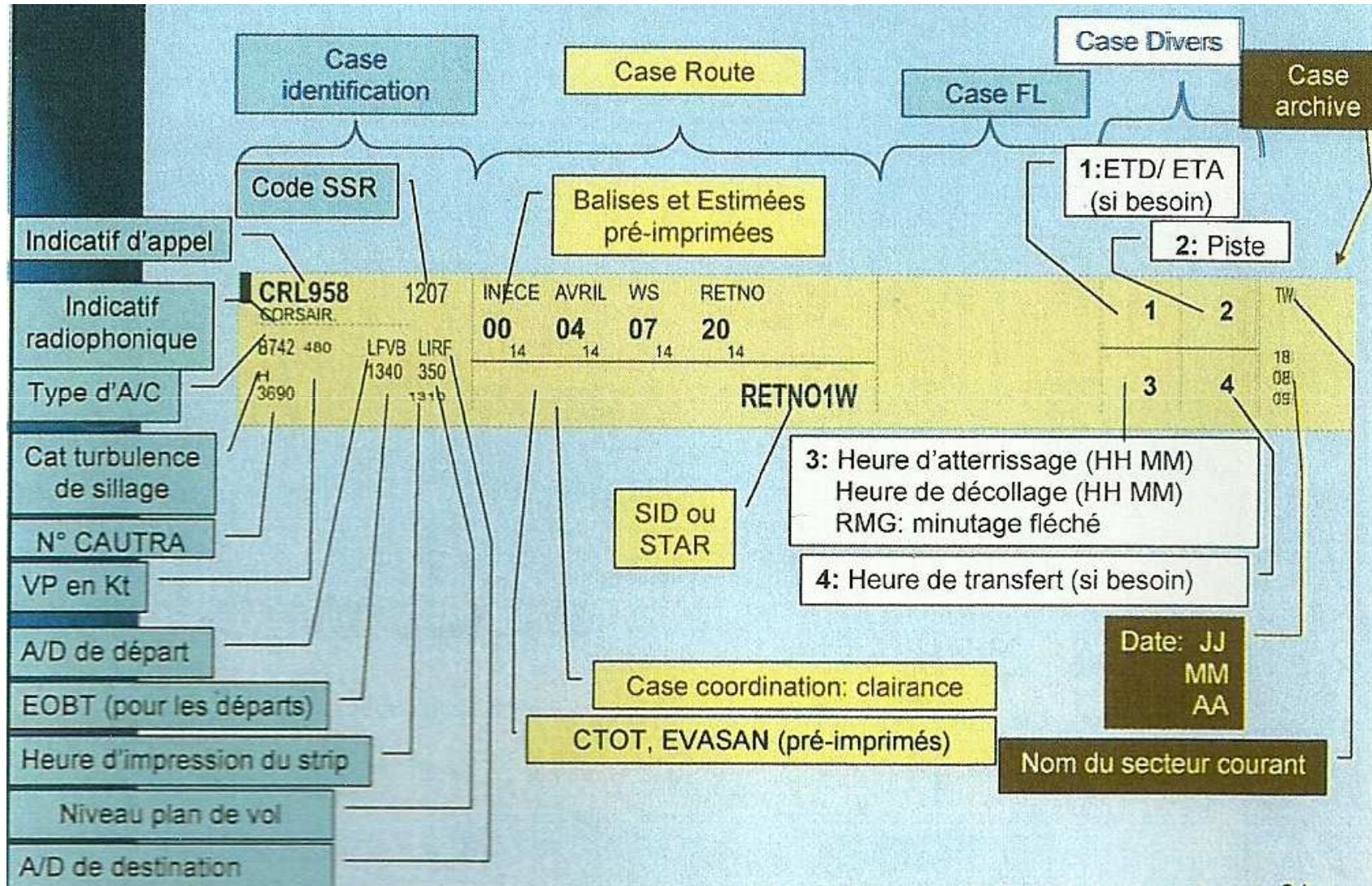
# Rôle de l'organique

- Renseigne et surveille les périphériques.
- Négocie les transferts en sortie ou entrée de secteur.
- Retransmet tous les éléments d'une coordination (pour entrer ou sortir du secteur).
- Négocie les « hors routes » s'il y a lieu.
- Analyse et transmet les strips au contrôleur radariste.

# Le Strip

- Le strip est une bande de papier sur laquelle sont inscrites toutes les informations sur un vol et permet de suivre la progression de celui-ci.
- C'est un élément essentiel du contrôleur aérien.
- Ces strips sont placés sur le tableau de contrôle dans des porte-strips de couleurs différentes (par exemple, porte-strip vert si l'avion vole sur un niveau pair et rouge dans le cas d'un niveau impair) ce qui permet d'avoir une meilleure vision de la situation et d'aider à détecter les éventuels conflits.
- On note sur celui-ci différentes informations (heures de passage, changement de route, de niveau de vol ...)

# Le Strip



# Gestion flux trafic et capacité

- Chaque secteur a une capacité maximale (lié à la capacité du contrôleur à gérer son secteur).
- But : prévenir le dépassement de capacité.
- **CFMU** (*Central Flow Management Unit*), est l'unité de gestion et d'optimisation des flux aériens au niveau européen. Elle a pour mission de planifier de façon centralisée les volumes de trafic dans sa zone de responsabilité, dans le but d'optimiser la sécurité et la capacité de l'espace aérien. La CFMU est ainsi chargée de veiller à ce que les secteurs de contrôle aérien soient exploités de façon optimale tout en cherchant à minimiser les délais.
- La CFMU alloue les créneaux et les routes aux avions en fonction des capacités et des vols prévus.
- 3 niveaux de management.

# Niveau stratégique

- A partir de l'historique des années passées, on essaye d'évaluer le trafic une ou plusieurs semaines à l'avance pour un jour donné (outil PRESAGE).
- On établit un plan de charge prévu dans l'espace aérien de la zone.

# Niveau pré-tactique

- De 1 à 6 jours avant le jour J : à partir de l'historique et des plans de vols déposés, on peut faire une meilleure évaluation et calculer le nombre de contrôleurs requis dans chaque centre.
- Un message de notification ATFM (Air Traffic Flow Management) dit ANM est préparé et envoyé aux compagnies et centre de contrôle.



# Niveau tactique

- Le jour J : chaque vol se voit attribué un créneau horaire pour le décollage.
- En cas de dépassement de capacité :
  - On peut dégroupier les secteurs (c'est-à-dire « couper » le secteur en deux et y affecter de nouveaux contrôleurs)
  - On peut modifier la route initiale pour éviter les goulets d'étranglement.
  - On utilise aussi les régulations : attribution de nouveaux créneaux horaires pour retarder le décollage des avions.

# Espacement entre avions

- Pour des raisons de sécurité évidentes, le contrôleur aérien sépare les avions entre eux pour les maintenir à des distances suffisantes pour éviter les risques de collisions.
- Il existe deux types de séparation :
  - Séparation horizontale ou latérale.
  - Séparation verticales.

# Séparation horizontale

- C'est la distance minimale entre deux avions volant à la même altitude.
- Les distances à respecter entre deux avions dépendent de l'espace aérien dans lequel ils évoluent.
  - Pour du trafic en route, cette séparation est de 5 NM (9 km).
  - Aux abords des aérodromes, cette séparation doit être au minimum de 3 NM (5,4 km).
- Cette distance peut aussi varier en fonction du matériel disponible (guidage radar ou pas, ILS).

# Séparation verticale

- C'est la différence d'altitude entre deux avions évoluant dans une même zone.
- On effectue donc la séparation verticale en attribuant aux avions des niveaux de vols différents.
- Cette séparation est de 1000 ft (soit environ 300 mètres).

# 4. Les moyens techniques

Les contrôleurs aériens disposent de moyens techniques leur permettant de mener à bien leur mission en offrant des garanties de sécurité.

- Radars (primaires et secondaires)
- VOR (VHF Omnidirectional Range)
- DME (Distance Measuring Equipment)
- ILS (Instrument Landing System)

# Radar primaire

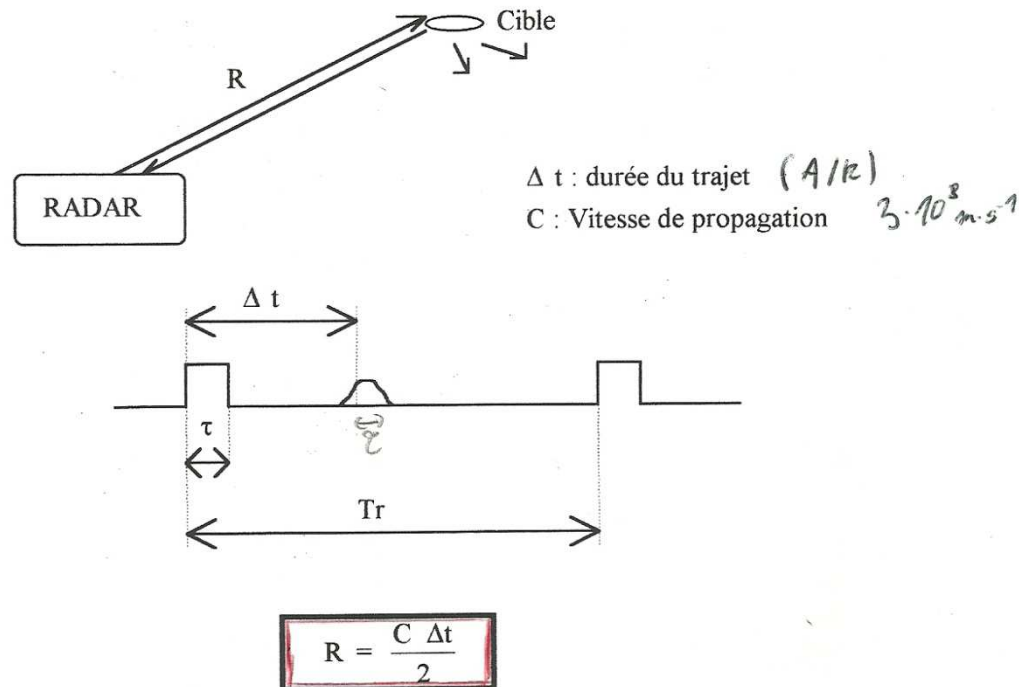
- RADAR : RAdio Detection And Ranging
- Principe :
  - Emission d'un signal avec des références précises dans le temps en haute fréquence (1.2 GHz / 3 GHz / 16 GHz).
  - Réflexion sur une cible se trouvant dans le volume éclairé.
  - Réception et traitement du signal reçu pour détection.
  - Analyse et affichage du résultat.

# Radars primaires

- Fonctions d'un RADAR :
  - Détection
  - Localisation
- Ce qui se traduit par la mesure :
  - De distance
  - D'azimut
  - De mobilité de l'avion

# Mesure de la distance

- Principe : c'est la mesure d'un temps entre le moment de l'émission et le moment où le signal revient après réflexion sur la cible.

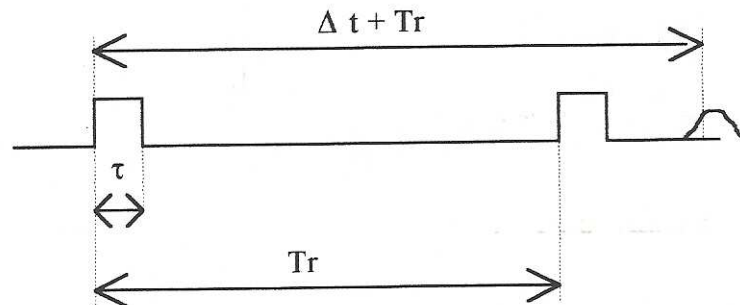


- 1 ms  $\Rightarrow$  150 km



# Notion de portée théorique

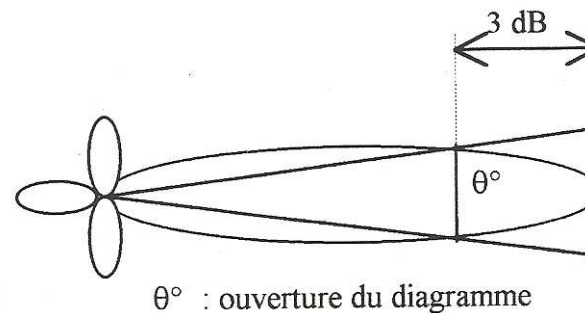
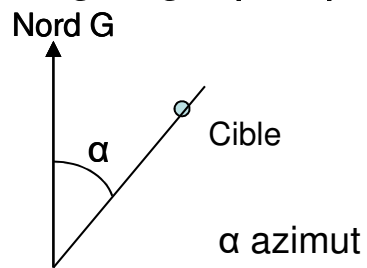
- La mesure de la distance est toujours référencée par rapport à la dernière impulsion émise. Si la cible s'éloigne, la réponse va s'éloigner de cette impulsion jusqu'à atteindre le deuxième impulsion ou plus. Dans ce cas là, on commettrait une erreur sur la mesure de la distance. C'est ce que l'on appelle une réponse en seconde récurrence.



- Afin qu'il n'y ait aucune ambiguïté sur la mesure de distance, on se doit de mesurer une distance entre 0 et  $Tr$ .
- On définit la portée maximale comme étant la distance maximum mesurable sans ambiguïté :
- On respecte une portée utile inférieure à la portée théorique maximale – 20%.

# Mesure de l'azimut

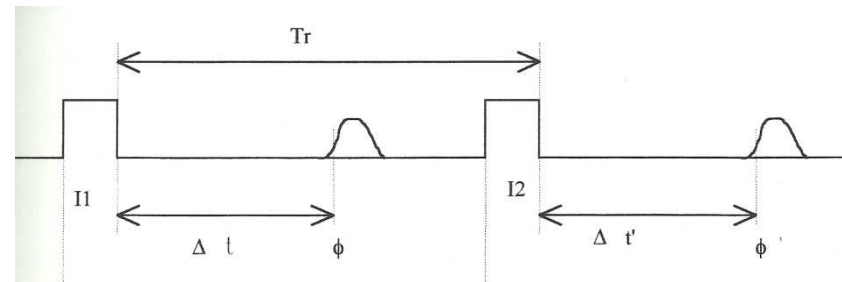
- Azimut : angle entre la direction de la cible et le nord géographique.
- Le diagramme d'antenne étant directif, on détermine l'azimut de la cible en déterminant le pointage azimutal de l'antenne par rapport au nord géographique.



- L'ouverture du diagramme d'antenne est définie par son angle d'ouverture à  $-3 \text{ dB}$  du gain maximum.
- On définit le nombre de coup au but comme étant le nombre de sollicitations pendant le passage du faisceau.

# Mobilité

- Permet de savoir si la cible est en mouvement et d'afficher sa trajectoire.



- Pour cela on observe les variations de la mesure  $\Delta t$  dans l'azimut considéré. Si le temps augmente, la cible s'éloigne. Si il diminue, la cible se rapproche. Si la mesure du temps reste identique, l'objet est immobile et il n'est sûrement pas un avion (il peut donc être filtré et pas affiché sur l'écran radar).
- Sur l'écran radar, on laisse les traces des anciennes positions avant de visualiser sa trajectoire.

# Avantages / Inconvénients

- Avantages :
  - Cible passive.
  - Bonne précision de la position.
- Inconvénients :
  - Beaucoup d'échos parasites (filtrage et traitement complexe).
  - Sensible à la taille de l'avion.
  - Puissance mise en jeu importante (MW)
  - Prix
  - Maintenance importante.

# Radar secondaire

- Fonctions :
  - Détection
  - Mesure de distance
  - Mesure d'azimut
  - Identification de la cible
  - Altitude de la cible
- Ces deux dernières fonctions nécessitent la participation active de la cible grâce à un matériel embarqué : le transpondeur.
- La liaison radar secondaire est différente de celle du radar primaire car elle se décompose en deux liaisons distinctes séparées par le traitement du transpondeur.

# Radars secondaires

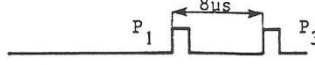
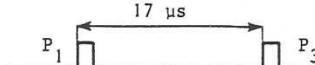
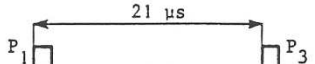
- Liaison SOL - AVION :
  - Emission par le radar d'une interrogation codée qui est une demande d'identification ou d'altitude.
  - Fréquence interrogation : 1030 MHz.
- Traitement transpondeur :
  - Réception, décodage de l'interrogation radar.
  - Encodage et émission de la réponse.
- Liaison AVION – SOL :
  - Réception de la réponse du transpondeur
  - Fréquence de la réponse : 1090 MHz.
- Ces fréquences sont identiques pour tous les radars secondaires.
- L'utilisation de deux fréquences distinctes assure l'indépendance des liaisons et supprime les problèmes de réflexion des ondes (pas de détection de cibles fixes)

# Principe des traitements

- Détection : reconnaissance d'une structure de réponse émise uniquement par un transpondeur.
- Mesure de distance : c'est la mesure du temps de propagation des ondes en tenant compte du trajet aller – retour et du retard systématique introduit par le traitement du transpondeur.
- Mesure d'azimut : l'utilisation d'une antenne directive tournante permet de connaître la direction dans laquelle se trouve l'avion en mesurant la position de l'antenne par rapport au nord géographique.
- Identification et altitude de la cible : ces deux fonctions sont permises grâce au décodages de la réponse du transpondeur.

# Structure de l'interrogation

- L'interrogation est codée par paires d'impulsions appelées P1-P3. Le temps séparant ces 2 impulsions est représentatif de l'interrogation et du mode utilisé.

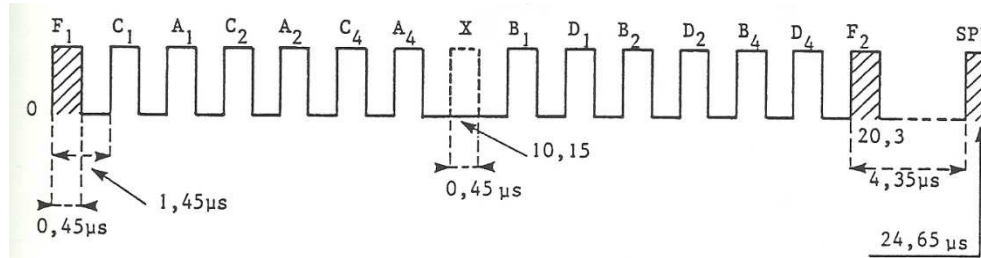
MODES		DUREE		
3				Militaire
A		8 µs	Demande d'identification	Civil
B		17 µs		
C		21 µs	Demande d'altitude	

- L'interrogation est périodique. La réponse d'une cible se trouvant en limite de portée du radar doit parvenir avant la nouvelle interrogation.
- Afin de satisfaire les demandes (identification et altitude), les modes sont émis alternativement : c'est l'entrelacement des modes. Exemple classique : AACACAACAAC.
- Lors d'un passage du faisceau de l'antenne, le transpondeur sera interrogé entre 20 et 30 fois. Ce qui donne environ 16 demandes d'identification et 8 demandes d'altitude à chaque passage de l'antenne.



# Structure de la réponse

- La réponse du transpondeur est constituée d'un train d'impulsions.



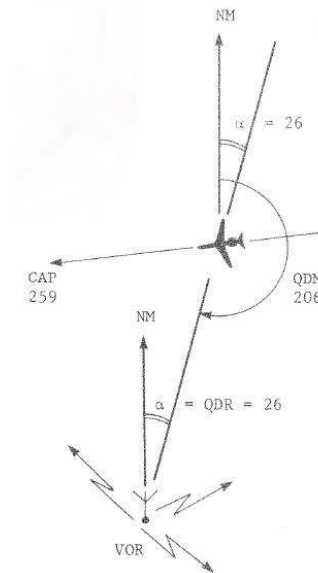
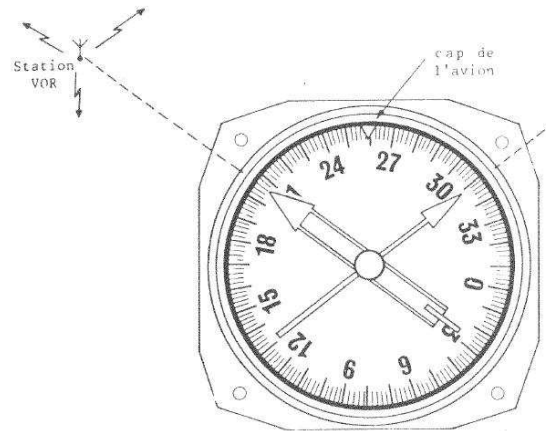
- F1 et F2 sont 2 impulsions dites d'encadrement espacées de 30,3 µs. Ces impulsions sont toujours présentes et permettent la mesure de distance et d'azimut.
- 12 impulsions d'information situées entre F1 – F2. Chaque impulsion code l'information par sa présence ou son absence. On peut donc coder la réponse sur 12 bits (4096 combinaisons).
- L'impulsion X est toujours à 0.
- L'impulsion SPI (Special Pulse Identification) située 4,35 µs après F2 peut être présente par action du pilote sur un bouton à la demande du contrôleur. Cela rehausse l'écho radar sur l'écran.
- Sur la face avant du transpondeur, le pilote affiche le code qui va permettre l'identification de l'avion. Cela est réalisé à l'aide de 4 roues codeuses à 8 positions (0 à 7). 7700 détresse / 7600 panne radio / 7500 détournement.
- L'altitude est transmise automatiquement grâce à l'alticodéur de l'avion.

# VOR

- VHF Omni Range : système de navigation en azimut par rapport au nord magnétique.
- Pour un utilisateur, le VOR se caractérise par :
  - Une position sur la carte définissant l'origine du repère.
  - Sa fréquence d'utilisation permettant de la sélectionner parmi d'autres.
  - Son indicatif : code de 3 lettres et transmis en signaux morse.
- A bord, l'écoute de l'indicatif est le seul moyen de s'assurer que le VOR reçu est bien le VOR désiré et qu'il est opérationnel.
- Le but du VOR est de fournir à l'avion un signal qui lui indiquera sa position angulaire par rapport au nord magnétique.
- Le fonctionnement du VOR repose sur la correspondance créée entre l'azimut  $\alpha$  et la différence de phase de 2 même signaux BF transmis dans cette direction.
- La station VOR transmet donc 2 signaux BF de même fréquence (30 Hz), mais de phase différente. Le premier dit 30 Hz référence dont la phase est identique dans toutes les directions, et le second, 30 Hz variable dont la phase varie linéairement en fonction de l'azimut.

# Exemple d'utilisation du VOR

- Les informations d'azimut VOR reçues à bord sont absolument indépendante du cap de l'avion.
- Dans l'exemple nous allons étudier les informations du RMI de l'avion (Radio Magnetic Indicator). Nous voyons que l'avion suit le cap  $259^\circ$  et que pour rejoindre le VOR, il doit suivre le cap  $206^\circ$



- QDM : cap magnétique à suivre pour rejoindre le VOR qui est donné à partir de la direction du nord magnétique passant par l'avion.
- QDR : angle sous lequel le VOR « voit » l'avion qui est donné à partir du nord magnétique passant par l'avion.

# Navigation par jalonnement ou « homing »

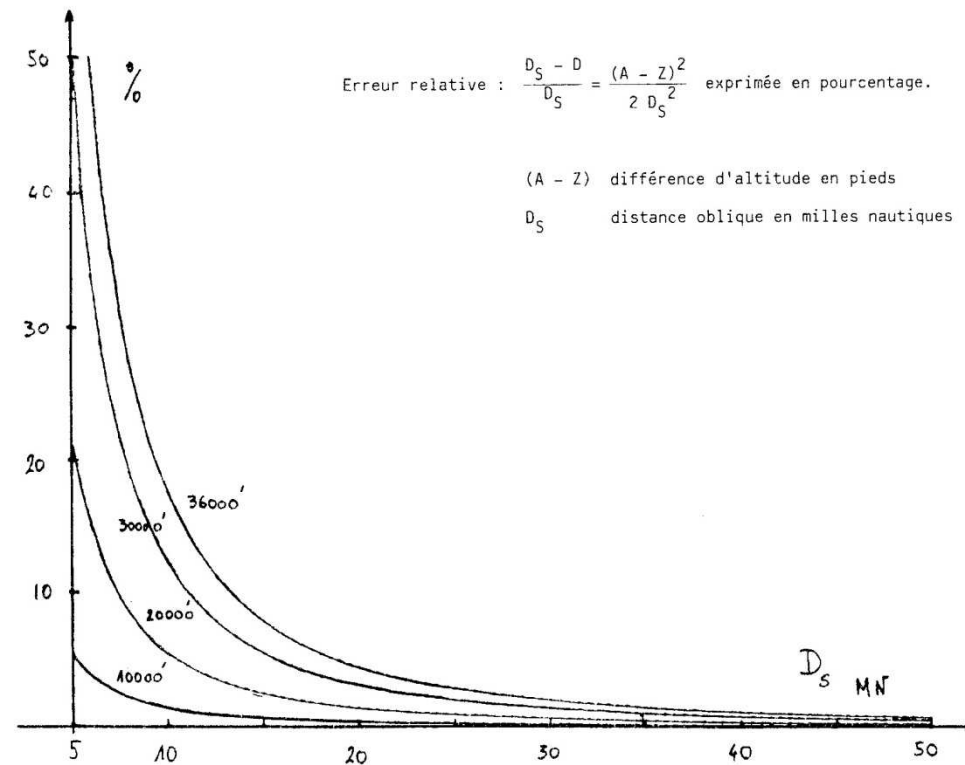
- L'usage premier et principal du VOR reste la navigation selon une direction radiale constante (homing).
- La navigation VOR d'un aéroport à un autre consistera à suivre les directions joignant les différents VOR jalonnant la route choisie. Les VOR utilisés dans ce type de navigation sont appelés VOR en route.
- Il peut être commode de placer des VOR à proximité d'aéroport afin de faciliter les procédures d'approche. Dans cet usage, le VOR est dit d'approche.

# DME

- DME (Distance Measuring Equipment) est le système de mesure de distance normalisé par l'OACI depuis 1960.
- OACI : Organisation de l'Aviation Civile Internationale.
- Le système DME permet la mesure à bord de l'avion de la distance oblique entre un avion équipé et le point de référence d'une installation sol dûment sélectionnée et identifiée.
- L'information la plus intéressante pour le pilote n'est pas la distance oblique mais la distance en projection sur l'horizontale.
- Une correction peut être effectuée par l'ordinateur de bord (par connaissance de la différence d'altitude entre l'avion et le DME), mais la distance affichée par le transpondeur bord reste la distance oblique.

# DME

- L'erreur relative en fonction de la distance oblique et de la différence d'altitude est donnée sur la courbe ci-dessous :



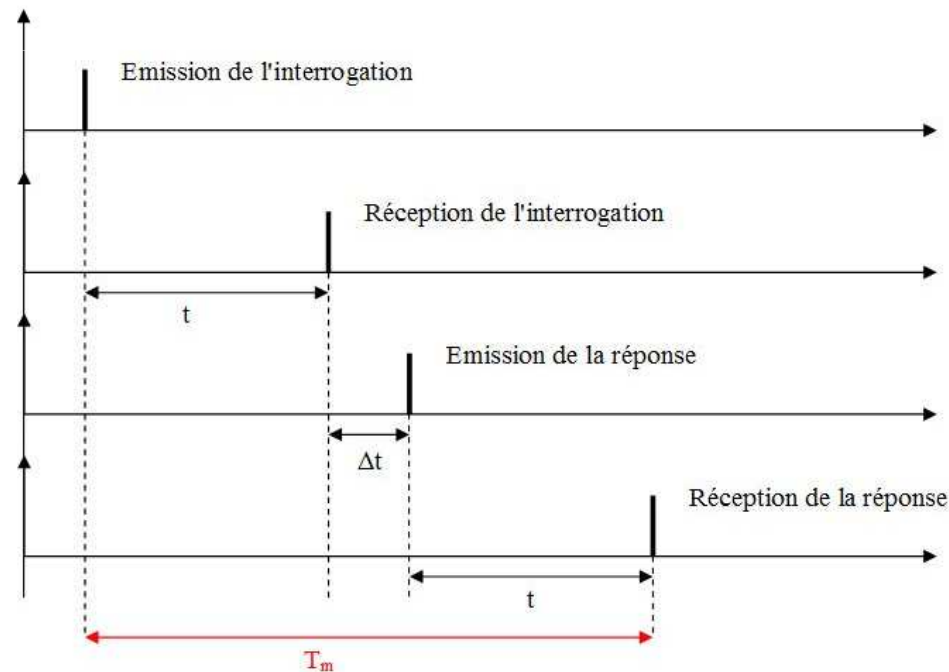
- Plus on est loin de la station DME, plus l'erreur est faible.

# Domaines d'application

- Navigation en route :
  - VOR-DME : L'information distance DME est associée à l'information d'azimut du VOR. Ce qui permet au pilote qui navigue selon une radiale de connaître sa position sur celle-ci. En général, les stations VOR et DME sont co-implantées.
  - DME-DME : Le calcul de la position s'effectue à partir de mesure de distances à plusieurs stations sols. En navigation horizontale, 3 mesures sont nécessaires pour résoudre l'ambiguïté. La position de l'avion est donnée en coordonnées polaire par rapport à une station sol de référence. Dans 95% de l'espace aérien français au dessus de 20 000 pieds, la couverture multi DME est suffisante pour cette utilisation.
- Atterrissage :
  - Le DME est très souvent associé à un système d'atterrissage tout temps. Il permet par mauvaise visibilité de connaître la distance avant le toucher des roues.

# Définition radioélectrique d'une distance

- L'information de distance est obtenue à partir de la mesure à bord de l'avion du temps de propagation aller-retour d'une onde électromagnétique.
- Le temps mesuré  $T_m$  est l'intervalle de temps entre l'instant d'émission de l'interrogation et l'instant de réception de la réponse.
- $T_m = 2.t + \Delta t \Rightarrow t = 0,5 \cdot (T_m - \Delta t)$ .
- Soit  $d = (c/2) \cdot (T_m - \Delta t)$  avec  $c$  : vitesse de la lumière et  $\Delta t$  : retard systématique.





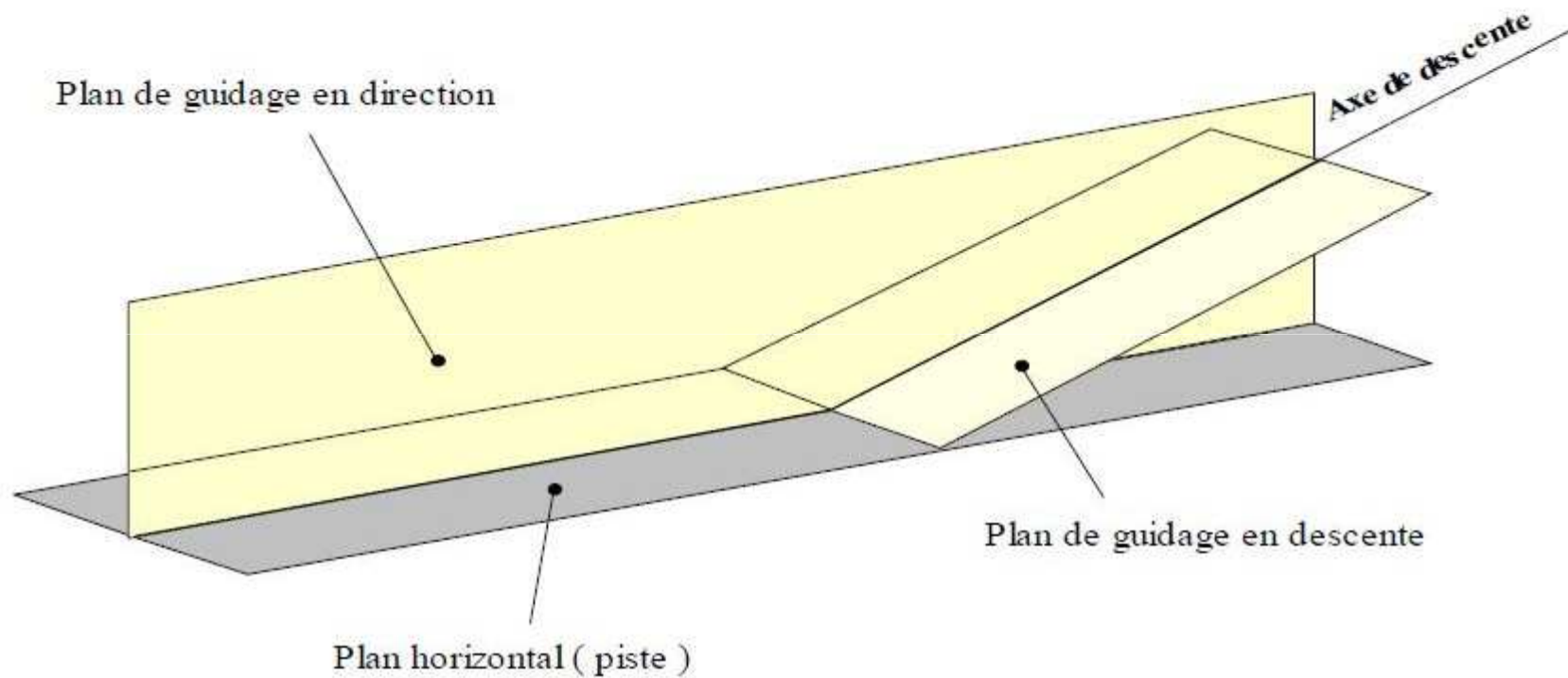
# Signaux émis et canal DME

- Les signaux émis sont des paires d'impulsion.
- L'espacement entre les 2 impulsions émises (par l'avion ou la station DME) peuvent avoir plusieurs valeurs en fonction du canal utilisé.
- Un canal est défini par sa fréquence d'interrogation, sa fréquence réponse, son espacement entre 2 impulsions d'une paire d'interrogation et l'espace entre 2 impulsions d'une paire réponse.
- Ces différents codages permettent d'utiliser plusieurs fois de mêmes fréquences sans risque de brouillage.
- 2 modes utilisés en France :
  - Mode X : le codage de l'interrogation et de la réponse est le même, soit 12  $\mu$ s et le retard systématique vaut 50  $\mu$ s.
  - Mode Y : l'espacement entre les paires d'impulsion interrogation est de 36  $\mu$ s et pour la réponse : 30  $\mu$ s. Le retard systématique est de 56  $\mu$ s.
- Le retard systématique est le temps entre la réception de la première impulsion interrogation et l'émission de la première impulsion réponse (temps nécessaire au transpondeur pour traiter l'interrogation et émettre la réponse).

# ILS

- ILS : Instrument Landing System.
- Fonction : permet à un aéronef équipé de le guider et de l'emmener qu'au seuil de piste afin qu'il puisse atterrir même sous faible visibilité.
- Pour cela, il faudra deux informations de guidage :
  - Un guidage vertical pour trouver l'axe de la piste : c'est le rôle du RAP (Radio Alignement de Piste) ou Localizer situé en général à 300 mètres après le bout de la piste.
  - Un guidage horizontal pour donner à l'avion le bon angle de descente (en général 3° sans relief autour) : c'est le rôle du RAD (Radio Alignement de Descente) ou Glide au seuil de piste décalé de 150 mètres latéralement.
- De plus, le pilote doit connaître sa progression sur cette trajectoire, et donc sa distance par rapport au seuil de la piste. On peut utiliser :
  - 3 radiobornes qui balise 3 points de la trajectoire : information de distance discontinue.
  - 1 DME situé près du seuil : information de distance continue.

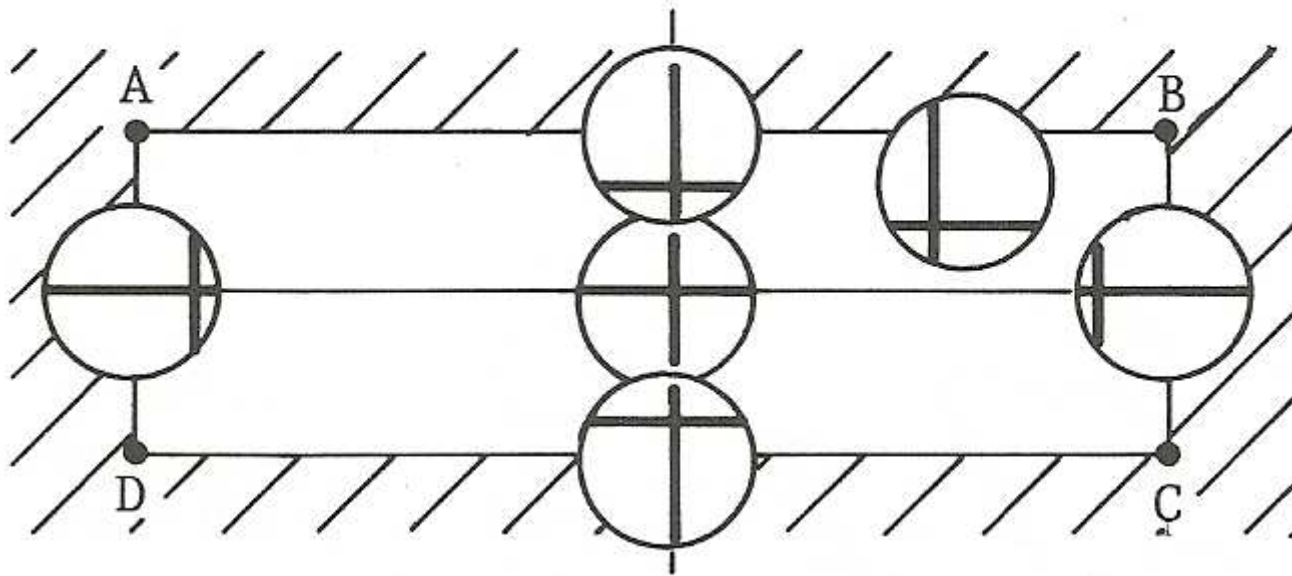
# Définition de l'axe ILS



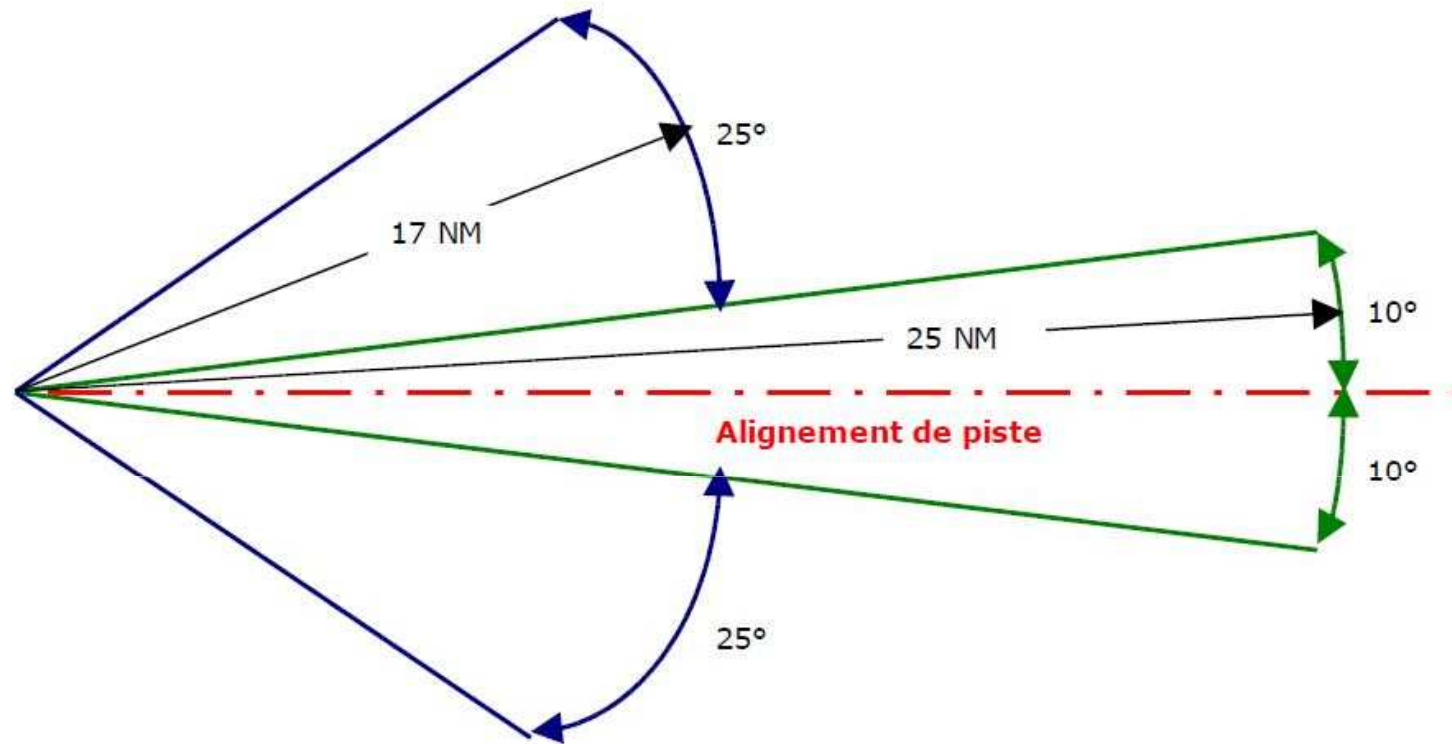
# Informations à bord

- Double indication matérialisée par deux aiguilles.
- Une aiguille verticale indique l'écart angulaire de la direction localiser-avion par rapport à l'axe de piste. Sa déviation est dans le sens de la correction à effectuer pour rejoindre l'axe. Une aiguille centrée indique que l'avion est dans l'axe de piste.
- Une aiguille horizontale indique l'écart angulaire par rapport au plan de descente. Sa déviation est dans le sens de la correction à effectuer pour rejoindre ce plan de descente.
- 2 zones d'utilisation :
  - Le secteur de guidage proportionnel : c'est la zone dans laquelle l'aiguille dévie proportionnellement à l'écart angulaire.
  - Le secteur de guidage complémentaire (ou zone de couverture) : le signal est reçu correctement mais la correction à effectuer est importante et l'aiguille est en butée.
- Si le signal reçu n'est pas correct, un drapeau (ou flag) apparaît (un pour le RAP, un pour le RAD) => information affichée non valide.

# Fenêtre d'approche



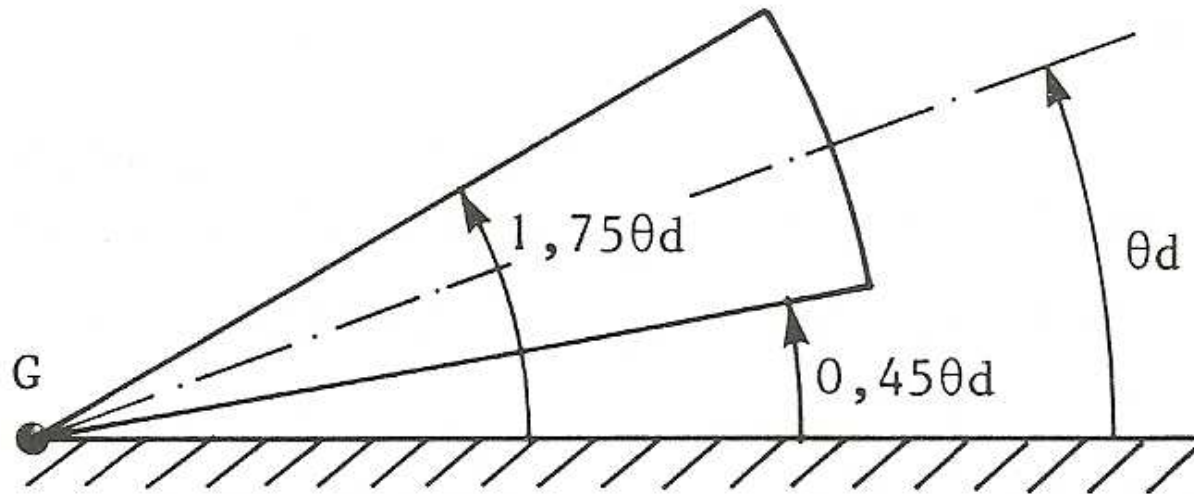
# Localizer : couverture azimuthale



La couverture au-delà de  $\pm 35^\circ$  par rapport à l'axe de piste n'est pas obligatoire. Si elle existe, la portée sera de 10 MN.

Les portées indiquées sont des portées minimales.

# Glide : couverture en site



Les signaux Glide doivent être reçus à 10 MN du seuil de piste minimum.

De plus, ils doivent aussi être reçus dans un secteur de  $\pm 8^\circ$  par rapport à l'axe de piste.

# 5. Déroulement d'un vol

- Le pilote ou la compagnie enregistre le plan de vol.
- Le plan de vol est ensuite envoyé à la CFMU (à Bruxelles), puis traité : calcul de la route, des CRNA traversés, des créneaux de départ.
- Le CFMU envoie « le plan de vol machine » aux différents organismes de contrôle concernés.
- Un créneau de décollage est attribué au vol : pour éviter de attentes en route ou à l'arrivée, le décollage peut être retardé.
- L'avion doit décoller entre -5 min ou +10 min de l'heure prévue. Sinon il doit demander un nouveau créneau.
- Le plan de vol est affiché et le strip est imprimé à la tour 20minutes avant le départ.



# Déroulement d'un vol : mise en route

- Le pilote obtient l'ATIS par radio ou data-link.
- ATIS (Automatic Terminal Information Service) : c'est un message diffusé en boucle au niveau d'un aéroport qui contient des informations essentielles : météo, piste en service, procédure d'atterrissage en vigueur ...
- Le pilote doit avoir écouté l'ATIS avant de contacter le contrôle.
- Sur la fréquence sol de l'aéroport, il contacte la tour de contrôle pour obtenir la « clearance » (autorisation) afin de mettre en route.
- En coordination avec le contrôleur sol, il se rend sur le point d'arrêt avant la piste.

# Déroulement d'un vol : décollage

- Il contacte à ce moment là le contrôleur sur la fréquence TOUR qui va l'autoriser à pénétrer sur la piste, lui donner les dernières informations météos et l'autoriser à décoller.
- Le décollage active le plan de vol et les heures estimées de passage sont mises à jour.
- Il sera pris en charge par ce contrôleur dans la zone CTR.
- Quand il passera dans la TMA, le pilote sera transféré sur la fréquence approche pour être guidé dans cette TMA pour rejoindre sa route.
- Il sera pris en charge ensuite par un CRNA.

# Déroulement d'un vol : croisière

- Avant le décollage, dans les CRNA, les calculateurs établissent le profil du vol et la liste des secteurs concernés.
- L'avion est dans sa phase de croisière et il est transféré de secteur en secteur au sein du CRNA.
- Le radar secondaire via le transpondeur avion, permet aux contrôleurs d'identifier les avions et d'assurer les séparations nécessaires entre avions.
- A chaque secteur de contrôle est associé une fréquence radio pour le dialogue pilote / contrôleur.
- Une position de contrôle dans un CRNA correspond à un secteur.
- Le cas échéant, l'avion est transféré à un autre CRNA jusqu'à ce qu'il arrive près de l'aéroport d'arrivée.

# Déroulement d'un vol : atterrissage

- L'avion est transféré à l'approche du terrain (TMA).
- Il doit écouter l'ATIS pour prendre en compte les informations relatives au terrain (météo, piste en service, procédures d'approche (ILS, VOR ...), travaux, matériel en maintenance ..).
- Le rôle de la TMA à l'atterrissage est d'aligner les avions les uns derrière les autres sur le prolongement de l'axe de piste.
- L'avion passe ensuite avec le contrôleur tour (de la CTR) qui lui donnera l'autorisation d'atterrir.
- Une fois au sol, il contactera le contrôleur sur la fréquence sol pour se faire guider jusqu'au parking.