

Dédicace



Je rends un grand hommage à travers ce modeste travail, en signe de respect et de reconnaissance envers mes parents qui me soutenues dans toute ma vie :

Mon père : L'aïd

Ma mère : Saliha

Pour tous les sacrifices et leur soutien moral et matériel dont ils ont fait preuve pour que je réussisse.

Je le dédie également à

Mon ange frère : Hamza et mes sœurs: Janette, Yasmin, failla, Aoutef, Cha maa, Surtout ma chère : Fa rouz

Mes amis: lazreg aicha : « Khadija », Imene, Keira, zoulikha, chérifat, Lidia, Asma, Afef, Jaouida, Amina, Salima.

En un mot, à toute ma famille, mes amis et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma formation.



Gazella

Remerciement



*Au terme de cette modeste thèse, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à Mr : **BENOERED** (mon promoteur) et Mr : **OTMANI ABOU EL KACEM** (mon Co-promoteur) pour avoir contribué à l'élaboration de cette présente thèse et à ma formation durant les années de spécialité.*

Je remercie également tous mes professeurs et particulièrement M^r Megelati, M^r Hirtzi, M^{me} Otmani, M^{me} Ben cheikh pour l'aide précieuse, qu'ils m'ont apporté durant les années d'étude.

Aussi, je me permets d'exprimer tout mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur d'apprécier notre travail.



Sommaire

Introduction générale

Chapitre 1 : Notions sur la navigation aérienne.

I. Généralité.....01

I.1. Quelques définitions des termes de navigation.....

I.1.1. Les coordonnées géographiques.....

I.1.2. Les directions de référence, Caps et routes.....

I.1.3. Mesure de distance et de vitesse.....

I.1.4. Systèmes de navigation.....

I.2. Les systèmes Aide à la navigation.....

I.2.1. Classement des systèmes aide à la navigation.....

I.2.1.1 Systèmes aide à la navigation grande distance.....

I.2.1.2. Systèmes aide à la navigation moyenne distance.....

I.2.1.3. Systèmes aide à la navigation courte distance.....

I.2.2. Rôles des systèmes aide à la navigation.....

I.2.3. Généralités sur la radio électricité.....

I.2.3.1. Représentation des signaux électriques.....

I.2.3.2. Propagations des ondes.....

I.2.3.3. Utilisation des fréquences.....

I.2.3.4. Généralités sur les antennes.....

I.2.4. Exemples d'instruments aide à la radionavigation.....

I.2.4.1. Le VOR (VHF Omni Range).....

I.2.4.2. Le DME (Deastance Measuring Equipment).....

I.2.4.3. Le MLS (Micro-wave Landing System).....

I.2.4.4. Le ILS (Instrument Landing System).....

Chapitre II : Présentation de système d'atterrissage aux instruments(ILS)

II.1. Historique.....

II.2. Définition.....

II.3. Catégories de l'ILS.....	
II.4. Description de l'ILS.....	
II.4.1. Radiophare d'alignement de piste (Localiser).....	
II.4.1.1. Equipement au sol.....	
II.4.1.2. Equipement à bord.....	
II.4.2. Radiophare d'alignement de descente (Glide).....	
II.4.2.1. Equipement au sol.....	
II.4.2.2. Equipement à bord.....	
II.4.3. les Markers.....	
II.4.3.1. Equipement au sol.....	
II.4.3.2. Equipement à bord.....	
II.5. Fonctionnement et indication.....	
II.5.1. Principe de fonctionnement et indication du Localiser.....	
II.5.2. Principe de fonctionnement et indication du Glide.....	
II.5.3. Principe de fonctionnement et indication des Markers.....	
II.6. Fonctionnement technique de ILS.....	
II.6.1. Fonctionnement technique du Localiser.....	
II.6.2. Fonctionnement technique du Glide.....	
II.6.3. Fonctionnement technique des Markers.....	
II.7. Exemple d'application de fonctionnement d'un ILS.....	
Chapitre III : Implantation de système ILS 420 (LLZ 421).	
III.1. Introduction.....	
III.2. Implantation de Radiophare d'alignement de piste « LLLZ 421 ».....	
III.2.1. Généralités	
III.2.1.1 .Vue d'ensemble du système d'antennes pour « LLZ 421 ».....	
III.2.1.2.Description générale du « LLZ-2F ».....	
III.2. Implantation de l'antenne « LLZ 421 ».....	
III.2.1.1. Le choix de la zone d'implantation.....	
III.2.1.2. Les exigences de l'implantation.....	
III.2.1.3. Montage de l'antenne.....	

III.2.1.4. Câblage et connexion des antennes LLZ-421.....	
III.3. Contrôle et teste après l'implantation de l'antenne.....	

Chapitre IV : La maintenance de l'ILS 420

IV.1. Définition de la maintenance.....	
IV.2. Les types de maintenance.....	
IV.3. Conditions et principe de la maintenance « ILS ».....	
IV.3.1. Principe de maintenance « ILS ».....	
IV.3.2. Conditions de maintenance « ILS ».....	
IV.4. Maintenance de « ILS ».....	
IV.4.1. Maintenance au sol.....	
IV.4.1.1. Types de maintenance au sol de « ILS ».....	
IV.4.1.2. Périodicités des opérations de maintenance.....	
IV.4.1.3. Disposition réglementaire pendant la maintenance.....	
IV.4.2. Contrôles en vol.....	
IV.4.2.1. Types de contrôle en vol.....	
IV.4.2.2. Périodicités des opérations de contrôles vol.....	
IV.4.2.3. Objectifs de contrôles en vol.....	
IV.4.2.4. Opérations et moyens de contrôle en vol.....	

Conclusion générale

Listes des figures :

Figure I.1 : Latitude, Longitude.

Figure I.2 : Directions relatives à l'aéronef.

Figure I.3: Schéma de représentation temporelle.

Figure I.3 : Schéma de Fourier.

Figure I.4 : schéma des fréquences.

Figure I.5 : Informations délivrées par le VOR.

Figure I.6 : Les caractéristiques du VOR.

Figure I.7 : Signaux 30 Var et 30 Réf émis par le VOR.

Figure I.8 : Le HSI (Horizontal System Indicator).

Figure I.9 : Synoptique du DME.

Figure II.1 : Les différentes séquences d'une procédure de précision

Figure II.2 : Schéma de localisation des trois principaux sous système.

Figure II.3 : Les antennes du localiser.

Figure II.4 : le positionnement du GLIDE.

Figure II.5 : le positionnement des MARKERS.

Figure II.6 : l'indication de bord des MARKERS.

Figure II.7 : le positionnement des sous systèmes ILS au bord de L'avion.

Figure II.8 : présentation des composants de l'indicateur ILS.

Figure II.9 - les informations fournis par l'aiguille LOC.

Figure II.10 : la déviation de l'aiguille LOC.

Figure II.11: l'indication du LOC.

Figure II.12: la déviation de l'aiguille GLIDE.

Figure II.13 : l'indication du GLIDE.

Figure II.14 : l'appareillage de bord des MARKERS.

Figure II.15 : Plan de descente d'un ILS (Markers).

Figure II.16: position LOW / HIGHT des Markers.

Figure II.17 : Représentation de l'information « ILS » sur « HSI)

Figure II.18 : le couloir d'approche.

Figure II.19 : Diagramme de rayonnement de Localiser.

Figure II.20 : L'emplacement de sous système Localiser (LLZ) sur la piste.

Figure II.21 : Valeurs caractéristiques GP.

Figure II.22 : L'emplacement d'antenne Glide Path (GP) sur la piste.

Figure II.23 : L'emplacement des markers sur la piste.

Figure III.1: - la version LLZ 1F (mono fréquence).

Figure III.2: La version LLZ 2F (double fréquence).

Figure III.3: Exemple d'une antenne LLZ.

Figure III.4: *L'opération de mise à la terre.*

Figure III.5: le positionnement de l'ensemble d'antenne à ouverture moyenne.

Figure III.6: le positionnement d'ensemble d'antennes à large ouverture

Figure III.7: installation sur site, avec respect ordonné des points de contrôle

Figure III.8: *Elévation des mâts.*

Figure III.9: Disposition des segments de conduit pour câbles

Figure III.10: Le placement de l'ADU

Figure III.11: Montage des barres du réflecteur des antennes dipôles.

Figure III.12: Section transversale d'une tranchée pour câble type.

Figure III.13: Pose et guidage des câbles d'antenne.

Figure III.14: Disposition des antennes dipôle.

Figure III.15: Montage du mât et du dipôle de champ proche.

Figure IV.1 : Démonstration visuelle de la maintenance du GLIDE par l'avion Labo.

Figure IV.2 : Instrument de maintenance embarqué.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Les caractéristiques du VOR.

Tableau I.2 : Les caractéristiques du DME.

Tableau II.1 : Les catégories de ILS.

Tableau II.2 : Performances des « MARKERS ».

INTRODUCTION GENERALE

La navigation est l'art de faire parvenir un mobile à une destination donnée dans des conditions données. Elle inclut la capacité de trouver et suivre le bon chemin et éventuellement la conduite de l'avion par rapport une trajectoire optimale qu'on cherche à faire suivre de point de départ jusqu'à la destination.

Cette conduite est réalisée et contrôlée avec des moyennes radioélectriques, donc on peut dire que la radionavigation est un ensemble de techniques permettent de définir la position d'un aéronef par des moyens radio-electriques.

qui est ce qui joue Il joue un rôle très spécial dans le trafic aérien : Il consiste à l'aide du système radioélectrique de matérialiser la position, l'orientation et le guidage de la trajectoire de l'avion.

Quand un avion déplace d'un point **A** à un point **B**, il traverse plusieurs phases : Premièrement il y a le décollage qui sera exécuté **sur** la vue. Après décollage, l'avion dépend presque toujours d'un système de positionnement **électronique** pour dériver les commandes de vol et pour savoir sa trajectoire.

Dans des conditions de visibilités mauvaise lorsque l'avion s'approche **de** la piste, il doit utiliser des recommandations spécifiques et précises, pour faire un atterrissage en toute sécurité, donc il faudrait utiliser les données qui sont diffusées par le système d'atterrissage aux instruments **ILS**.

Pour l'étude éventuelle de ces idées ; ce travaille a été devisé en quatre chapitres :

1. Généralités sur la navigation aérienne.
2. Présentations de système d'atterrissage aux instruments **ILS**.

3. Implantation de ILS.
4. La maintenance de ILS.

Introduction

A l'aide des instruments de radio navigation qui servent à présenter toutes les informations de guidage utiles ; le pilote peut savoir ses déplacements pendant le vol, assuré ses communications avec les services du contrôle du trafic aérien et lui permettent d'interagir avec son avion afin de suivre son trajectoire suivant les paramètres fondamentaux (trièdre de référence) : position, vitesse et altitude ; en générale la route de l'avion qui va déplacer se débute et se termine sur un aéroport. Ces instruments de radio navigation sont classés en trois catégories selon leurs fonctionnements :

- ✚ Les instruments de radio communication, comme: l'antenne VHF.
- ✚ Les instruments de radio guidage, comme: Le « ILS », « VOR », « ADF ».
- ✚ Les instruments de radio localisation exemple : le « radar ».

Dans notre étude on va voir les instruments de radio guidage en générale et on va exposer l'ILS en particulière.

I.1. QUELQUES DEFINITIONS DES TERMES DE NAVIGATION

Naviguer, c'est conduire son navire d'un point à un autre. La navigation comporte des aspects matériels liés à la manœuvre, et "immatériels" liés au positionnement. Savoir où on est, et quelle route prendre pour atteindre sa destination en toute sécurité, évitant ainsi les obstacles, collisions et autres fortunes de mer. Parmi les termes utilisés souvent dans ce domaine on trouve :

I.1.1. Les coordonnées géographiques

Par tout point à la surface de la terre passe un méridien et un parallèle définissant les coordonnées du point: ce sont la latitude L et la longitude G qui se mesurent en degrés et minutes (figure I.1) :

↳ Latitude L

C'est la longueur d'arc du méridien compris entre l'équateur et le point considéré. La latitude est nord si le point est dans l'hémisphère nord et sud dans le cas contraire.

↳ Longitude G

C'est la longueur du plus petit arc d'équateur compris entre le méridien d'origine (méridien de Greenwich) et le méridien passant par le point considéré. La longitude d'un point est soit ouest si le point est à l'ouest du méridien de référence et est dans le cas contraire.

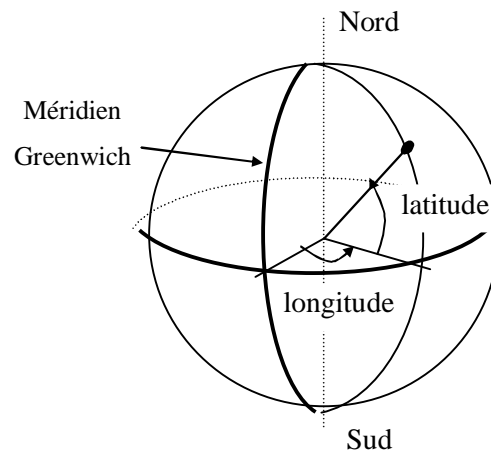


Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document..1: Latitude, Longitude

I.1.2. Les directions de référence, Caps et Routes

↳ Les **directions de référence** sont constituées par les directions du nord. On distingue :

↳ Le **nord vrai** N_v qui est la direction du pôle nord.

↳ Le **nord magnétique** N_m qui est la direction de la projection horizontale du champ magnétique terrestre.

↳ Le **nord compas** N_c qui est la direction du nord magnétique indiqué par le compas de bord.

↳ Les **Caps** C sont les angles entre la direction de référence et l'axe longitudinal de l'aéronef. Si la direction de référence est le nord magnétique, on parlera de cap magnétique C_m .

↳ Les **Routes** R sont les angles de la trajectoire-sol avec la direction de référence. Route et Cap sont confondues en l'absence de vent et de dérapage. Si la direction de référence est le nord magnétique, on parlera de Route magnétique.

La dérive X est l'écart angulaire entre la route et le cap. En vol normal sans dérapage, la dérive est fonction du vent noté V_w . La résolution du triangle des vitesses permet d'évaluer la

dérive si on connaît la direction et la force du vent.

La figure I.2 récapitule ces quelques définitions.

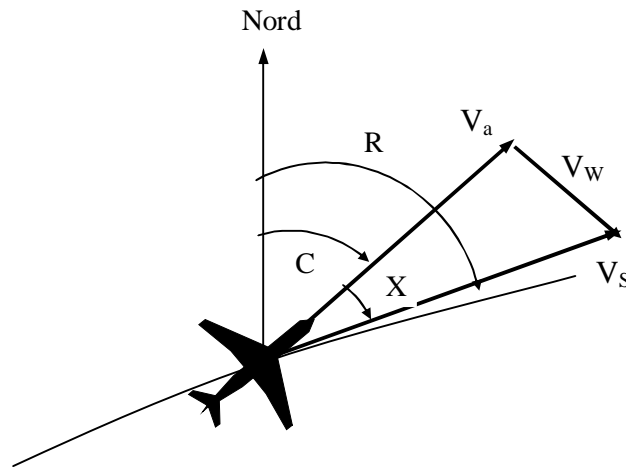


Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document..2 : Directions relatives à l'aéronef

Les abréviations suivantes sont très utilisées :

- ↳ **QDM** : c'est la route magnétique à suivre pour se diriger sur une station, c'est aussi le relèvement de la station par l'avion.
- ↳ **QDR** : c'est la route magnétique à suivre pour s'éloigner de la station, est aussi le relèvement de l'avion par la station.

On distingue deux types de trajectoires :

- ↳ **La loxodromie** : c'est la courbe qui coupe les méridiens sous un angle constant. La route suivie par un avion volant à cap compas constant peut être assimilée à une loxodromie.
- ↳ **L'orthodromie** : c'est la trajectoire supportée par un arc de grand cercle. La route orthodromique est le plus court chemin pour aller d'un point à un autre.

I.1.3. Mesure de distances et de vitesses

- ↳ **Le nautique mile (NM)** : la mesure de distance la plus utilisée en aéronautique est le mile marin ou nautical mile (NM) qui correspond à la longueur d'une minute d'arc de méridien soit environ 1852 mètres.
- ↳ **Le nœud (kt)** : l'aéronautique utilise le nautical mile par heure NM/h appelé knot (kt) en anglais pour mesurer les vitesses. On a $1\text{kt}=1852\text{m/h}$.

I.1.4. Systèmes de navigation

↳ **VOR** (VHF Omni range) Une antenne sur l'avion capte un signal radio (dans la bande de fréquence de 108 à 118 MHz) émis par un émetteur au sol appelé VOR. L'information délivrée au pilote est présentée par une aiguille qui indique le cap à suivre pour se diriger vers (ou s'éloigner de, selon la sélection) cette station.

↳ **DME** (Distance Measuring Equipment) Un équipement sur l'avion échange un signal radio (dans la bande de fréquence de 960 à 1215 MHz) avec une station au sol. L'information délivrée au pilote est la distance oblique à cette station, sa vitesse de rapprochement (ou d'éloignement) ainsi que le temps nécessaire pour la rejoindre.

↳ **ILS** (Instrument Landing System) Une antenne sur l'avion capte deux signaux radio lors des approches. L'information délivrée au pilote est l'écart de sa trajectoire par rapport à l'axe de la piste et la pente qu'il doit tenir pour aboutir au seuil. L'ILS est utilisé pour les atterrissages tous temps en IFR. L'indication « droite-gauche » est véhiculée par une émission VHF (de 108.1 à 111.95 Mz), tandis que l'indication « haut-bas » est véhiculée par une émission UHF (de 334.7 à 330.95 Mhz).

↳ **MLS** (Microwave Landing System) Ce système est une évolution de l'ILS. Il permet de déterminer des trajectoires courbes et donc une approche de la piste à partir de plusieurs points d'entrée ainsi qu'un taux de descente adaptable aux performances de différents appareils. Le développement de ce système est en concurrence avec celui des nouveaux systèmes basés sur la navigation satellitaire et son avenir est incertain.

↳ **GPS** (Global Position System) Appareil disposant d'une antenne qui capte un signal radio UHF émis par une constellation de satellites. L'information délivrée au pilote est sa position sur le globe terrestre (latitude, longitude et, avec une mauvaise précision, altitude), sa route vraie ainsi que sa vitesse par rapport au sol.

↳ Radiobalises

La balise est une station radio équipée d'une antenne non directionnelle qui permet de guider les avions vers une destination. Les radiobalises sont utilisées en complément du système Omni range et ont une faible puissance.

Les **Radiobalises L** (Locator) sont des radiophares de faible puissance donc de portée plus limitée (entre 10 et 25 NM).

↳ Radiophares

Les **Radiophares** ou **NDB** (Non Directional Beacon) sont des stations sol moyenne

fréquence (entre 190 et 1750 KHz) destinées à être **relevées** par les radiocompas. Leur portée va de 50 à 100 NM.

I.2. LES SYSTEMES AIDES A LA NAVIGATION

I.2.1. Classement des systèmes aide à la navigation

C'est un classement par rapport à la distance.

I.2.1.1. Systèmes Aide à la radionavigation grande distance

Ces systèmes sont des systèmes hyperbolique « leurs lignes de position sont des « Hyperboles » ; avait une distance supérieur à 300NM utilisent des fréquences de types UF ou VHF. Généralement le fonctionnement de ces systèmes est basé sur la mesure de différence de temps pour un trajet émission-réception.

Exemple : GPS « Global Positionning Systém »

I.2.1.2. Systèmes Aide à la radionavigation à moyenne distance

Sont tout les systèmes de radionavigation sauf le « DME » ; sont des systèmes angulaires avait distance inférieur à 300NM, généralement utilisent des fréquences VHF, UHF, HF pour baliser des routes comme VOR.

Exemple : radiophares et radiobalises

I.2.1.3. Systèmes aide à la radionavigation courte distance

Sont des systèmes utilisés uniquement pour l'approche ; ils ont été mis en place pour assurer la sécurité et la régularité.

Exemple : ILS, DME, MLS

I.2.2. Rôles des systèmes aides à la navigation

L'utilisation de ses systèmes à été mise au point pour assurer aux aéronefs une plus grande liberté à utiliser plus avantageusement l'espace aérienne, une plus grande précision concernent les différentes informations et assurer une fluidité du trafic aérien. Donc un avion moderne de la troisième génération équipé de ces instruments peut assurer les opérations complexes associées y compris le décollage et l'atterrissage.

I.2.3. Généralités sur la radio électricité

Dans ce domaine un signale désigne une tension électrique variable au cours du temps, tout équipement de radioélectricité est une boite de transmission des signaux qui véhicules (messages et informations).

I.2.3.1. Représentation des signaux électriques

A. représentation temporelle : un signal électrique étant une tension ou un courant variable peut être représenté par une fonction de temps $V(t)$.

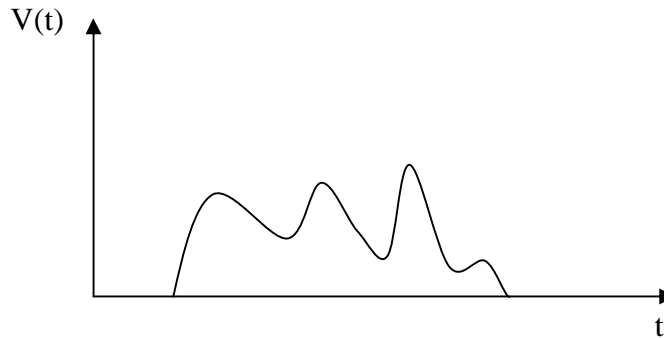


Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.3 : Schéma de représentation temporelle

B. représentation spectrale : elle est basée sur le théorème de « FOURIER » afin d'extraire le signal utile

Fourier : chaque signal $f(t)$ est la superposition des signaux sinusoïdaux

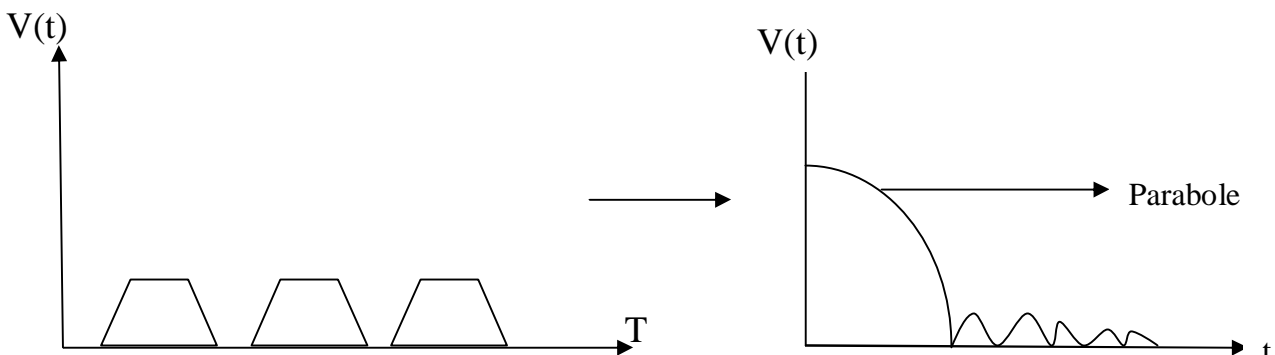


Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.4 : Schéma de Fourier

Le théorème de FOURIER a démontré que tout signal périodique de fréquence « F » résultait de la superposition de signaux sinusoïdaux de

fréquences égale à « F » ; l'amplitude et le déphasage de tous ces signaux sinusoïdaux constituent la « représentation spectrale » du signal périodique.

L'extraction de tous les signaux sinusoïdaux composent un signal qui s'appelle « l'analyse de FOURIER ».

I.2.3.2. Propagation des ondes

A/ Définition d'onde électromagnétique : un courant à très haute fréquence transverse un conducteur « antenne émettrice » produit une énergie qui va être rayonné dans l'espace sous forme d'onde électromagnétique « onde radio ».

B/ vitesse de propagation : les ondes radio se propagent à la vitesse de la lumière, cette vitesse pratiquement est constante : $C=3.10^8$ m/s.

I.2.3.3. Utilisation des fréquences

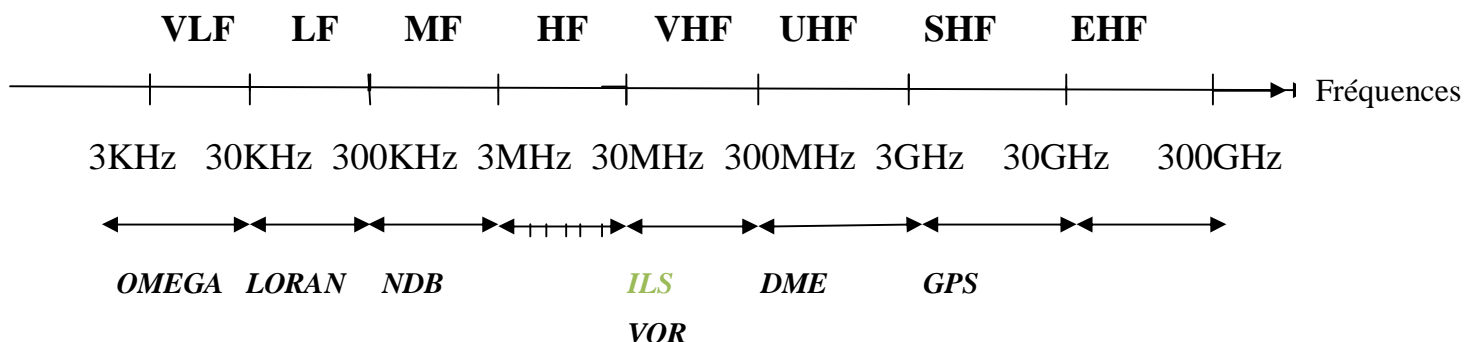


Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.5 : Schéma des fréquences

Pour l'émission et la réception des signaux radio électriques à travers des distances on utilise plusieurs types de fréquences ; tel que la portée de cette distance augmente avec l'augmentation de la fréquence, c'est pour cela on utilise souvent les Hyper fréquences utilisent pour les Micro-ondes pour que les phénomènes de propagation deviennent rapide et non négligeable , on prend on considération que :

Ø Le GHZ (gigahertz) est égal à 10^9 Hz.

Ø Le MHz (mégaHertz) est égal à 10^6 Hz.

I.2.3.4 Généralités sur les antennes

A/ définition de l'antenne

Les antennes sont des conducteurs conçus pour recevoir l'énergie radio fréquence dans une gamme de fréquence (f) particulière pour être reçu ou émis par un récepteur radio au bord d'un avion.

B/ caractéristiques d'une antenne

Chaque antenne est caractérisé par :

La résistance : c'est un facteur essentiel à connaître puisque il permet d'adapter celle-ci à l'entrée de récepteur et d'assurer un transfère d'énergie max.

L'impédance (Z) : dans une antenne rayonnant, l'impédance est résistive ; mais plus la fréquence est élevée, l'impédance devient capacitive ou inductive : $Z=R+JX$

R : c'est la résistance

J : nombre complexe / $J^2=-1$

X : c'est la réactance.

Bande passante : c'est la différence de la fréquence pour lequel la tension est mise max.

Directivité : « gain directionnel » ; c'est le rapport entre densité de puissance et la puissance isotrope (w/m^2) ; elle indique dans quelle direction la densité de puissance est meilleur.

Gain de puissance : il dépend de la fréquence du signal émis, il est très élevé en basse fréquence et augmente avec elle. Donc : le gain de puissance est proportionnel avec la fréquence. $G= \mu \cdot D$ tel que :

G : C'est le gain.

μ : c'est le rendement

D : c'est la directivité

I.2.4. Exemple d'instruments d'aide a la radionavigation

I.2.4.1. Le VOR (VHF Omni range)

↳ **Définition**

C'est un radiophare VHF omnidirectionnel de radionavigation à courte et moyenne distance fournissant à bord de l'avion l'information du QDR et par voie de conséquence l'information QDM qui est sensiblement égale au $QDR \pm 180^\circ$. Ces informations sont indépendantes du cap de l'avion (figure I.6).

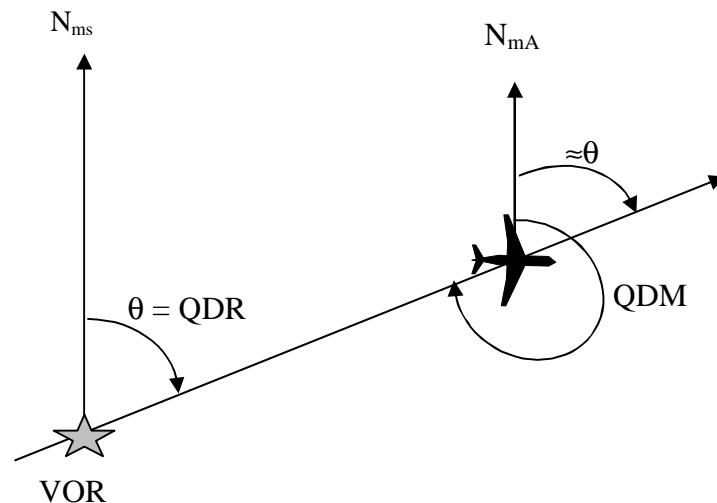


Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document..6: Informations délivrées par le VOR

↳ Caractéristique du système

On peut les résumer dans un tableau.

Paramètre	Observation
Identification	L'identification se fait par un signal morse (2 ou 3 lettre) modulé à 102 Hz et répété au moins une fois toute les 30 secondes.
Performance	Puissance : 200W, portée : 200NM à 40000 ft .
Précision	La précision est de l'ordre de $\pm 3^\circ$.

Tableau I.1 : les caractéristiques du VOR.

Û Principe du fonctionnement du VOR

La station VOR au sol émet une porteuse VHF dans la bande [108MHz-118MHz] modulée par deux signaux basses fréquences à 30 Hz :

Un signal de référence, le 30 Ref identique dans toutes les directions émis par un diagramme d'antenne omnidirectionnel.

Un signal dont le déphasage par rapport au premier est égal à l'azimut de la direction d'émission appelé le 30 Var généré par un diagramme d'antenne en forme de conchoïde tournant à une vitesse uniforme de 30 tours/seconde.

Le récepteur de bord reçoit ces deux signaux et mesure leur différence de phase θ , différence égale au QDR sur lequel se trouve.

Les deux signaux 30Ref et 30Var sont réglés de telle façon que le maximum positif de modulation du signal de référence coïncide avec le maximum positif du signal de position au Nord magnétique de la station.

La figure I.7 illustre différentes positions relatives des signaux 30Ref et 30Var après détection par le récepteur de bord. En A, les deux signaux sont en phase, ce qui signifie que l'avion est situé sur la radiale 0° (QDR=0). En B, le déphasage entre les deux signaux est de θ (QDR= θ), etc.

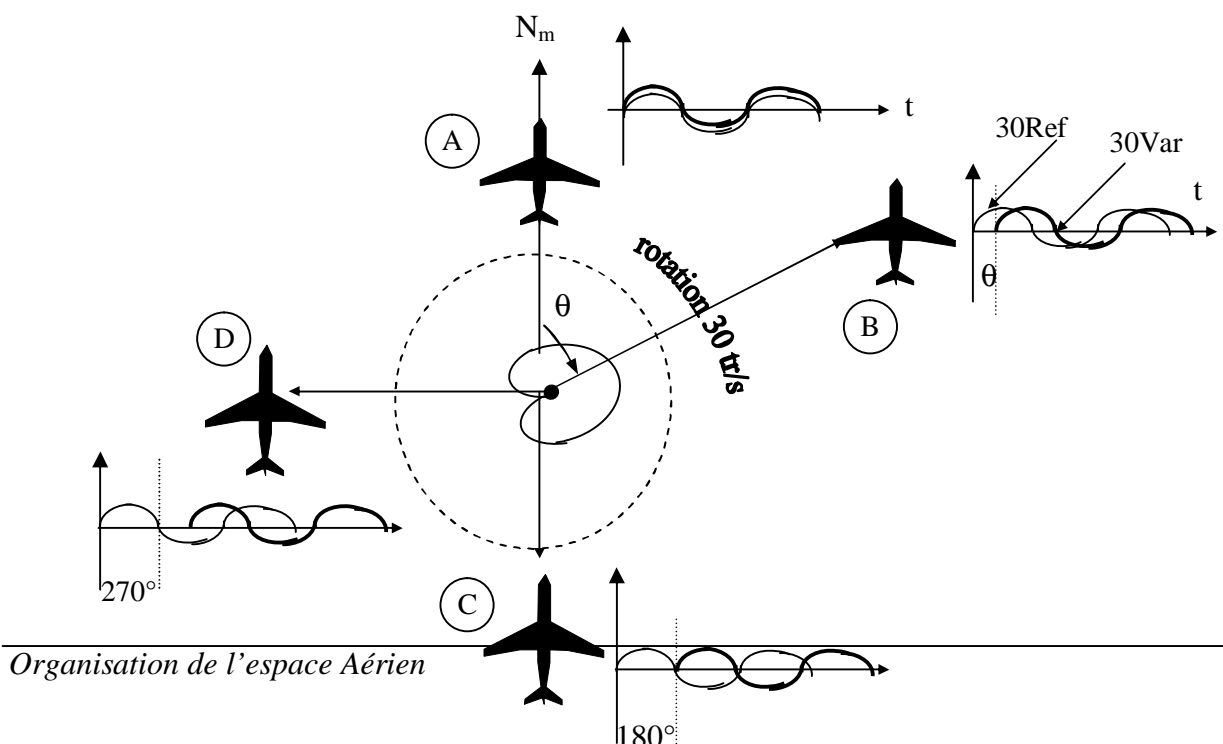


Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document..7 : Signaux 30Var et 30Ref émis par le VOR

Û Présentation de l'information du VOR et utilisation

Le VOR est un indicateur de position. L'utilisation la plus courante du VOR est le balisage du plan de route ou le suivi automatique d'un radial.

Les indicateurs utilisés pour présenter les informations sont par exemple le RMI (Radio Magnetic Indicator) ou le HSI (Horizontal Situation Indicator). Sur ce dernier instrument (figure I.8), figurent le cap magnétique de l'avion, l'indication VOR comprenant le radial sélectionné par le pilote, l'indication TO-FROM et l'écart angulaire par rapport au radial sélectionné. L'indication TO signifie que l'avion est situé au voisinage de la partie du radial sélectionné allant vers la station, l'indication FROM signifie que l'avion est situé au voisinage de la partie du radial sélectionné qui part de la station.

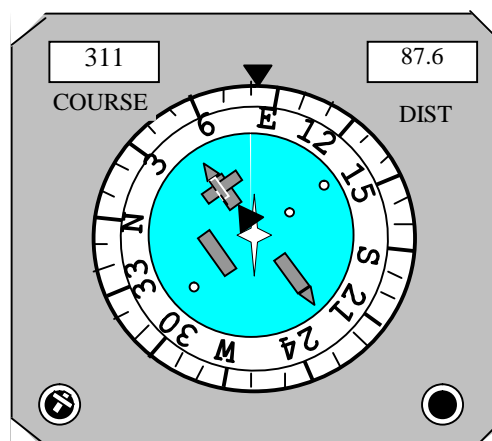


Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document..8: Le HSI

I.2.4.2. D.M.E (Distance Measuring Equipment)

↳ Définition

Le DME est un équipement comprenant une station au sol (le transpondeur) et un équipement de bord permettant de mesurer à tout instant la direction oblique entre l'avion et la station. La station DME est pratiquement toujours couplée à une station VOR (fréquences appariées selon un tableau de l'OACI) .

L'information d'azimut du VOR et l'information de distance du DME constituent les coordonnées polaires de l'avion par rapport au repère dont l'origine sont les deux stations.

↳ Caractéristique du système

On donne un tableau qui résume les caractéristiques du système de mesure de distance DME :

Paramètre :	Observation :
couverture	Limitée par la portée optique et dépend de l'altitude de vol de l'avion.
Capacité de trafic	Gère un trafic avec une capacité de pic jusqu'à 200 avions.
Précision	0.12 NM +0.05% de la distance, de 0 à 65 NM .et ±0.17 NM +0.05% de la distance au déla des 65 NM.
Puissance	De 0.5 à 1 KW pour l'équipement au bord et 1 à 10 KW pour l'autre au sol.

Tableau I.2 : les caractéristiques du DME.

↳ Principe de fonctionnement du DME

Le principe de fonctionnement se fait par interrogations-réponses. L'émetteur de bord interroge la station sol en lui envoyant des paires d'impulsions UHF répétées irrégulièrement que la station sol renvoie sur une autre fréquence avec un retard fixe de 50 microsecondes.

Le récepteur de bord mesure le temps aller-retour des impulsions et en déduit la distance D par la formule suivante : $D = c.t/2$ où :

c : étant la vitesse de la lumière

t : le temps aller-retour auquel on a retranché le retard fixe de $50\mu s$.

La figure I.6 donne un aperçu du système DME.

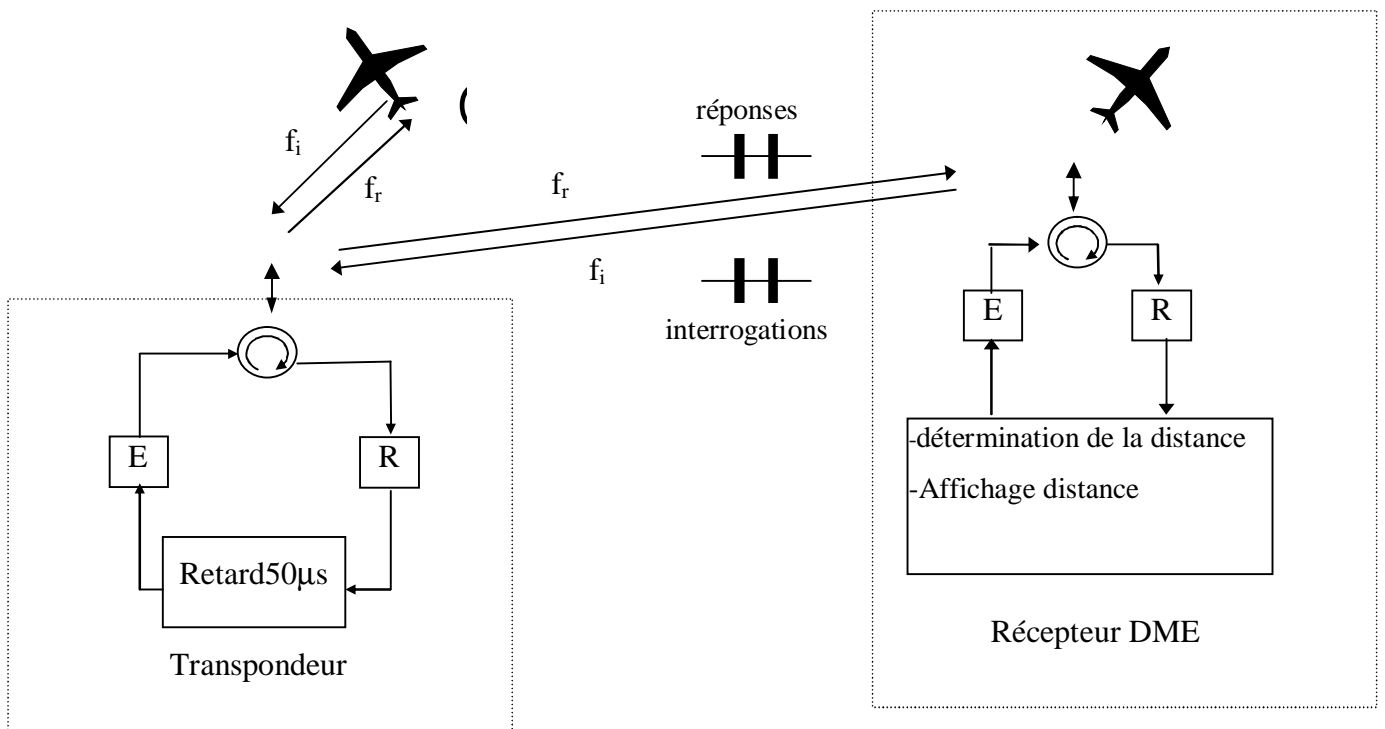


Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document..9 : Synoptique du DME

I.2.4.3. ILS (Instrument Landing System) (Voir chapitre 2)

On peut dire que les instruments aides à la radionavigation ne cessent d'évoluer ce qui rend la tâche au pilote plus facile. A l'avenir va peut être nous réservé de nouvelles découvertes qui vont faciliter d'avantager la navigation aérienne.

II.1. Historique

Avant la 2^{ème} guerre mondiale, le développement de l'aviation était presque parvenu à effectuer des atterrissages sans visibilité avec des moyens rudimentaires. Après la guerre « en 1946 », de nombreux atterrissages ont eu lieu par des visibilités pratiquement nulles. Actuellement, le développement des instruments aide à l'atterrissage ont permis aux aéronefs d'effectuer des atterrissages sans visibilité, cela sera extrêmement utile pour les vols en mauvais temps où la visibilité sera parfois nulle.

Pour plus de sécurité qui dépend en grande partie de la précision du guidage. En 1947, l'OACI a normalisé le système de guidage international (Dans Annexe 10, partie I, volume 1).

L'ILS, l'ancien système d'atterrissage, a été inventé avant le système VOR. Le travail expérimentale du premier ILS a été développé depuis l'année 1928, est installé à l'aéroport Indianapolis en 1940 ; il représente la première génération des instruments d'atterrissage puisque il est différent de l'ILS qu'on le connaît aujourd'hui : ce dernier est caractérisé par ces trois niveaux de performances qu'on l'appelle catégorie : « Catégorie I, Catégorie II, Catégorie III » suivant leurs précisions et hauteur de décision précise (HD).

II.2. Définition

L'ILS (Instrument Landing System) est un système qui permet un atterrissage sûr, quelles que soient les conditions météorologiques afin :

- ↳ D'amener l'avion sur une trajectoire d'atterrissage précise.
- ↳ De conserver une assiette correcte à l'avion,

Le système « ILS » comprend :

- Un indicateur de l'axe de la piste appelé « Localizer » ;
- Un indicateur d'angle de descente idéal appelé « Glide path » ;
- Un appareil d'indication de distance « Markers ».

A l'aide d'un instrument à aiguilles en croix, les pilotes IFR obtiennent pendant l'approche finale (les 15 derniers Km environ avant l'atterrissage environ de 8.5 Nm) des indications exactes pour :

- ↳ La position de l'avion par rapport à l'axe de piste idéal.
- ↳ L'angle de descente idéal.
- ↳ La distance le séparant du début du seuil de piste.

On présente tous ces indications dans le schéma suivant : fig. II.1

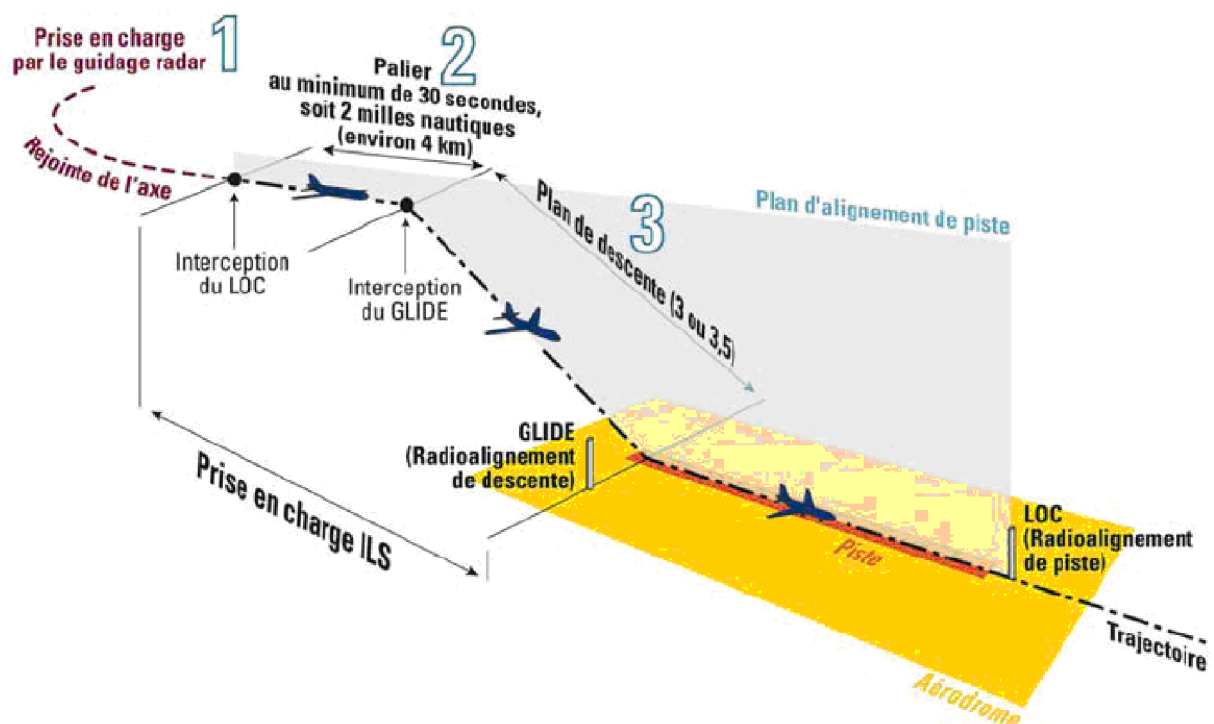


Figure II.1 : Les différentes séquences d'une procédure de précision

Toutes ces informations permettent aux avions d'évoluer de façon optimale et sécurisée vers la piste en respectant des marges spécifiées de protection; et fixer les visibilités nécessaires pour entreprendre la procédure d'atterrissage, la « hauteur de décision », hauteur la plus basse à laquelle le pilote doit interrompre l'atterrissage s'il n'a pas obtenu une vue suffisante du piste.

L'approche s'effectue en fonction des informations reçues par les instruments de bord. La partie finale se trouve dans l'axe de piste, entre 15 à 25Km avant l'atterrissage. Guidé par le faisceau ILS, le pilote suit automatiquement un plan de descente (généralement de 3°) et un plan d'alignement jusqu'au seuil de la piste.

II.3. Catégories de l'ILS

On distingue trois catégories d'ILS définis par l'OACI d'après le niveau de sécurité et la hauteur de décision à laquelle le pilote doit voir la piste pour pouvoir continuer l'atterrissage, ainsi que la portée visuelle de piste minimale autorisée ; Il existe trois catégories d'ILS :

«catégorie I, catégorie II, catégorie III » Seul« ILS » catégorie III permet une exploitation tous le temps car sa pente de descente ne peut dépasser 3°, alors que la pente d'un « ILS » catégorie I peut aller jusqu'à 3.5°sans restriction d'exploitation puisque la valeur de la pente doit permettre aux avions de remettre à tout moment les gaz au cours de la phase finale, et ainsi de réduire la vitesse et le bruit aérodynamique.

Les différentes catégories sont présentées dans le tableau suivant :

Catégorie	HD minimale	la visibilité minimale
CAT I	200 ft	2700 ft
CAT II	100 ft	400 mètres
CAT III :		
♦ CAT III/A	100 ft	600 ft
♦ CAT III/B	150 ft	200 ft
♦ CAT III/C	0 ft	150 ft

Tableau II.1 : Les catégories de « l'ILS ».

II.4. Description de l'ILS (Voir figure II.2)

L'ILS est un système de guidage fournit au pilote sur un indicateur de bord des signaux de guidage sur la trajectoire de descente vers la piste.

L'ILS comprend deux radiophares d'alignement et trois radiobalises :

- ⊘ Un radiophare d'alignement de piste VHF (localizer).
- ⊘ Un radiophare d'alignement de descente UHF (Glide).
- ⊘ Trois radio-balises VHF (Markers).

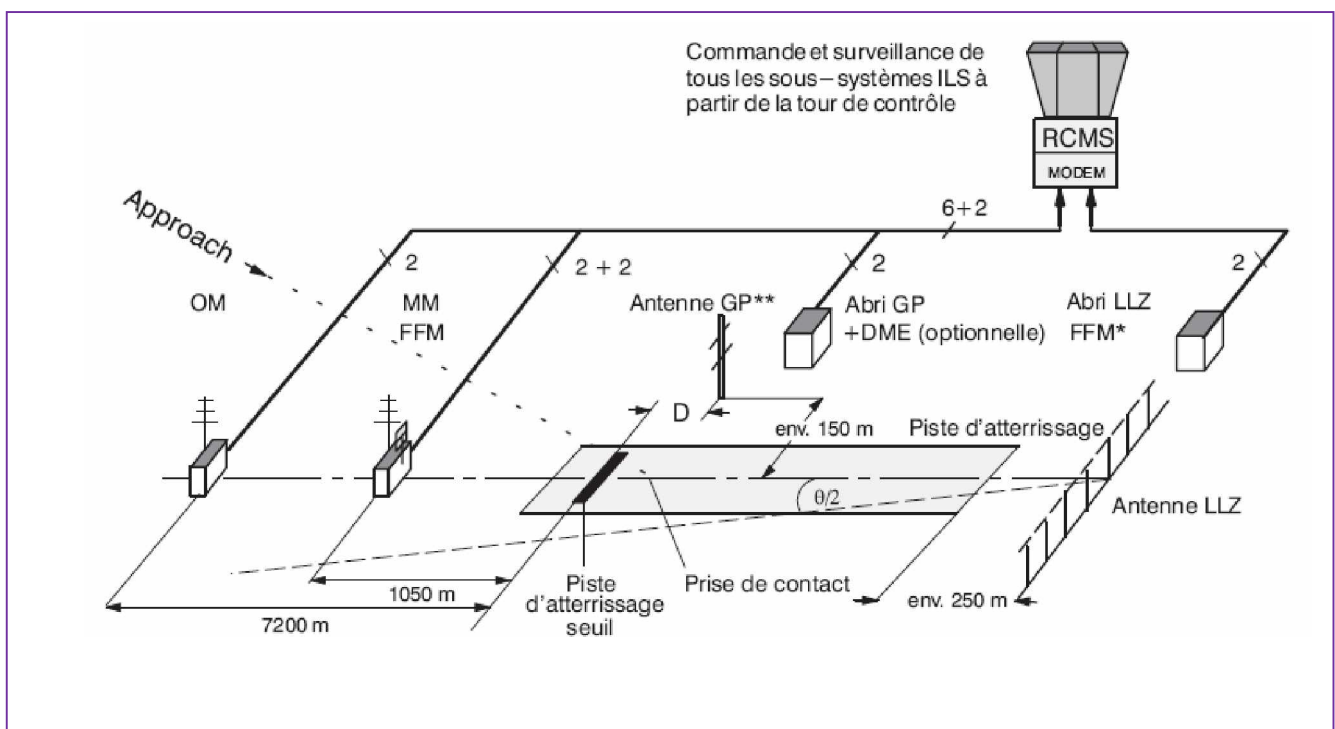


Figure II.2: Schéma de localisation des trois principaux sous système

II.4.1. Radiophare d'alignement de piste (Localiser)

II.4.1.1. Equipement au sol

L'émetteur du LOC est situé dans le prolongement de l'axe de piste du côté opposé au seuil d'approche avec ensemble d'antennes (Figure. II.3).

Ces signaux sont utilisables par l'avion même en phase de roulement sur la piste.

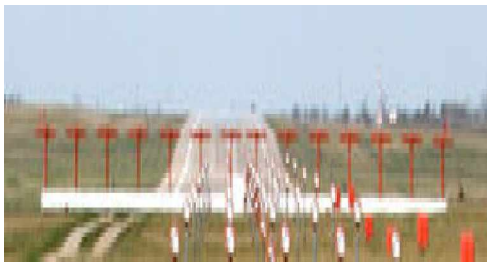


Figure. II.3 : Les antennes du localiser.

II.4.1.2. Equipement à bord (Voir Figure II.7)

Il comprend :

- ⊘ Une antenne VHF à polarisation horizontale ;
- ⊘ Un récepteur VHF ;
- ⊘ Un indicateur de bord HSI.

II.4.2. Radiophare d'alignement de descente (GLIDE)

II.4.2.1. Equipement du sol

Il est composé d'une seule antenne émettrice, sert à définir avec des signaux le plan de descente suivant un angle de site compris entre 2.5° et 3° (Fig. II.4).



Figure. II.4: le positionnement du GLIDE

II.4.2.2. Equipement de bord (Voir Figure II.7)

Il comprend :

- ⊘ Un récepteur UHF ;
- ⊘ Une antenne située dans la pointe avant du fuselage ;
- ⊘ Indicateur de visualisation.

II.4.3. Les MARKERS

II.4.3.1. Equipement au sol (voir figure II.5)

Les MARKERS sont des radios bornes à rayonnement verticale. Ils constituent une aide à la navigation (petite et moyenne distance) et comportent :

- ⊘ L'Outer Marker (balise extérieure) ;
- ⊘ Le Middle Marker (balise médiane) ;
- ⊘ L'Inner Marker (balise intérieure).

Ces balises fournissent une indication discontinue de distance par rapport au seuil de piste et jalonnent l'axe d'approche.

Le « Outer Marker » situé de 4 à 7 nautique miles par rapport au début de la piste indique où l'avion intercepte le Glids Slope.

Le « Middle marker » situé à 3500 pied par rapport au début de la piste : il est considéré comme le point de l'hauteur de décision (Decision Height DH)

pour une approche normale « ILS ».

Le « Inner Marker » situé à 1000 pied par rapport au début de la piste, est le point de HD « Hauteur de Décision » pour l'approche Catégorie II.



Figure II.5 : le positionnement des MARKERS

II.4.3.2. Equipement de bord

Les MARKERS sont utilisées pour alerter le pilote qu'une action soit nécessaire (par exemple, la Vérification de l'altitude). Si le pilote vérifie qu'étant bien aligné sur son plan de descente (ILS), il presse la touche des « Markers » pour être à l'exploitation afin que le récepteur de bord reçoit l'émission de la balise et que cette information (la distance par rapport au seuil de piste) est présentée au pilote visuellement et audio (Fig. II.6).



Figure II.6 : l'indication de bord des MARKERS.

Plus simple ce récepteur comporte, un bouton OFF/LO/HI (Arrêt et Low / High = Bas / Fort pour l'intensité d'éclairage des voyants)

Un bouton test pour vérifier le bon fonctionnement des ampoules Trois voyants de couleur

Outer marker = violet/bleu

Middle marker = jaune

Inner marker = blanc

- On résume toutes les informations précédentes dans le schéma suivant :

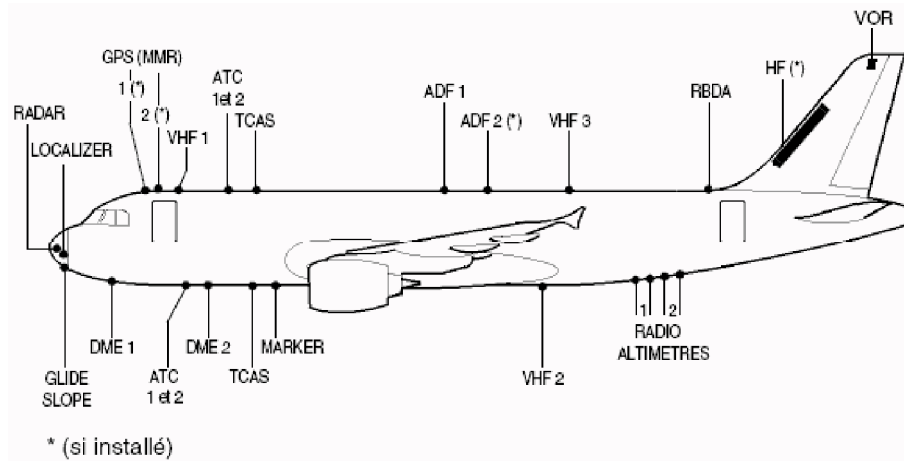


Figure II.7 : le positionnement des sous systèmes ILS au bord de L'avion

II.5. Fonctionnement et indication

Pour le pilote, il s'agit du même récepteur que celui du VOR, la différence visible est l'ajout de la barre de tendance horizontale pour la fonction « Glide Path »

Le raisonnement est donc identique à celui du VOR mais le risque de mauvaise interprétation n'existe pas pour le glide. Le rond central est toujours votre appareil, la barre horizontale symbolise l'altitude idéale sur le plan de descente jusqu'à « l'Inner Marker », et la barre verticale le cap idéal pour rejoindre la piste dans l'axe

Nous sommes dans la situation (figure II-8) en dessous de l'axe de descente et à gauche de la piste, la correction : maintenir un plan horizontal jusqu'à ce que la barre de tendance descende et altérer notre cap à gauche de 4° (Chaque point horizontal vaut 2°) jusqu'à la reprise du cap d'atterrissage (QFU)

Le récepteur n'est pas actif, on ne reçoit par l'ILS. Lorsque nous sommes en réception, le drapeau (flag) OFF disparaît, il ne fait pas tenir compte des flèches To ou From qui n'ont pas de valeur indicative en réception ILS

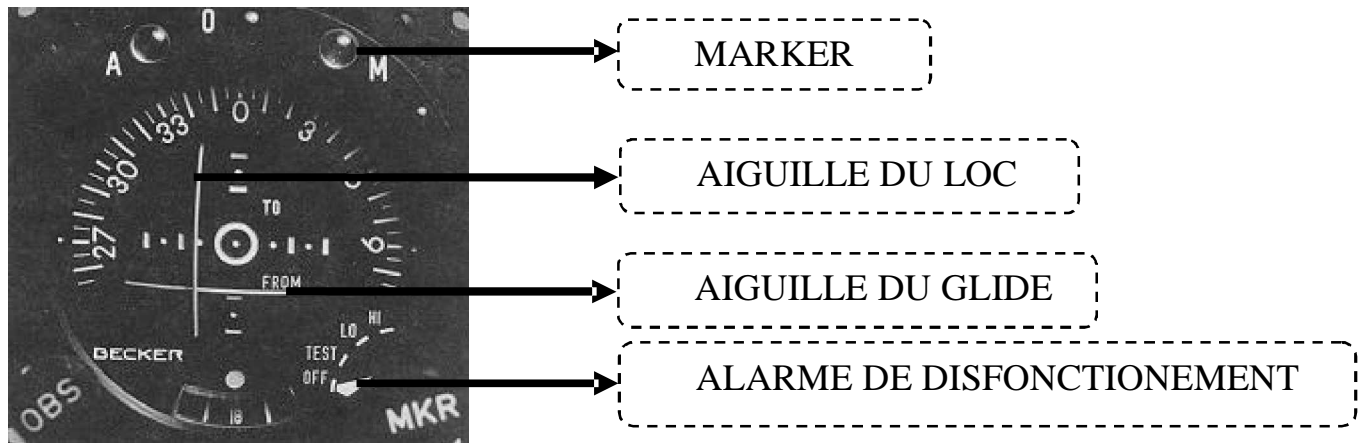


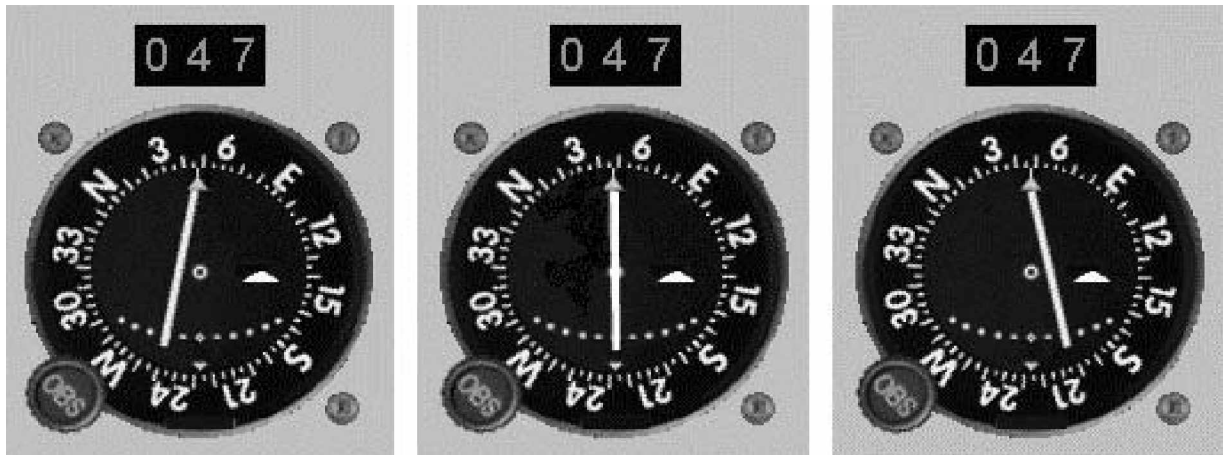
Figure. II.8 : présentation des composants de l'indicateur ILS

II.5.1. Principe de fonctionnement et indication du localiseur

Le signal de localiser fournit l'information sur l'azimute (angle) pour guider l'avion au centre de la piste. Ce signal est similaire à celui de VOR à l'exception qu'il fournit une information radiale pour un seul trajet ; le cap de la piste. L'information de localiseur est affichée sur le même indicateur que l'Information VOR.

Avec ce type on peut voir l'écart angulaire par rapport à un radial sélectionné (OBS) ; dans ce cas, la déviation de l'aiguille correspond à un angle de 10° et l'aiguille GLIDE est inactive (le drapeau GLIDE est apparent).

En tournant l'OBS, le cadran tourne mais l'aiguille n'est pas affectée. On peut voir sur la (figure II.9), que l'OBS est fixé dans 3 positions et il n'y a pas d'effet sur le centrage de l'aiguille. Le cap est toujours 0470.



Etat « a »

Etat « b »

Etat « c »

Figure II.9- les informations fournis par l'aiguille LOC

Etat « a » : Avion est 1° à la droite de la piste (Avion tourne 1° à gauche).

Etat « b » : Avion aligné avec l'axe de la piste.

Etat « c » : Avion est 1° à la gauche de la piste (Avion tourne 1° à gauche).

Des antennes sol rayonnent une onde porteuse VHF qui est modulée en amplitude par deux fréquences : 90 et 150 Hz. Le rayonnement se fait de façon à ce que les taux de modulation dépendent directement de la direction de l'émission.

La différence de taux de modulation mesurés à bord de l'avion donne la position de l'appareil par rapport à l'axe de la piste (l'angle : QFU).

Comme exemple la déviation de l'aiguille LOC en mode de fonctionnement « ILS » est de $\pm 2.5^\circ$. (Fig. II .10)

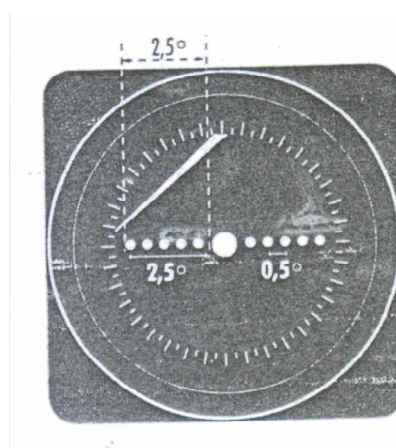


Figure II .10: la déviation de l'aiguille LOC

L'avion à droite de l'axe de piste signifie que le taux de modulation du 150Hz est plus grand que le taux de modulation du 90Hz. Aligné sur l'axe signifie que la différence des taux de modulation est nulle (Fig. II.11).

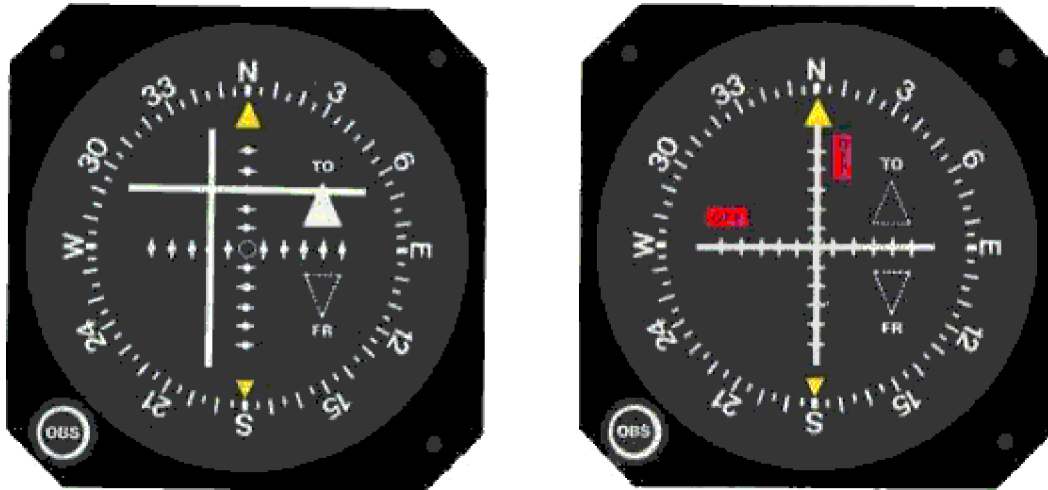


Figure II.11:l'indication du LOC

Donc l'aiguille verticale ou aiguille LOC dévie proportionnellement à l'écart angulaire par rapport à l'axe de la piste. Une déviation à droite de cette aiguille signifie que l'axe de la piste est à droite de l'aéronef.

II.5.2. Principe de fonctionnement et indication du GLIDE

Le principe est analogue à celui du LOC :

L'aiguille horizontale ou aiguille GLIDE dévie proportionnellement à l'écart angulaire avec le plan de descente idéal ; exemple la déviation de l'aiguille correspond sensiblement à un angle de 0.5° . (Figure. II .12)

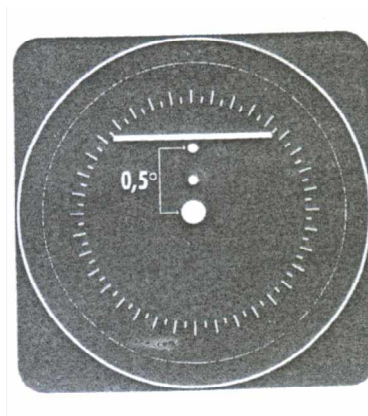
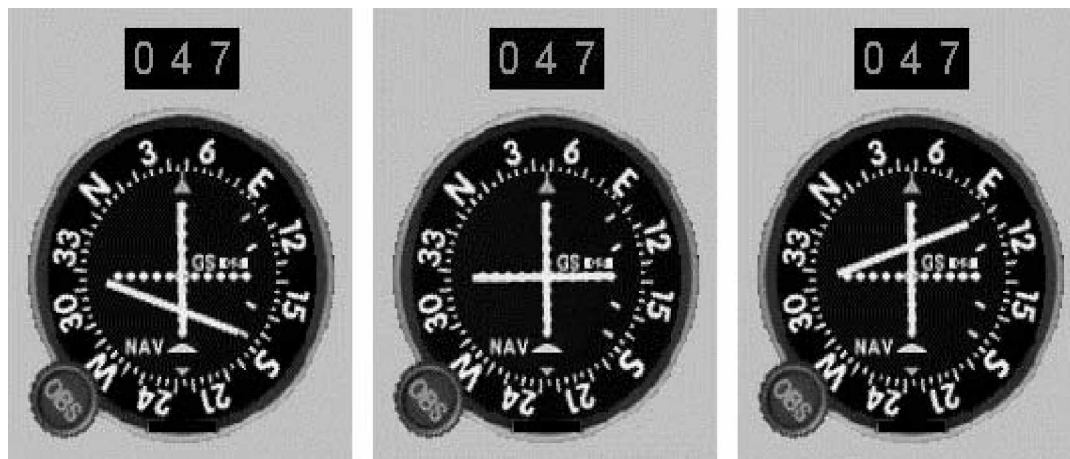


Figure II .12: la déviation de l'aiguille GLIDE

On présente toutes ces indications dans la Figure II .13



Etat « a »

Etat « b »

Etat « c »

Figure II .13 : l'indication du GLIDE.

- Une aiguille centrée « état b » : signifie que l'avion est sur le plan de descente idéal (figure centrée)
- Une aiguille qui monte « état c » signifie que le plan de descente idéal est au-dessus de l'aéronef, ou d'autre terme, que ce dernier est trop bas (figure à droite).
- Une aiguille qui descend « état a » signifie que le plan de descente idéal est au-dessous de l'aéronef, ou : que ce dernier est trop haut. (Figure à gauche).

II.5.3. Fonctionnement et indication des MARKERS

Les MARKERS sont utilisées pour alerter le pilote qu'une action soit nécessaire (par exemple, la Vérification de l'altitude). Cette information est

présentée au pilote visuellement et audio.

L'ILS contient 3 radio bornes (markers) qui fonctionnent sur la fréquence de 75 MHz comme suit :

- ↳ Intérieur «Inner Marker » (Catégorie II) ;
- ↳ Milieu « Middle Marker » ;
- ↳ Extérieur « Outer Marker ».

Donc avec les « MARKERS » le pilote peut confirmer le passage de l'aéronef à la bonne hauteur, indiquée sur la fiche de percée ILS de l'aérodrome.

L'appareillage de bord est constitué d'un boîtier unique. (Fig. II.14)

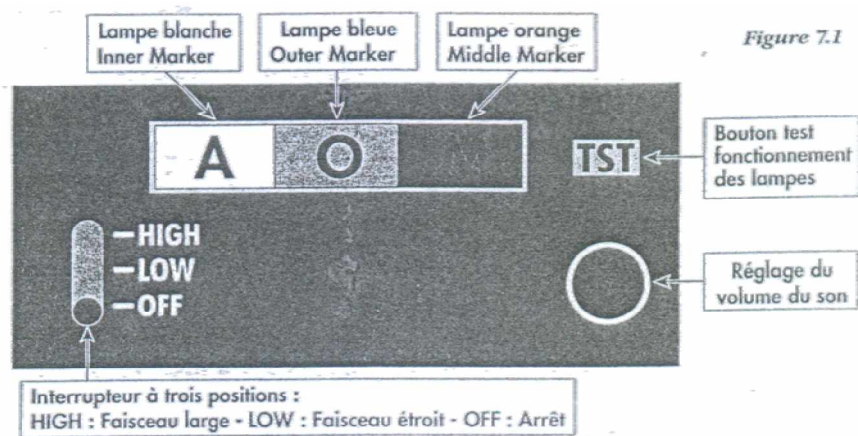


Figure II.14 : l'appareillage de bord des MARKERS.

Au passage à la verticale de la balise (Voir figure II.15), la lampe du marker concerné flashe et un indicateur sonore retentit :

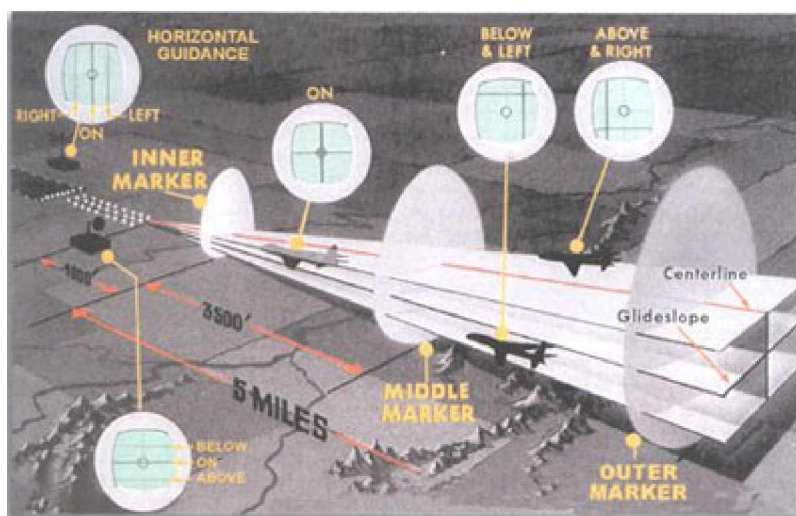


Figure II.15 : Plan de descente d'un ILS (Markers)

Indicatifs sonores des balises MARKERS :

O : Outer Marker : - - 2 traits / seconde ;

M : Middle Marker :- . 1 trait 1 point /seconde ;

A : INNER Marker :.....6 points / seconde.

Type	Voyant	Indicatif Morse	Modulation	Distance avec l'entrée de piste
OM- Outer Marker	Bleu	-----	400 Hz	7 km
MM Middle Marker	Orange	.-.-.-.-	1300 Hz	1 km
IM - Inner Marker	Blanche	300 Hz	300 m

Tableau II.2 : Performances des Markers.

En fonction du type d'avion, le pilote peut choisir la largeur du faisceau rayonné :

Faisceau large / Position HIGHT.

Faisceau étroit / Position LOW.

En position HIGHT, le faisceau rayonné est large. L'approche de la balise est signalée quelques nautiques avant la verticale, ce qui permet à l'avion désirant entamer une percée en IFR de réduire sa vitesse.

En position LOW, le faisceau rayonné est étroit : l'indication lumineuse et audible fonctionne au passage précis de la verticale balise. Cette position LOW est requise pour le passage des markers en finale. (Fig. II.16)

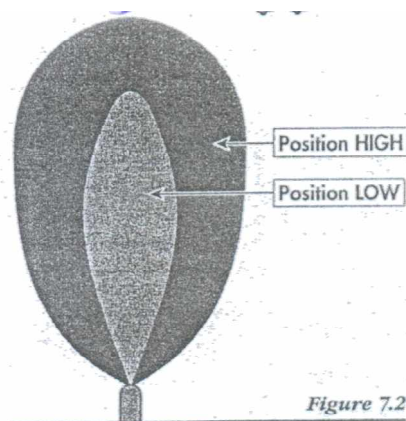


Figure II.16: position LOW / HIGHT des Markers

Les informations données par l'ILS peuvent également être présentées sur un plateau de route ou HSI « figure II.17 ». Dans ce cas, l'affichage du QFU de la piste est obligatoire (à l'aide de l'OBS) pour tenir une information correcte ; en revanche, il n'est pas nécessaire de l'afficher sur un ILS classique.

L'aiguille du GLIDE de l'« HSI » est remplacée par un index mobile qui se déplace verticalement sur une petite échelle située à droite de la rose.

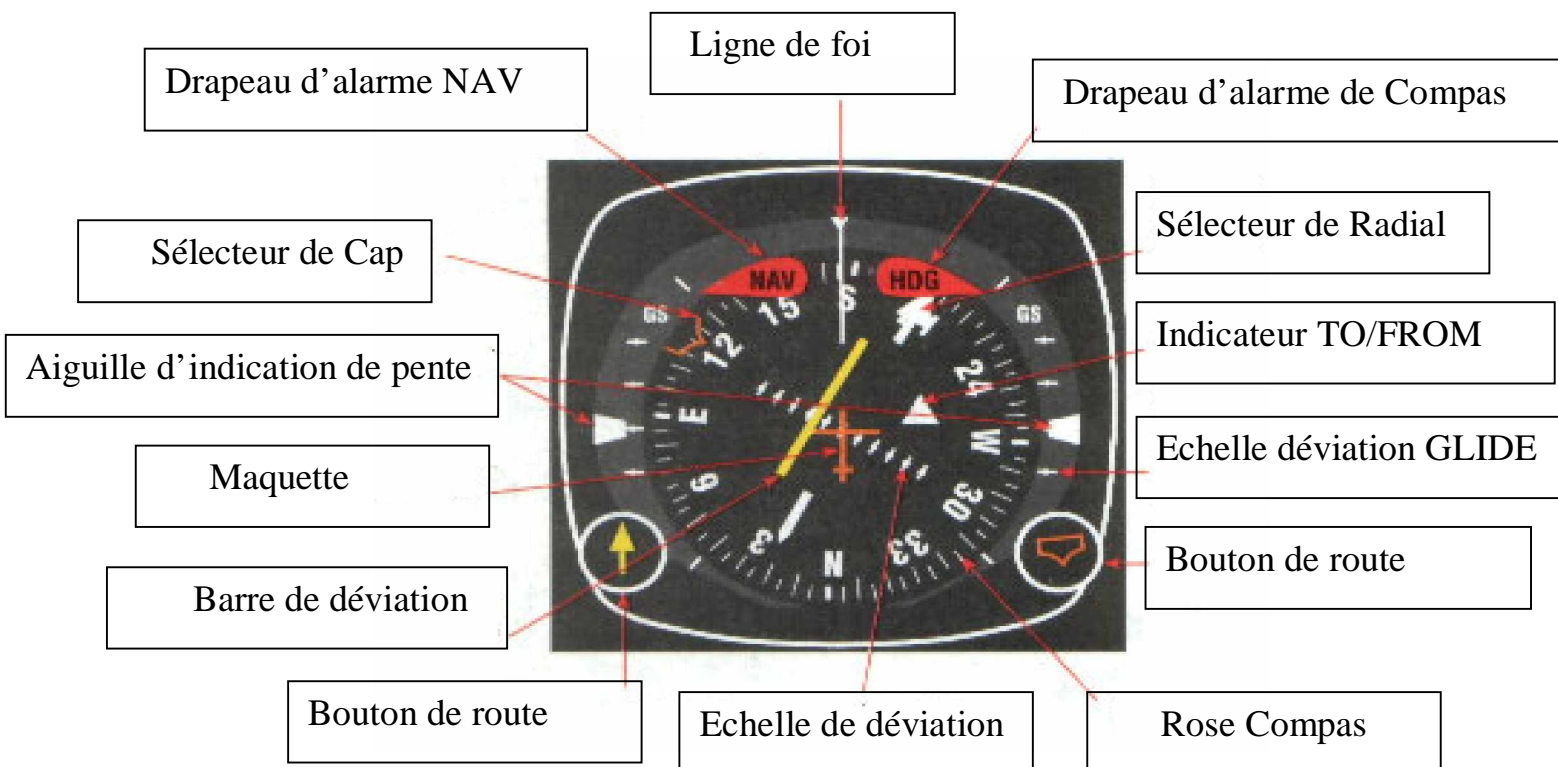


Figure II 17 : Représentation de l'information « ILS » sur « HSI »

II.6-fonctionnement technique

L'ILS est utilisable en phase d'approche /atterrissage et fonctionne dans la gamme VHF de 108 à 112 MHz, malgré le Glide fonctionne dans la gamme UHF de 329 à 335 MHz mais les fréquences associées au glide sont appariées aux fréquences du LOC .lors de l'utilisation, on affiche donc uniquement la fréquence du LOC, obtenant ainsi la réception du glide directement.

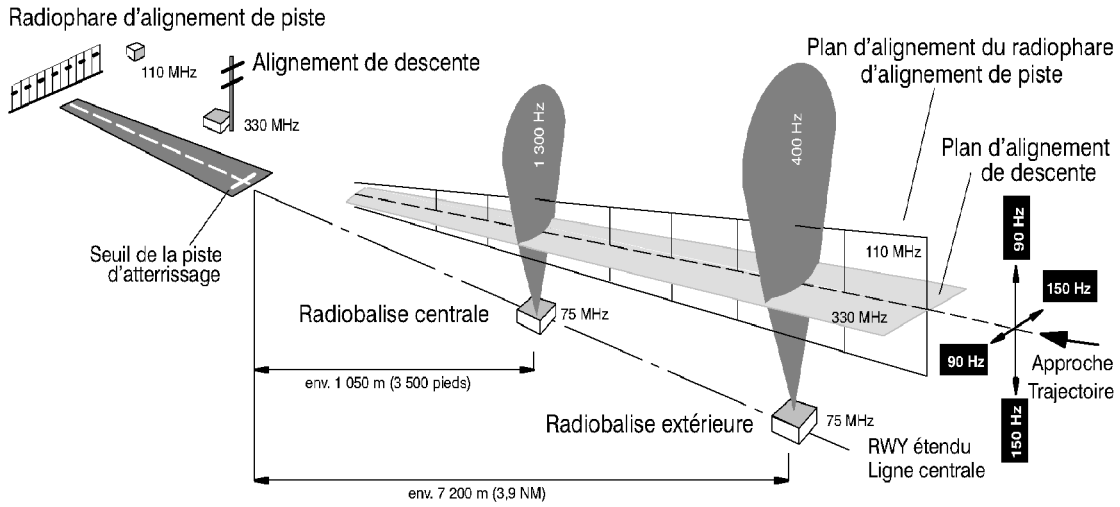


Figure II.18 : le couloir d'approche.

II.6.1 Le Localiseur :

Sert à localiser l'avion par rapport à l'axe de piste. Il a un diagramme de rayonnement de la forme suivante:

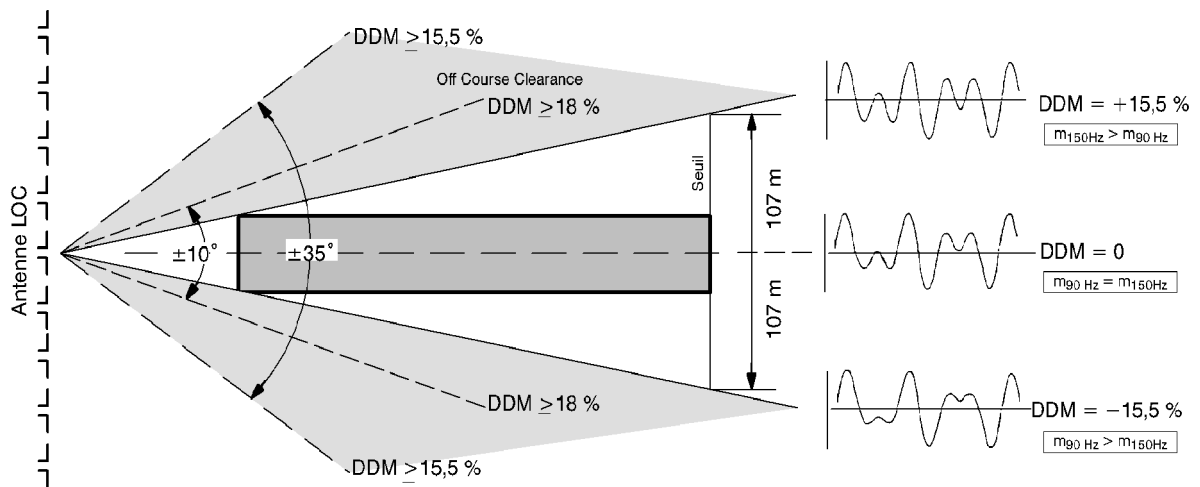


Figure II. 19: Diagramme de rayonnement de Localiser.

Le Localiseur génère un signal RF « radio fréquence » dans la gamme de fréquences comprise entre 108 et 112 MHz dont l'amplitude est modulée à 90 et 150 Hz. Ce signal identifie le « plan de course » et est produit par un émetteur et un système d'antennes pouvant être un système 2F (bi fréquence) muni d'une puissance d'émetteur de 25 W ou un système 1 F (mono fréquence) disposant d'une puissance d'émetteur de 30 W. Le signal du radiophare d'alignement de piste peut être reçu dans un rayon de portée de 25 milles nautiques (46 km.).

Les valeurs caractéristiques de LLZ dans certains secteurs et par rapport à la ligne centrale de la piste d'atterrissage sont les suivantes:

- DDM = 0. (Différence de taux de modulation)
- DDM = 15,5 % (0,155).
- DDM \geq 18% (0,18).

- DDM = 0 existe lorsque la direction d'approche correspond exactement à la ligne centrale de la piste d'atterrissage.

DDM 15,5 % caractérise le secteur d'alignement de piste sélectionné de manière à ce que la limite soit égale à 107 m au niveau du seuil de la piste d'atterrissage, en respectant la ligne centrale à gauche et à droite de la piste d'atterrissage. Ces points sont également appelés points WIDTH (LARGEUR). Le DDM a une caractéristique linéaire à l'intérieur de ces points et une élévation de 0,145 % par mètre. Cela permet d'obtenir approximativement 107m pour le demi -secteur calculé pour DDM=15,5 %. L'annexe 10 OACI (section 3.1.3.7.3, note 1) prescrit une largeur nominale de secteur de 210 m (700 pieds).

DDM \geq 18 % caractérise un secteur de $\pm 10^\circ$ et DDM \geq 15,5 % caractérise un secteur compris entre $\pm 10^\circ$ et $\pm 35^\circ$ afin de toujours garantir l'exactitude des informations LLZ. Sur LLZ-1F, ce secteur est couvert par un diagramme d'antenne de forme spécifique et, sur le système LLZ-2F, il est couvert un signal de Clearance supplémentaire. Les informations d'alignement se composent de

signaux à amplitude modulée à 90 et 150 Hz. Lorsque l'avion s'approche de la piste d'atterrissage avec l'alignement souhaité, le récepteur de bord reçoit les deux modulations des signaux à amplitudes égales. Cet état correspond à $DDM=0$.

En cas de déviation à gauche de l'alignement souhaité, une amplitude de 90 Hz prédominante sera employée, et en cas de déviation à droite, une amplitude de 150 Hz sera employée.

L'emplacement de sous-système : Son emplacement est démontré sur la Figure II.20

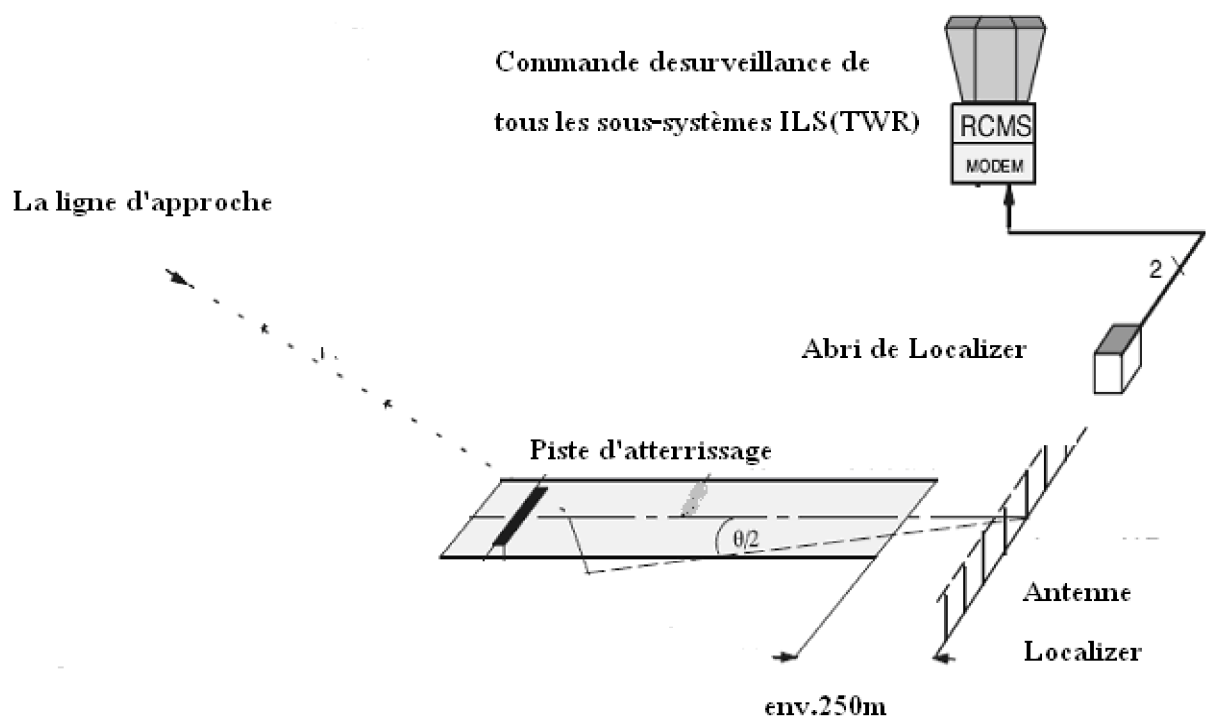


Figure II.20: L'emplacement de sous système Localizer (LLZ) sur la piste.

Le Localiser est situé 200 à 360 m au-delà de l'extrémité de la piste d'atterrissage, sur la ligne centrale étendue. L'émetteur LLZ associé est installé dans un abri à proximité de l'antenne.

II.6.2- L'antenne Glide Path (GP)

Le Glide sert à donner l'information de pente de descente (3°). Son diagramme de rayonnement est de la forme suivante:

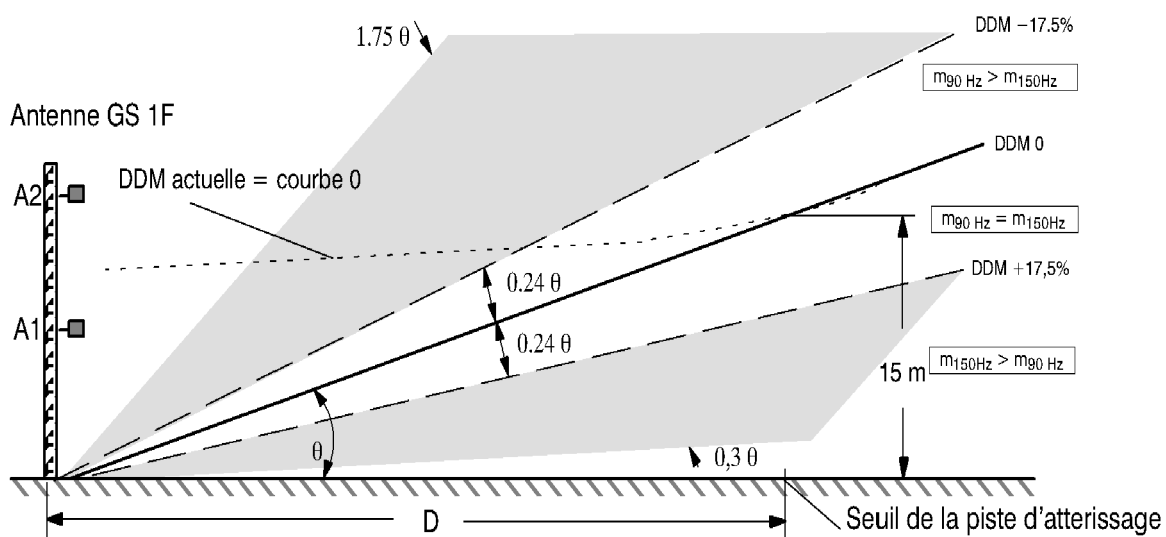


Figure II.21: Valeurs caractéristiques GP.

Le GP « Glide Path » génère un signal RF dans la gamme de fréquences comprise entre 328 et 336 MHz dont l'amplitude est modulée à 90 et 150 Hz. Le signal qui identifie le « plan d'alignement de descente » est émis par un émetteur et un système d'antenne. L'émetteur peut être un système 2F ou 1 F mais tous deux disposent d'une puissance supérieure à 5 W. Le signal d'alignement de descente peut être capté dans un rayon de 10 milles nautiques (18,5 km) à l'intérieur d'un secteur d'azimut de $\pm 8^\circ$ par rapport à l'alignement de course du radiophare d'alignement de piste en employant la prise de contact comme référence et entre les élévations comprises entre $0,30 \theta$ et $1,75 \theta$ où θ est l'angle d'alignement de descente nominal. Au-dessous du secteur d'alignement de descente, le DDM augmente lentement afin de réduire l'angle jusqu'à la valeur atteigne 22 %. De $0,45$ à $0,3 \theta$, le DDM n'est pas inférieur 22 % comme prescrit afin de protéger la procédure d'interception de l'alignement de descente (tourné vers le faisceau de guidage). Les valeurs caractéristiques de GP dans certains secteurs et par rapport à la ligne centrale de la piste d'atterrissage sont les suivantes:

$$\text{DDM} = 0$$

$$\text{DDM} = 17,5 \% (0,175)$$

$$\theta = 2.5...3^\circ \text{ (typique).}$$

Le plan $\text{DDM} = 0$ rayonné par l'antenne d'alignement de descente est hyperbolique et ne touche pas le sol comme le montre la ligne pointillée. Conformément à l'annexe 10 de l'OACI, la hauteur de référence de cette courbe a été fixée à 15m (point de référence ILS) au niveau du seuil de la piste d'atterrissage. En considérant cela avec l'angle de plané spécifié de $\theta = 2,5$ à 3° , cela produit un décalage du mât de l'antenne de l'alignement de piste conformément au seuil de la piste d'atterrissage de la distance D . Ce décalage est compris entre 286 et 344 m en fonction de l'angle d'alignement de descente sélectionné (voir Figure II.21). L'alignement de descente vertical optimal n'est

Donc, par conséquent, pas une ligne droite en direction de l'azimut de la ligne centrale de la piste d'atterrissage étendue, il s'agit d'une hyperbole.

$\text{DDM} = 17,5\%$ est spécifié pour les déviations de l'angle de plané de $\pm 0,24 \theta$ par rapport à l'alignement de descente θ ($\theta = \text{DDM} = 0$). Ces valeurs correspondent à la LARGEUR (WIDTH). La caractéristique DDM est linéaire à l'intérieur de ce secteur ($\pm 0,24 \theta$).

Comme le radiophare d'alignement de piste, les informations à propos de l'angle d'alignement de descente sont véhiculées par le biais de signaux à amplitude modulée à 90 et 150 Hz.

Lorsque l'avion s'approche de la piste d'atterrissage sur l'alignement de descente souhaité, le récepteur de bord reçoit les deux signaux avec la même amplitude (correspond à $\text{DDM} = 0$).

Les déviations au-delà de l'alignement de descente nominal génèrent une amplitude principale de 90 Hz et les déviations au-dessus génèrent une amplitude principale de 150 Hz (DDM positive).

L'emplacement de sous-système : Son emplacement est démontré sur la

figure II.22.

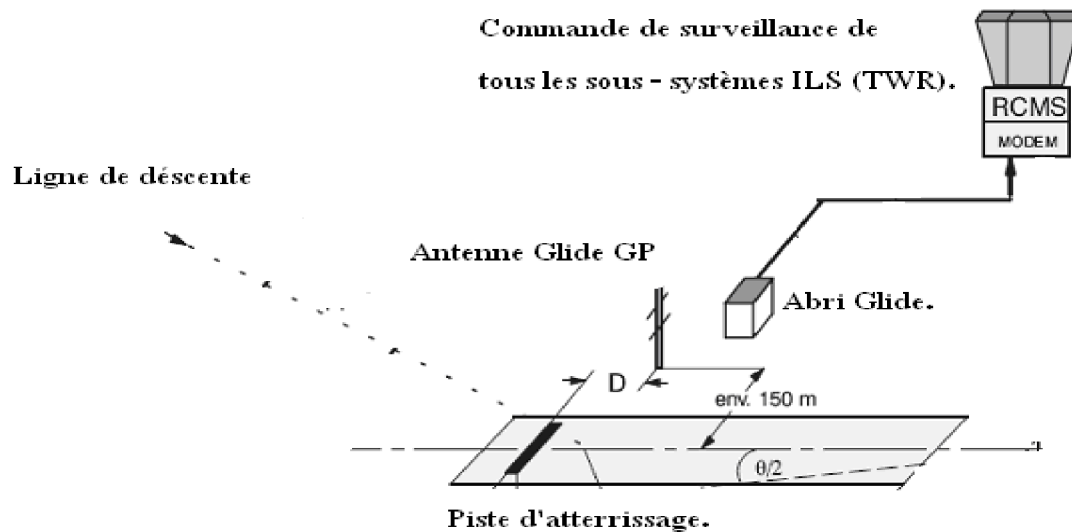


Figure II.22: L'emplacement d'antenne Glide Path (GP) sur la piste.

Le Glide est installé 120 à 180 m de la ligne centrale de la piste d'atterrissage. La hauteur de référence pour l'alignement de descente a été fixée à 15 m au delà du seuil de la piste d'atterrissage. La distance D (286 à 344 m) séparant le mât de l'antenne GP et le seuil de la piste d'atterrissage est calculé à partir de sa hauteur et de son angle de plané, ce dernier étant déterminé en se basant sur les circonstances locales.

II.6.3. Les radios bornes (Markers) :

On trouve trois markers disposés en ligne sur le prolongement de l'axe de piste (voir la Figure II.23).

La radiobalise intérieure (IM) : Installée à 75 à 450 m du seuil de la piste d'atterrissage, sur la ligne centrale étendue,

La radiobalise centrale (MM) : Installé à 1 050 m.

La radiobalise extérieure (OM) : Installé à 7 200 m.

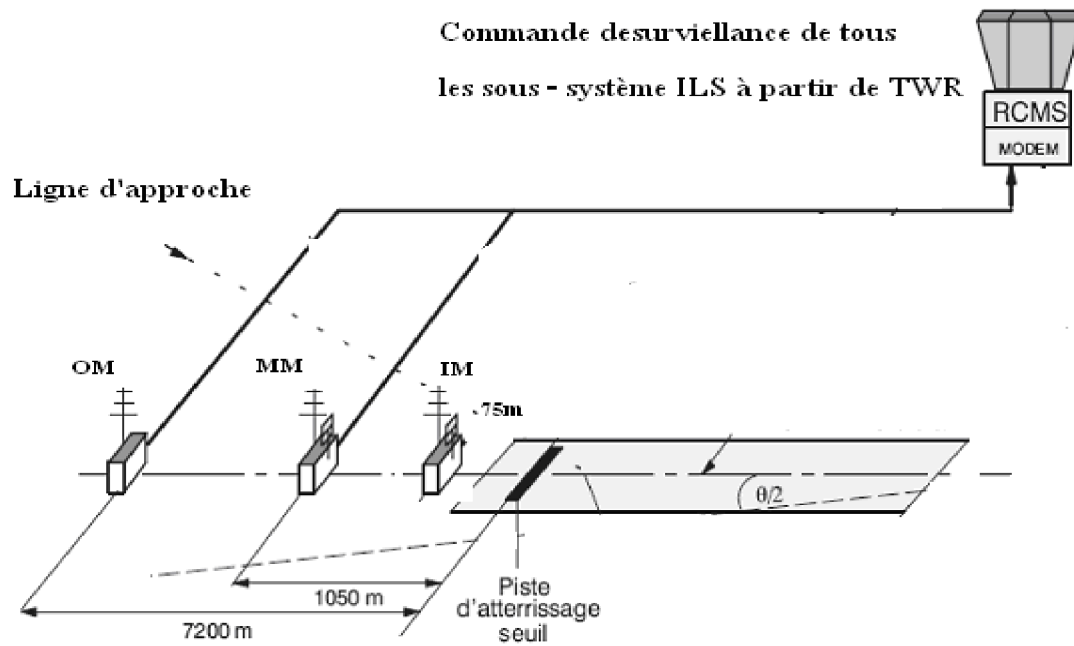


Figure II.23 :L'emplacement des markers sur la piste.

Le couloir d'approche nominal de la piste d'atterrissage s'obtient à partir de l'intersection des plans générés par LLZ et GR.

Les deux plans contiennent les signaux modulés à 90 et 150 Hz susmentionnés. Ces signaux sont interprétés par le récepteur de bord et fourni à un instrument à aiguilles croisées qui indique au pilote les informations de commande correspondant aux déviations de la trajectoire d'alignement nominale et de l'alignement de descente. Les signaux interprétés par le récepteur de bord peuvent également être transmis au pilote automatique. Outre cela, le pilote reçoit des informations à propos de la distance via deux (trois) radiobalises. Chacune de ces radiobalises transmet une impulsion codée particulière à la verticale vers le haut avec une fréquence de porteuse de 75 MHz. Les fréquences d'identité sont :

3 000 Hz (radiobalise intérieure).

1 300 Hz (radiobalise centrale).

400 Hz (radiobalise extérieure).

L'avion vole à travers les « cônes » de transmission du couloir d'approche et

le pilote entend le signal audible de l'impulsion codée et du signal d'identité. Les sorties des radiobalises sont réglées de manière à garantir les largeurs de faisceau suivantes, mesurées le long de l'axe de l'alignement de descente et de l'axe du radiophare de l'alignement de piste :

- Radiobalise intérieure: 150 ± 50 m.
- Radiobalise centrale: 300 ± 100 m.
- Radiobalise extérieure: 600 ± 200 m.

Un système DME (équipement de mesure de la distance) est souvent installé à la place des radiobalises. Ce système fournit une lecture permanente de la distance entre l'avion et le point de prise de contact de la piste d'atterrissage. Le principe DME repose sur les mesures, du temps de retard des impulsions à haute fréquence grâce auxquelles le système de bord transmet une série d'impulsions, et le transpondeur au sol leur répond après un délai défini.

Le temps entre la transmission de l'impulsion d'interrogation et la réception de l'impulsion de réponse est interprété par le système de bord et la distance est affichée sous forme directement lisible.

II .7-Exemple d'application de fonctionnement d'un ILS

Calage Communication et RadioNav

2/- « ILS » piste 11 QFU 115° fréquence 110.30

3/- VOR PPR (Pointe à Pitre) 112.90

4/- Locator (voir ADF) AR fréquence 402

Nous avons sciemment mis des copies d'écrans d'un monomoteur léger et du dernier né des biréacteurs de Boeing, pour démontrer que quelque soit l'appareil, l'approche intellectuelle du pilotage au instrument est la même.



Figure II.24 :

Le pilote rejoint l'axe de l'ILS en virage par la droite, il est trop bas, la barre de tendance horizontale sur le C182 et point violet sur le B777, notez que l'OBS du VOR/ILS est calé sur 115° soit le QFU de la piste 11 me permettant de mieux visualiser quand je suis dans l'axe.



Le pilote est sur l'axe de l'ILS mais il est trop haut, la barre de tendance horizontale à gauche et point violet sur le cadran de droite.



Le pilote est sur l'axe mais trop bas, il doit conserver cette altitude jusqu'à l'interception du plan de descente idéal (Glide-Path) donné par la barre horizontale ou le point violet).



Enfin, axe et plan de descente correct, le pilote se trouve légèrement à droite de la piste, n'oubliez pas, la barre verticale c'est la piste pas l'avion, il maintient 500ft/mn de descente qui correspond au taux standard d'un ILS.



Toujours sur le bon plan de descente, encore un peu à droite de la piste sur le cap 113 (sûrement la dérive due au vent traversier) notez le passage au-dessus du Middle Marker (lampe jaune marquée M allumé sur les deux tableaux de bord) je suis donc à 2/3 NM de la piste



La barre de tendance ou le point violet vont disparaître dès que le pilote passé ce marquage blanc que l'on nomme FIXED MARKER DISTANCE qui est situé exactement 1000 ft après le seuil de piste.

III.1- Introduction:

Le système « ILS 421 » comprend deux radiophares d'alignement tel que :

- Ø Radiophare d'alignement de piste « LLZ 421 ».
- Ø Radiophare d'alignement de descente « GP 422 ».

Chaque un de ces radiophares, on distingue deux types d'après son version des signaux électriques :

- ✚ Radiophare d'alignement 1F (version mono fréquence) :

Destiné aux terrains essentiellement plats et sans obstacles qui pourraient détériorer le signal correspondant par des réflexions radioélectriques. Cet environnement exige une antenne à faisceau produit par 12 éléments pour le localiser.

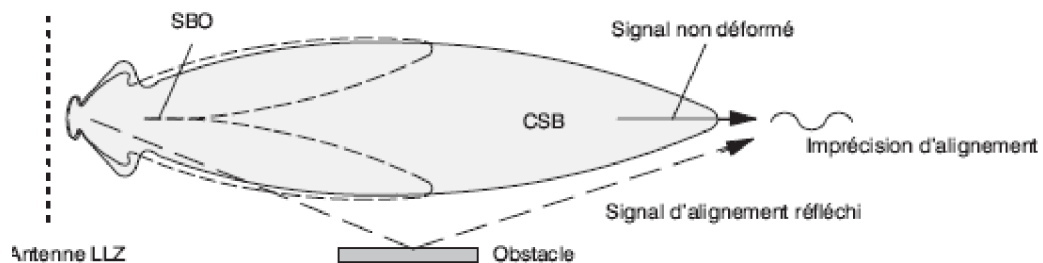


Figure III.1- la version LLZ 1F (mono fréquence)

- ✚ Radiophare d'alignement 2F (version bi fréquence) :

Ce système est propice aux autres terrains, en présence de collines, de bâtiments, ou autres obstacles situés en bordure ou en face de la piste d'atterrissage et qui pourraient faire office de réflecteurs.

Cette version « bi fréquence » offre une fiabilité opérationnelle maximale, tout en demandant peu de travaux de calibrage et de maintenance ; c'est l'intérêt qu'on a choisie de faire l'étude d'implantation de ce système de version « bi fréquence » pour les deux radiophares d'alignement.

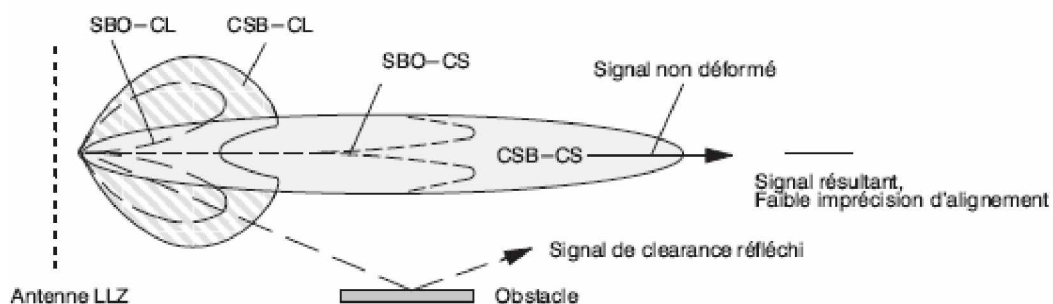


Figure III.2- La version LLZ 2F (double fréquence).

III.2- Radiophare d'alignement de piste «LLZ 421»

III.2.1- Généralités :

La qualité des signaux de navigation interprétés par le récepteur de bord, notamment le faible signal de cap observé durant la descente de la ligne d'approche, est liée en grande partie de la topographie du terrain et à l'absence d'obstacles sur le sol.

Les versions des équipements fournies permettent de supprimer l'influence de ces conditions topographiques ; alors que le système LLZ offre les versions suivantes :

Ø Radiophare d'alignement de piste 1F « mono fréquence »

Ø Radiophare d'alignement de piste 2F «bi fréquence

III.2.1.1- Vue d'ensemble du système d'antenne pour LLZ

Le système ILS «LLZ » comprend les principaux composants suivantes :

- Système d'antenne :
 - l'antenne LLZ s'installe environ entre 200 et 360 mètres de l'extrémité de la piste d'atterrissage. Destinée à surveiller le champ proche de rayonnement de l'antenne, un dipôle de champ proche s'installe en option sur la ligne médiane de l'axe d'approche, à 65 mètre (1F) ou à 80 mètre (2F) devant l'antenne LLZ.

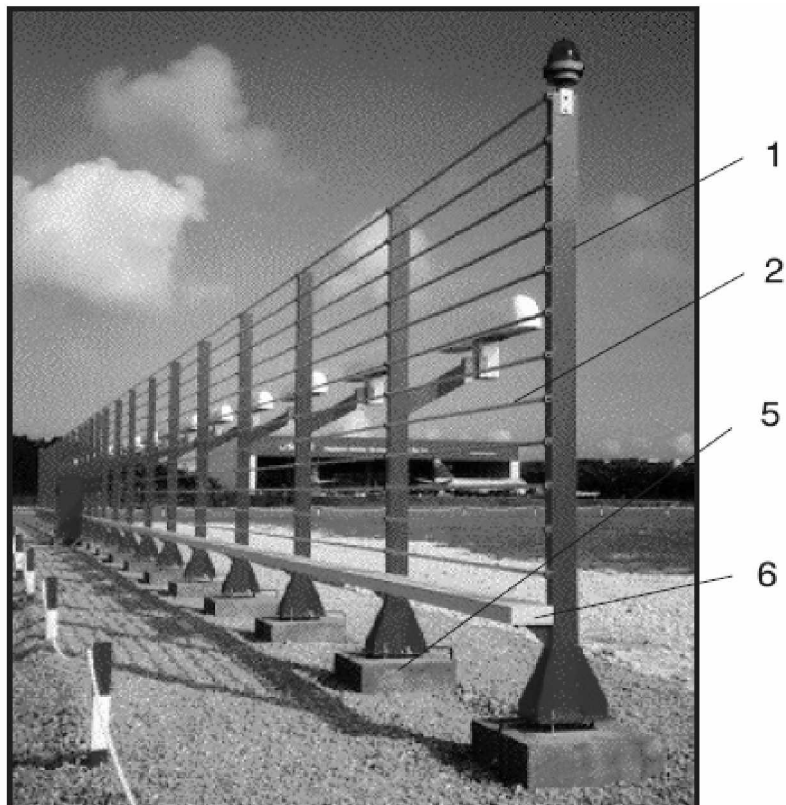


Figure III.3-exemple d'une antenne LLZ

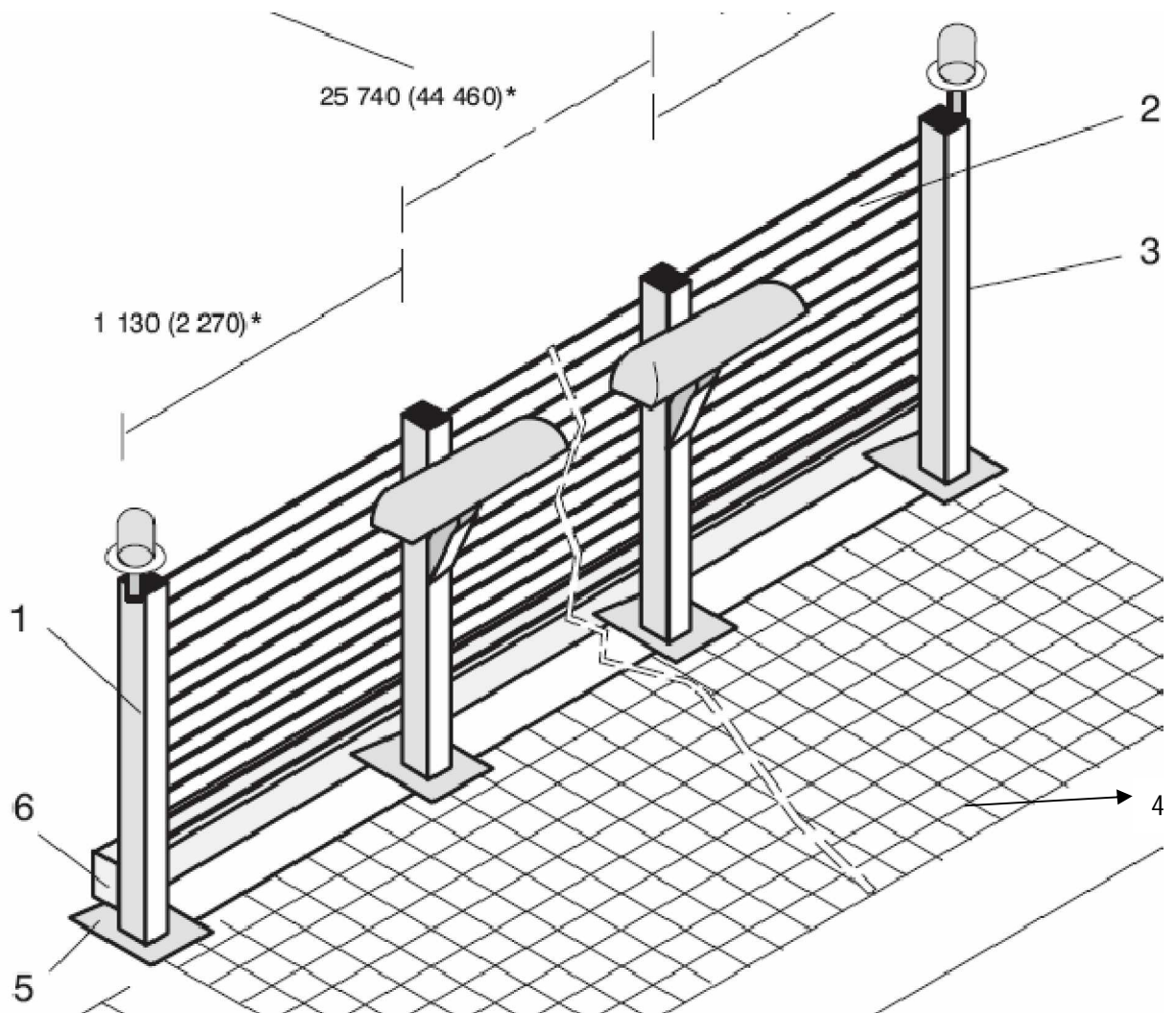


Figure III.3-exemple d'une antenne LLZ

- 1 Poteau d'extrémité, à droite
- 2 Barres de réflecteur (12) du réflecteur vertical
- 3 Poteau d'extrémité, à gauche
- 4 Écran de réflexion horizontal (treillis métallique soudé, non compris dans les fournitures)
- 5 Fondations en béton
- 6 Conduit de câbles

- Jeu de câbles.
- Mise à la terre : le système d'antenne 1F, y compris le dipôle de champ proche optionnel et la baie de l'émetteur, sont connectés à l'aide de 5 câbles coaxiaux RF. Cotés antenne, les câbles sont connectés à l'unité

de distribution d'antenne(ADU) ; l'ADU englobe le répartiteur de puissance et le réseau intégrale qui avait à sa sortie les signaux correspondant à la position du cap et son largeur « l'angle d'alignement de piste ».

Le système d'antenne 2F, y compris le dipôle de champ proche optionnel et la baie de l'émetteur, sont connectées à l'aide de 8 câbles coaxiaux RF. Coté antenne, les câbles sont connectées à l'unité de distribution d'antenne(ADU), l'ADU englobe le répartiteur de puissance dévolu aux signaux de cap et de clearance, le réseau de combinaison qui va superposer ces signaux, et le réseau intégral qui va générer à sa sortie les signaux correspondant à la position du cap et la longueur de clearance.

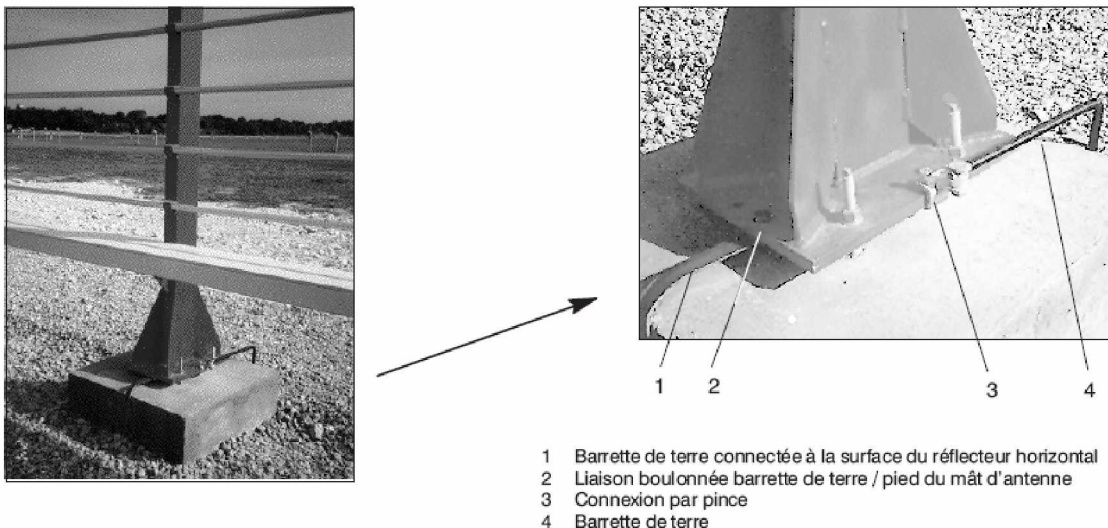


Figure III.4-L'opération de mise à la terre

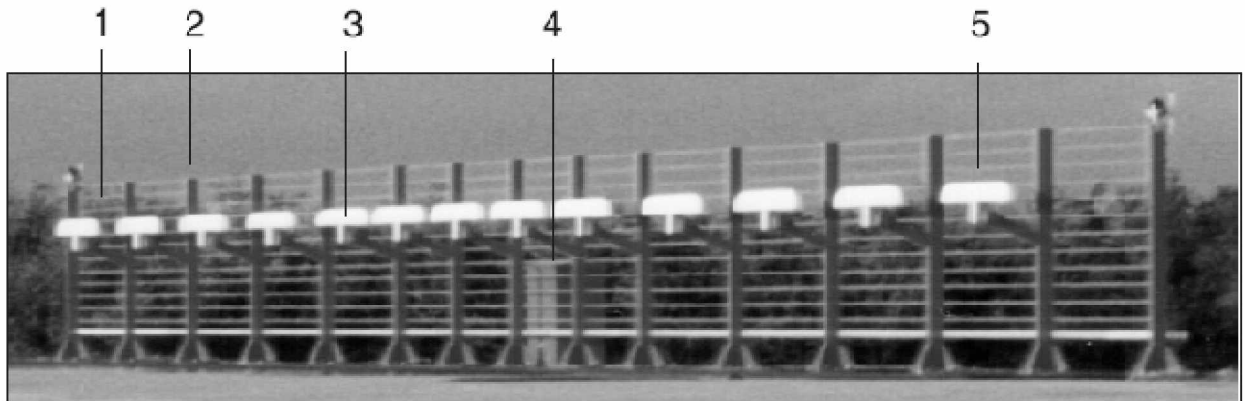
III.2.1.2-Description générale du « LLZ 2F »

On distingue deux types de système d'alignement de piste LLZ (2F) selon le degré d'obstruction du champ d'atterrissage:

Ø Le système d'antenne à ouverture moyenne équipée de 13 éléments comporte:

- 13 antennes dipôle placées devant un réflecteur vertical.
- Un réflecteur vertical muni de feu d'obstacles.
- Une unité de distribution d'antenne «ADU» comprenant: des répartiteurs de puissance, un réseau de combinaison, et un réseau intégral.
- Des câbles d'alimentation et de surveillance reliant l'ADU aux antennes dipôles.
- Un dipôle de surveillance.

Les signaux CSB et SBO de l'émetteur de cap et de clearance sont émis par les 13 dipôles. Le signal de clearance est séparé du signal de cap par 8KHz environ. Les dipôles de l'antenne 2F sont alimentés par le réseau combinaison, lui-même alimenté par les répartiteurs de puissance des signaux de cap et de clearance (figure 2-13)



- 1 Barre de réflecteur (12)
- 2 Poteau (15)
- 3 Dipôle (13)
- 4 Unité de distribution d'antenne, comprenant le répartiteur de puissance, le réseau intégral, et le réseau de combinaison
- 5 Dipôle 1 (vu dans la direction du rayonnement)

Figure III.5 : le positionnement de l'ensemble d'antenne à ouverture moyenne.

Ø Le système d'antenne à large ouverture équipée de 21 éléments comporte :

- 21 antennes dipôle placées devant un réflecteur vertical.
- Un réflecteur vertical muni d'un feu d'obstacles.
- Une unité de distribution d'antenne «ADU» comprenant: des répartiteurs de puissance, un réseau de combinaison, et un réseau intégral.
 - Des câbles d'alimentation et de surveillance reliant l'ADU aux antennes dipôles.
 - Un dipôle de surveillance.

Les signaux CSB et SBO de l'émetteur de cap et de clearance sont transmis par les 21 dipôles. Le signal de clearance est séparé du signal de cap par 8KHz environ. Les dipôles de l'antenne 2F à 21 éléments sont alimentés par des câbles d'alimentation et par le réseau de combinaison, lui-même

alimenté par les répartiteurs de puissance des signaux de cap et de clearance. (Figure 2-14)

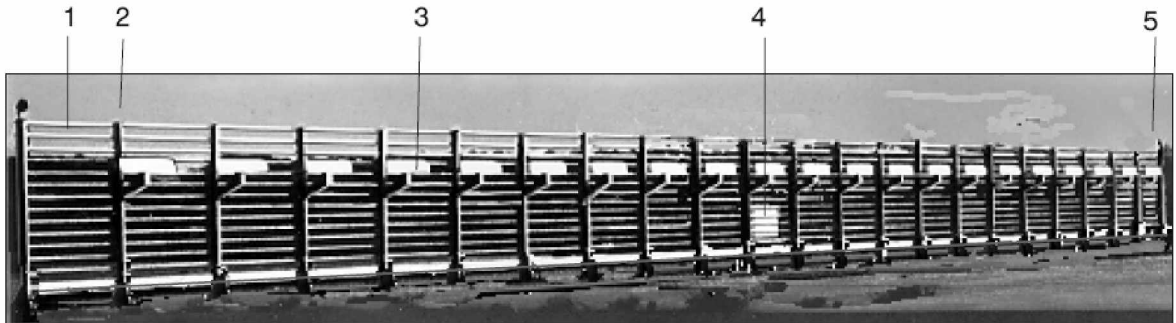


Figure III.6 : le positionnement d'ensemble d'antennes à large ouverture

III.2-Implantation de l'antenne LLZ 421 :

III.2.1.1-Le choix de la zone d'implantation LLZ 421-2F

La zone d'implantation d'un radiophare d'alignement « ILS » est défini par l'organisme de l'aviation civile responsable, conformément à la réglementation internationale du trafic aérien. La zone est liée au dégagement nécessaire d'obstacles et à la configuration de la piste d'atterrissage (comme l'air libre de décollage, le prolongement d'arrêt). L'implantation est définie par un relevé topographique toujours exécuté en présence d'un ingénieur-géomètre (la figure III.7 illustre un site d'implantation).

Le responsable du site ou le constructeur est chargé de fournir les matériels livrés, ainsi que des matériels et outils spéciaux relevant de sa responsabilité. Sur chaque site, il faut respecter les règles de sécurité imposées par les autorités locales.

B. Réglages générales :

Pour prévenir les accidents, il convient d'appliquer les règles

Suivantes :

- La consommation d'alcool sous une forme quelconque est interdite sur le site d'implantation.
- Pour manipuler des batteries, porter des lunettes protectrices et des gants de sécurité.
- Les personnes en état d'ivresse ou l'influence de l'alcool ne sera pas tolérée sur le site d'implantation.
- Portez des chaussures robustes, des gants de sécurité, et des casques de protection.
- Ne laissez jamais des objets sur les échafaudages ou les échelles
- Pour prévenir les accidents, testez les appareils électriques et les câbles rallonge.
- Avant de réaliser des travaux sur l'alimentation, retirer les fusibles.
- Les accès de secours doivent toujours être dégagés.
- Toute personne travaillant sur le site d'installation doit savoir où se trouve :

§ La trousse de premiers secours.

§ Les numéros de téléphone du médecin des accidents.

§ L'extincteur 'incendie.

Les zones dangereuses se trouvant sur l'itinéraire de leur lieu de travail, ou sur le lieu de travail même.

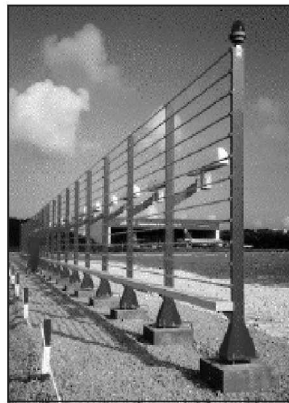
- C. Mesures de sécurité contre les dommages causés par les animaux : l'intégrité de l'implantation doit être contrôlée pour détecter les trous et les fentes suite à l'implantation de l'antenne LLZ. Nous vous recommandons de colmater de manière adéquate les trous dans lesquels de petits animaux, comme des souris ou des putois, pourraient pénétrer. En l'absence de personnel, verrouillez la porte de l'abri.
- D. Exigences concernant le personnel : il faut trois personnes pour installer l'antenne et réaliser les réglages connexes. Le chef de l'équipe d'installation doit être un ingénieur, un technicien qualifié. Les monteurs doivent être des artisans formés, par exemple : des mécaniciens, électriciens...etc. le temps d'implantation des antennes est fonction des préparatifs ; l'antenne à 12 éléments demandera 5 à 7 jours minimum, et l'antenne à large ouverture à 21 éléments demandera de 6 à 8 jours minimum (calcul basé sur une journée de travail de 8 heures). Vous devrez prévoir du temps supplémentaire pour le câblage et autres travaux de précision.

III.2.1.3- Montage de l'antenne :

A. Montage des mâts et du feu d'obstacle de l'antenne LLZ :

Chaque mât (3) de (la figure III.8) doit être aligné verticalement à une certaine distance des fondations en ayant recours aux écrous hexagonaux inférieurs (13), (15) de (la figure III.8) des quarts barres d'ancrage. Une fois dressée, alignez les mâts dans leur intégralité avec un théodolite, puis fixez-les avec les écrous supérieurs. Si les bords supérieurs de différentes fondations ne sont pas alignés, vous pouvez rectifier le système de ± 5 cm dans toute la longueur de l'antenne.

Les mâts des extrémités gauche et droite sont chacun muni d'un feu d'obstacles (1) de (la figure III.8) fixé à son mât par un dispositif de retenue. Au dessus du support du conduit de câbles, chaque mât présente une ouverture (6) pour faire passer le câble en direction en provenance du dipôle(7) de (la figure III.8). Une plaque de guidage (5) déjà montée dans le mât permet de guider le câble pendant son insertion. (Voir la figure III.8).



- 1 Feu d'obstacle (100 W max.) (2)
- 2 Dispositif de retenue du feu d'obstacle
- 3 Mât
- 4 Surface du réflecteur horizontal
- 5 Plaque de guidage destiné au montage du câble
- 6 Passe-câble
- 7 Support du conduit de câbles
- 8 Écrou hexagonal M16 *)
- 9 Rondelle élastique bombée 16 *)
- 10 Rondelle de calage 16 *)
- 11 Pied de mât
- 12 Rondelle de calage 16 *)
- 13 Écrou hexagonal M16 *)
- 14 Barre d'ancrage
- 15 Écrou hexagonal M16 *)

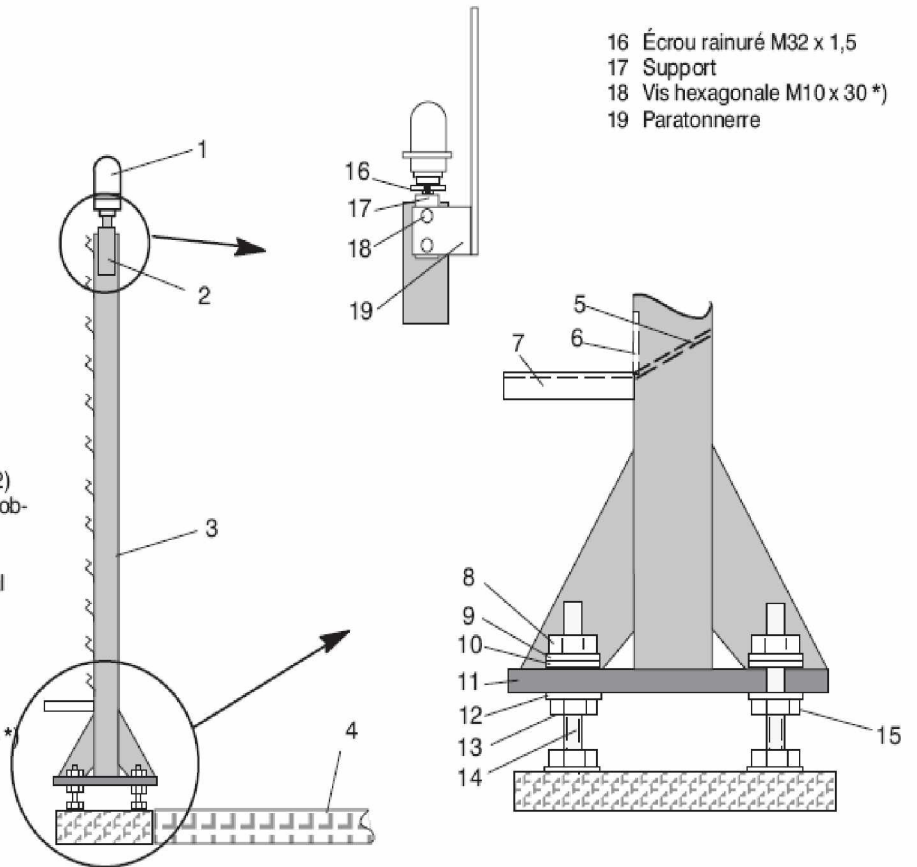


Figure III.8 : Elévation des mâts.

B. Montage du conduit de câbles et de l'unité de distribution d'antenne(ADU) :

Un conduit de câbles (4) de (la figure III.9), fixé à chaque mât par un support (5) de cette figure au moyen de deux boulons, se monte au dos de l'antenne, sur toute sa longueur. Disposez et montez les différents segments en suivant la description de cette Figure (III.9).

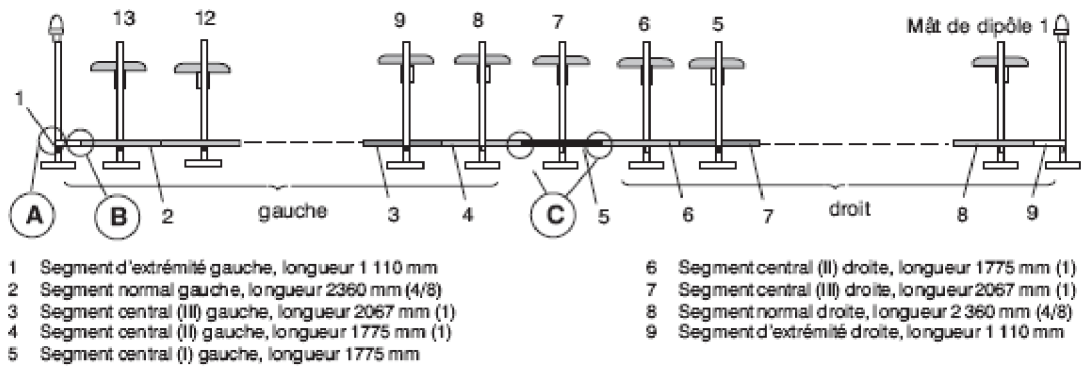
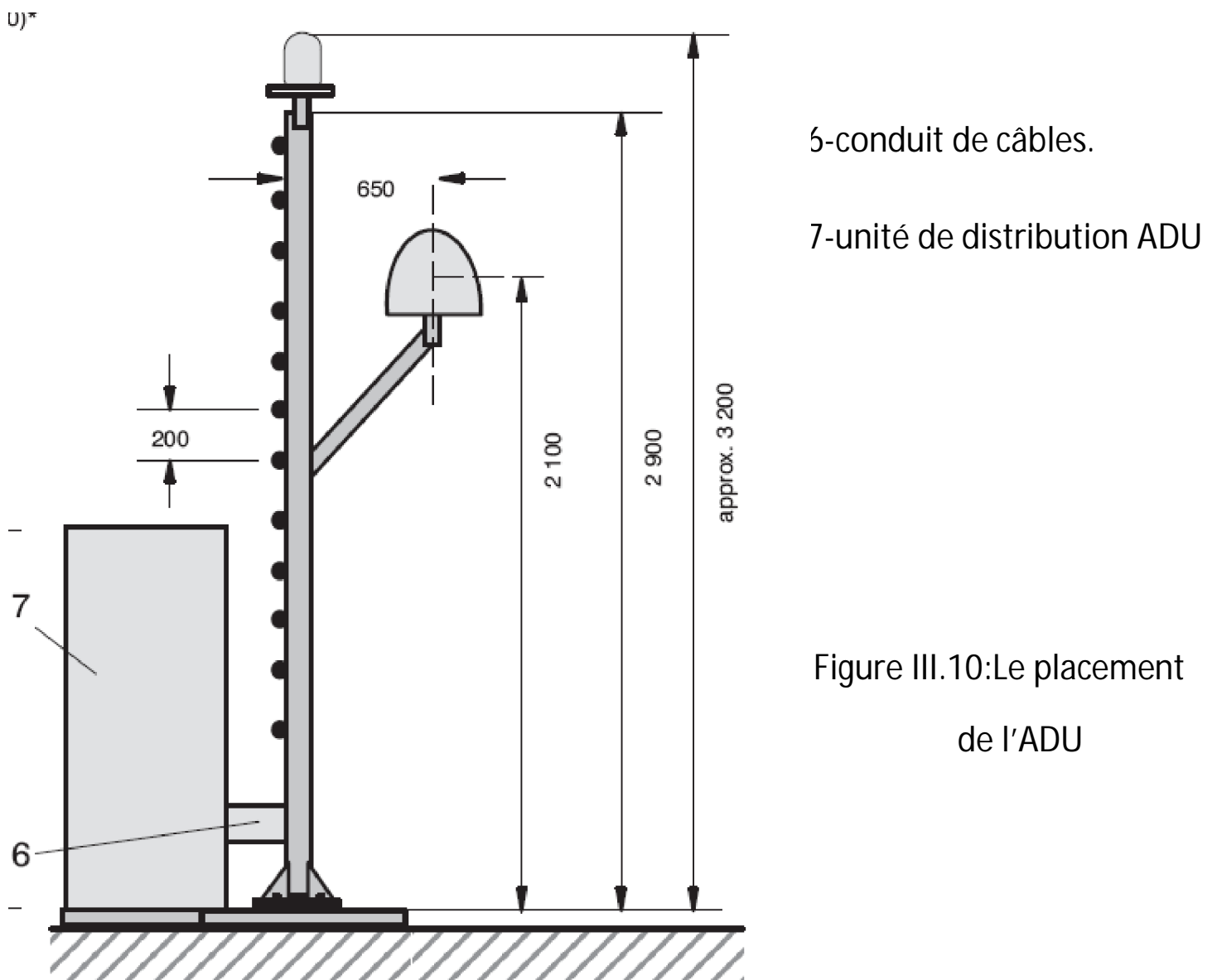


Figure III.9:Disposition des segments de conduit pour câbles

(exemple d'antenne 13 élément).

D'après la figure suivante, le boîtier de l'ADU se place à proximité du conduit de câbles. Dans cette position, percez dans les fondations les alésages (10mm de diamètre, environ 90mm de profondeur) destinés à fixer le boîtier.



C. Montage des barres de réflecteur et des antennes dipôle :

- Avant de monter les barres de réflecteur (1) de (la figure III.10) graissez la surface de contact sous pression du mât avec la graisse de contact.
- Accrochez les barres de réflecteur dans les pinces de retenue (2) de (la figure III.10) puis alignez-les sur le bord externe du mât extérieur.
- Pour assembler deux barres de réflecteur, connectez les deux extrémités du tube avec une goupille élastique (10) de (la figure III.10).
- Sciez les barres de réflecteur au ras du bord externe de l'auteur mât
- Sur chaque coté de l'embase d'antenne, (4) de (la figure III.10) installez une cornière de montage en utilisant le jeu de fixation.
- A l'aide des cornières de montage, fixez l'antenne dipôle à la potence (8) de cette figure en utilisant deux boulons.

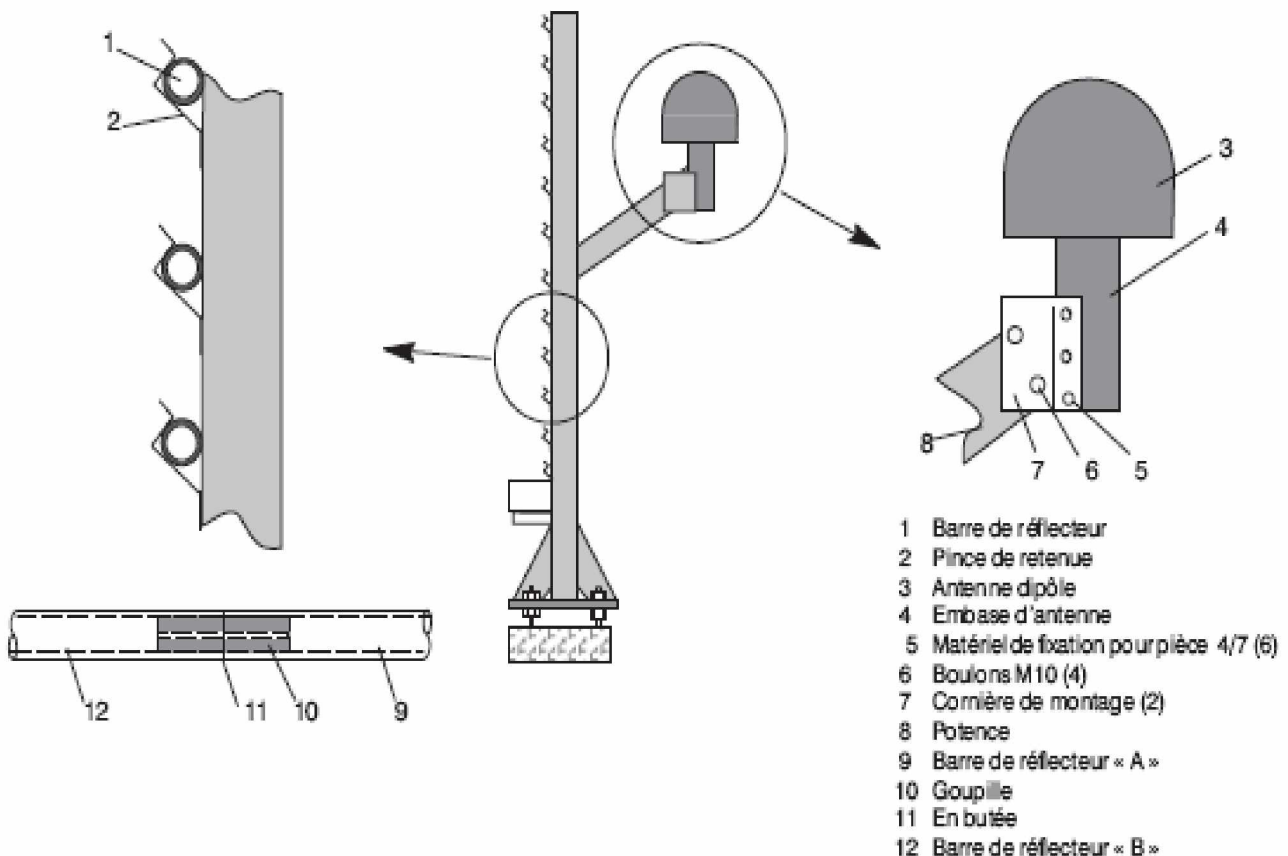


Figure III.11 : montage des barres du réflecteur des antennes dipôles.

III.2.1.4- Câblage et connexion des antennes :

a) Pose du câble dans les tranchées pour câbles préparées :

L'unité de distribution d'antenne (4) de (la figure III.11) est fournie prémontrés, à savoir que le répartiteur de puissance, le réseau de combinaison, le réseau intégral, et la plaque de fond sont installés. Le câblage coaxial est monté sur les unités conformément à (la figure III.11)

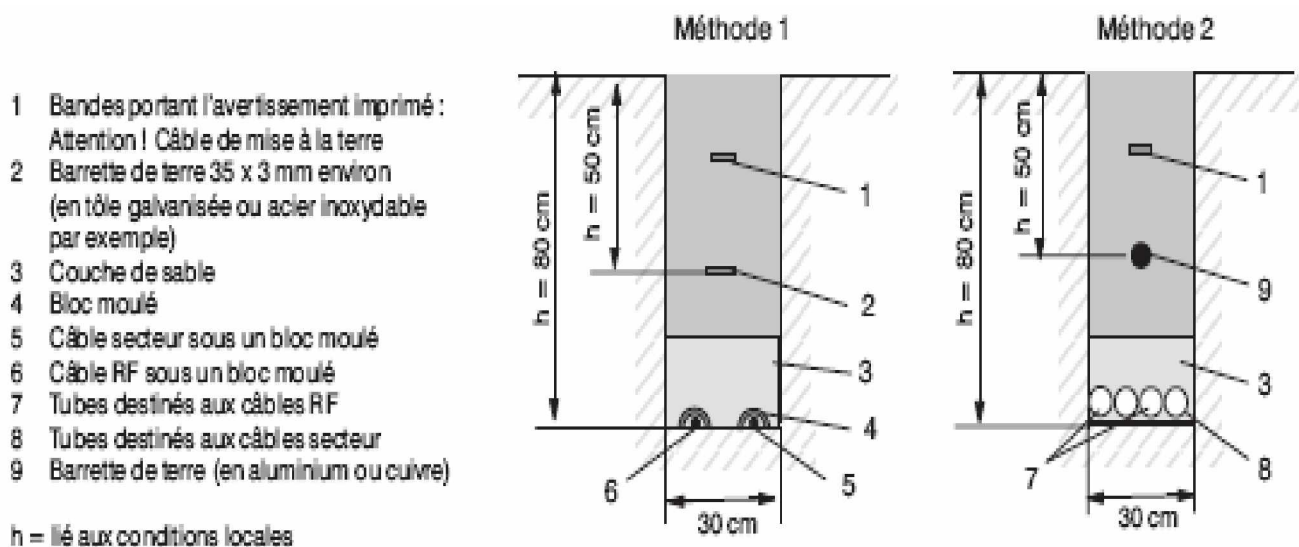


Figure III.12 : Section transversale d'une tranchée pour câble type.

Pour le fonctionnement du dipôle de champ de proche et des feux d'obstacles situés sur les deux mâts extérieur de l'antenne LLZ, vous pouvez poser les câbles de tension secteur correspondants entre l'abri et l'antenne LLZ, et entre l'abri et le dipôle de champ proche. Il est préférable de couvrir les câbles par des blocs moulés ou de les placer dans des tubes en plastique. Ces câbles sont intégrés à une couche de sable.

Le câblé de tension secteur et le câble de dipôle de champ proche atteignent l'abri dans des tubes séparées(2) de (la figure III.11) lorsque vous remblayer les tranchées pour câbles , placez une barrette de terre en aluminium, ou bien cuivre ou acier inoxydable(2) or (9) de (la figure III.11) afin de mettre à la terre le support de dipôle de champ proche et de fournir une connexion à la terre entre l'antenne et l'abri. Pour éviter des dommages durant les derniers travaux de terrassement, collez sur les câbles une bande (1) de (la figure III.11) portant l'avertissement « attention câble de mise à la terre » .

b) Pose des câbles entre les antennes dipôle et l'ADU :

Un câble de signal et un câble de surveillance partant de chaque antenne dipôle vers l'unité de distribution d'antenne, en passant par le cadre de l'antenne et le câble. Des plaques de guidage (8,10) de la figure facilitent le passage des câbles.

Commencez par poser le câble de puissance destiné aux feux d'obstacle fixés sur les mâts d'extrémité droite et gauche, puis posez les câbles RF à des antennes dipôles respectives.

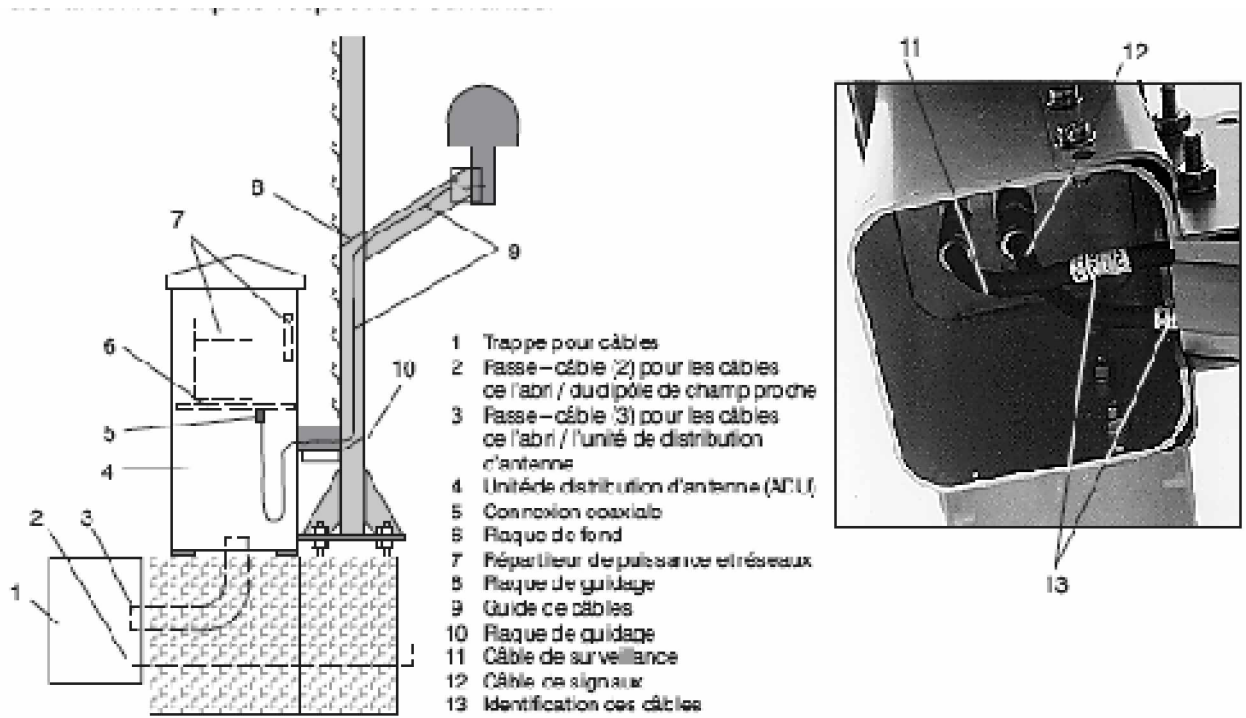


Figure III.13 : pose et guidage des câbles d'antenne.

c) Connexion des câbles de l'émetteur à l'ADU :

On a la plaque de fond (6) de (la figure III.12), connectez les câbles reliant l'abri à l'unité de distribution d'antenne en suivant les informations indiquées.

d) Connexion de l'antenne à 13 éléments à l'ADU :

Connectez les câbles reliant l'unité de distribution d'antenne (ADU) aux antennes dipôle, ainsi que les câbles de surveillance. Vu dans la direction de la piste d'atterrissage, l'antenne dipôle A1 se trouve à gauche dans (la figure III.13)

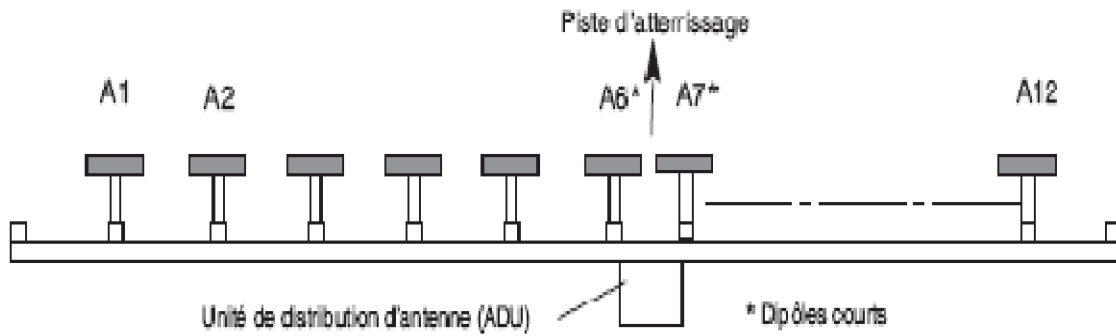


Figure III.14: Disposition des antennes dipôle.

- e) Montage de dipôle de champ proche (antenne Yagi à 3 éléments) :
- Fixez les supports transversaux scellés dans le ciment au moyen de cornière latérale (4) (5) de (la figure III.14).
 - Fixez le mât aux supports transversaux.
 - Installez le feu d'obstacles sur le mât.
 - Fixez le dipôle de champ proche au mât (alignez le dipôle avec l'antenne LLZ)

- f) Connexion du dipôle de champ proche optionnel :

Le dipôle de champ proche se connecte à l'aide de câble W 108, attachez le câble au mât (3) de (la figure III.14).

Après avoir connecter le câble au dipôle, enduisez le point de connexion avec le protecteur contre les intempéries fourni.

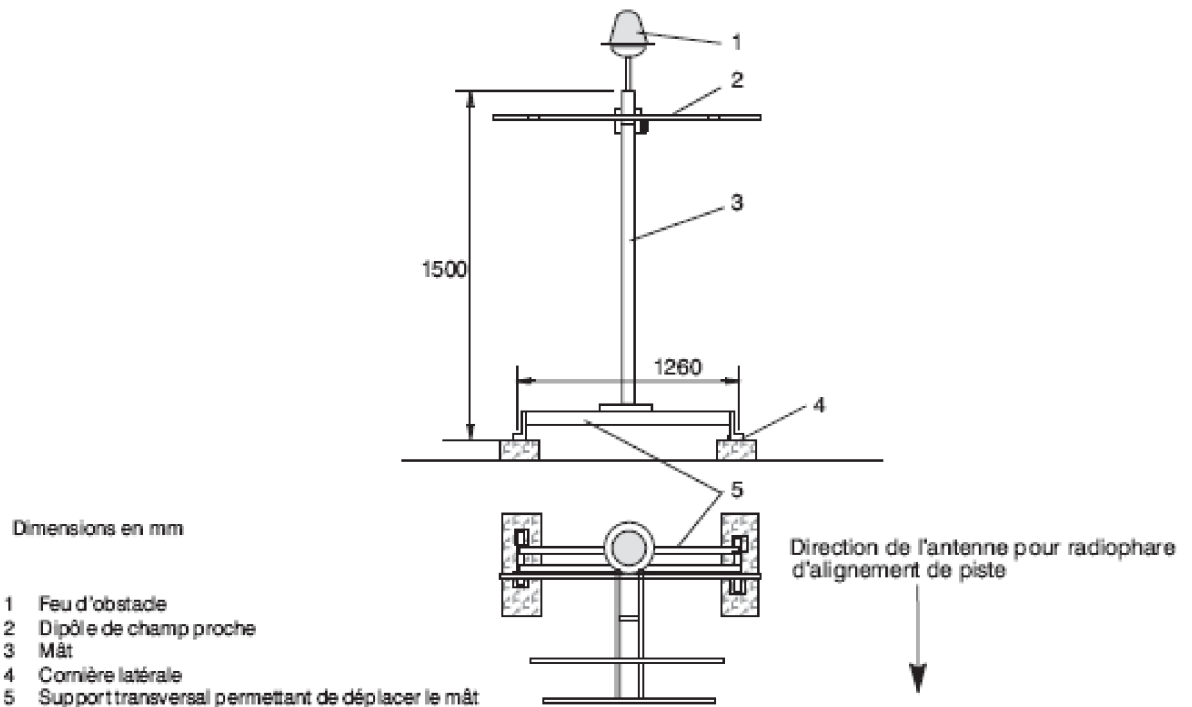


Figure III.15: Montage du mât et du dipôle de champ proche.

g) Connexion de feu d'obstacles : connectez les câbles de tension secteur alimentant les feux d'obstacle de l'antenne LLZ et le dipôle de champ proche (chaque câble passe par le mât, (3) de (la figure III.14).au bornes de l'éclairage correspondant et dans l'abri, aux bornes « feu d'obstacle » équipant l'armoire d'alimentation électrique.

III.3. *Contrôle et teste après installation de l'antenne :*

Le mat d'antenne installé et les réseaux d'antennes doivent être soumis à un nouveau contrôle visuel précis, le contrôle doit comprendre :

a. Emplacement du mat de l'émetteur :

Vérifier les coordonnées x-y comme une fonction des conditions de l'installation locale, telles que la hauteur désirée de l'inclinaison de

descente au-dessus du seuil de la piste d'atterrissage et l'angle de descente désiré.

b. Installation perpendiculaire des antennes :

Vérifiez l'alignement perpendiculaire des antennes.

Pour vérifier l'alignement perpendiculaire, un théodolite nécessaire.

Note : ce contrôle doit être effectué par un géomètre expert ou par le théodolite.

c. Hauteur des antennes :

Il sera vérifié et corrigé pendant la procédure de contrôle de vol.

L'angle nominal de descente se rapporte à une ligne horizontale au point d'atterrissage. En conséquence, la hauteur de l'antenne doit être augmentée en cas d'aire de manœuvre en pente ascendante et réduite en cas d'aire de manœuvre en pente descendante.

d. Déplacement des antennes :

Le déplacement latéral des deux (ou trois) systèmes d'antennes l'un par rapport à l'autre est important pour assurer une structure favorable d'inclinaison de descente durant l'approche finale.

e. Câbles de l'émetteur :

Les câbles d'alimentation coaxiaux connectés aux deux (ou trois) réseaux d'antennes sont plus ou moins égaux en longueur. Les longueurs des câbles doivent être enroulées et bloquées soigneusement sur le mur de l'abri. On devra veiller, dans la mesure du possible. Ace que les rayons du soleil sont dirigés de façon égale sur les deux (ou trois) câbles, pour réduire à minimum le décalage relatif de phase du aux changements de la température.

IV.1 Définition de la maintenance

La maintenance est définie comme étant l'ensemble des actions destinées à maintenir ou à remettre (réparer des défaillances ou pannes) l'équipement ou certain de ses sous-groupes en état d'être exploité normalement.

IV.2 Les types de Maintenance

En générale, il ya deux types de maintenance :

Maintenance programmée : le bute de cette maintenance est de faire une prévention pour empêcher la panne.

Maintenance corrective : le bute de cette maintenance est d'intervenir pour réparer la panne. On peut distinguer plusieurs types de maintenance corrective tel que :

- Sur terrain d'une manière manuelle.
- A distance (visualisation des paramètres).
- Automatique et assistée par un micro-ordinateur.

IV.3 Conditions et principe de la maintenance ILS

IV.3.1 Principe de la maintenance ILS

Le principe se caractérise par le fait que l'avion laboratoire n'est pas le seul moyen utilisé pour la vérification et le réglage des paramètres d'émission des signaux et le contrôle des stations sol de l'ILS, mais ils existe aussi les moyens sol de mesure et de contrôle, utilisés par le service de maintenance, qui servent à établir une corrélation étroite entre les deux chaînes de mesures (au sol et a bord),et pour cette raison :

- Le contrôle en vol doit être conjugué avec les opérations de maintenance annuelle et la période qui sépare les contrôles au sol et en vol doit être la plus réduite possible.
- Le service de maintenance procède avant le contrôle en vol à un contrôle complet des paramètres associés aux équipements de radioalignement de piste (RAP) et de radioalignement de descente (RAD).
- Au cours du contrôle en vol, on vérifie ces paramètres par comparaison entre les relevés au sol et les relevés en vol.
- L'installation est déclarée conforme si elle satisfait aux tolérances opérationnelles pour le contrôle au sol et en vol.
- La concordance des résultats de mesure au sol et en vol permet de faire une réduction notable de la périodicité des contrôles en vol sans qu'il s'ensuive de dégradation de l'intégrité de l'ILS.

IV.3.2 Conditions de maintenances

- Il est nécessaire de conduire toutes les mesures avec une grande précision en vol qu'au sol pour déterminer les références.
- Pour pouvoir être mise en œuvre, il faut la compétence des personnels techniques chargés pour la maintenance.
- Il faut que l'environnement ; au sens des servitudes radioélectrique, être contrôlé et maîtrisé contre les obstacles qui menacent l'application normale de la maintenance.
- Il faut que les moyens appliqués au service technique être performants.

IV.4 Maintenance de ILS

IV.4.1-Maintenance au sol

IV.4.1.1 Types de maintenance au sol de « ILS »

On distingue sept types d'opérations de maintenance :

- a) Maintenance de mise en service ;
- b) Maintenance hebdomadaires ;
- c) Maintenance mensuels ;
- d) Maintenance trimestriels ;
- e) Maintenance annuels ; en plus des travaux trimestriels ;
- f) Maintenance corrective ;
- g) Maintenance associés à un contrôle en vol périodique

Les types de maintenance sont représentés comme suis :

A. Maintenance de mise en service

Une opération de maintenance précède impérativement le contrôle en vol de mise en service qui conditionne la vérification de conformité sur site d'une nouvelle installation ILS.

A l'issue de l'opération au sol, les équipements présentent des caractéristiques conformes :

- Aux paramètres du constructeur (déclaration d'aptitude à l'emploi des composants établie par le fournisseur de l'équipement ILS) ;
- Aux tolérances de réglages.

Ces caractéristiques ont permis la vérification de conformité du système installé sur site et qui sont indispensables au bon suivi technique de l'installation.

B. Maintenance hebdomadaire

Cette maintenance consiste à vérifier l'état du système et procède à un contrôle visuel de la structure et de l'antenne.

A l'issue de cette maintenance on va :

- Vérifier l'alignement de course : Conseillé pour s'adapter aux conditions environnementales.
- Vérifier la sensibilité du déplacement : Conseillé pour s'adapter aux conditions environnementales.
- Contrôler les dommages : Un contrôle visuel de l'intégrité des éléments du système.

C. Maintenance mensuelle, en plus des travaux hebdomadaires

A l'issue de cette maintenance, on va contrôler la tension de la batterie de secours :

Il est recommandé de mesurer la tension de la batterie afin de vérifier sa puissance : La valeur demi-tension devrait faire exactement la moitié de la valeur totale. En cas de déséquilibre, un défaut est signalé.

Si la déviation est minimale, la batterie peut être maintenue en service même s'il devrait être tenu sous surveillance.

Si la déviation est supérieure (à partir de quelques dixièmes de volt), mesurer chaque cellule sous charge afin de déterminer laquelle est faible. Remplacer la cellule concernée par une cellule neuve sans délais.

D. Maintenance trimestrielle, en plus des travaux mensuels

- Vérifier OFF Course Clearance : Conseillé pour s'adapter aux conditions environnementales.
- Vérifier les paramètres de tous les deux émetteurs.

- Vérifier la puissance de sortie et l'alarme de puissance.
- Vérifier le système de commande à distance (affaiblissement en ligne).
- Vérifier le fonctionnement des batteries en simulant une panne d'alimentation : l'alimentation utilisée pour le système ILS est normalement le secteur 230V. Une alimentation d'urgence doit être fournie par une batterie afin que le fonctionnement ne soit pas interrompu en cas de panne de l'alimentation du secteur.
- Vérifier l'état des antennes : les éventuels dommages dus à la corrosion, termites, etc. Informez le contrôle du trafic aérien avant l'inspection de l'antenne. Normalement, l'antenne n'est pas en marche pendant l'inspection.

E. Maintenance annuelle, en plus des travaux trimestriels

Une opération annuelle au sol précède impérativement les opérations de contrôle en vol périodique. Si, pour des raisons diverses, ce contrôle au sol ne peut être effectué, le contrôle en vol est repoussé et reprogrammé. Dans ce type on va :

- Vérifier la polarisation
- Vérifier la fréquence de la porteuse
- Effectuer une lecture mémoire complète de tous les paramètres possibles.

F. Maintenance corrective

Elle est définie comme une maintenance effectuée après défaillance, elle requiert des ressources humaines compétentes et des ressources matérielles (pièces de recharge ou outillage) disponibles sur place.

La recherche des défauts dans l'ILS (LOC ou GP) est possible avec le PC et le logiciel ADRACS ; les résultats des recherches suivantes sont affichés et peuvent être évalués ou imprimés :

La recherche de défauts sur le sous système localiser :

Parmi les tâches réalisées dans cette partie, on trouve :

- Vérification du groupe de transfère : si est défectueux il faut le remplacer
- Vérification et mesure des signaux du synthétiseur
- Vérification de système d'antenne, câbles d'entrée/sortie compris.

La recherche de défauts sur les sous-groupes d'émetteur :

Cette recherche exige un moniteur qui fonctionne correctement ; il a révélé que les blocs d'alimentation. Comme base pour les mesures ultérieures, utiliser l'enregistrement des données ADRACS réalisé après mesure en vol.

Remplacement de sous-groupes :

En cas de remplacement de ces sous groupes, il est recommandé de les laisser refroidir suffisamment longtemps avant de les toucher ou de prendre des mesures appropriées.

Ne pas travailler sur des composantes sous tension secteur :

Déconnecter d'abord les câbles de tension secteur.

La recherche de défauts sur le sous système GLIDE :

Normalement, la majorité des paramètres et des alignements doivent être adaptés après le remplacement des composants du système d'antenne LLZ ou du dipôle du moniteur de champ proche. Une

mesure en vol spéciale par l'avion labo est donc nécessaire (avion chargé pour les essais de l'ILS).

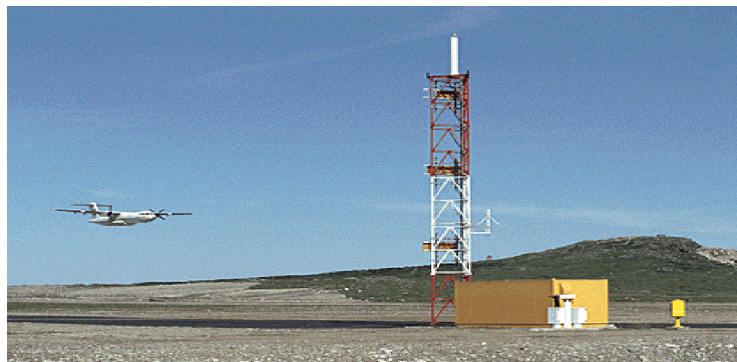


Figure IV.1 : Démonstration visuelle de la maintenance du GLIDE par l'avion Labo

g-Maintenance associée à un contrôle en vol périodique

Une opération de maintenance annuelle au sol précède impérativement les opérations de contrôle en vol périodique. Si, pour des raisons diverses, ce contrôle au sol ne peut être effectué, le contrôle en vol est repoussé et reprogrammé en utilisant des avions labo.

Si l'opération de contrôle au sol ne fait apparaître aucun paramètre en dehors des tolérances opérationnelles, la station peut être maintenue en service avant le contrôle en vol.

Dans le cas contraire, si l'anomalie ne peut être corrigée sans l'intervention de l'avion, la station (RAP et/ou RAD) est mise hors service jusqu'au contrôle en vol. Celui-ci sera de type mise en service.

Afin pour faciliter les corrélations sol/bord, à l'issue d'une maintenance associée à un contrôle en vol, les installations présentent

des caractéristiques conformes aux tolérances de réglage et de désaccord sol/sol, du moins en ce qui concerne le RAP où le service de maintenance a accès à la totalité des paramètres.

Pour le RAD, dans le cas où il n'est pas possible d'identifier avec certitude l'origine de la variation d'un paramètre, la reprise de réglage du paramètre n'est effectuée que lors du contrôle en vol.

IV.4.1.2 Périodicités des opérations de maintenance :

Intervalle maximum entre les opérations de maintenance :

Pour chaque station ILS, l'intervalle maximum entre 2 opérations consécutives pourra excéder exceptionnellement l'intervalle nominal.

Il n'est en aucun cas supérieur :

- à 9 mois pour les maintenances semestrielles. Tout dépassement de ce délai entraînera l'arrêt de l'équipement.
- à 2 mois pour les maintenances mensuelles. Tout dépassement de ce délai entraînera le déclassement de l'équipement.
- à 15 jours pour les maintenances hebdomadaires. Tout dépassement de ce délai entraînera le déclassement de l'équipement.

Intervalle maximum entre les opérations de maintenance annuelle et le

Contrôle en Vol

Pour chaque station ILS, l'intervalle maximum entre les mesures de corrélation SOL/SOL et le contrôle en vol ne peut excéder 1 mois.

Si un report du contrôle en vol conduit à un décalage supérieur, les paramètres de rayonnement faisant l'objet de tolérances sol/sol sont recontrôlés dans les jours qui précèdent le contrôle en vol.

IV.4.1.3 Disposition réglementaire pendant la maintenance :

Etat opérationnel de l'ILS :

L'état opérationnel des installations ILS, lors, notamment, de réglage avant la première mise en service, de fonctionnement, de panne, d'intervention de maintenance et de contrôle au sol et en vol, ainsi que les modalités recommandées en fonction de cet état sont conformes à la réglementation en vigueur relative aux états dans lesquels peut se trouver une aide à l'atterrissage valable.

Normes et tolérances applicables :

Pour chaque installation ILS, sont applicables les normes et tolérances correspondant à la classification de l'ILS publiée dans le manuel de l'information aéronautique.

Le premier digit de cette classification indique la catégorie de performance de l'ILS, il correspond également à sa catégorie d'exploitation.

Conduite en cas de dysfonctionnement :

Conduite technique :

Pour chaque installation ILS, un dossier de référence de mise en service regroupe toutes les références au sol qui ont permis la vérification de conformité du système installé sur site. Ces références sont les relevés ou les mesures effectués au cours d'un contrôle en vol de type mise en service pendant lequel tous les paramètres ont été déclarés conformes aux tolérances de réglage.

En cas de dysfonctionnement, et après dépannage, la remise en service opérationnel de l'équipement est conditionnée :

- Par une vérification au sol des références de mise en service affectées par le dysfonctionnement ;
- ET par la certitude que l'ensemble des tolérances opérationnelles de cet équipement est respecté.

Dans les cas où ces deux conditions précédentes ne sont pas respectées, l'équipement n'est pas remis en service. Un contrôle en vol spécial est demandé.

Conduite réglementaire :

Si les équipes techniques ont identifié un risque sur l'intégrité et la précision du rayonnement ou, plus généralement, si les conditions qui ont prévalu à la mise en service opérationnel de l'équipement ne sont plus respectées, elles déclassent ou arrêtent l'équipement par mesure conservatoire et informent immédiatement l'Autorité Nationale de Surveillance.

- Conduite en cas de brouillage ILS :

Les procédures de traitement d'un brouillage à entreprendre par les différents services concernés doivent être définies conformément à la réglementation en vigueur.

IV.4.1.4 Moyens et Opérations de maintenance sol:

A-**Constitution des moyens :**

Chaque opération de maintenance sol est réalisée avec des équipements ou des appareillages de mesure des paramètres, cette appareillage de mesure est constituée par :

- Générateur VHF/UHF ;

- Générateur BF de signaux calibrés ILS, intégré ou non au générateur VHF/UHF ;
- Modulo mètre ;
- Récepteur VHF/UHF ILS portable pour mesurer DDM, SDM.
- Système d'enregistrement de ces paramètres sur piste.
- Appareils pour mesurer les fréquences HF et BF, la puissance, la distorsion BF, le spectre VHF/UHF ;
- Appareils permettant le contrôle des caractéristiques des circuits rayonnant (antennes, coffret de distribution ou de recombinaison).

B/ les opérations de maintenance :

Ø Véhicule :

- La méthode de maintenance proposée impose des mesures et des enregistrements sur piste. Pour ce faire, les services de maintenance disposent de véhicules techniques dont l'équipement intégré permet cette pratique.

Parmi les caractéristiques principales des équipements de ces véhicules techniques:

- permettent l'enregistrement d'un axe de piste avec une antenne de mesure située à la hauteur normalisée ;
- sont agréés par le prestataire de service de navigation pour tout ce qui concerne les moyens de radiocommunications air/sol ;

Ø Méthodologie :

Conformément à la mise en service opérationnel des aides non visuelles normalisées d'approche de précision et d'atterrissage ILS, toute modification des procédures traitant :

- des opérations de maintenance ;
- des opérations de contrôle au sol et en vol de l'équipement sur site font l'objet d'une approbation de l'Autorité Nationale de Surveillance.

Ø Rapport de contrôle au sol :

A l'issue de chaque opération de maintenance au sol, les équipes de contrôle rédigent un rapport de contrôle au sol statuant sur la conformité de l'installation ILS aux normes applicables au type d'intervention, et regroupant les résultats des mesures et les relevés et les enregistrements et les actions techniques effectués au cours de cette opération.

Ce document indispensable au suivi technique des installations est archivé au niveau du centre de maintenance et consultable à des fins réglementaires pendant toute la durée de vie de l'installation concernée.

IV.4.2 Contrôles en vol

IV.4.2.1 Types de contrôle en vol

Il existe quatre types de contrôle en vol :

- a. Le contrôle en vol de mise en service ;
- b. Le contrôle en vol du RAD, à 6 mois de mise en service ;
- c. Le contrôle en vol périodique ;
- d. Le contrôle en vol spécial.

a- le contrôle en vol de mise en service

Le contrôle en vol de mise en service est effectué à la suite des opérations de maintenance au sol de mise en service. Ils permettent le réglage des stations RAP et RAD et le relevé des paramètres de rayonnement servant ultérieurement de référence au fonctionnement de ces stations. Le réglage des stations est effectué conformément aux tolérances de réglage.

Lors d'une mise en service d'un RAD, les réglages sont réalisés dans un environnement donné. Il est fondamental d'avoir une bonne connaissance de l'évolution des caractéristiques de la plate-forme de réflexion du RAD en fonction des évolutions climatiques (sol très humide ou sol très sec, etc...).

C'est pourquoi, lors d'une mise en service d'une nouvelle installation ou lors du renouvellement d'un matériel (électronique et/ou antennes), il convient de procéder à un cycle de trois contrôles en vol rapprochés de manière à identifier les fluctuations normales des paramètres en fonction des variations saisonnières du plan de sol.

b-Contrôle en vol du RAD, 6 mois après la mise en service

Ce contrôle en vol permet de disposer de 3 contrôles rapprochés pour avoir une bonne connaissance de l'évolution des caractéristiques de la plate-forme de réflexion du RAD.

Si les paramètres nominaux ne sont pas dans les tolérances de réglage, le contrôle des alarmes est effectué.

c-Contrôle en vol périodique

Les contrôles en vol périodiques permettent la vérification des stations RAP et RAD et leur maintien dans les normes de rayonnement

de l'OACI en tenant compte des tolérances de désaccord sol/bord définies dans ce document.

Toute station « ILS » doit faire l'objet, avant chaque contrôle en vol périodique, d'un contrôle au sol annuel. Si cette opération ne fait apparaître aucun paramètre en dehors des tolérances opérationnelles, la station peut être maintenue en service avant le contrôle en vol et à fortiori si celui-ci doit être décalé pour des raisons de plan de charge.

Dans le cas contraire, sous réserve que l'anomalie ne puisse être corrigée sans l'intervention de l'avion, la station (RAP et/ou RAD) est mise hors service jusqu'au contrôle en vol. Celui-ci est du type mise en service.

d-Contrôle en vol spécial

Ces contrôles en vol peuvent être demandés par l'Autorité nationale de surveillance, notamment :

- à la suite d'un dysfonctionnement ayant entraîné l'arrêt opérationnel de la station. Ils ont pour objet le contrôle partiel de la station défaillante. Une dérive importante d'un paramètre, trouvée au cours d'un contrôle en vol spécial, peut entraîner une reprise de réglage partielle ou totale de la station concernée.
- pour une reconnaissance de site, après une modification de l'environnement.

IV.4.2.1.2 Périodicités des opérations de contrôles vol

Généralité

La périodicité nominale retenue est de 12 mois quelle que soit la catégorie d'exploitation.

En tout état de cause, l'intervalle maximum entre deux contrôles en vols périodiques ne peut pas dépasser 16 mois. Tout dépassement de ce délai maximum entraîne l'arrêt de la station pour garantir un niveau de sécurité acceptable pour les usagers.

L'Autorité Nationale de Surveillance devra être prévenue dès qu'un risque de dépassement du délai maximum des 16 mois est mis en évidence, et ce, au plus tard, un mois avant cette échéance.

a) Contrôle en vol du RAD 6 mois après mise en service

Ce contrôle est réalisé entre 4 et 8 mois après la mise en service. Tout dépassement de cet intervalle entraîne l'arrêt opérationnel de la station.

L'Autorité Nationale de Surveillance est prévenue dès qu'un risque de dépassement du délai maximum de 8 mois est mis en évidence.

b) Cas particulier

Si les conditions énoncées dans le paragraphe **IV.3.2** ne peuvent pas être respectées, la périodicité des contrôles en vol est ramenée à 6 mois, conformément au Doc. 8071 de l'OACI, sans toutefois dépasser un intervalle de 9 mois. Tout dépassement de ce délai maximum entraîne l'arrêt de la station pour garantir un niveau de sécurité acceptable pour les usagers.

L'Autorité Nationale de Surveillance est prévenue dès qu'un risque de dépassement du délai maximum des 9 mois est mis en évidence et ce au plus tard un mois avant cette échéance.

IV.4.2.1.3 Objectifs de contrôles en vol

a) Objectifs de contrôle mise en service

Le contrôle en vol de mise en service d'un RAP ou d'un RAD a pour but de déclarer opérationnel ce moyen et de fixer les références au sol qui permettront aux services de maintenance la surveillance régulière des paramètres qui lui sont associés.

A l'issue d'un contrôle en vol de mise en service (contrôle en vol au temps T), les installations RAP et RAD présentent impérativement des caractéristiques conformes aux tolérances opérationnelles et des caractéristiques conformes aux tolérances de réglage avion puisse être appliquée sur cet ILS. L'ILS est alors mis en service.

Si les caractéristiques sont conformes aux tolérances opérationnelles, mais non conformes aux tolérances de réglage avion,

l'ILS peut être mis en service, mais la procédure des contrôles qui suit la mise en service est différente suivant les cas :

Si les tolérances de réglage avion ne sont pas respectées, un contrôle en vol de type mise en service est programmé à une échéance de 6 mois (contrôle en vol au temps T+6 mois).

Pendant cette période, le service chargé de la maintenance au sol initie toutes les actions qu'il juge utiles pour améliorer la situation environnementale ou technique pour obtenir la conformité aux tolérances de réglage avion.

b) Objectifs de contrôle en vol périodique :

Les objectifs liés à un contrôle en vol périodique se rapportent aux opérations suivantes :

Contrôle au sol avant contrôle en vol :

Une opération de contrôle annuel au sol précède impérativement les opérations de contrôle en vol. Si, pour des raisons diverses, ce contrôle

au sol n'a pu être effectué, le contrôle en vol est repoussé et reprogrammé.

Si un report du contrôle en vol conduit à un décalage supérieur à un mois entre les contrôles sol et vol, les paramètres de rayonnement faisant l'objet de tolérances sol/sol.

Un dossier regroupant les fiches de mesures au sol. Les enregistrements d'axe, d'alarme couverture et de phase est remis au service chargé du contrôle en vol.

-Corrélation SOL/BORD des paramètres mesurés :

Les tolérances à appliquer sont les tolérances de désaccord sol/bord

- Caractéristiques des installations après contrôle en vol :

Après le contrôle en vol, les stations RAP et RAD présentent au sol comme en vol, des caractéristiques conformes aux tolérances opérationnelles définies dans l'appendice. Dans le cas contraire la station est mise hors service.

IV.4.2.1.4 Opérations et Moyens de contrôle en vol

A/Opérations à effectuer durant le contrôle en vol

- Cas d'une mise en service :

Dans le cas du contrôle en vol du type mise en service d'une installation nouvelle ou d'une installation modifiée on procède à un relevé complet de toutes les caractéristiques entrant dans le dossier de référence de l'équipement contrôlé.

- *Cas d'un contrôle périodique :*

Des mesures complémentaires peuvent s'avérer nécessaires dans le cas où le réglage de l'installation RAP ou RAD a du être repris ou si des divergences entre relevés sol et bord ont été constatées sans que l'origine de ces divergences ait pu être identifiée lors du contrôle en vol.

Si certains paramètres ont été repris au cours du contrôle, le dossier référence de mise en service est réactualisé en conséquence.

B/Moyens : Des différents moyens de contrôles sont chargés pour réaliser ces différentes tâches : Le système de contrôle en vol des équipements se compose d'une partie embarquée et d'un ensemble d'équipements à mettre en œuvre au sol.

Moyens embarqués (Banc de mesure et calibration) :

Ces moyens embarqués comprennent :

- des senseurs permettant la réception des signaux radioélectriques à mesurer (ILS/VOR/DME /VHF).

- un générateur de signaux ILS/VOR (RAP, RAD, MKR),

Cette trajectographie 3D permet d'effectuer les corrections de parallaxe entre antennes, de positionnement des plates-formes de calibration et de décalage latéral du mat Glide ;

- Une chaîne de réception et de décodage des signaux de référence trajectographique (site et gisement) en provenance du système de poursuite automatique ou manuel mis en place au sol pour le contrôle en vol ;

- un indicateur spécifique, dédié au système et implanté sur la planche de bord, permettant d'assister le pilote durant toutes les phases

du contrôle en vol en lui présentant, sous une forme familière, les indications d'écart par rapport à la référence trajectographique.

- Moyens sol de trajectographie :

Les équipements de trajectographie à mettre en œuvre comprennent :

- un système principal constitué d'un ensemble de positionnement par satellites dont la précision de localisation est de 10 cm sur les trois axes x, y et z. Ce système est secouru ;

- un système secondaire constitué par un équipement de poursuite automatique ou manuelle. Ce système n'est pas secouru.

-Antenne de maintenance :

Pour assurer la surveillance du radioalignement de descente, les services techniques disposent d'une antenne de mesure, dans le champ radioélectrique proche de l'équipement.

Cette antenne est implantée de manière permanente au delà du seuil de piste. Sa hauteur est définie pour mesurer le rayonnement RAD sous un angle très faible (environ $0,5^\circ$ par rapport au sol).

Pour les RAD CAT II/III, l'antenne du moniteur lointain du RAP est suffisante pour assurer cette fonction.

-Avion LABO pour ILS:



Instrument de maintenance embarqué

IV.5- Conclusion :

Enfin on peut dire que avec la poursuite de la maintenance et l'inspection de différents parties du système « ILS » ; on peut assurer la sécurité et la conformité favorable pour pouvoir garantir son disponibilité dans toute les phases de l'utilisation. Ces conditions sont nécessaires pour ouvrir l'occasion à son développement, tel que :

La dernière décennie voit la mise en service de la catégorie **III** OACI et expérimentalement on a pu réussir des atterrissages catégorie **III** (Hauteur de décision nulle, guidage le long de la piste et parking).

CONCLUSION GENERALE

Après notre étude théorique de ce système, on peut savoir en générale une idée sur quelques types d'aide à la radio navigation et principalement pour le système d'aide à l'atterrissage « ILS », qui est le plus utilisé dans la phase d'approche d'un vol.

L'étude de ce dernier nous offre l'occasion pour comprendre convenablement son principe de fonctionnement et de savoir ses parties principales et leurs implantations sur l'aérodrome ; on outre, on a vu comment faire la maintenance de ce système et mieux comprendre les différentes opérations effectuées sur ses sous systèmes, et les obligations opérationnelles à respecter, ce qui démontre l'importance de ce système d'approche.

Enfin, on peut dire que plus de ces performances de ce système, il existe autres évolutions technologiques apparaitent dans le nouvel système d'approche développé : Le « MLS » qui permet de mieux faciliter les manœuvres de pilotage avec une grande fiabilité ; tous ces développements nous ouvrent vraiment les portes pour faire décoller l'avenir de la navigation aérienne.

ANNEXE:

ADRACS: Automatic Data Recording and Control System.

ADU: Antenne Distribution Unit, Ensemble de distribution d'antenne.

AF: Audio Frequency, Basse fréquence.

AM: Amplitude Modulation, Modulation d'amplitude.

ASB: Alternating Side Band, Bandes laterales alternantes.

BF: Basses Frequency, Audio Frequency.

CAT: Category, Category.

CL: Signal de Clearance.

CS: Signal de Cap.

CSB: Carrier Signal with Side Bands (HF), Signal de porteuse avec bande latérale

DME : Distance Measuring Equipement, Equipement de mesure de la
distance.

DDM : Différence in Depth of Modulation, Différence de taux de modulation.

FM : Frequency Modulation, modulation de fréquence

GP : Glide slope, Glide path.

GS : Radiophare d'alignement de descente.

HF: High Frequency, Haute fréquence.

ILS : Instrument landing System, Système d'atterrissage aux Instruments.

IM : Inner Marker, Radiobalise intérieure.

LLZ/LOC : Localizer

MLS : Microwave landing System, system d'atterrissage aux Micro -ondes.

MM : Middle Marker, Radiobalise médiane.

MOD : Modulation.

NDB : Non –Directional radio Beacon, Radiophare

NM: Nautical Mile, Mile nautique.

OM : Outer Marker, Radiobalise extérieure. Omni Directionnel.

OACI : International Civil Aviation Organisation.

Organisation de l'aviation civile internationale (OACI)

RF : Radio Frequency, Haute fréquence.

SBO : Sideband Only, Bandes latérales seulement.

SDM : Somme des taux de modulation.

TACAN : Tactical Air Navigation, Navigation aérienne tactique.

VHF: Very High Frequency, hyper fréquence.

VOR: Very High Frequency Omni directional Radio Range.

Radiophare omnidirectionnel VHF.

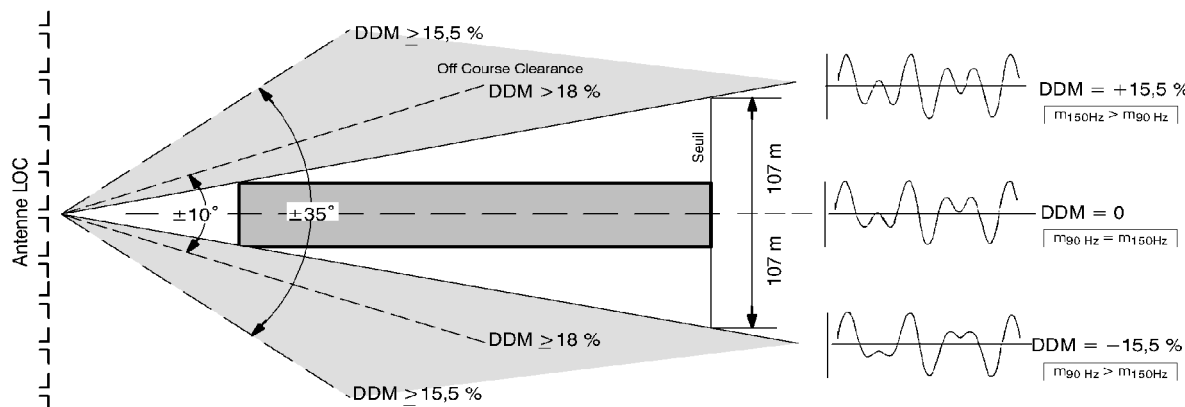
LE FONCTIONNEMENT Technique DU « ILS »

Le « ILS » fonctionne dans la gamme VHF de 108 à 112 MHz, puisque les fréquences associées au glide sont appariées aux fréquences du LOC « de 329 à 335 MHz », donc lors de l'utilisation, on affiche uniquement la fréquence du LOC, obtenant ainsi la réception du GLIDE directement.

✚ LE LOCALISEUR : « plan de course »

L'émetteur « LOC » génère un signal « RF » dans la gamme de fréquences « 108 à 112 MHz », ou l'amplitude de ce signal est modulé par deux fréquences « 90 et 150 Hz » et la différence de taux de modulation entre ces deux signaux décide la position de l'aéronef par rapport l'axe centrale de la piste. Donc il existe 3 possibilités :

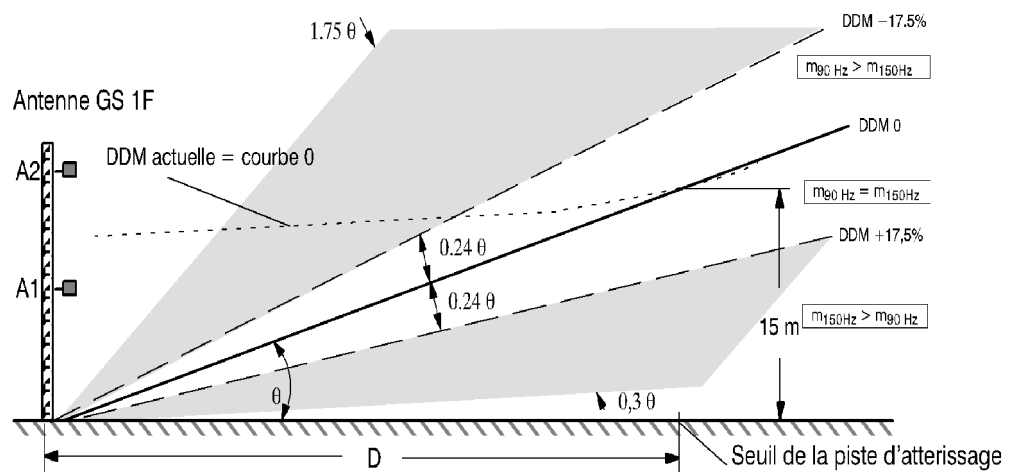
- DDM=0 : signifie que le récepteur de bord reçoit les deux modulations des signaux à amplitudes égaux, l'avion est sur l'axe central de la piste.
- DDM= 15,5 % : caractérise un secteur d'alignement de piste compris entre $\pm 10^\circ$ et $\pm 35^\circ$ sélectionné de manière à ce que la limite soit égale à 107 m au niveau du seuil de la piste.
- DDM ≥ 18 % caractérise un secteur de $\pm 10^\circ$



✚ LE GLIDE « plan d'alignement de descente » : Le GP « Glide Path » génère un signal

« RF » dans la gamme de fréquences « 328 et 336 MHz » dont l'amplitude est modulée à 90 et 150 Hz. La différence de taux de modulation décide 3 cas :

- DDM=0 : Lorsque l'avion s'approche de la piste d'atterrissage sur l'alignement de descente souhaité, cela avec l'angle de plané spécifié de $\theta = 2,5$ à 3° .
- DDM=17,5 % : spécifié pour les déviations de l'angle de plané de $\pm 0.24 \theta$ par rapport à l'alignement de descente.



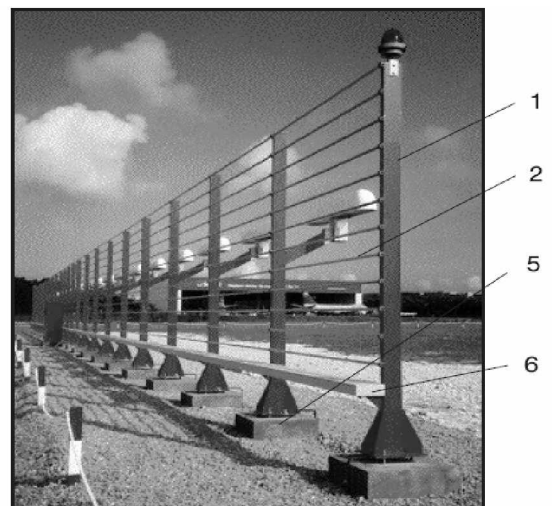
Valeurs caractéristique.

L'IMPLANTATION DE « ILS »

LE Localiser « LLZ 421 » : «Version 2F »

- L'antenne «LLZ » destinée à surveiller le champ proche de rayonnement de l'antenne, un dipôle de champ proche s'installe à 80 mètre (2F) devant l'antenne LLZ.

- 1-Poteau d'extrémité à droite.
- 2-Barre de réflecteur (12).
- 5-fondation en béton.
- 6-Conduit de câbles.

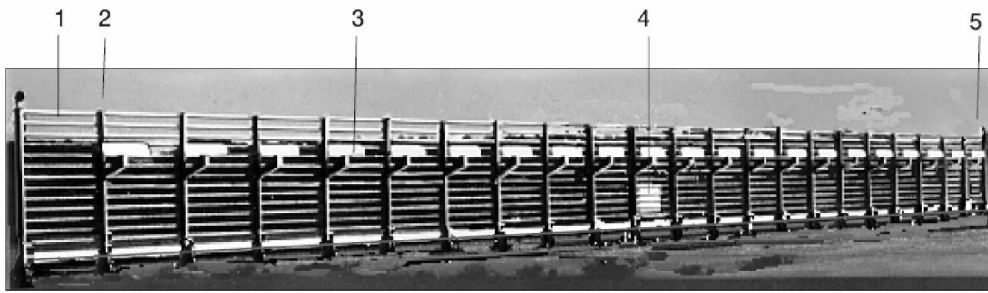


Le sous system « LLZ » peut être à large ou moyenne ouverture ; d'après le nombre des antennes dipôles :

- 21 antennes pour large ouverture.
- 13 antennes pour moyenne ouverture.

Chaqu'un de ces sous-système est constitué par :

- Des antennes dipôle placées devant un réflecteur vertical.
- Un réflecteur vertical muni d'un feu d'obstacles.
- Une unité de distribution d'antenne «ADU» comprenant: des répartiteurs de puissance, un réseau de combinaison, et un réseau intégral.
- Des câbles d'alimentation et de surveillance reliant l'ADU aux antennes dipôles.
- Un dipôle de surveillance.



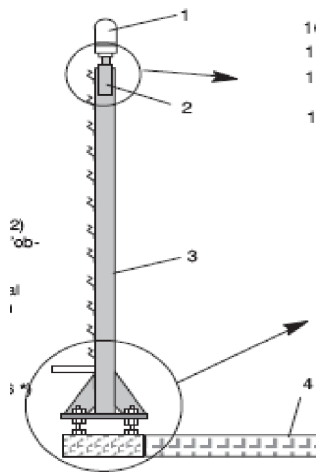
∴

- 1 Barre de réflecteur (12)
- 2 Poteau (15)
- 3 Dipôle (13)
- 4 Unité de distribution d'antenne, comprenant le répartiteur de puissance, le réseau intégral, et le réseau de combinaison
- 5 Dipôle 1 (vu dans la direction du rayonnement)

La zone d'implantation est liée au dégagement nécessaire d'obstacles ; cette opération d'implantation se fait d'une manière rudimentaire.

∅ Montage des mâts et du feu d'obstacle de l'antenne LLZ : Chaque mât (3) de (la figure suivante) doit être aligné verticalement à une certaine distance

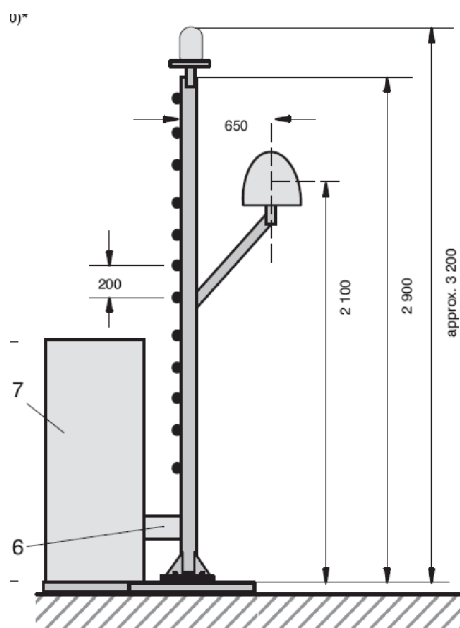
Les mâts des extrémités gauche et droite sont chacun muni d'un feu d'obstacles (1) fixé à son mât par un dispositif de retenue.



- 1 Feu d'obstacle (100 W max.) (2)
- 2 Dispositif de retenue du feu d'obstacle
- 3 Mât
- 4 Surface du réflecteur horizontal

Ø _Montage du conduit de câbles et de l'unité de distribution d'antenne(ADU) :

Un conduit de câbles de (la figure suivante), fixé à chaque mât par un support de cette figure au moyen de deux boulons, se monte au dos de l'antenne, sur toute sa longueur d'après cette figure, le boîtier de l'ADU se place à proximité du conduit de câbles.



6-conduit de câbles.

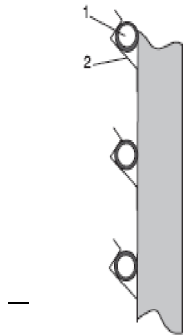
7-unité de distribution ADU

→ 4

Ø Montage des barres de réflecteur et des antennes dipôle

- Avant de monter les barres de réflecteur de (la figure suivante) graissez la surface de contact sous pression du mât avec la graisse de contact.

- Pour assembler deux barres de réflecteur, connectez les deux extrémités du tube avec une goupille élastique.
- Sciez les barres de réflecteur au ras du bord externe de l'auteur mât



1-barre de réflecteur.
2-pièce de retenue.

La maintenance de l'ILS

La maintenance est définie comme étant l'ensemble des actions destinées à maintenir ou à remettre (réparer des défaillances ou pannes) l'équipement ou certain de ses sous-groupes en état d'être exploité normalement.

Ø Les types de Maintenance « ILS »

• *Types de maintenance au sol de « ILS »*

a) Maintenance de mise en service

Une opération de maintenance précède impérativement le contrôle en vol de mise en service qui conditionne la vérification de conformité sur site d'une nouvelle installation ILS.

b) Maintenance hebdomadaire

Cette maintenance consiste à vérifier l'état du système et procède à un contrôle visuel de la structure et de l'antenne. A l'issue de cette maintenance on va :

- Vérifier l'alignement de course : Conseillé pour s'adapter aux conditions environnementales.
- Vérifier la sensibilité du déplacement : Conseillé pour s'adapter aux conditions environnementales.
- Contrôler les dommages : contrôle visuel de l'intégrité des éléments du système.

c) Maintenance mensuelle, en plus des travaux hebdomadaires

A l'issus de cette maintenance, on va contrôler la tension de la batterie de secours afin de vérifier sa puissance : La valeur « demi-tension » devrait faire exactement la moitié de la valeur totale. En cas de déséquilibre, un défaut est signalé.

- Si la déviation est minimale, la batterie peut être maintenue en service même s'il devrait être tenu sous surveillance.
- Si la déviation est supérieure (à partir de quelques dixièmes de volt), mesurer chaque cellule sous charge afin de déterminer laquelle est faible. Remplacer la cellule concernée par une cellule neuve.

d) Maintenance trimestrielle, en plus des travaux mensuels

- Vérifier OFF Course Clearance
- Vérifier les paramètres de tous les deux émetteurs..
- Vérifier le système de commande à distance (affaiblissement en ligne).
- Vérifier le fonctionnement des batteries en simulant une panne d'alimentation :
- Vérifier l'état des antennes.

e) Maintenance annuelle :

Une opération annuelle au sol précède impérativement les opérations de contrôle en vol périodique, à cette maintenance on va

- Vérifier la polarisation
- Vérifier la fréquence de la porteuse.

f) Maintenance corrective :

Elle est définie comme une maintenance effectuée après défaillance ; on va effectuer des opérations pour rechercher les défauts sur :

- Le sous système LOC.
- Le sous système GLIDE.
- Le sous groupes d'émetteurs.

g) Maintenance associée à un contrôle en vol périodique :

Une opération de maintenance annuelle au sol précède impérativement les opérations de contrôle en vol périodique.

Ø Périodicités des opérations de maintenance sol :

Pour chaque station ILS, l'intervalle maximum entre 2 opérations consécutives pourra
Exprimer de la façon suivante :

- à 9 mois pour les maintenances semestrielles. Tout dépassement de ce délai entraînera l'arrêt de l'équipement.
- à 2 mois pour les maintenances mensuelles.
- à 15 jours pour les maintenances hebdomadaires.

• Types de maintenance en vol de « ILS »

Il existe quatre types de contrôle en vol :

- a. Le contrôle en vol de mise en service ; effectué à la suite des opérations de maintenance au sol de mise en service ; Il permet le réglage des stations RAP et RAD et le relevé des paramètres de rayonnement
- b. Le contrôle en vol du RAD, à 6 mois de mise en service ; Ce contrôle en vol permet de disposer de 3 contrôles rapprochés pour avoir une bonne connaissance de l'évolution des caractéristiques de réflexion du RAD.
- c. Le contrôle en vol périodique ; Les contrôles en vol périodiques permettent la vérification des stations RAP et RAD et leur maintien dans les normes de rayonnement.
- d. Le contrôle en vol spécial Ces contrôles en vol peuvent être demandés par

L'Autorité nationale de surveillance, notamment :

- à la suite d'un dysfonctionnement ayant entraîné l'arrêt opérationnel de la station. Ils ont pour objet le contrôle partiel de la station défaillante.
- pour une reconnaissance de site, après une modification de l'environnement.

Ø Périodicités des opérations de contrôles vol

La périodicité nominale retenue est de 12 mois quelle que soit la catégorie d'exploitation.
En tout état de cause, l'intervalle maximum entre deux contrôles en vols périodiques ne peut pas dépasser 16 mois. Tout dépassement de ce délai maximum entraîne l'arrêt de la station pour garantir un niveau de sécurité acceptable pour les usagers.

