

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE SAAD DEHLEB BLIDA  
Faculté des Sciences de l'Ingénieur  
Département : Aéronautique**



**Mémoire pour l'obtention  
Du diplôme d'ingénieur d'état en Aéronautique**

**Spécialité : Navigation Aérienne  
Option : Installation**

**THEME:**

**Installation et maintenance de système ILS  
(Loc. 421, GP. 422) avec l'intégration du système  
d'atterrissage hyperfréquence (MLS).**

**Présenté par :**

**M<sup>r</sup> : KHERBACHI boubekeur.**

**M<sup>r</sup> : KHALFALLAH tarek.**

**Encadré par :**

**M<sup>r</sup> : BEN OUERED.**

**Annee universitaire 2006 /2007.**

## **Remerciements**

*D'abord, nous remercions le tout puissant d'avoir guidé notre pas vers la bonne voie projet de fin d'étude.*

*Nous tenons à exprimer nos profondes à notre promoteur Monsieur BENOUARED pour ces aides précieuses qu'il nous a offerts et sa disponibilité à tout moment pour l'élaboration de ce travail.*

*Nous remercions également les enseignants de département d'Aéronautique et toutes les personnes qui nous a assistées soutenues de près ou de loin. Sans oublier nos amis qui restent dans l'ombre que nous n'oublierons guère.*

*Enfin, nous présentons tous nos vifs et sincères remerciements à monsieur le président et les membres du Jury qui ont accepté d'honorer par leur présence notre travail.*



## Résumé :

Le travail que nous avons fait est une étude technique et pratique sur le système d'atterrissage aux instruments ILS (Loc 421, GP 422). Qui traite dans un premier lieu les procédures d'installation de leurs antennes sur terrain ainsi que les opérations de maintenance sur les différents dispositifs...De plus, nous avons fait une étude descriptive du système d'atterrissage hyperfréquence MLS et l'ensemble des performances qui le caractérise et son intégration avec l'ILS.

## Summary:

The work that we have fact is a technical and practical study on the instrument landing system ILS (Loc 421, GP 422). Who treats in a first place the procedures of installation of their antennas on ground as well as the maintenance actions on the various devices. Moreover, we made a descriptive study of the micro wave landing system *MLS* and the whole of the performances which characterizes it and its integration with ILS.

:

قمنا في هذه المذكرة بدراسة تقنية وميدانية لمختلف الأقسام المكونة لجهاز المساء الهبوط وكيفية إنشائه على أرضية المطار. وتطرقتنا في كفاءته وإعادة تأهيله. الأخير تناولنا مختلف التعديلات التي أجريت على هذا الجهاز من أجل استدراك النقائص وتحويله إلى جهاز أكثر فعالية ودقة ظهر باسم جهاز الـ على الهبوط عالي التوتر. وفي الأخير اقترحنا دمجها على أرضية واحدة.

## Sommaire

### Introduction générale.

### Chapitre 1 : Notions sur les antennes de radionavigation.

1. Généralité .....	01
1.1. Définition et historique de la navigation .....	01
1.2. L'évolution des systèmes de navigation .....	02
1.3. Les antennes de radionavigation. ....	03
1.3.1. Notions sur les antennes .....	03
1.3.1.1. Principes de l'électromagnétisme .....	03
1.3.1.2. Rayonnement électromagnétique .....	04
1.3.2. Caractéristique des antennes .....	06
1.3.3. Les différents types d'antenne.....	06
1.4. Classification opérationnelle des aides à la radionavigation .....	08
1.4.1. Aides à grande distance ( $D > 300\text{NM}$ ) .....	08
1.4.2. Aides à moyenne distance ( $D < 300\text{NM}$ ) .....	08
1.4.3. Aides à courte distance, approche et atterrissage.....	08
1.5. Quelque type d'aides à la radionavigation.....	08
1.5.1.1. Principe de fonctionnement du DME .....	09
1.5.1.2. Caractéristiques du système .....	10
1.5.2.1. Principe de fonctionnement .....	14
1.5.2.2. Présentation des indications à bord .....	16
1.5.2.3. Caractéristiques du système .....	18

### Chapitre 2 : Présentation de système d'atterrissage aux instruments (ILS).

2.1. Historique et définition.....	19
2.2. Principe de ILS.....	19
2.2.1. Disposition des sous-systèmes.....	19
2.2.1.1. Le sous-système Localizer .....	21
2.2.1.2. L'antenne Glide Path (GP) .....	23
2.2.1.3. Les radios bornes (Markers). ....	25

2.2.1.4. Sous- système DME .....	27
2.3. Catégories de l'ILS .....	27
2.4. Versions de l'équipement .....	27

### **Chapitre 3 : Installation de système ILS 420(Loc 421, GP422).**

3. Description de l'ILS 421.....	29
3.1. Radiophare d'alignement de piste LLZ 421. ....	29
3.1.1. Diagramme de rayonnement de LLZ-2F.....	29
3.1.2. Emplacement de LLZ421-2F.....	31
3.1.3. Les éléments constituant de LLZ421-2F.....	31
3.1.3.1. Répartition des dipôles a 13 éléments.....	32
3.1.3.2. Unité de distribution d'antennes (ADU, 13 éléments) .....	35
3.1.4. Installation de l'antenne LLZ 421.....	38
3.1.4.1. Exégences de l'installation.....	38
3.1.4.2. Le choix de la zone d'installation LLZ421-2F.....	40
3.1.4.3. Montage de l'antenne.....	44
3.1.4.4. Câblage et connexion des antennes.....	49
3.2. Radiophare de descente de piste GP 422.....	54
3.2.1. Diagramme de rayonnement 2 F, Type M.....	55
3.2.2. Emplacement de GP 422-2F.....	57
3.2.3. Les éléments constituant de GP 422-2F.....	57
3.2.4. Installation de l'antenne GP 422.....	64
3.2.4.1. Exégences de l'installation.....	64
3.2.4.2. Définition de la zone d'installation GP-2F.....	64
3.2.4.3. Détermination du site de l'installation.....	64
3.2.4.4. Montage de l'antenne.....	67
3.3. Contrôle et teste après installation de l'antenne.....	76

### **Chapitre 4 : Maintenance d'ILS420.**

4.1. Généralité.....	78
4.2. La maintenance assisté par ordinateur.....	78

4.2.1. Logiciel utilisateur ADRACS.....	79
4.2.2. Logiciel de l'émetteur .....	79
4.2.3. Logiciel du moniteur .....	79
4.2.4. Logiciel LRCI.....	79
4.2.5. Configuration du télé monitoring et télémaintenance (RMMC) .....	80
4.2.6. L'organigramme de la maintenance assisté par ordinateur.....	82
4.2.7. Les interface du logiciel ADRACS .....	84
4.3. Maintenance programmée.....	87
4.3.1. Maintenance hebdomadaire.....	88
4.3.2. Maintenance mensuelle, en plus des travaux hebdomadaires.....	88
4.3.3. Maintenance trimestrielle, en plus des travaux mensuels.....	90
4.3.4. Maintenance annuelle, en plus des travaux trimestriels.....	91
4.4. Maintenance corrective.....	92
4.4.1. La recherche de défauts sur le sous-système Localizer 421 .....	92
4.4.2. La recherche Défaut sur les sous-groupes d'émetteur.....	92
4.4.3. Défaut sur les sous-groupes Moniteur .....	94
4.4.4. Remplacement des sous-groupes .....	96
4.4.5. La recherche de défauts sur le sous-système GP-422.....	98
4.4.6. Remplacement et reconfiguration des sous-groupes LCP, LG-A et LG-M.....	98
4.5. Maintenance associée à un contrôle en vol périodique .....	101
4.5.1. Avion labo pour ILS .....	102
4.5.2. Les types de contrôle en vol .....	103
4.5.2.1. Contrôle en vol de mise en service.....	103
4.5.2.2 Contrôle en vol du RAD 6 mois après mise en service.....	103
4.5.2.3 Contrôle en vol périodique .....	103
4.5.2.4 Contrôle en vol spécial.....	104
4.5.3. Périodicités .....	104
4.5.3.1 Cadre général.....	104
4.5.3.2. Contrôle en vol du RAD 6 mois après mise en service .....	104
4.5.3.3. Cas particulier.....	105
4.5.3.4. Exemple .....	105
4.6. Conclusion .....	107

## **Chapitre 5: Système d'atterrissage hyperfréquence (MLS).**

<b>5.1.</b>	<b>Objectifs.....</b>	<b>110</b>
<b>5.2.</b>	<b>Présentation de système MLS (Système d'atterrissage aux instruments).....</b>	<b>110</b>
<b>5.2.1.</b>	<b>Historique du MLS.....</b>	<b>110</b>
<b>5.3.</b>	<b>Description de système.....</b>	<b>111</b>
<b>5.3.1.</b>	<b>Equipement sol .....</b>	<b>111</b>
<b>5.3.1.1.</b>	<b>Les informations transmises par ces dispositifs .....</b>	<b>112</b>
<b>5.3.1.1.1.</b>	<b>Système de guidage en azimuth arrière (BCAZ) .....</b>	<b>113</b>
<b>5.3.1.1.2.</b>	<b>Système de guidage en site (EL).....</b>	<b>114</b>
<b>5.3.1.1.3.</b>	<b>Système de guidage d'arrondi (FL).....</b>	<b>117</b>
<b>5.3.1.1.4.</b>	<b>Système de guidage en azimuth (AZ).....</b>	<b>118</b>
<b>5.3.1.1.5.</b>	<b>Système de transmission des données .....</b>	<b>118</b>
<b>5.3.1.1.6.</b>	<b>Système de mesure de distance.....</b>	<b>118</b>
<b>5.3.2.</b>	<b>La nature et le format des données de base de système MLS.....</b>	<b>119</b>
<b>5.3.2.1.</b>	<b>Les données de base .....</b>	<b>119</b>
<b>5.3.2.2.</b>	<b>Les données auxiliaires.....</b>	<b>121</b>
<b>5.3.2.</b>	<b>Equipement embarqué.....</b>	<b>121</b>
<b>5.4.</b>	<b>Principe de fonctionnement du MLS .....</b>	<b>121</b>
<b>5.4.1.</b>	<b>Station sol MLS .....</b>	<b>121</b>
<b>5.4.1.1.</b>	<b>Emission.....</b>	<b>122</b>
<b>5.4.2.</b>	<b>Equipement embarqué.....</b>	<b>126</b>
<b>5.5.1.</b>	<b>Décodage de l'information angulaire.....</b>	<b>127</b>
<b>5.5.2.</b>	<b>Traitement du signal vis-à-vis des réflexions.....</b>	<b>128</b>
<b>5.5.3.</b>	<b>Etude comparative entre l'ILS et Le MLS.....</b>	<b>130</b>
<b>5.5.4.</b>	<b>Intégration du système MLS avec le système ILS.....</b>	<b>131</b>
<b>5.5.5.</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>133</b>

### **Conclusion générale**



## Liste des tableaux :

<b>Tableau 1-1:</b> Les différentes bandes de fréquence .....	05
<b>Tableau 1.2 :</b> Les caractéristiques du système DME. ....	11
<b>Tableau 1.3 :</b> Les fréquences des canaux utilisés dans système DME. ....	11
<b>Tableau 1.4 :</b> Les caractéristiques du système VOR.....	18
<b>Tableau 2-1 :</b> catégories d'ILS.....	27
<b>Tableau 3-1 :</b> Montage des dipôle et hauteurs de mât pour GP-2F (type M), valeurs indicatives pour un terrain plat.....	72
<b>Tableau 3-2 :</b> calcul du site d'installation du dipôle de moniteur GP-2F (type M) (valeurs indicatives).....	74
<b>Tableau 4.1:</b> Recherche des cellules défectueuses.....	89
<b>Tableau 4.2:</b> Chargement initial.....	89
<b>Tableau 4.3:</b> recherche les défauts sur les sous-groupes d'émetteur (1).....	93
<b>Tableau 4.4:</b> recherche les défauts sur les sous-groupes d'émetteur (2).....	93
<b>Tableau 4.5 :</b> recherche les défauts sur les sous-groupes Moniteur.....	94
<b>Tableau 4.6:</b> Préparations et réglages lors du remplacement d'un sous-groupe.....	97
<b>Tableau 5.1 :</b> Les différentes paramètres de l'information reçu.....	119
<b>Tableau 5.2 :</b> Les codages.....	119



*Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail  
A mes très chères parents  
A toutes mes sœurs  
A mes frères Mohammed et Abedennour  
Et à tout qui porte le nom Kherbachi  
A tous mes collègues de l'institut d'aéronautique  
de Blida  
Et finalement à tous ceux et celles qui n'ont  
pas pu être cités.*

*Boubekeur*



A decorative scroll with a green and yellow gradient background. The scroll is adorned with floral patterns, including a large red shell at the bottom left and a cluster of red and blue flowers on the right side. The text is centered on the scroll.

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail  
A ma très chère mère 'Zahia'*

*A mon père 'Salah'*

*A mes sœurs*

*A mes frères' Mohammed Amine'*

*& 'Oussama'*

*A toute ma famille proche*

*A tous mes collègues*

*A mes amis : Lyes, Ismail, Abdel Baki, Hocine,*

*Bader, Bachro, Hacène,*

*Et connaissances proches et lointaines.*

*TAREK*



## Liste des figures :

<b>Figure 1.1:</b> La propagation d'onde électromagnétique.....	04
<b>Figure 1.2 :</b> Classification des antennes.....	07
<b>Figure 1.3 :</b> Station VOR / DME.....	08
<b>Figure 1.4 :</b> Schéma synoptique d'une station DME.....	10
<b>Figure 1.5 :</b> Fréquence d'interrogation et de réponse des canaux DME.....	12
<b>Figure 1-6 :</b> Station VOR.....	13
<b>Figure 1.7 :</b> Le cône de silence.....	13
<b>Figure 1.8 :</b> schéma synoptique d'un émetteur VOR au sol.....	14
<b>Figure 1.9 :</b> Angle de phase dans différentes directions .....	15
<b>Figure 1.10 :</b> Indication gauche/droite.....	16
<b>Figure 1.11 :</b> indication abord (TO / FROM).....	17
<b>Figure 2.1 :</b> Répartition des fréquences d'ILS. ....	19
<b>Figure 2.2:</b> Disposition générale des sous-systèmes d'ILS.....	20
<b>Figure 2.3:</b> Diagramme de rayonnement de Localizer. ....	21
<b>Figure 2.4 :</b> L'emplacement de sous système Localizer (LLZ) sur la piste.....	22
<b>Figure 2.5 :</b> Valeurs caractéristiques GP. ....	23
<b>Figure 2.6 :</b> L'emplacement d'antenne Glide Path (GP) sur la piste.....	24
<b>Figure 2.7 :</b> L'emplacement des markers sur la piste.....	25
<b>Figure 2.8:</b> Le couloir d'approche d'ILS.....	26
<b>Figure 2.9 :</b> Principe de fonctionnement d'ILS.....	28
<b>Figure 3.1 :</b> LLZ-2F, diagramme de rayonnement (vue de principe).....	29
<b>Figure 3.2 :</b> Diagrammes de rayonnement calculés normalisés de l'antenne à 13 éléments 2F (cap CSB et SBO).....	31
<b>Figure 3.3 :</b> Système d'antenne (13 éléments), vue d'ensemble.....	32
<b>Figure 3.4 :</b> Vue de face de LLZ-2F.....	33
<b>Figure 3.5:</b> Conception mécanique de l'antenne LLZ- 2F (13 éléments) .....	34
<b>Figure 3.6 :</b> composant de l'antenne dipôle.....	34
<b>Figure 3.7 :</b> Unité de distribution d'antenne, porte avant ouverte (exemple avec 21 éléments).....	35
<b>Figure 3.8 :</b> Schéma fonctionnel du répartiteur de puissance.....	36
<b>Figure 3.9:</b> Schéma fonctionnel du répartiteur de puissance destiné au cap.....	36

<b>Figure 3.10</b> : Schéma fonctionnel du répartiteur de puissance destiné à la clearance.....	37
<b>Figure 3.11</b> : Schéma fonctionnel du réseau de combinaison.....	37
<b>Figure 3-12</b> : installation de site type, avec respect ordonné des points de contrôle topographique.....	42
<b>Figure 3-13</b> : Différent types de configurations de connecteurs de terre.....	43
<b>Figure 3-14</b> : Répartition de la mise à la terre d'une installation de radiophare d'alignement de piste.....	44
<b>Figure 3-15</b> : Élévation des mâts.....	45
<b>Figure 3-16</b> : Disposition des segments de conduit pour câbles (exemple d'antenne à 13 éléments).....	45
<b>Figure 3-17</b> : Montage détaillé des segments de conduit de câbles.....	46
<b>Figure 3-18</b> : Conduit de câbles avec support et unité de distribution d'antenne (ADU).....	47
<b>Figure 3-19</b> : Montage des barres de réflecteur et des antennes dipôle.....	48
<b>Figure 3-20</b> : Mise à la terre de la structure d'antenne et de la surface de réflexion horizontale.....	49
<b>Figure 3-21</b> : Section transversale d'une tranchée pour câbles type.....	50
<b>Figure 3-22</b> : Pose et guidage des câbles d'antenne.....	51
<b>Figure 3-23</b> : Disposition des antennes dipôle.....	52
<b>Figure 3-24</b> : Montage du mât et du dipôle de champ proche.....	53
<b>Figure 3-25</b> : Diagramme de rayonnement d'un réseau d'antennes à dipôles.....	55
<b>Figure 3-26</b> : Diagramme de rayonnement pour GP-2F (type M) comparé à GP-1F vue du principe.....	55
<b>Figure 3-27</b> : Disposition des composants du système d'antennes GP-2F (actif).....	58
<b>Figure 3-28</b> : Système d'antennes GP avec 3 réseaux d'antennes à dipôles.....	59
<b>Figure 3-29</b> : Mât de l'antenne constituant du GP.....	60
<b>Figure 3-30</b> : Réseau d'antennes à dipôles GP.....	61
<b>Figure 3-31</b> : Réseau intégral GP-2F, vue et bloc-diagramme.....	62
<b>Figure 3-32</b> : Dipôle de champ proche pour GP.....	63
<b>Figure 3.33</b> : Site d'installation typique GP-2F (type M).....	65
<b>Figure 3-34</b> : Croquis pour le calcul de la distance entre seuil et mât de l'antenne.....	66
<b>Figure 3.35</b> : GP-2F, type M, surface de réflexion typique.....	67
<b>Figure 3-36</b> : Installation GP (exemple).....	68
<b>Figure 3.37</b> : Fixe le cadre de base.....	69

<b>Figure 3-38</b> : Montage du mât, par exemple 3 sections de mât.....	70
<b>Figure 3-39</b> : Montage des supports de l'antenne.....	71
<b>Figure 3-40</b> : Montage de réseaux à dipôles.....	71
<b>Figure 3-41</b> : Réseau à dipôles GP, composants.....	73
<b>Figure 3-42</b> : Installation des dipôles de moniteur.....	75
<b>Figure 4.1</b> : Logiciel système, aperçu .....	78
<b>Figure 4.2</b> : Aperçu de la structure du logiciel LCP.....	80
<b>Figure 4.3</b> : Aperçu de RMMC. ....	81
<b>Figure 4.4</b> : Exemple de configuration:	
RCMS 443 pour deux ILS et CVOR/DME/TACAN.....	82
<b>Figure 4.5</b> : L'organigramme d'utilisation de logiciel ADRACS. ....	83
<b>Figure 4.6</b> : Fenêtre de démarrage et LOGIN (exemple). ....	85
<b>Figure 4.7</b> : Fenêtre 'Detailed Status' menu COMMANDS (exemple). ....	85
<b>Figure 4.8</b> : Fenêtre 'Detailed Status' menu DATA (exemple). ....	86
<b>Figure 4.9</b> : Fenêtre 'General Data', menu WINDOW (exemple). ....	86
<b>Figure 4.10</b> : Fenêtre de dialogue ADJUST WINDOWS (exemple). ....	86
<b>Figure 4.11</b> : Fenêtre 'LRCI Station Configuration' pour	
le réglage de paramètre (exemple). ....	87
<b>Figure 4.12</b> : Bouton de réinitialisation et indication de tension sur le sous-groupe.....	95
<b>Figure 4.13</b> : Panneau frontal LCP et fenêtre 'LCP Control Menu'.....	99
<b>Figure 4.14</b> : Menu 'LGX boot loader'.....	100
<b>Figure 4.15</b> : différents types d'avion labo. ....	102
<b>Figure 4.16</b> : Le graphe obtenu à bord de l'avion labo. ....	105
<b>Figure 4.17</b> :Déviation de rayonnement Localiser.....	106
<b>Figure 4.18</b> : Réflexion considérable due à la cargaison. ....	107
<b>Figure 5.1</b> : Les différents dispositifs de système MLS.....	111
<b>Figure 5.2</b> : Schéma explicatif de guidage en azimut (AZ). ....	113
<b>Figure 5.3</b> : Schéma explicatif de guidage en site (EL). ....	114
<b>Figure 5.4</b> : Schéma explicatif de guidage d'arrondi (FL). ....	115
<b>Figure 5.5</b> : Configurations de l'arrondi dans le plan horizontal. ....	116
<b>Figure 5.6</b> : Configurations de l'arrondi dans le plan vertical. ....	116
<b>Figure 5.7</b> : Schéma explicatif de guidage en azimut (AZ) .....	117
<b>Figure 5.8</b> : Le format de l'information diffusée. ....	118
<b>Figure 5.9</b> : Schéma synoptique d'une station MLS au sol. ....	121



<b>Figure 5.10</b> : Le diagramme de rayonnement. ....	123
<b>Figure 5.11</b> : Balayage électronique.....	124
<b>Figure 5.12</b> : Déphasage numérique. ....	125
<b>Figure 5.13</b> : Schéma synoptique d'un équipement de bord.....	126
<b>Figure 5.14</b> : Le comptage commandé. ....	127
<b>Figure 5.15</b> : Schémas explicatif de multi trajet. ....	128
<b>Figure 5.16</b> : Phénomène de réflexion.....	129
<b>Figure 5.17</b> : Calcul d'erreur en temps. ....	129
<b>Figure 5.18</b> : Séparation d'approche. ....	130
<b>Figure 5.19</b> : Espacement de temps départ / arrivée. ....	131
<b>Figure 5.20</b> : La disposition des éléments ILS et MLS sur la même piste. ....	132
<b>Figure 5.21</b> : Intégration de Localizer ILS avec élément d'approche azimute MLS. ....	133

## Liste des abréviations :

<b>ADRACS:</b>	Automatic Data Recording and Control System.
<b>ADU</b> :	Antenne Distribution Unit, Ensemble de distribution d'antenne.
<b>AF</b> :	Audio Frequency, Bass fréquence.
<b>AFC</b> :	Automatic Frequency Control, Commande automatique par fréquence.
<b>AM</b> :	Amplitude Modulation, Modulation d'amplitude.
<b>ASB</b> :	Alternating SideBand, Bandes latérales alternantes.
<b>ATC</b> :	Air Traffic Control, Contrôle du trafic aérien.
<b>ATM</b> :	Air Traffic Management.
<b>BAZ</b> :	Back-Azimuth.
<b>BCPS</b> :	Battery Charging Power Supply, Chargeur de batterie et bloc d'alimentation.
<b>BF</b> :	Basse Fréquence, Audio Frequency.
<b>CA</b> :	Carrier Amplifier.
<b>CAT</b> :	Category, Category.
<b>CLR</b> :	Clearance signal.
<b>CL</b> :	Signal de Clearance.
<b>CPU</b> :	Central Processing Unit.
<b>CRS</b> :	Course signal.
<b>CS</b> :	Signal de cap.
<b>CSB (1)</b> :	Carrier signal with SideBands (HF), Signal de porteuse avec bandes latérales.
<b>CSB (2)</b> :	Control&Status Board (part of the LCSU).
<b>CSL</b> :	Control and Selector Logic ,Logique de commande et de sélection.
<b>CTOL</b> :	Conventional Take-off and Landing, Décollage et atterrissage classiques.
<b>DC</b> :	Direct Current, Courant continu.
<b>DCC</b> :	DC-Converter, Convertisseur de courant continu (Convertisseur CC).
<b>DCC-MV</b> :	DC-Converter Multivoit, Convertisseur CC- Multivoit.
<b>DCC-MVD</b> :	DC-Converter Multivoit Doppler, Convertisseur CC-Multivolt Doppler.
<b>DDM</b> :	Difference in Depth Of Modulation, Différence de taux de modulation.
<b>DME</b> :	Distance Measuring Equipment, Equipement de mesure de la distance.
<b>DSB</b> :	Double Side band, Bandes latérales doubles.
<b>DU</b> :	Distribution Unit, Ensemble de distribution.
<b>DVOR</b> :	Doppler Very High Frequency Omnidirectional Radio Range.

		Radiophare omnidirectionnel VHF Doppler.
<b>ECU</b>	:	Executive Control Unit, Ensemble de contrôl exécutif.
<b>EEPROM</b>	:	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory. Mémoire à lecture seule, programmable et effaçable électrique.
<b>EMC</b>	:	Electromagnetic Compatibility.
<b>FFM</b>	:	Farfield Monitor.
<b>FF</b>	:	Moniteur de champ lointain (zone Fraunhofer).
<b>FM</b>	:	Frequency Modulation, Modulation de fréquence.
<b>GP</b>	:	Glide Slope, Glide Path .
<b>GS</b>	:	Radiophare d'alignement de descente.
<b>HF</b>	:	Radio frequency , Haute fréquence.
<b>OACI</b>	:	International Civil Aviation Organization. Organisation de l'aviation civile internationale (OACI).
<b>ILS</b>	:	Instrument Landing System, Système d'atterrissage aux instruments.
<b>IM</b>	:	Inner Marker, Radiobalise intérieure.
<b>LCI</b>	:	Local Control Indicator.
<b>LCP</b>	:	Local Control Panel.
<b>LCSU</b>	:	Local Control and Status Unit.
<b>LCU</b>	:	Local Communication Unit.
<b>LG-A</b>	:	Localizer/Glide Path - Audio Generator.
<b>LG-M</b>	:	Localizer/Glide Path - Monitor Processor.
<b>LLZ/LOC</b>	:	Localizer.
<b>LRCI</b>	:	Local/Remote Communication interface.
<b>LSB (1)</b>	:	Lower Sideband (HF DVOR), Bandes latérales inférieures.
<b>MLS</b>	:	Microwave Landing System, Système d'afferrissage aux micro-ondes.
<b>MM</b>	:	Middle Marker, Radiobalise médiane.
<b>MOD</b>	:	Modulation.
<b>MODPA</b>	:	Modulator/Power Amplifier, Amplificateur de Modulateur/puissance.
<b>MOD-SBB</b>	:	Modulator Sideband Blending (DVOR), Modulateur de transition des bandes latérales.
<b>NAVAIDS</b>	:	Navigational Aids, Aide de navigation.
<b>NDB</b>	:	Non-Directional radio Beacon, Radiophare omnidirectionnel.
<b>NFM</b>	:	Nearfield Monitor, Moniteur de champ proche.
<b>NM</b>	:	Nautical Mile , Mile nautique.

<b>OM</b>	:	Outer Marker, Radiobalise extérieure.
<b>PC</b>	:	Personal Computer.
<b>PMC</b>	:	Phase Monitor and Control, Moniteur de phase et commande.
<b>POSN</b>	:	Position Course, Position de cap.
<b>PSN</b>	:	Position.
<b>RF</b>	:	Radio Frequency, Haute fréquence (HF).
<b>RMMC</b>	:	Remote Monitoring and Maintenance Configuration.
<b>RWY</b>	:	Runway, Piste d'aviation.
<b>RX</b>	:	Receiver, Récepteur.
<b>SB</b>	:	Sideband, Bandes latérales.
<b>SB1, SB2</b>	:	Sideband 1, Sideband 2, Bandes latérales 1, 2.
<b>SBA</b>	:	Sideband A (used in VOR), Bandes latérales A (utilisé en VOR).
<b>SBB</b>	:	Sideband B (used in VOR), Bandes latérales B (utilisé en VOR).
<b>SBO</b>	:	Sideband Only, Bandes latérales seulement.
<b>SDM</b>	:	Somme des taux de modulation.
<b>TACAN</b>	:	Tactical Air Navigation, Navigation aérienne tactique.
<b>THR</b>	:	Threshold, Valeur de seuil.
<b>USB</b>	:	Upper Sideband (HF DVOR), Bandes latérales supérieures.
<b>VHF</b>	:	Very High Frequency, Hyperfréquence.
<b>VOR</b>	:	Very High Frequency Omnidirectional Radio Range. Radiophare omnidirectionnel VHF.

# Introduction générale

## **Introduction générale :**

La Radionavigation joue un rôle très spécial dans le trafic aérien. La vie des personnes dépend directement du fonctionnement approprié du positionnement et de la navigation électroniques. Beaucoup de nouvelles idées au sujet d'exactitude et d'intégrité des systèmes de navigation ont leur origine dans l'aviation. C'est l'une des raisons pour laquelle un regard plus étroit est donné à ces systèmes. Quand un avion déplace d'un point A à 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 son trajectoire, en utilisant les données qui sont diffusées par les systèmes satellites comme GPS, GLONASS, et GNSS-2 qui jouent également un rôle important.

Quand l'avion approche la piste, il doit utiliser des données spécifiques et précises qui sont diffusées par le système d'appareillage de mesure omnidirectionnel de la chaîne (VOR) et de la distance de VHF (télémètre radar).

Finalement, pour faire un atterrissage en toute sécurité il faudrait utiliser les données qui sont diffusées par le système d'atterrissage aux instruments ILS.

Grâce à l'évolution technologique et pour augmenter les performances des aides de radionavigation, les installateurs ont injecté des améliorations sur l'ILS qui donnent après la naissance du système d'atterrissage hyperfréquence MLS.

Ce travail a été divisé en cinq chapitres, le chapitre :

- 1) Notions sur les antennes de radionavigation.
- 2) Présentation de système d'atterrissage aux instruments (ILS).
- 3) Installation de système ILS 420(Loc 421, GP422).
- 4) Maintenance d'ILS420.
- 5) Système d'atterrissage hyperfréquence (MLS).

# Chapitre 1 :

# Notions sur les antennes de la radionavigation

## 1. Généralité :

### 1.1. Définition et historique de la navigation :

La navigation aérienne vient du mot naviguer joint au mot aérien, naviguer consiste (sens originel) à se déplacer sur l'eau. Par extension logique, ce terme qualifie l'art et la science de conduire un navire. Les anciens navigateurs, sans l'aide des instruments de navigation, explorèrent les côtes de l'Europe, de l'Asie et de l'Afrique. Les Vikings atteignirent même l'Amérique du Nord. Toutes ces expéditions se firent cependant au prix de nombreux naufrages. Les meilleurs d'entre eux savaient reconnaître leur route et l'évolution du temps à divers signes : l'aspect du ciel, la position des astres, la couleur et la saveur de l'eau, le comportement des animaux, etc. Ce savoir a généralement disparu, sauf chez certains peuples du Pacifique qui savent encore, avec une simple pirogue, rejoindre une île située à des centaines de milles. Ultérieurement la notion de la navigation s'est étendue aux domaines aérien, terrestre et spatial. La navigation (maritime) a pu se développer grâce aux travaux des astronomes qui ont su établir des éphémérides permettant de connaître les coordonnées des astres en fonction du temps, à partir du 15<sup>ème</sup> siècle la navigation astronomique s'est imposée comme l'un des moyens de découverte de la terre qui a contribué au exploit de LOUIS Antoine de Bougainville, de JAMES Cook et de Jean François de Galaup et même à la découverte du continent américain (1492). A partir du 16<sup>ème</sup> siècle, et la représentation de la terre par cartographie mathématique de **GERHARD KRAMER**, dit **MERCATOR**. Obtenu à partir de la projection d'une sphère sur un cylindre tangent à l'équateur, de telle sorte que la représentation plane obtenue ait pour propriété fondamentale la conservation des angles, méridiens parallèles, ainsi que la courbe terrestre appelée loxodromie et l'arc du grand cercle ou orthodromie.

Les premiers moyens pratiques de navigation, la boussole, apparue au 1<sup>er</sup> en Chine, les instruments de mesure de la hauteur angulaire des astres apparus au moyen âge, ou les montres de marine perfectionnées au 18<sup>ème</sup> siècle par les anglais ont été les précurseurs de la radioélectricité, gyroscope, des satellites et des calculateurs du 20<sup>ème</sup> siècle, tous ces instruments sont maintenant à notre disposition pour aider à la conception de moyens, de méthodes et de systèmes de navigation.



## 1.2. L'évolution des systèmes de navigation :

La navigation aérienne est l'art de faire parvenir un mobile a une destination donnée dans des conditions données, et permettant au pilote de maintenir son appareil en ligne de vol sur sa trajectoire optimale entre le départ et l'arrivée, et pendant les manœuvres de décollage et atterrissage. Donc les systèmes de navigation ont été évalués comme suite :

### **.Première génération :**

Comme son nom l'indique, c'est le début de l'aviation en général et à cette époque, le pilote utilise ses facultés physiologiques (oreille, odorat, vue) comme capteurs.

Il avait comme instrument le **GONIO** et **CHRONOMETRE**.

### **.Deuxième génération:(les années 50)**

Il y a eu l'apparition des systèmes de navigation et d'aide à la navigation et de communication à signaler qu'à cette époque, les avions volaient à faible altitude et que la technologie utilisée était mécanique et électromécanique. Elle était caractérisée par : -le coût d'exploitation.

-Fiabilité médiocre des instruments.

### **.Troisième génération :(1960-1970)**

Cette époque était caractérisée par des avions volant à plus de 40.000 pieds à des vitesses dépassant le Mach2. et on a associé à cette époque la technologie d'électronique et d'automatique, ce qui fera que cette génération soit caractérisée par une intégration partielle :

- Des systèmes et instruments.

-Transmission des données électroniques et hydromécaniques.

### **.Quatrième génération (les années 80):**

Avec l'accroissement du trafic aérien ; les ingénieurs sont confrontés plus souvent aux problèmes de gestion de vols, tout en assurant un coefficient de sécurité le plus élevé possible. Cette époque est caractérisée par :

1/ automatisation complète systèmes.

2/ intégration totale de tous les systèmes de pilotage.

3/ gestion efficace du trafic aérien (ATM : air traffic management) et toutes les fonctions sont pilotées par des micro-ordinateurs ou des algorithmes de traitement sont élaborés à partir de modèles approfondis qui peuvent prendre en compte des données concernant le vol.

Parmi les nouveautés apparues dans la gamme des systèmes de navigation :

Le système TCAS, qui n'est autre qu'un système anti-collision entre (avion/avion) ou (avion/obstacle).Et on a vu aussi l'apparition du MLS, qui est un système d'aide à

l'atterrissage. C'est un système récent qui a vu le jour en 1987, et qui doit remplacer son prédécesseur l'ILS.

Et enfin, révolution du siècle avec l'apparition des système de navigation par satellite tel que le système GPS. Les informations fournies au pilote sont : la position, le cap, le relèvement (altitude, longitude, latitude). Et les radars météo qui possèdent une précision très sensible.

### **1.3. Les antennes de radionavigation.**

#### **1.3.1. Notions sur les antennes :**

##### **1.3.1.1. Principes de l'électromagnétisme :**

Un champ électrique variable produit un champ magnétique induit. De même, un champ magnétique variable produit un champ électrique induit. Cette relation entre le champ électrique et le champ magnétique produit une propagation d'onde électromagnétique transverses, dans laquelle des champs électrique et magnétique oscillants sont orientés l'un perpendiculaire à l'autre ainsi que par rapport à la direction de propagation .Les ondes électromagnétiques de radiofréquence (RF), dont les fréquences varient entre 10 kHz à 100 GHz, peuvent être produites par des électrons libres oscillant constamment dans un matériau conducteur. Les ondes électromagnétiques de fréquences supérieures, telles que la lumière infrarouge, la lumière ultraviolette, la lumière visible, les rayons X et les rayons gamma, résultent de l'excitation thermique d'électrons orbitaux (chaleur) ou de changements d'état quantique aux niveaux atomique et nucléaire. La Terre est exposée continuellement à l'énergie électromagnétique du soleil, qui confère une puissance d'environ 1 400 W ( $\text{W/m}^2$ ) à la haute atmosphère, puissance qui se trouve affaiblie à environ 220  $\text{W/m}^2$  au niveau de la mer.

Les ondes électromagnétiques dans le spectre RF sont utilisées pour transmettre de l'information analogique et numérique. Cette information est normalement codée par la modulation des caractéristiques de fréquence, d'amplitude ou de phase de l'onde porteuse. Certains signaux RF, tels que ceux qui sont produits par les radars, sont pulsés pour permettre de mesurer la distance entre l'émetteur et la cible.

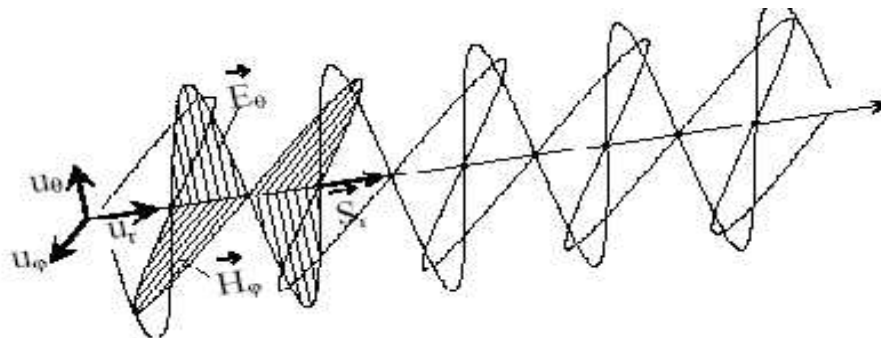
Les avions modernes émettent et reçoivent des signaux RF passant dans l'atmosphère et fait des liaisons avec des stations au sol pour déterminer les différents paramètres d'un objet volant. Les antennes sont conçues pour recevoir l'énergie RF dans des gammes de fréquences particulières et pour amener cette énergie RF aux récepteurs radio ou radar à bord de l'avion. Les radios d'avion sont conçues pour fonctionner à des fréquences attribuées conformément aux allocations nationales et internationales du spectre RF. Ces allocations ont

été élaborées pour garantir que les sources RF à grande puissance ne brouilleront pas les radios et radars d'aéronef.

**1.3.1.2. Rayonnement électromagnétique :**

**A. Présentation :**

Une onde EM est constituée d'un champ électrique E et d'un champ magnétique H. Dans le vide, ces deux champs sont orthogonaux et transverses (perpendiculaires à la direction de propagation): c'est une onde TEM (Transverse Electromagnétique). Voir la figure I-1.



**Figure 1-1:** La propagation d'onde électromagnétique.

On a :

Cas général	Dans le vide	
$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$	$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$	(1)

$\vec{E} = \vec{Z} \times \vec{H}$	$ \vec{E}  = Z_0  \vec{H} $	avec $Z_0 = \frac{ \vec{E} }{ \vec{H} } = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \approx 376.7 \Omega$	(2)
------------------------------------	-----------------------------	---	-----

$ \vec{E}  = c \cdot  \vec{H} $	avec $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \epsilon_0}} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	(3)
---------------------------------	---	-----

Tel que:

**S** : Vecteur de Poynting. La partie réelle de S indique la direction et le sens de l'écoulement de l'énergie. A noter que dans le vide, S est purement réel.

**Z0**: Impédance caractéristique du vide. Cette impédance a un peu le même rôle que l'impédance caractéristique d'une ligne. Dans l'espace, les choses sont un tout petit peu plus compliquées, car les ondes EM se propagent dans les trois directions de l'espace.

**B. Génération d'onde :**

Une onde EM se propageant dans l'espace peut être produite:

**a.** par des courants, représentés vectoriellement par une densité de courant ( J ) en A/m2. C'est le cas des antennes filaires.

b. par une ouverture dans un volume où règne un champ EM, par exemple l'extrémité ouverte d'un guide d'onde. C'est le principe des antennes paraboliques.

### C. Classification des ondes électromagnétiques:

Voici la classification admise des ondes radioélectriques ainsi que quelques domaines d'application.

ELF	Extremely low frequencies	$30 \leq f \leq 300$ (Hz). $10'000 \geq \lambda \geq 1000$ (km)	Pas utilisé pour l'émission
VF	Voice frequencies	$300 \leq f \leq 3$ (kHz). $1000 \geq \lambda \geq 100$ (km).	Pas utilisé pour l'émission
VLF	Very low frequencies	$3 \leq f \leq 30$ (kHz). $100 \geq \lambda \geq 10$ (km).	Communications port – bateau
LF	Low frequencies	$30 \leq f \leq 300$ (kHz). $10 \geq \lambda \geq 1$ (km).	.Radiodiffusion ondes longues de 150 à 285 kHz .Signaux horaires (Francfort ~ 77 kHz).
MF	Medium frequencies	$300 \leq f \leq 3$ (MHz). $1 \text{ km} \geq \lambda \geq 100 \text{ m}$	.Radiodiffusion d'ondes moyennes de 520 à 1605 kHz. .Signaux météo. .Fréquence de détresse (500 kHz).
HF	High frequencies	$3 \leq f \leq 30$ (MHz). $100 \geq \lambda \geq 10$ (m).	.Radiodiffusion ondes courtes. .Radios amateurs. .Aviation.
VHF	Very high frequencies	$30 \leq f \leq 300$ (MHz). $10 \geq \lambda \geq 1$ (m).	.TV- bande I de 47 à 68 MHz (canaux 2, 3 et 4). .Radiodiffusion FM de 88 à 108 MHz. .TV - bande III de 174 à 230 MHz (canaux 5-12) Trafic aérien .ILS (instrument landing system).
UHF	Ultra high frequencies	$300 \leq f \leq 3$ (GHz). $1 \text{ m} \geq \lambda \geq 10 \text{ cm}$	.TV -bande IV de 470 à 606 MHz (canaux 21-37). .TV- bande V de 606 à 862 MHz (canaux 38-69). .Radios amateurs. .GSM, Bluetooth, UMTS, Communication par satellite, Faisceaux hertziens.
SHF	Super high frequencies	$3 \leq f \leq 30$ (GHz). $10 \geq \lambda \geq 1$ (cm).	Faisceaux hertziens, Radars, Satellites.
EHF	Extremely high frequencies	$30 \leq f \leq 300$ (GHz). $1 \text{ cm} \geq \lambda \geq 10 \text{ mm}$	Radars, Satellites.

**Tableau 1-1:** Les différentes bandes de fréquence.

### 1.3.2. Caractéristique des antennes :

Les antennes sont caractérisées par:

- Le diagramme de rayonnement.
- La forme.
- La gamme de fréquence utilisée.
- L'adaptation.
- La densité de puissance radiale (composante  $|S|$ ), son symbole est  $p(r, \theta, \varphi)$ , elle mesuré en  $[W/m^2]$ .
- La puissance fournie à l'antenne ( $P_F$ ), elle est mesurée en (W).
- La puissance émise (PE), elle mesurée en (W).
- La puissance reçu (PR), elle mesurée en (W).
- La directivité de l'antenne  $D(\theta, \varphi)$ .
- Le gain directif de l'antenne  $G(\theta, \varphi)$ .
- Le gain de l'antenne.

### 1.3.3. Les différents types d'antenne :

On distingue plusieurs type, chaque un possède des caractéristiques et des domaines d'applications bien précis.

- Antenne cadre.
- Doublet replié.
- Assiette
- Sabre très court.
- Antenne Localizer.
- Antenne GLIDE PATH.
- Antenne horizontale / 2.
- deux assiettes.
- Antenne omnidirectionnelle.
- Ensemble d'antennes.
- Antenne (radar météorologie).
- Antenne (système Omega).

La figure (1.2) résume les caractéristiques, le diagramme de rayonnement et le domaine d'utilisation de chaque un des antennes :

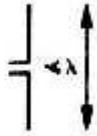
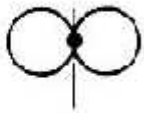
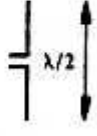
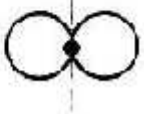

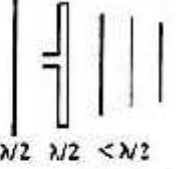
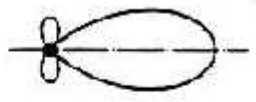
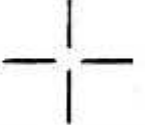



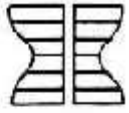

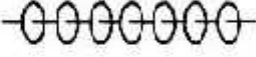



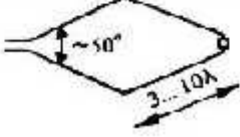

Type	Forme	Diagramme de rayonnement	Gain	Utilisation
Dipôle (ou doublet de Hertz)			1,5 (1,8 dB)	Ondes longues moyennes et courtes
Dipôle quart d'onde			1,64 (2,1 dB)	Ondes ultra-courtes
Dipôle λ/4 replié				
Yagi			8 ... 9 dB	Réception OUC (TV) (bande étroite)
Tournevis			$\sim 70 \Omega$	Emission omnidirectionnelle
Dièdre			$\sim 130 \Omega$	Emission OUC
Papillon			5 dB	Emission OUC, TV
Cigare			16 dB	Faisceaux hertziens spéciaux
Hélice			90 ... 220 Ω	Poursuite et télécommande de satellites
Losange (rhombôidre)			15 ... 22 dB	Radiotélégraphie intercontinentale (ondes courtes)

Figure 1.2 : Classification des antennes.

## 1.4. Classification opérationnelle des aides à la radionavigation :

### 1.4.1. Aides à grande distance ( $D > 300\text{NM}$ ) :

Utilisables pour la navigation long courrier au dessus des grandes étendues désertiques ou maritimes ; précision attendue de 5 à 10 NM. Ces aides ne peuvent utiliser que les fréquences VLF, LF ou MLF et sont de la famille hyperbolique en général : LORAN, Oméga, GPS.

### 1.4.2. Aides à moyenne distance ( $D < 300\text{NM}$ ) :

Utilisées pour la navigation sur routes aériennes et dont la précision doit être de quelques NM ou quelques degrés .Les fréquences utilisées sont VHF et UHF (VOR / DME).

### 1.4.3. Aides à courte distance, approche et atterrissage :

Utilisées dans les région terminales et au voisinage des aérodromes : les aides à moyenne distance ci-dessus sont utilisées (radiobalise, VOR, DME) mais sont complétées par des aides spécifiques à l'atterrissage (ILS, GCA) capables de précisions supérieurs (quelques centaines de mètres, quelques dixièmes de degré).

## 1.5. Quelque type d'aides à la radionavigation :

Le DME a été défini par l'OACI (Annexe 10) comme un système d'aide à la radionavigation avec une couverture omnidirectionnel à courte et moyenne distance. 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. Il est toujours associé au VOR installé dans le même site, permet de déterminer la direction et la distance ;et est défini comme système VOR/DME, qui permet de donner les coordonnées polaires de l'avion par rapport au repère dont l'origine sont les deux stations.



Figure 1.3 : Station VOR / DME.

### 1.5.1.1. 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 :

$$D = c.t / 2 \quad . c: \text{la vitesse de la lumière,}$$

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

Les avions équipés avec le **DME** de bord, transmettent des paires d'impulsions RF codées d'interrogation sur le canal récepteur de la radiobalise sol.

La radiobalise sol qui composée de transpondeur, récepteur et transmetteur et antenne, émet des paires d'impulsions de réponse codées sur le canal récepteur de l'appareil de bord déplacées de 63 MHz par rapport à la fréquence d'interrogation. Cette radiobalise peut émettre des impulsions de l'ordre de 4800 paires d'impulsions par seconde. Les signaux de réponse parviennent au récepteur de bord trouvent des circuits spéciaux temporisateurs mesurent automatiquement le temps entre les impulsions de réponse correspondantes en convertissant cette mesure provoque un signal électrique qui conduit l'indicateur de distance pour afficher la valeur en NM ou en Km. La radiobalise sol introduit un retard fixe appelé retard systématique de réponse déterminé entre la réception de chaque paire d'impulsion d'interrogation et la transmission de la réponse correspondante.

Le retard systématique de réponse est introduit pour faire q'un aéronef à proximité de la radiobalise puisse terminer de transmettre les paires interrogatrices et puisse des enclencher le propre transmetteur avant qu'au récepteur se présente les couples correspondantes d'impulsions codifiées de réponse de la radiobalise de terre.

La radiobalise sol avec les paires d'impulsions de repense et les paires impulsions **squitter** (impulsions casuelles) transmet aussi périodiquement des groupes d'impulsions d'identification spéciaux qui décodés par l'aéronef comme un signal Morse permet au pilote de définir l'identité du nom de la balise où est installé le DME. On donne une figure qui va illustrer le principe de fonctionnement d'une station DME :



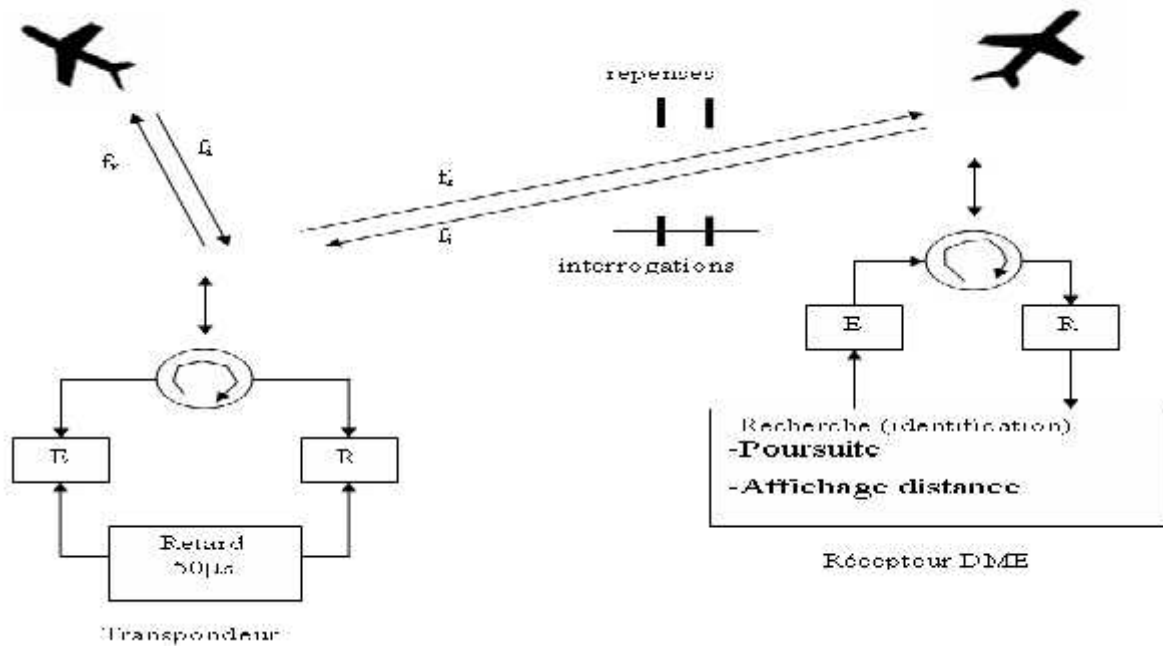


Figure 1.4 : Schéma synoptique d'une station DME.

Ce système est constitué de :

**a- Station au sol :** elle comprend;

- Une antenne unique pour l'émission et la réception, superposée à une antenne VOR, l'antenne est commune et travaille en polarisation verticale. Elle est constituée de plusieurs éléments (double dipôles) disposent de part et d'autre d'un tube métallique.
- Un récepteur- émetteur UHF.

**b- Équipement de bord :**

- Une antenne (E/R) UHF à impulsion (sous forme d'assiette ou sabre très court).
- Un interrogateur.
- Une boîte de commande.
- Un indicateur et/ou affiche sur le RMI.

### 1.5.1.2. Caractéristiques 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 zéro à 65 NM. et $\pm 0.17$ NM +0.05% de la distance au delà des 65 NM.
Retard systématique	Pour le minimiser le DME au lieu de transmettre des impulsions uniques, il doit transmettre toujours des paires d'impulsions chaque paire est composée de deux impulsions de forme <b>Gaussienne</b> d'une durée de 3.5 $\mu$ s dont l'espacement dépend du mode de canal sélectionné.

**Tableau 1.2 :** Les caractéristiques du système DME.

La relation entre la fréquence d'interrogation et de réponse des canaux DME.

	Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 63	Canal 64	Canal 126
Fréquence d'émetteur de bord	1025 MHz	1026 MHz	1027 MHz	1087 MHz	1088 MHz	1150 MHz
Fréquence d'émetteur sol	962MHz (1025-63).	963MHz (102-663)	964MHz (1027-63)	1024MHz (1087-63)	1151MHz (1088+63)	1213MHz (1150+63)

**Tableau 1.3 :** Les fréquences des canaux utilisés dans système DME.

Le schéma qui convient résume la relation entre ces fréquences et le canal de transmission utilisé (X ou Y) :

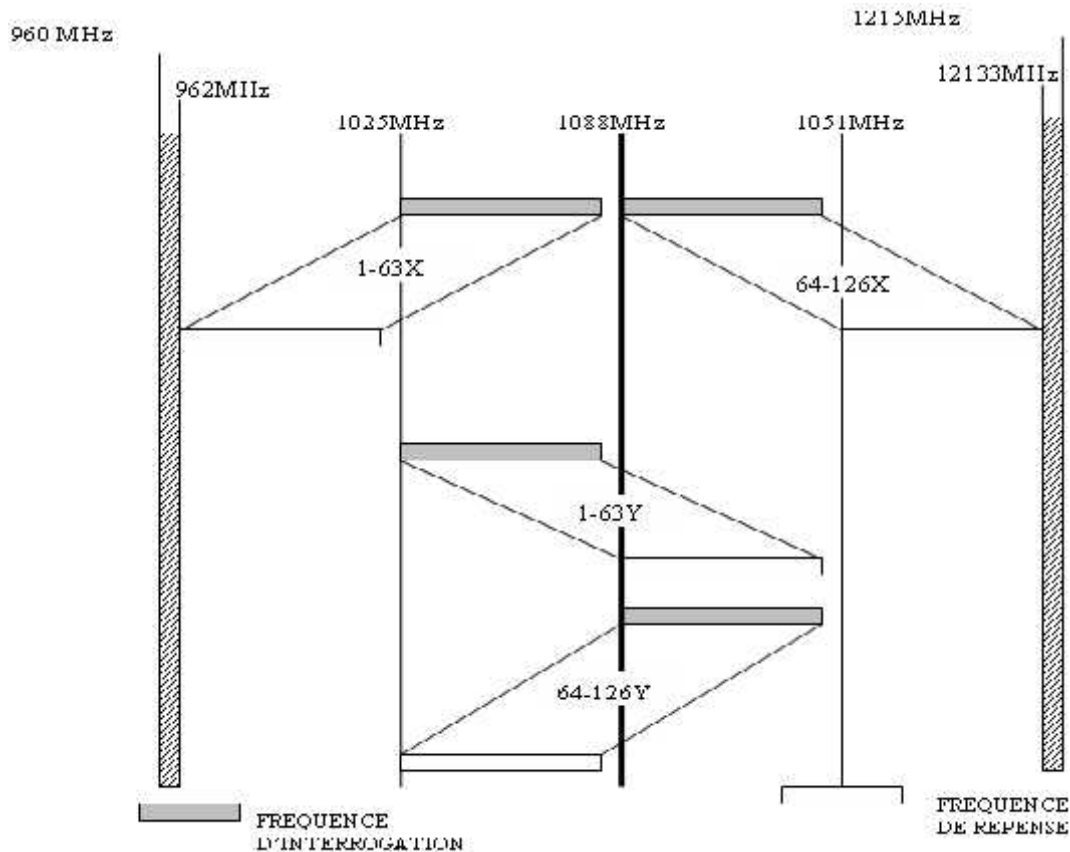


Figure 1.5 : Fréquence d'interrogation et de réponse des canaux DME.

Le **VOR** est un système d'aide à la radionavigation, recommandé par l'OACI et reconnu internationalement pour les guidages des avions à courte et moyenne distance. Il peut être commandé et surveillé à distance. Le **VOR** fournit au pilote les informations suivantes par l'intermédiaire du récepteur du **VOR** embarqué sur l'avion:

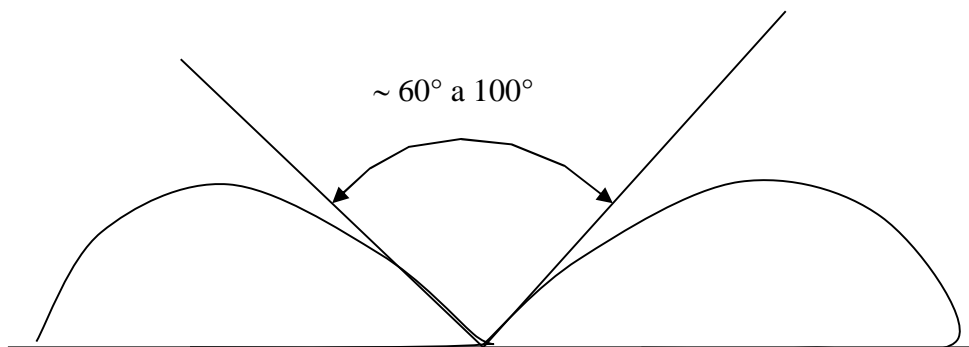
- L'indication d'azimut de position de l'avion par rapport à la balise au sol, c'est à dire l'angle entre les lignes du nord magnétique passant par le **VOR** et la direction de la balise au sol vers l'avion.
- Le gisement qui indique si l'avion vole à gauche ou à droite de la route présélectionnée (ligne de position) ou s'il la suit exactement.
- L'indication «TO/FROM» qui montre si l'avion se dirige vers la balise **VOR** s'il s'en éloigne.

Le **VOR** sert pour le balisage des routes aériennes comme le montre la figure.



**Figure 1-6 :** Station VOR.

L'ensemble des orthodromies passant par la station **VOR** sont désignées sous le nom de rayons VOR ou Radiales (angle radiales). Le **VOR** matérialise dans l'espace les 360 directions (ou radiales) d'une rose centrée sur la station et calée sur le Nord magnétique. Son diagramme de rayonnement est de la forme suivante :



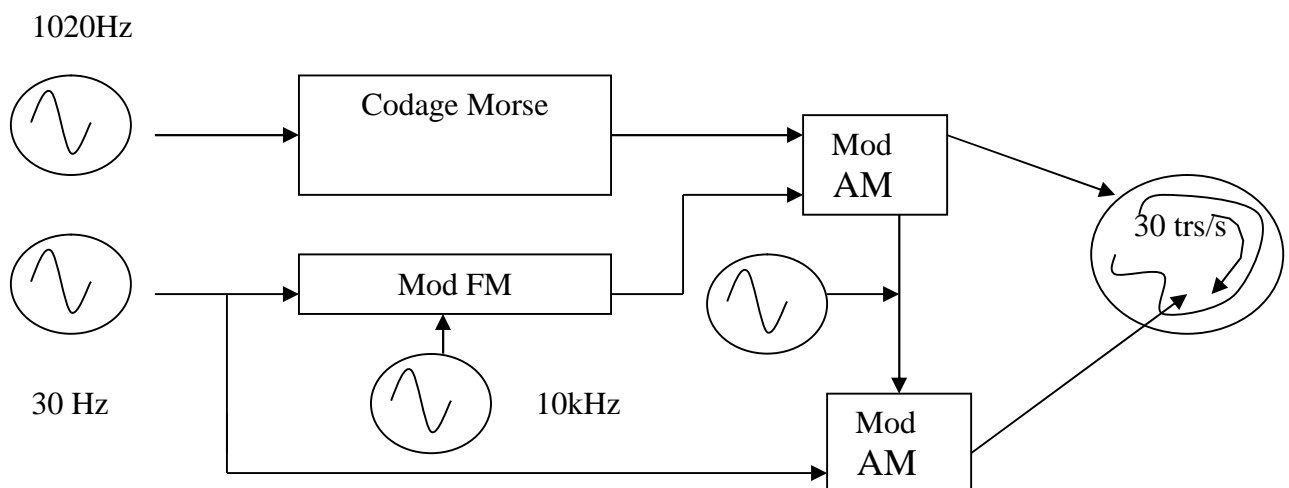
**Figure 1.7 :** Le cône de silence.

Le cône de silence à une ouverture de  $60^\circ$  à  $100^\circ$  à la vertical de la station, ce qui correspond approximativement à une zone d'incertitude d'une minute de vol pour un avion volant à 30000ft avec une vitesse de 450Kt.

**1.5.2.1. Principe de fonctionnement :** Le réseau de trafic aérien actuel se caractérise par un certain nombre de station **VOR** au sol fonctionnant dans la gamme de fréquence de 108 à 118 MHz et ayant une portée allant jusqu'à 300 Km. Le signal RF émis par un VOR est modulé par deux ondes sinusoïdales de 30 Hz. Celles ci ont une position de phase donnée l'une par rapport à l'autre qui dépend de la direction dans laquelle le signal est reçu. Le rapport de phase est identique à l'angle géographique entre le nord et la direction de l'avion par rapport à la balise au sol (azimut). L'une des deux oscillations à 30 Hz est totalement indépendante de l'azimut (30 références), alors que le rapport de phase entre la seconde oscillation à 30 Hz et le signal de référence varie avec l'azimut (signal variable).

La fréquence du signal, indépendante de la direction (référence) module (FM) une sous porteuse de  $f_0 \pm 9960$  Hz. Avec une déviation maximum de fréquence de  $\pm 480$  Hz. La sous-porteuse est émise en modulation d'amplitude de la porteuse avec une profondeur de modulation de 30 % par une antenne omnidirectionnelle polarisée horizontalement. De plus, la porteuse  $f_0$  est modulée avec un code d'identité (1020 Hz) et également à la fréquence vocale (300 à 3000 Hz).

Le signal variable est émis par deux dipôles croisés. Les dipôles croisés reçoivent des signaux Bandes Latérales en, caractérisés par une différence de phase de  $90^\circ$  dans l'enveloppe. La porteuse signaux Bande Latérales est supprimée. Ceci à pour résultat un signal dans l'espace, ayant un « diagramme en huit » effectuant 30 rotations par seconde.



**Figure 1.8 :** schéma synoptique d'un émetteur VOR au sol.

Etant donné que la porteuse  $f_0$  est émise par une antenne omnidirectionnelle, la superposition de la porteuse et bande latérales à **30 Hz** dans le champ (si la phase est correctement ajustée) produit une modulation d'amplitude pure, dont la phase du signal résultant à **30 Hz** dépend de

l'azimut, par rapport au signal de référence à **30 Hz**. Les rapports de phase entre le signal variable, dans plusieurs directions sont les suivants :

Sous un angle d'azimut de **0°** (Nord), l'angle de phase entre les deux signaux est de **0°** au sud (azimut = **180°**), l'angle de phase est de **180°**, à l'Est (azimut **90°**), il est de **90°** et à l'Ouest (azimut=**270°**), il est de **270°**. Les directions le long desquelles l'angle d'azimut reste constant sont en position radiale par rapport à la balise du VOR.

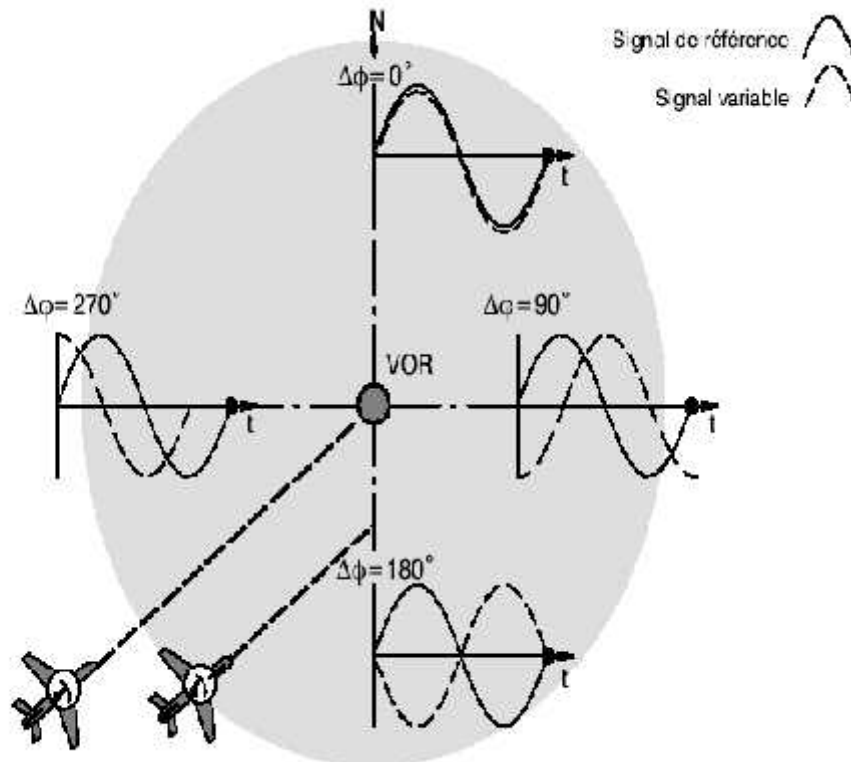


Figure 1.9 : Angle de phase dans différentes directions.

Le système VOR est constitué de :

**a- Station au sol :**

- Une antenne fixe (polarisation horizontale alimentée en courant).
- Une antenne tournante à 30tr/sec alimentée par une fraction du courant de la porteuse.
- Les antennes à  $2\lambda$  (5 à 6m) au dessus du sol donnant un diagramme avec un max de  $15^\circ$ .elles sont situées dans des sites élevées pour supprimer les lobes parasites et obtenir un nul à la vertical,un réflecteur est placé sous les antennes à  $(0.5\lambda)$ .

**b- Installation de bord :**

- Une antenne.

- Un récepteur VHF.
- Une boîte de commande.
- Indicateurs : RMI, HSI, écran cathodique.

### 1.5.2.2. Présentation des indications à bord :

Les indications tirées du signal **VOR** reçu par l'avion peuvent alimenter soit un indicateur de vol, soit les indicateurs plus simples décrit ci-dessous.

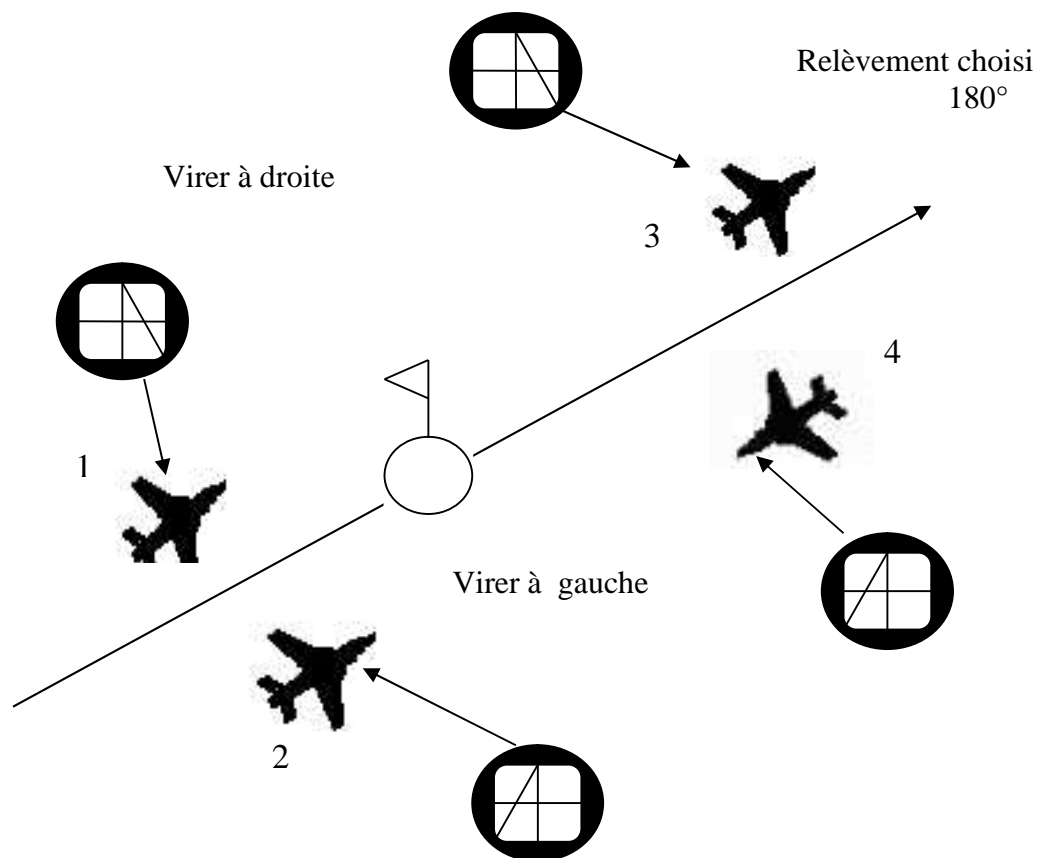
#### .Indicateur VOR/ILS :

Comme son nom l'indique, cet instrument affiche des indications **VOR** ou **ILS**.

En mode **VOR**, l'instrument indique l'écart de l'avion par rapport à un relèvement choisi par le pilote au moyen de sélecteur d'azimut, aussi appelé sélecteur OBS, en rapprochement ou en éloignement d'une station **VOR**.

La figure montre que le déplacement de l'aiguille dépend de la position angulaire de l'avion par rapport au relèvement choisi, quel que soit le sens dans lequel l'avion se dirige.

En d'autre terme, pour une position et un relèvement donnés, le cap de l'avion n'a pas d'effet sur les indications de l'aiguille de l'instrument.

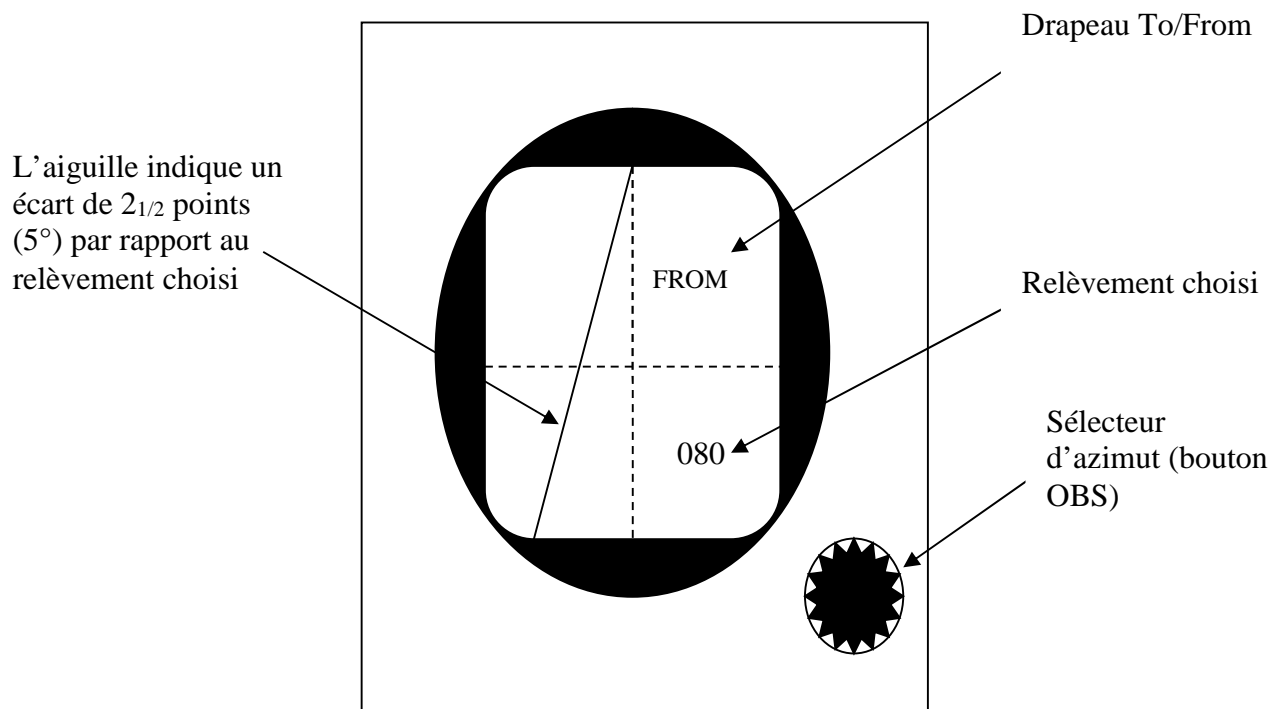


**Figure 1.10** : Indication gauche/droite.

Cette figure montre que les avions se trouvant aux positions 1 et 3 reçoivent l'indication de virer à droite (on considère que l'avion est au centre de l'instrument, le relèvement choisi, en direction de la station, étant représenté par l'aiguille, à droite). Si l'avion se trouve exactement sur le relèvement choisi, en rapprochement ou en éloignement de la station, l'aiguille serait au centre. Les avions aux positions 2 et 4 reçoivent tous deux l'indication de virer à gauche (aiguille à gauche du centre), mais on remarquera que l'avion en position 4 doit tourner à droite pour se rapprocher de l'alignement choisi.

Lorsqu'on se rapproche d'un **VOR**, sélectionner la route de rapprochement sur l'OBS, de manière à obtenir une indication « TO ».

Lorsqu'on s'éloigne d'un **VOR**, sélectionner la route d'éloignement sur l'OBS, de manière à obtenir une indication « FROM ».



**Figure 1.11:** indication abord (TO / FROM).

A la figure qui suit le relèvement de **080°** que le pilote a sélectionné en tournant le bouton OBS apparaît dans la fenêtre OBS et le drapeau To/From. est automatiquement passé sur « From. ». Un avion se trouvant aux environs de la position 4, à la figure précédente, obtiendrait ces indications qui signifient que l'avion (quel que soit son cap) se trouve à droite d'une route magnétique de **080°** partant de la station **VOR**. Mais le sens de l'aiguille est



mauvais pour cet avion, puisque son cap est de la réciproque de la route choisie (**080°**). En d'autres termes, l'avion est en rapprochement, alors qu'on a choisi un éloignement sur l'OBS. Nous nous dirigeons vers le radiophare (qui est d'ailleurs assez rapproché), alors que le drapeau de l'instrument est sur (From.).

**1.5.2.3. Caractéristiques du système :** On peut les résumer dans un tableau :

Paramètre	Observation
Identification	L'identification se fait par un signal morse (2 ou 3 lettres) modulé à 1020Hz et répété au moins une fois toute les 30 secondes.
Performance	Puissance : 200w, portée : 200NM à 40000ft.
précision	La précision est de l'ordre de $\pm 3^\circ$ .

**Tableau 1.4 :** Les caractéristiques du système VOR.

Chapitre 2 :  
Présentation  
de système  
d'atterrissage  
aux instrument  
ILS.

## 2.1. Historique et définition :

L'ILS est un ancien système d'atterrissage, il a été inventé avant le système VOR. Le travail expérimental sur les systèmes d'atterrissage a été développé depuis l'année 1928. Le premier ILS a été installé en 1940 à l'aéroport Indianapolis. Il est différent de l'ILS qu'on le connaît aujourd'hui, mais il représente la première génération des instruments d'atterrissage. L'utilisation de l'ILS comme moyen de radionavigation a prouvé son importance et efficacité dès son apparition.

L'ILS est un système d'atterrissage aux instruments. Il fournit au pilote, par des indicateurs de bord, des signaux de guidage sur la trajectoire de descente vers la piste, suivant une pente de l'ordre de 3°. Les informations délivrés au pilote par ce système sont :

- Une information d'écart latéral par rapport à l'axe de la piste issue de Localizer.
- Une information d'écart verticale par rapport au plan de descente idéal issue de Glide Path.
- Une information discontinue de distance par rapport au seuil de piste est donnée par les markers et permet également le contrôle de la trajectoire.

Les fréquences VHF et UHF alloués au système ILS sont indiqués :

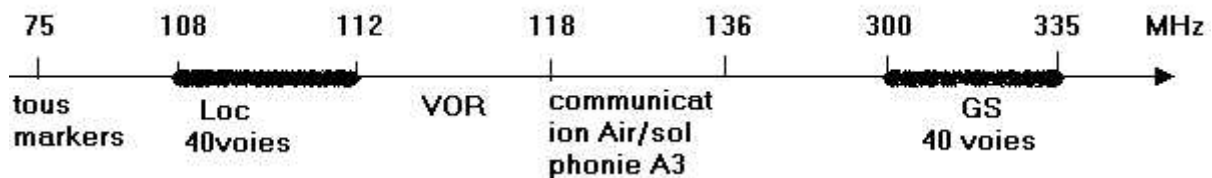


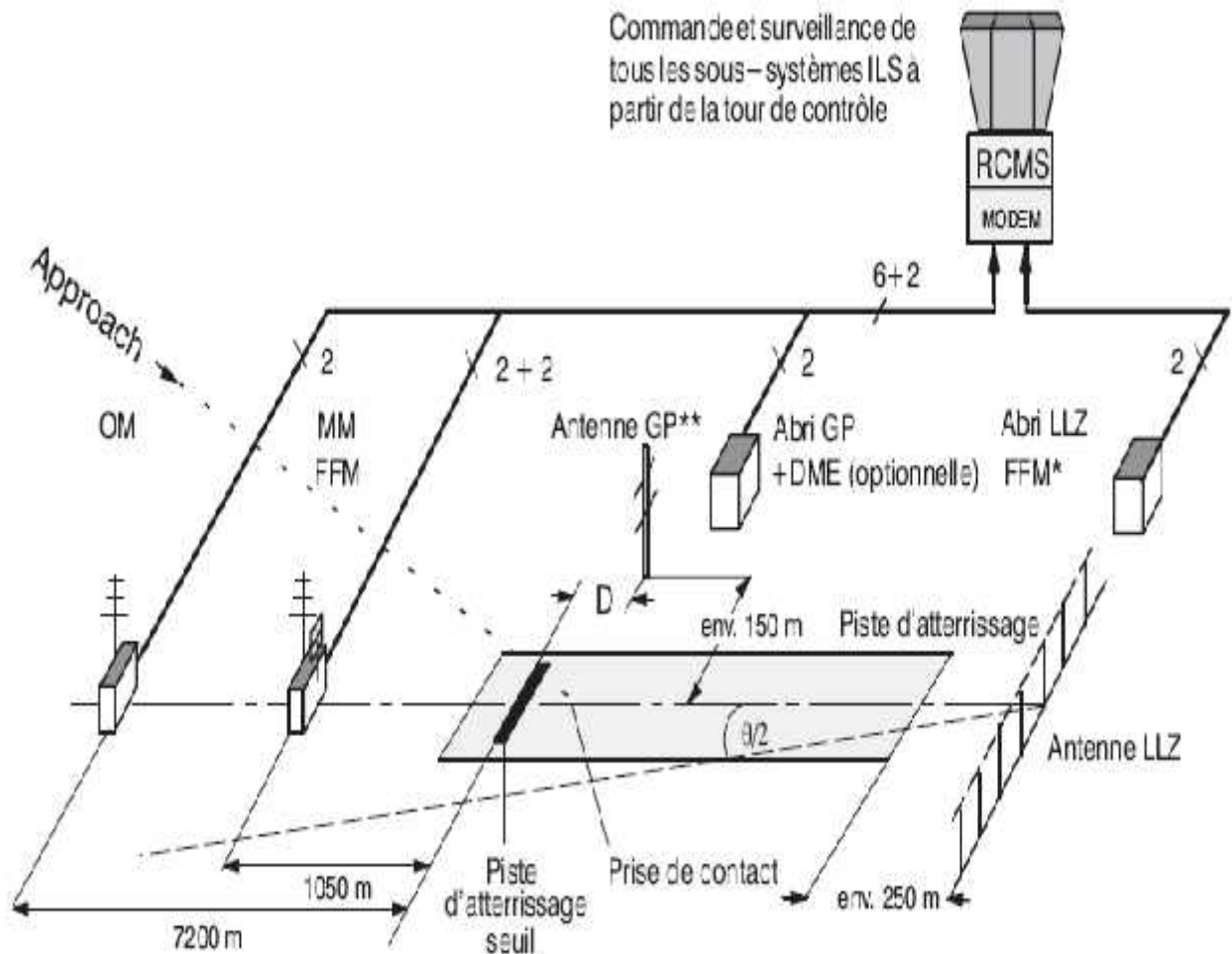
Figure 2.1 : Répartition des fréquences d'ILS.


## 2.2. Principe de ILS :

### 2.2.1. Disposition des sous-systèmes :

D'après la Figure. 2.2, Les sous-systèmes de base le long du système ILS :

- le radiophare d'alignement de piste (LLZ)
- l'alignement de descente (GP)
- les radiobalises (MM, OM)
- une DME (optionnelle)
- un moniteur de champ lointain (FFM) pour le radiophare d'alignement de piste (optionnel) se dispose sur la piste d'atterrissage comme indiqué sur la Fig. (1 -2).



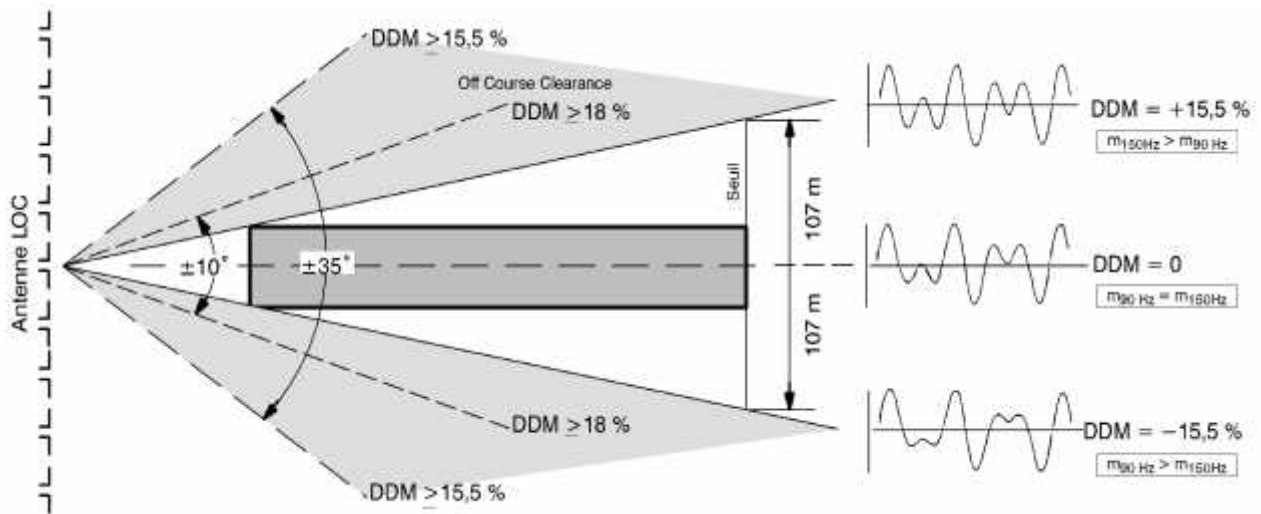
- \* Pour la direction opposée (optionnel).
- \*\* +antenne DME (optionnelle).
-  =Antenne FFM (optionnelle).
- „ /2= largeur à demi course.
- IM n'est pas représenté.

**Figure 2.2:** Disposition générale des sous-systèmes d'ILS.

Cette disposition est valable pour les installations mono fréquence et les fréquence (1 F, 2F) décrites ci-dessous de manière plus détaillée.

### 2.2.1.1. Le sous-système Localizer :

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



**Figure 2.3:** Diagramme de rayonnement de Localizer.

Le Localizer génère un signal RF 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 muni d'une puissance d'émetteur de 25 W ou un système 1 F disposant d'une puissance d'émetteur de 30 W. Le signal du radiophare d'alignement de piste peut être reçu dans un rayon de 25 milles nautiques (46 km.) pour un secteur de  $\pm 10^\circ$  et peut être reçu dans un rayon de 17 milles nautiques (31 km) pour un secteur de  $\pm 35^\circ$  relativement à l'alignement de piste et à l'antenne LLZ. Les valeurs caractéristiques de LLZ dans certains secteurs et par rapport à la ligne centrale de la piste d'atterrissage sont les suivantes:

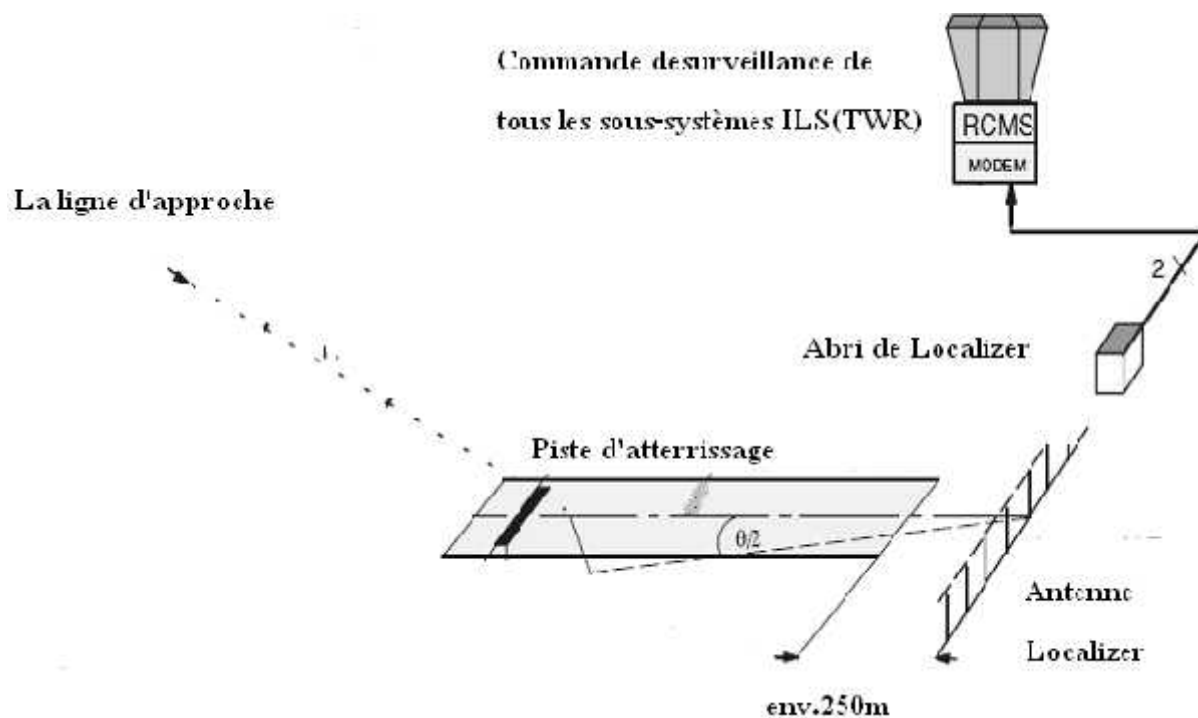
- DDM = 0. (Différence de taux de modulation)
- DDM = 15,5 % (0,155).
- DDM = 18% (0,18).

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 (4ème éd., avril 85, section 3.1.3.7.3, note 1) prescrit une largeur nominale de secteur de 210 m (700 pieds).

DDM 18 % caractérise un secteur de  $\pm 10^\circ$  et DDM 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 90 Hz 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 2.4



**Figure 2.4** : L'emplacement de sous système Localizer (LLZ) sur la piste.

Elle est située 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.

### 2.2.1.2. L'antenne Glide Path (GP) :

Sert à donner l'information de pente de descente ( $3^\circ$ ). Son diagramme de rayonnement est de la forme suivante:

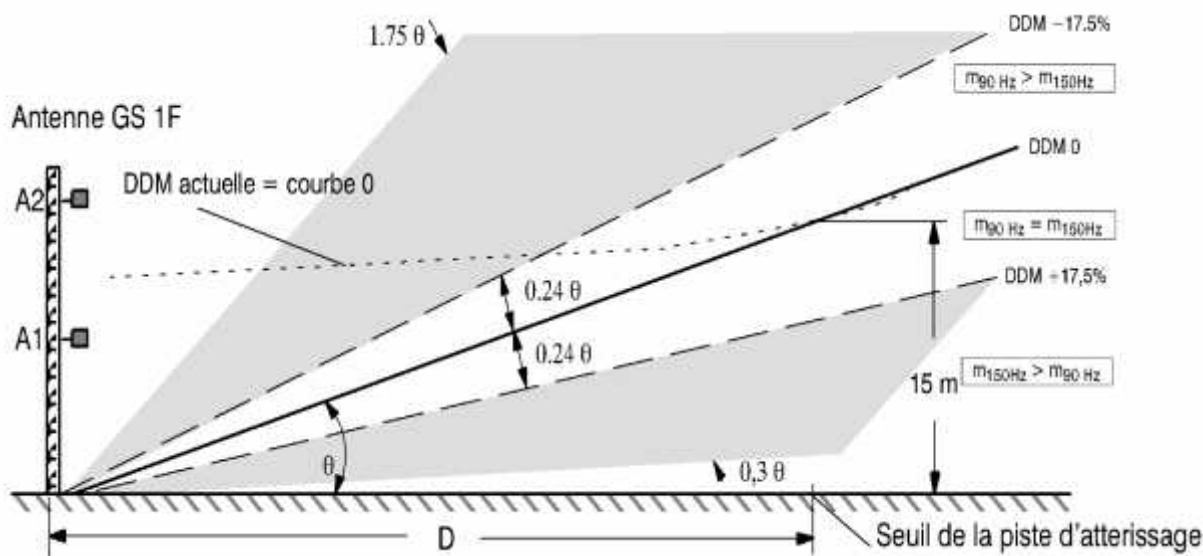


Figure 2.5 : Valeurs caractéristiques GP.

Le GP 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 1F 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  $0,30$  et  $1,75$  où  $\theta$  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 atteinte 22 %. De  $0,45$  à  $0,3$ , 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 :

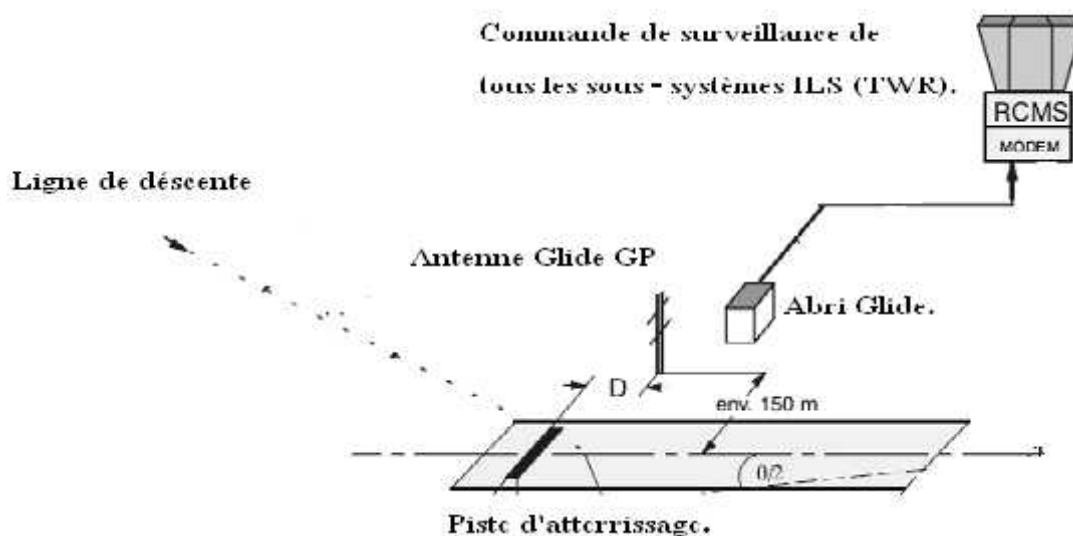
- DDM = 0
- DDM = 17,5 % (0,175)
- $\theta = 2,5 \dots 3^\circ$  (typique)

Le plan 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 OACI, section (3.1 .1), 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  $3^\circ$ , 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 Fig. III - 2). 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.

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

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 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 2.4



**Figure 2.6 :** L'emplacement d'antenne Glide Path (GP) sur la piste.



Elle est installée 120 à 180 m de la ligne centrale de la piste d'atterrissage. La hauteur de référence pour l'alignement de descente a été fixé à 15 m au-là 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.

### 2.2.1.3. Les radios bornes (Markers) :

On trouve trois markers disposé en ligne sur le prolongement de l'axe de piste (voir la figure).

- **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.

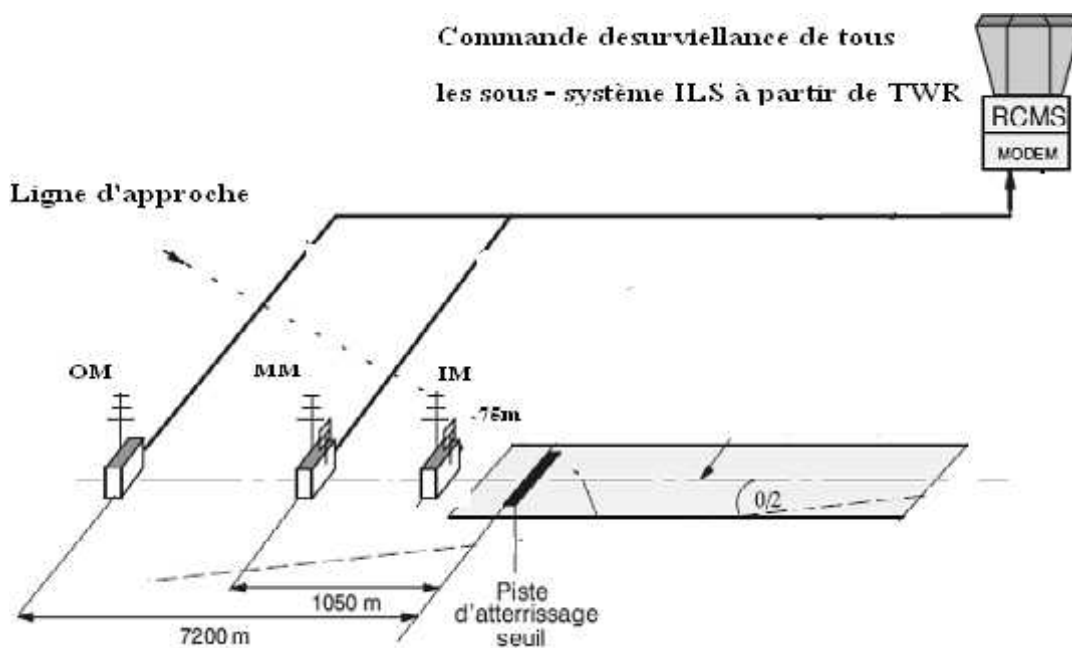


Figure 2.7 : L'emplacement des markers sur la piste.

#### ◆ Couloir d'approche :

D'après la Figure 2-8, 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 fournis à un instrument à aiguilles croisées qui indique au pilote les informations de commande correspondant aux déviations de la trajectoire d'alignement.

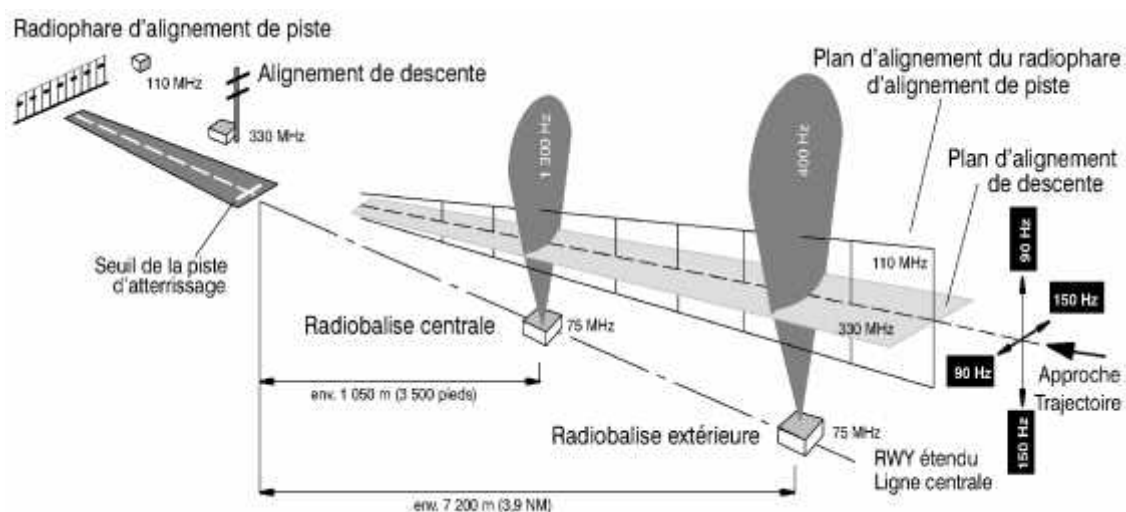
nominale et de l'alignement de descente. Les signaux interprétés par le récepteur de bord peuvent également être transmis au pilote automatique. Outre cela, le pilote reçoit des informations à propos de la distance via deux (trois) radiobalises. Chacune de ces radiobalises transmet une impulsion codée 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:  $150 \pm 50$  m.
- Radiobalise centrale:  $300 \pm 100$  m.
- Radiobalise extérieure:  $600 \pm 200$  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. Le transpondeur leur répond au sol 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.



**Figure 2.8:** Le couloir d'approche d'ILS.

#### 2.2.1.4. Sous- système DME :

Dans la plupart des cas, seules les radiobalises centrale et extérieure sont utilisées. Lorsqu'un système DME est employé afin d'assister les radiobalises, il existe différentes alternatives d'installations telles que :

- Antenne DME sur le mât GP (transpondeur DME installé dans l'abri GP),
- Antenne DME sur le toit de l'abri LLZ (transpondeur DME installé dans l'abri LLZ),
- Transpondeur DME installé avec l'antenne DME sur le toit d'un abri distinct,
- Transpondeur DME installé dans un abri distinct et antenne DME sur un mât distinct.

#### 2.3. Catégories de l'ILS :

On distingue trois catégories d'ILS définies par l'OACI selon la hauteur de décision (HD) permise (hauteur à laquelle le pilote remet les gaz s'il ne voit pas la piste) ainsi que la portée visuelle de piste (RVR) minimale autorisée:

Catégorie	HD minimale	RVR (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 2-1 : catégories d'ILS**

#### 2.4. Versions de l'équipement :

La topographie du terrain précédant le champ d'atterrissage, obstacles de tous types compris, influence énormément la qualité des signaux de navigation (notamment le faible signal d'alignement) interprété par le récepteur de bord durant la descente alignée. Le site idéal dispose d'un terrain plat sans obstacles. Comme chaque site ne peut pas être idéal, nous proposons néanmoins plusieurs configurations conçues afin d'éliminer les influences du terrain et les obstacles. Les versions des dispositifs électroniques et de l'équipement de l'antenne sélectionnées pour un site se déterminent conformément au terrain propre à ce site et au profil des obstacles.

Les versions d'équipement disponibles sont:

- **Radiophare d'alignement de piste et de descente : (version mono fréquence 1F):**  
Convient pour les sites à terrain plutôt plat et sans obstacles réflecteurs pouvant perturber le signal d'alignement à proximité ou en face de la piste d'atterrissage.
- **Radiophare d'alignement de piste et de descente 2F : (version bifréquence 2F) :**  
Convient pour les sites dont le terrain n'est pas plat et présente des obstacles réflecteurs tels que collines et immeubles à proximité ou en face de la piste d'atterrissage.

Deux types d'antennes sont disponibles pour les systèmes 2F. Le type employé dépend de la gravité des obstacles. L'antenne à ouverture moyenne est recommandée pour les circonstances présentant un nombre modéré d'obstacles et l'antenne à large ouverture est recommandée en présence d'obstacles importants. Donc, le cas échéant, la distorsion Off Course Clearance peut être éliminée sur la ligne centrale avec la mise en phase de la Clearance spécifique et de la modulation de l'alignement (Out of Phase Clearance). L'antenne à ouverture moyenne offre la meilleure fiabilité opérationnelle (jusqu'à la cat. III) avec un calibrage et une maintenance minimaux. L'antenne à large ouverture facilite l'utilisation des opérations cat. III, comprenant l'atterrissage automatique.

Finalement, on donne un schéma qui résume le rôle des sous-système d'ILS :

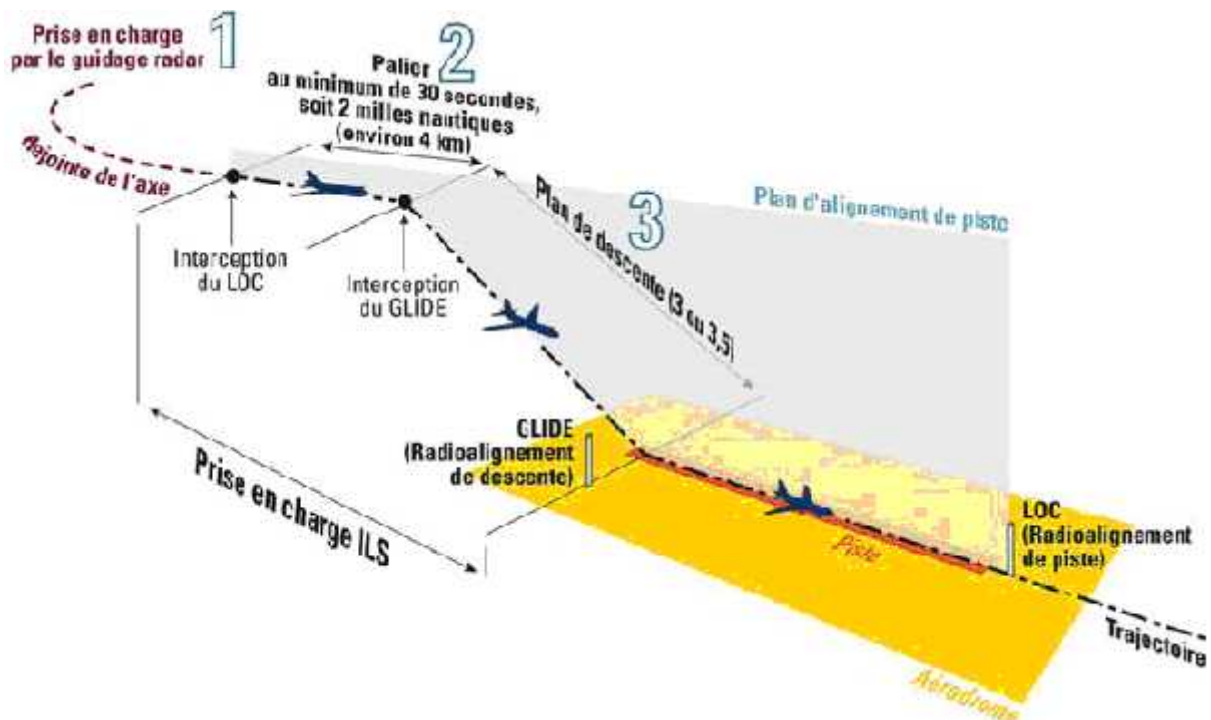


Figure 2.9 : Principe de fonctionnement d'ILS.

# Chapitre 3 : Installation d'ILS 420 (Loc 421, GP422)



### 3. Description de l'ILS 421 :

Le système ILS 421 comprend trois sous – systèmes tel que :

#### 3.1. Radiophare d'alignement de piste LLZ 421:

On trouve deux types de Localizer.

##### ➤ Radiophare d'alignement de piste 1F :(version monofréquence).

Destiné aux terrains essentiellement plats, sans obstacle qui pourrait détériorer le signal de cap par des réflexions produites le long ou en face de la piste d'atterrissage. Cet environnement exige une antenne à faisceau produit par 12 éléments.

##### ➤ Radiophare d'alignement de piste 2F : (version bifréquence).

Ce système est propice aux terrains autres que ceux décrits ci-dessus, et 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. Vous pouvez choisir entre deux types d'antennes, selon le degré d'obstruction du champ d'atterrissage. Pour les sites modérément obstrués, nous vous recommandons d'utiliser une antenne à ouverture moyenne (13 éléments), et pour les sites fortement obstrués, une antenne à large ouverture (21 éléments). En outre, le cas échéant, la distorsion du signal de clearance hors alignement peut être éliminée sur la ligne médiane par une mise en phase spéciale du signal de clearance et de la modulation de l'alignement de piste (clearance déphasée). L'antenne à large ouverture (21 éléments) facilite l'utilisation du cat. III avec l'atterrissage automatique. L'antenne à ouverture moyenne (13 éléments) offre une fiabilité opérationnelle maximale (jusqu'à la Cat. III), tout en demandant peu de travaux de calibrage et de maintenance c'est pour ça on a choisie de faire l'étude d'installation et de maintenance de ce système d'antenne à ouverture moyenne (13 éléments).

#### 3.1.1. Diagramme de rayonnement de LLZ-2F :

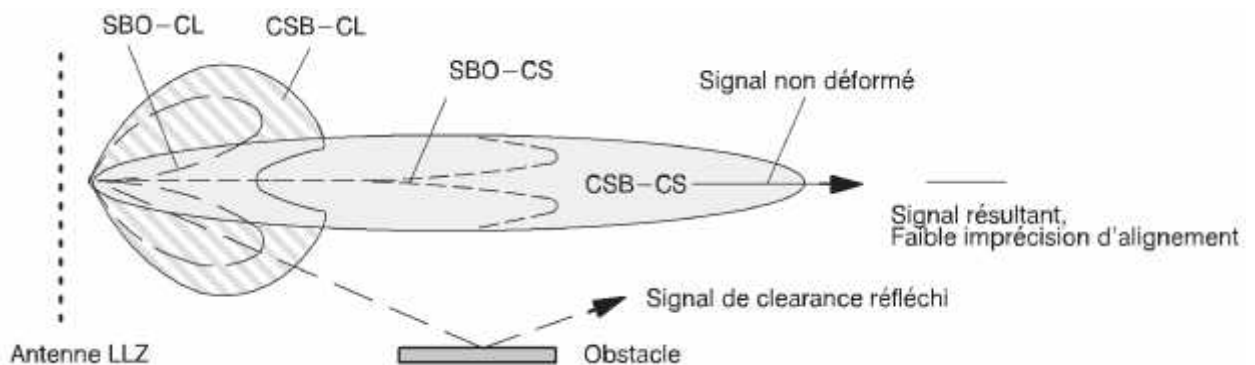
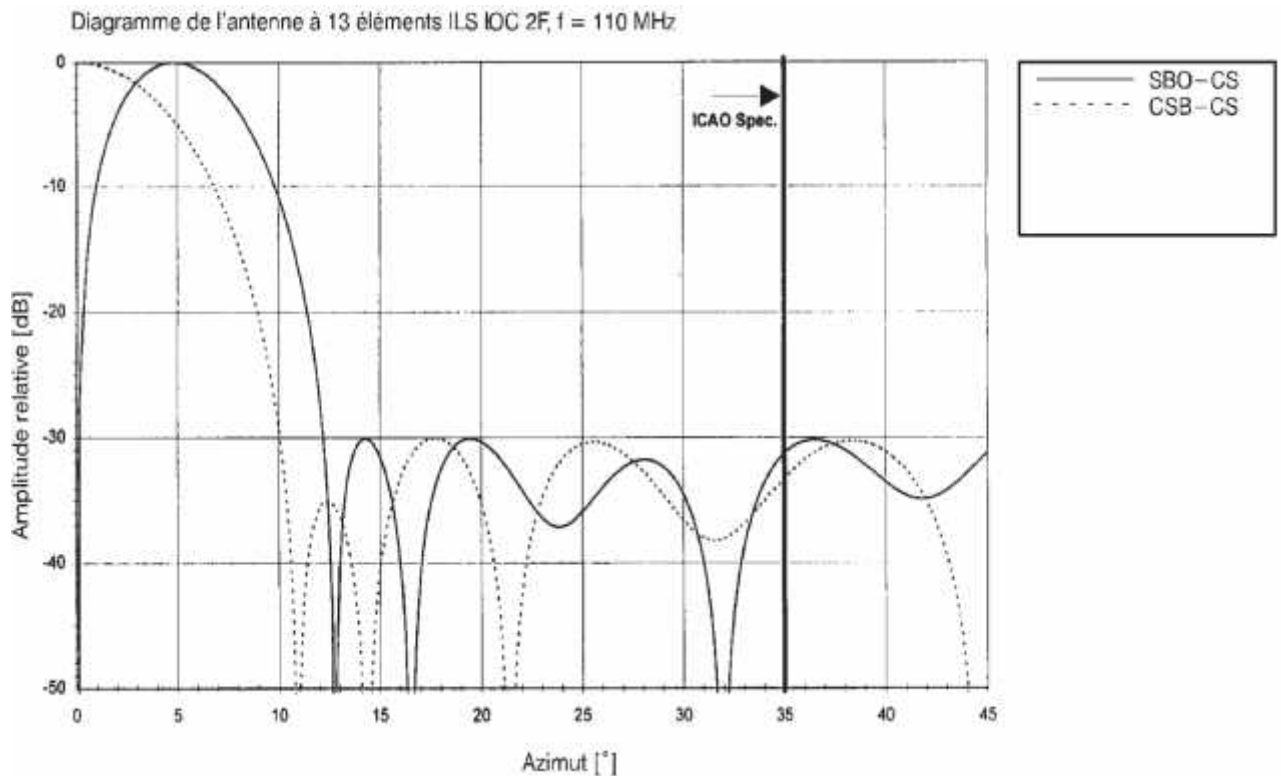


Figure 3.1 : LLZ-2F, diagramme de rayonnement (vue de principe).

Le diagramme de rayonnement des radiophares d'alignement de piste sont générés avec des types d'antenne spécifiques. Les réseaux d'antennes sont excités par des signaux CSB et SBO de cap, les installations (2F) sont également excités par des signaux CSB et SBO de clearance afin d'obtenir les performances DDM et de couverture spécifiées. Les réseaux destinés à l'installation 2F correspondent à de larges réseaux linéaires de dipôles placés devant un écran de réflexion vertical. Les dipôles sont excités de manière à générer de larges diagrammes et dans l'azimut. Le diagramme de cap comprend un faisceau principal symétrique à la piste d'atterrissage, et pointant dans le prolongement de sa ligne médiane. Le diagramme de cap A présente deux faisceaux d'égale amplitude, mais en opposition de phase RF et un écart minimum dirigé vers la prolongement de la ligne médiane de la piste d'atterrissage. En présence d'une installation 2F, le réseau génère de larges diagrammes de clearance et offre une couverture de signaux d'azimut de  $\pm 35^\circ$  maximum. (Figure 3-1).

Le faisceau vertical est déterminé par la caractéristique des dipôles omnidirectionnels devant le réflecteur vertical et par la hauteur d'antenne au-dessus du sol réfléchissant. Le signal de bande latérale de porteuse (OSB- OS) dévolu à l'alignement englobe le signal de porteuse et le signal de modulation 150 Hz et 90 Hz, les deux en phase avec la porteuse. Le signal de bande latérale seulement (SBO-OS), dévolu à l'alignement, contient uniquement les deux signaux de modulation en opposition de phase ( $180^\circ$ ). Le signal de clearance de l'installation 2F contient le signal de porteuse, décalé de 8 kHz ( $\pm 4$  kHz) par rapport à la fréquence de la porteuse du signal de cap. Le signal de clearance comprend un signal OSB (-CL) et un signal SBO (-CL). Pour les deux signaux de cap et, sur les installations 2F, pour les signaux de clearance, le signal CSB est transmis par le diagramme correspondant, alors que le signal SBO est transmis par le diagramme correspondant. Toutefois, afin d'améliorer le taux de capture entre les signaux de cap et de clearance sur la ligne d'alignement, le système offre une intensité de champ minimum dans le signal CSB de clearance dans la direction de la ligne médiane, voir Figure 3-1.



**Figure 3.2 :** Diagrammes de rayonnement calculés normalisés de l'antenne à 13 éléments 2F (cap CSB et SBO).

### 3.1.2. Emplacement de LLZ421-2F :

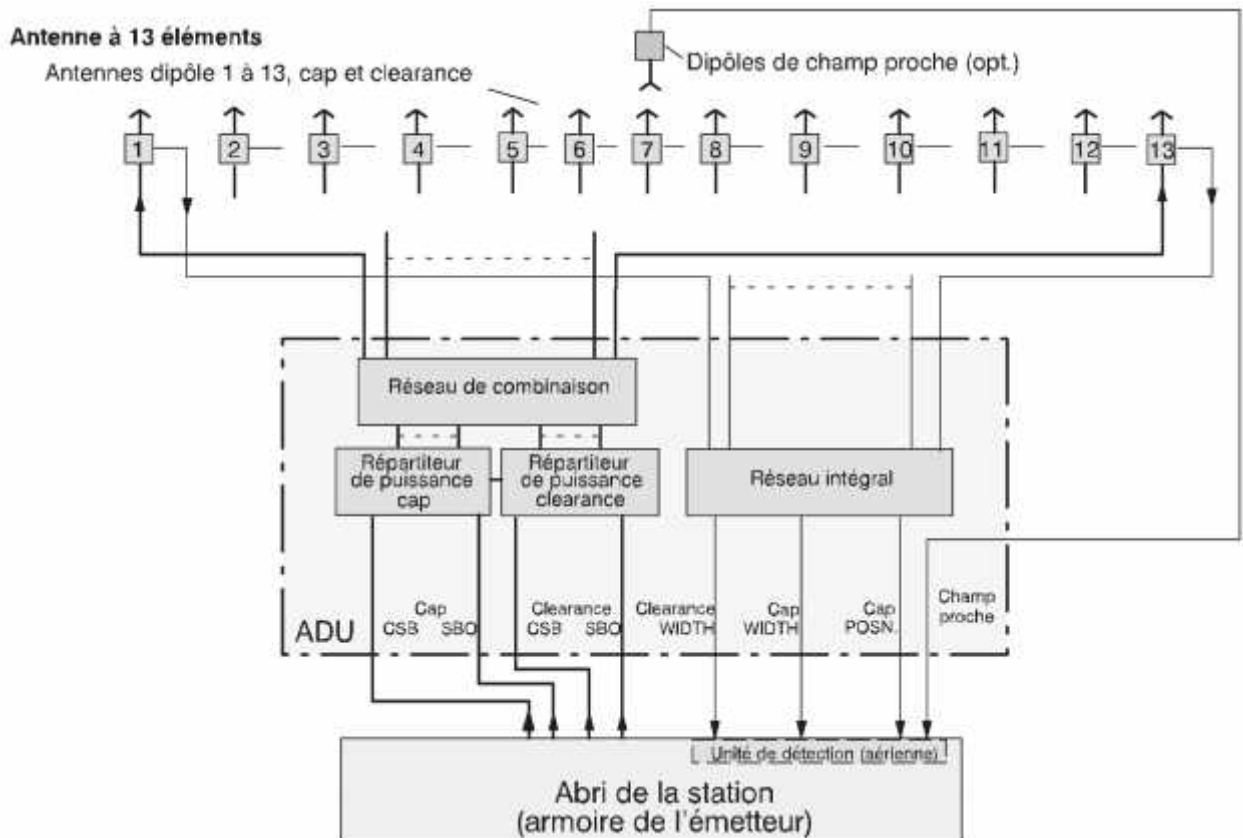
L'emplacement de localiser sur terrain est présentée dans le chapitre précédent figure 2-4.

### 3.1.3. Les éléments constituant de LLZ421-2F :

Comme le montre la figure 3-4, Le système d'antenne à ouverture moyenne en globe:

- 13 antennes dipôle placées devant un réflecteur vertical.
- Un réflecteur vertical muni de feux d'obstacle.
- 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 dipôle.
- Un dipôle de surveillance (champ proche), en option.

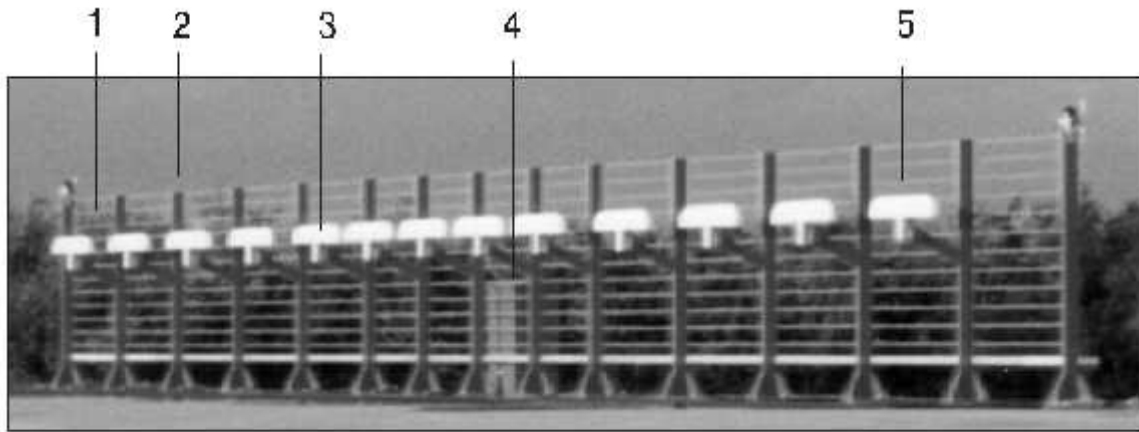




**Figure 3.3 :** Système d'antenne (13 éléments), vue d'ensemble.

### 3.1.3.1. Répartition des dipôles a 13 éléments:

Dans la plupart des cas, une antenne à ouverture moyenne suffit pour obtenir le diagramme de rayonnement étroit qui convient, et donc une faible imprécision de cap. Une antenne à ouverture moyenne comporte un réseau de 13 dipôles qui émettent un signal de cap relativement concentré. Le premier nul du diagramme des signaux CSB et SBO se trouve à environ  $\pm 12^\circ$  de la ligne d'alignement. En outre, les diagrammes CSB et SBO de clearance relativement larges sont émis pour fournir une couverture azimutale allant jusqu'à  $35^\circ$ . Les porteuses des signaux de cap et de clearance sont séparées par une différence de fréquence égale à 8 kHz. Le répartiteur de puissance transmet le signal avec la phase et l'amplitude adéquates aux différentes antennes.



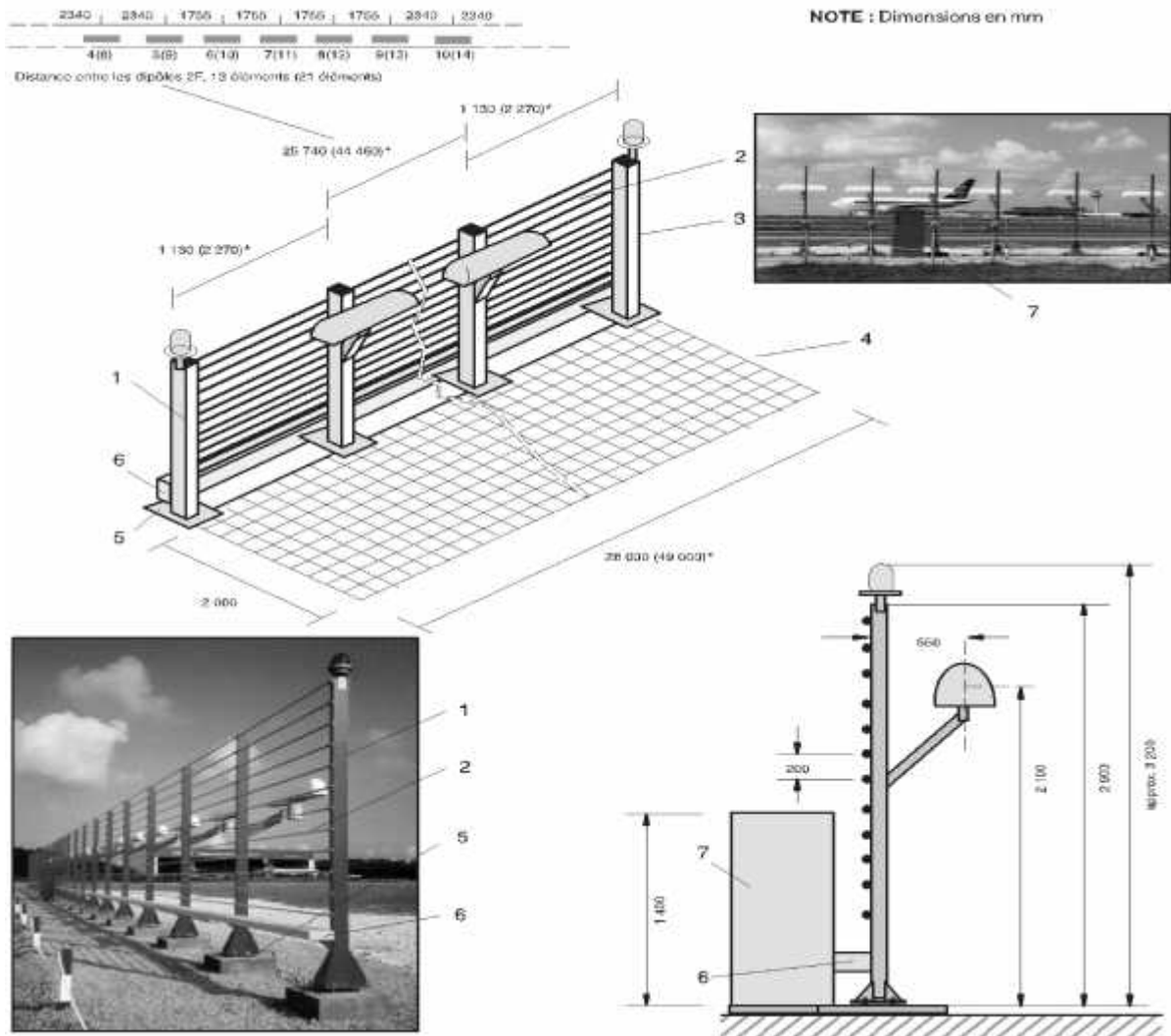
- 1- Barre de réflecteur (12).                      2- Poteau (15).                      3- Dipôle (13)
- 4-Unité de distribution d'antenne, comprenant : le répartiteur de puissance, le réseau intégral, Et le réseau de combinaison.
- 5- Dipôle 1 (vu dans la direction du rayonnement).

**Figure 3.4 :** Vue de face de LLZ-2F

➤ **Conception de l'antenne (13 éléments) :**

Le réseau d'antenne comprend 15 poteaux d'une hauteur totale de 2,90 m, fixés aux fondations en béton. Les 13 poteaux intérieurs sont munis de potences inclinées portant un dipôle chacun. Les feux d'obstacle sont fixés aux deux poteaux d'extrémité. Le cadre du réflecteur vertical se compose de 12 barres de réflecteur horizontales fixées tous les 0,2 m aux 15 poteaux à l'aide des pinces fournies. Le réflecteur vertical offre un rapport avant - arrière minimum de +26 dB. Les dipôles sont placés à 0,65 m devant le réflecteur vertical. Vu dans la direction du rayonnement, le dipôle de gauche porte le numéro un. Les dipôles sont installés à une hauteur de 2,10 m au-dessus d'un écran de réflexion horizontal de 2 m x 28 m en treillis métallique armé. Les dipôles 5 à 9) sont distants de 1 755 mm, et les autres dipôles sont distants de 2 340 mm (Figure 3-5).

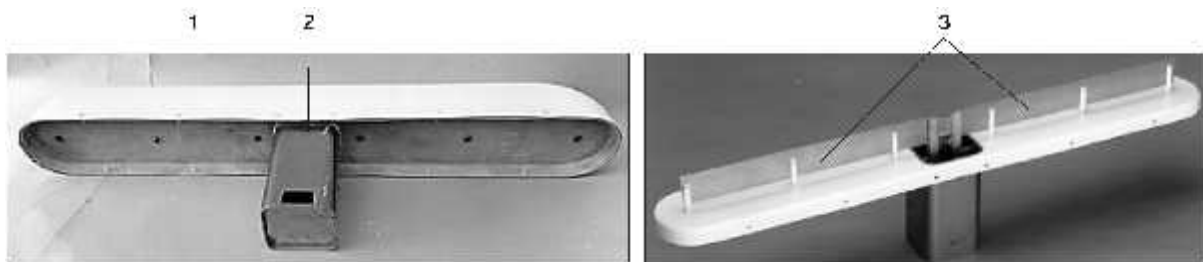
L'unité de distribution d'antennes (Figure 3-7) du système d'antenne est installée derrière le réflecteur vertical, près du centre. Elle résiste aux intempéries et se verrouille avec une porte. L'ensemble du réseau d'antenne (c.-à-d. les poteaux et les potences) est fait d'aluminium léger et recouvert d'un agent et d'une peinture protégeant la surface contre la corrosion et les intempéries. La base de chaque poteau est fixée à ses fondations en béton à l'aide de 4 barres d'ancrage filetées. La conception du réseau d'antennes lui permet d'être écrasé en cas d'urgence sans endommager gravement l'avion. (Figure 3-4 ,3-5).



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

Figure 3.5: Conception mécanique de l'antenne LLZ- 2F (13 éléments)

➤ **Élément d'antenne dipôle :**



- 1- Radome.
- 2- Base de l'antenne.
- 3- Eléments de radiateur du dipôle

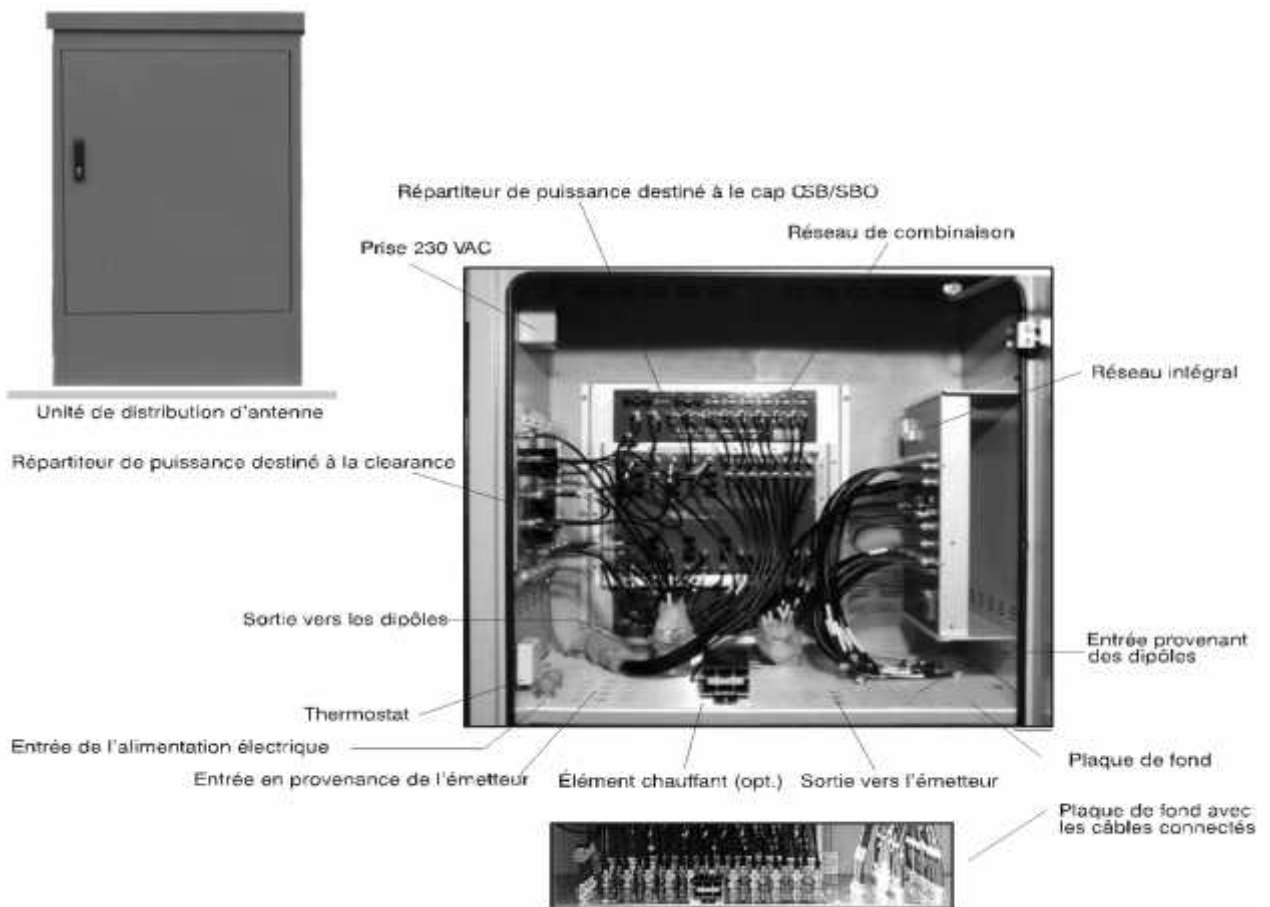
Figure 3.6 : composant de l'antenne dipôle.

### 3.1.3.2. Unité de distribution d'antennes (ADU, 13 éléments) :

L'ADU contient les sous-groupes ci-dessous:

- Un répartiteur de puissance comprenant: Un répartiteur de puissance destiné à le cap (CSB / SBO), Un répartiteur de puissance destiné à la clearance, Un réseau de combinaison.
- Un réseau intégral dévolu à la position de cap, la largeur de cap, et la largeur de clearance.

L'ADU comporte une prise de courant de 230 VAC qui peut alimenter un élément chauffant thermostatique en option permettant de la protéger de la condensation.



**Figure 3.7 :** Unité de distribution d'antenne, porte avant ouverte (exemple avec 21éléments).

- **Répartiteur de puissance (13 éléments) :**

Le répartiteur de puissance englobe le répartiteur de puissance CSB/ SBO de cap, le répartiteur de puissance de clearance, et le réseau de combinaison. (Figure 3-8)

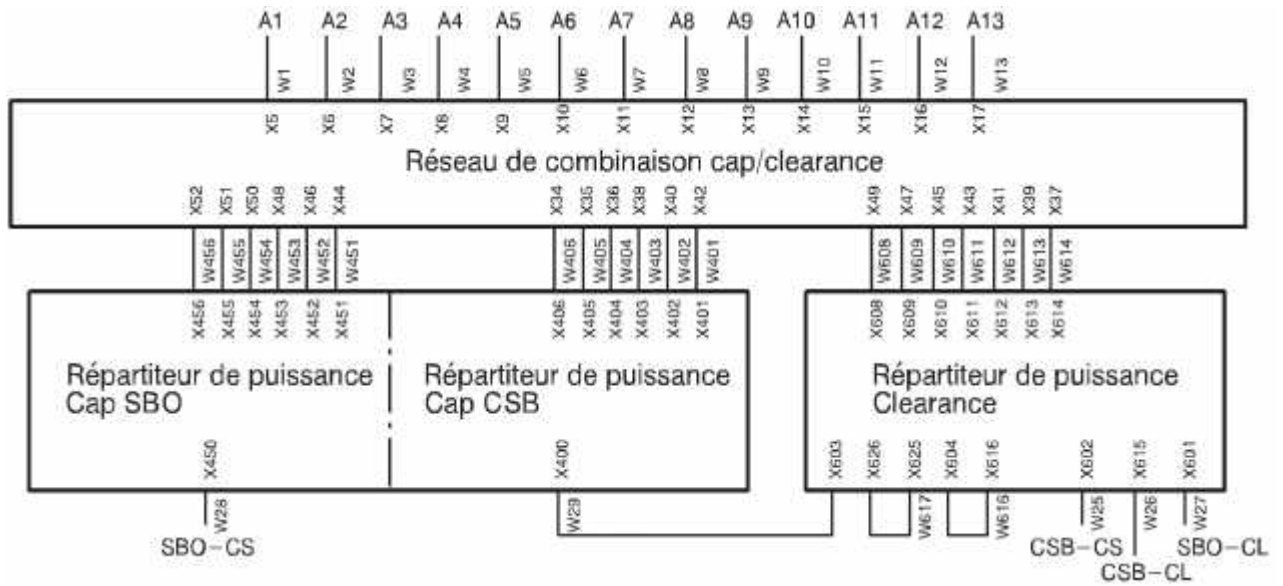


Figure 3.8 : Schéma fonctionnel du répartiteur de puissance.

- **Répartiteur de puissance pour le cap CSB /SBO (13 éléments) :**

Les répartiteurs de puissance (CSB et SBO) sont destinés au système de cap et sont intégrés sur une carte multicouche. Le répartiteur de puissance CSB émet les signaux RF par paires de dipôles 2/12, 3/11, 4/10, 5/9, 6/8, ainsi que du dipôle central 7 (la paire 1/13 ne reçoit pas de signal CSB), tandis que le répartiteur de puissance SBO émet les signaux RF des paires de dipôles 1/13, 2/12, 3/11, 4/10, 5/9 et 6/8 (le dipôle 7 ne reçoit pas de signal SBO). Pour compenser la perte survenant dans le réseau de combinaison de la superposition des signaux de cap et de clearance, on accroît de 3 dB (relative par rapport aux valeurs théoriques) l'amplitude des signaux transmis aux dipôles 4 à 10. Les connexions au réseau de combinaison sont assurées par des câbles coaxiaux enfichables (W401, W406, W451, W456).

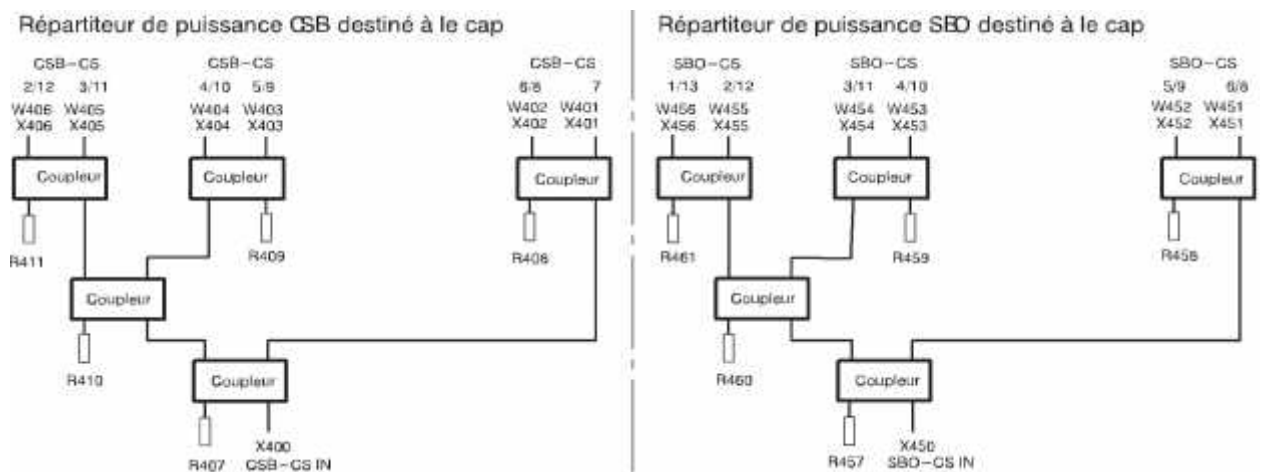


Figure 3.9: Schéma fonctionnel du répartiteur de puissance destiné au cap.

- **Répartiteur de puissance destiné à la clearance (13 éléments) :**

Le répartiteur de puissance destiné aux signaux à la clearance a été conçu selon la même technologie (PTFE multicouche) que celle du répartiteur de puissance destiné aux signaux de cap.

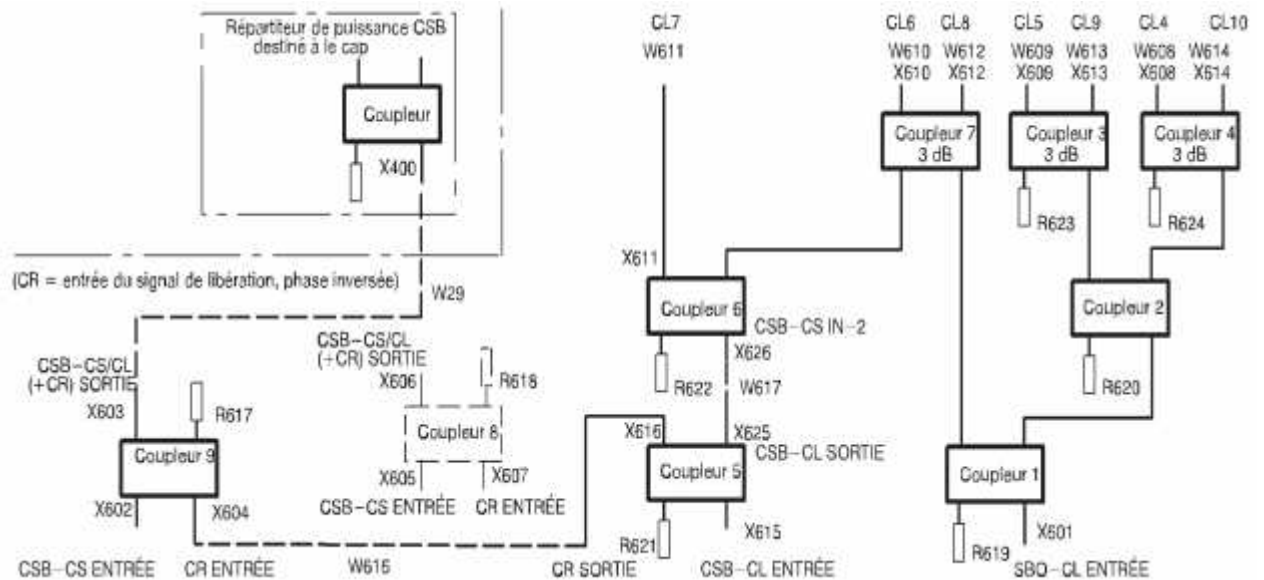


Figure 3.10 : Schéma fonctionnel du répartiteur de puissance destiné à la clearance.

- **Réseau de combinaison (13 éléments) :**

Le réseau de combinaison comporte quatre coupleurs hybrides simples 3dB et trois groupes de coupleurs comprenant chacun trois coupleurs hybrides 3dB.

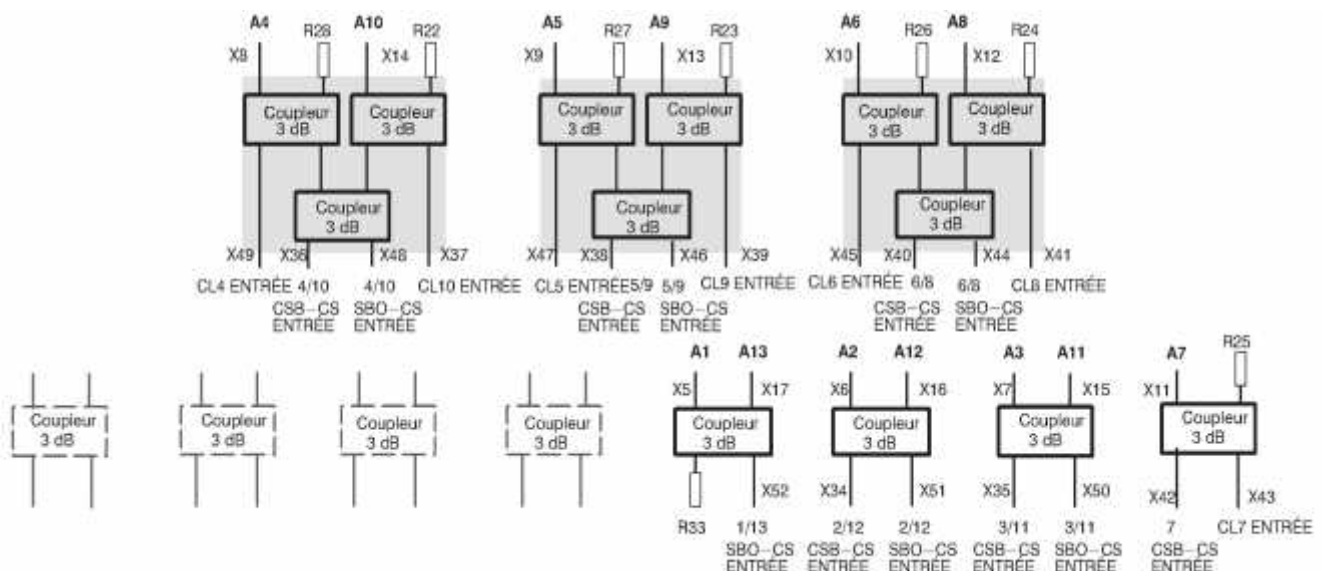


Figure 3.11 : Schéma fonctionnel du réseau de combinaison.

**•Réseau intégral (13 éléments) :**

Le réseau intégral est un composant de l'unité de distribution .Le réseau a pour fonction de répartir dans trois canaux les signaux obtenus par les éléments de couplage des dipôles. Ces signaux sont ensuite recombinaés avec leur retard de phase correspondant pour simuler les signaux Far Field de position (POSN.), largeur (WIDTH) et clearance (CL). Ces trois signaux correspondent aux signaux RF reçus dans le moniteur Far Field sur la ligne médiane de cap (POSN.), la transversale de demi alignement (WIDTH) et dans un azimut d'environ -25° (CL). Toutefois, ces signaux du réseau intégral sont beaucoup moins soumis aux parasites engendrés par le survol des avions que les signaux Far Field réels. Une fois que nous avons terminée la description de l'ILS 420 on passe a l'étude détaillée de l'installation de ses sous système qui le constituent

**3.1.4. Installation de l'antenne LLZ 421 :****3.1.4.1. Exégences de l'installation :****A. Mesures de sécurité :**

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. Règles 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'installation.
- Les personnes en état d'ivresse où sous l'influence de l'alcool ne seront pas tolérées sur le site d'installation.
- Pour manipuler des batteries, portez des lunettes protectrices et des gants de sécurité. Le site devra disposer d'eau de rinçage, de bicarbonate de soude, et de plusieurs serviettes de nettoyage.
- Portez des chaussures robustes, des gants de sécurité, et des casques de protection.
- Retirez immédiatement les clous, les barrettes, etc. faisant saillie. Contrôlez toujours soigneusement les échelles et planches avant leur utilisation.
- Ne marchez pas sur des portions de planche en saillie.
- Ne laissez jamais des objets sur les échafaudages ou les échelles.

- Installez les échafaudages ou les tréteaux de manière solide ; essayez-les toujours avant de les utiliser.
- Pour prévenir les accidents, testez les appareils électriques et les câbles rallonge.
- Avant de réaliser des travaux sur l'alimentation, retirez les fusibles.
- Portez des lunettes protectrices lorsque vous effectuez des opérations de ponçage ou de pérage.
- Eliminez en temps voulu par ponçage les barbes présentes sur les ciseaux et perforateurs.
- Testez les outils de percussion pour vous assurer qu'ils ne présentent pas de jeu.
- Ne placez pas d'objets pointus ou acérés dans les poches de vos vêtements de travail.
- Lorsque vous travaillez sur des sites de construction, enlevez les bijoux tels que des chaînes ou des bagues surtout lorsque vous utilisez des appareils électriques.
- Les accès de secours doivent toujours être dégagés.
- Toute personne travaillant sur le site d'installation doit savoir où se trouve :
  - La trousse des premiers secours.
  - Les numéros de téléphone du médecin des accidents et de l'ophtalmologiste le plus proche.
  - L'extincteur d'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'installation doit être contrôlée pour détecter les trous et les fentes suite à l'installation 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. Remarques sur l'équipement :**

N'enlevez pas les sous-groupes s'ils sont sous tension. Il en résulterait des dégâts irrémédiables et la baie de l'émetteur ne pourrait plus être mis en route correctement. Ne mettez jamais l'installation sous tension avec une baie non reliée à la terre. La première connexion électrique à réaliser est la mise à la terre de la baie. En l'absence d'une connexion à la terre, l'unité de traitement centrale de l'équipement peut présenter une défaillance ou se bloquer.



**E. 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, ou un contremaître qualifié. Les monteurs doivent être des artisans formés, par exemple des mécaniciens, électriciens, ou serruriers. Le temps d'installation des antennes est fonction des préparatifs; l'antenne à 12 éléments demandera 5 à 7 jour minimum, et l'antenne à large ouverture (21 éléments) 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.

**3.1.4.2. Le choix de la zone d'installation LLZ421-2F :**

La zone d'installation d'un radiophare ILS sont définis par l'organisme de l'aviation civile responsable, conformément à la réglementation internationale du trafic aérien. La zone est liée au dégagement nécessaire d'obstacle et à la configuration de la piste d'atterrissage (par ex. over run, aire libre de décollage, prolongement d'arrêt).

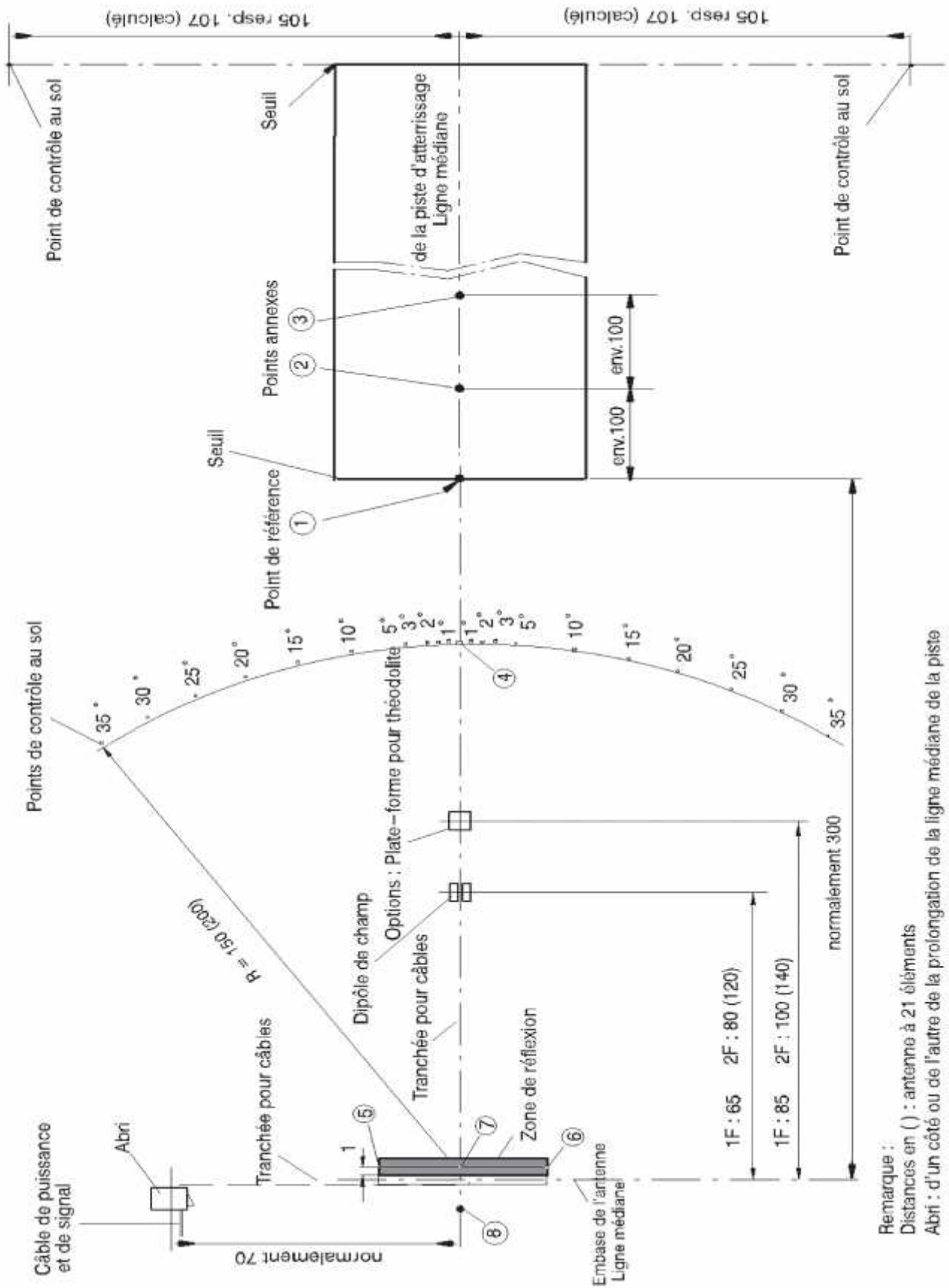
L'installation est définie par un relevé topographique toujours exécuté en présence d'un ingénieur- géomètre. La Figure 3-12 illustre un site d'installation type.

**A. Contrôle des points de mesure (exemple) :**

En premier lieu on commence par déterminez tout d'abord la ligne médiane de la piste d'atterrissage. Le point de référence Point (1) est supposé être disponible. Pour vérifier la position de l'antenne, déterminez les points de mesure annexes (2) et (3) à l'aide du point (1). Procédez comme suit :

- Installez un théodolite à (1) de la Figure 3-12 puis alignez-le verticalement.
- Placez une réglette jauge verticale sur chaque repère (2),(3) de la Figure 3-12.
- Réglez le théodolite sur le point (1) puis alignez sur 0° à l'aide des deux réglettes jauges des points (2) et (3).
- Faites ensuite pivoter le théodolite sur 180°.
- Mesurez 150 m à partir de la ligne médiane de l'embase d'antenne en direction du centre de la piste d'atterrissage, puis déterminez le point (4). Marquez sur le sol le point ainsi déterminé (4) de la Figure 3-12.
- Placez une réglette-jauge verticale au point (4). Aligned la réglette-jauge verticalement avec le théodolite.

- En vous servant des points (1) et (4), déterminez le point (8) sur la ligne médiane, 1 mètre derrière les fondations de l'embase d'antenne.
- Placez une réglette-jauge verticale puis alignez-la verticalement.
- Entre les points (1) et (8), déterminez le point d'installation (7) de l'antenne dipôle centrale.
- Installez le théodolite au point (7), ajustez l'horizontalité, puis réglez le sur  $0^\circ$  via les points (4) et (1).
- Faites ensuite pivoter le théodolite au point (7) de  $90^\circ$  sur la gauche et la droite, puis vérifiez si les différentes fondations des mâts du cadre de réflecteurs présentent des différences de hauteur.
- A partir du point (7), vérifiez les points de contrôle au sol du cercle de mesure.



Remarque :  
 Distances en ( ) : antenne à 21 éléments  
 Abri : d'un côté ou de l'autre de la prolongation de la ligne médiane de la piste  
 Toutes les distances sont en mètre

Figure 3.12: installation de site type, avec respect ordonné des points de contrôle topographique

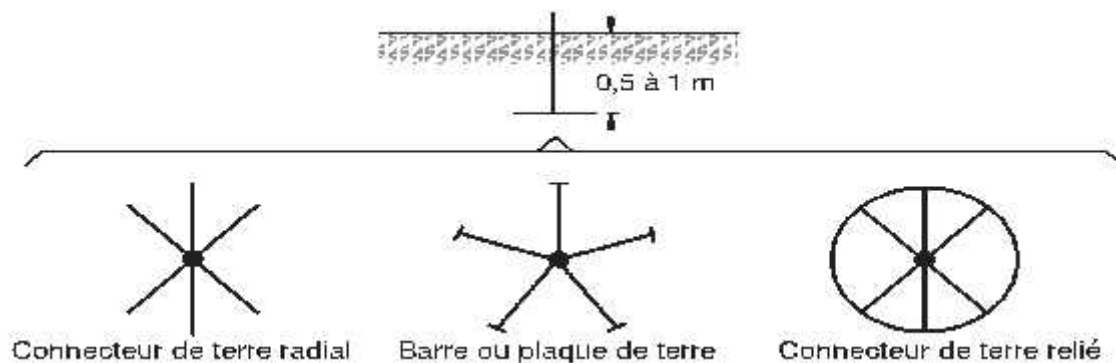
**Remarque :**

Dans la conception on associe une grande importance a la mise a la terre des différents composants, La résistance de terre requise par une installation de navigation peut être de 5 .

Cette résistance ne peut se mesurer avec précision qu'à l'aide d'un équipement spécial conçu pour mesurer la résistance de terre. Un sol arable et un terrain argileux offrent une résistance favorable (résistivité de terre 100 par mètre). Les données ci-dessous se réfèrent à ces conditions. En présence d'autres types de terrain, vous devez prendre en compte les facteurs ci-dessous (hausse de la résistance par rapport aux valeurs de base fournies).

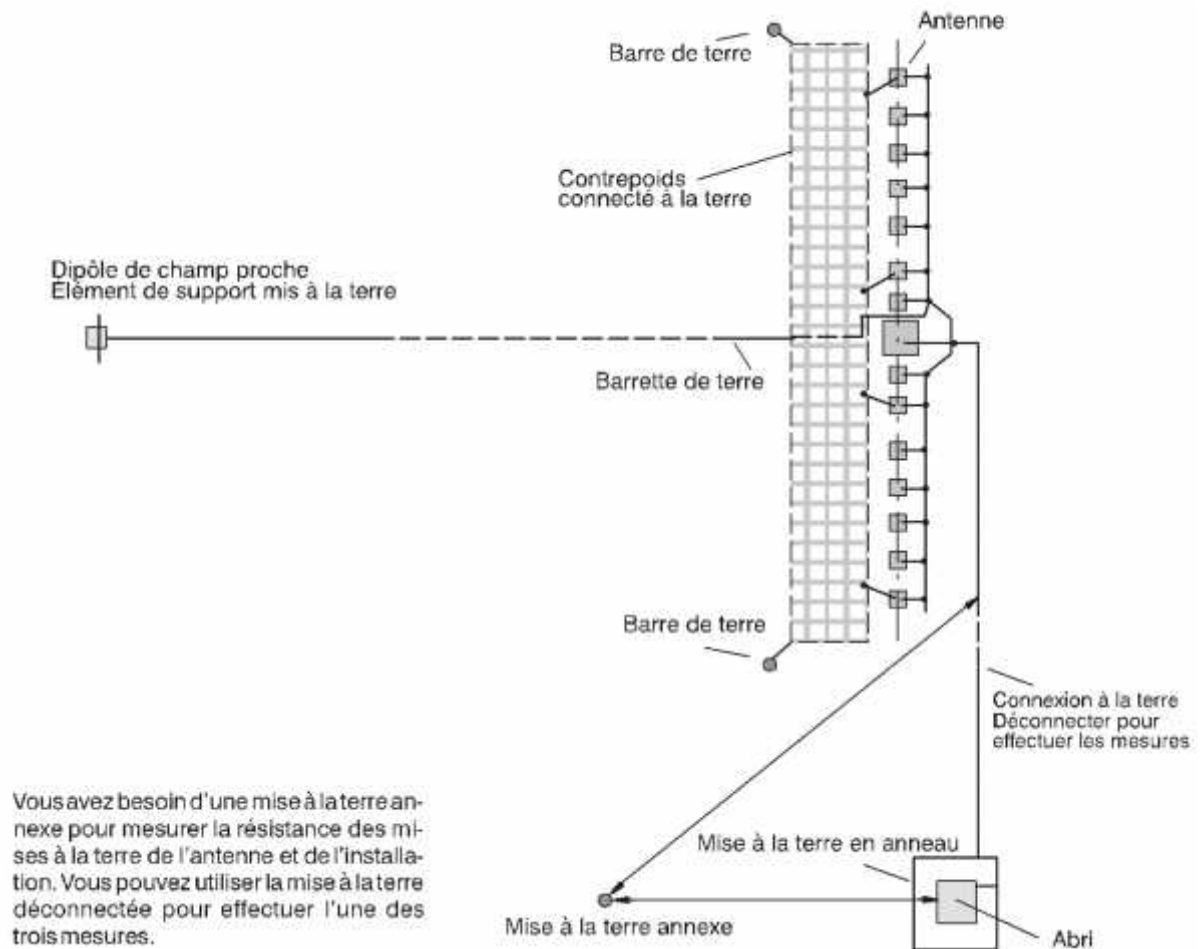
- o Sol sableux humide            **2 fois**
- o Sol sableux sec                **5 à 10 fois**
- o Gravier ou pierres            jusqu'à **30 fois**

Si le sol n'est pas chimiquement neutre, par exemple s'il est salé, vous devrez éventuellement recouvrir de plomb toutes les pièces métalliques posées dans la terre, ou bien utiliser un acier anti-corrosion adéquat (du **V2A** par ex.). Voici les différents types de connexion :



**Figure 3.13** : Différent types de configurations de connecteurs de terre.

La figure suivante montre un exemple de la mise à la terre d'un conducteur barrette LLZ. Le dessin n'est pas à l'échelle.



**Figure 3.14 :** Répartition de la mise à la terre d'une installation de radiophare d'alignement de piste.

### 3.1.4.3. Montage de l'antenne :

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

Chaque mât (3) de la Figure 3-15 doit être aligné verticalement à une certaine distance des fondations en ayant recours aux écrous hexagonale inférieurs (13),(15)de la Figure 3-15 des quatre 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 des différentes fondations ne sont pas alignés, vous pouvez rectifier le système de  $\pm 5$  cm environ sur toute la longueur de l'antenne.

Les mâts des extrémités gauche et droite sont chacun munis d'un feu d'obstacle (1)de la Figure 3-15 fixé à son mât par un dispositif de retenue. Ces deux mâts ne comportent pas de potence.

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 3-15. Une plaque

de guidage (5) déjà montée dans le mât permet de guider le câble pendant son insertion.  
(Voir la figure 3.15).

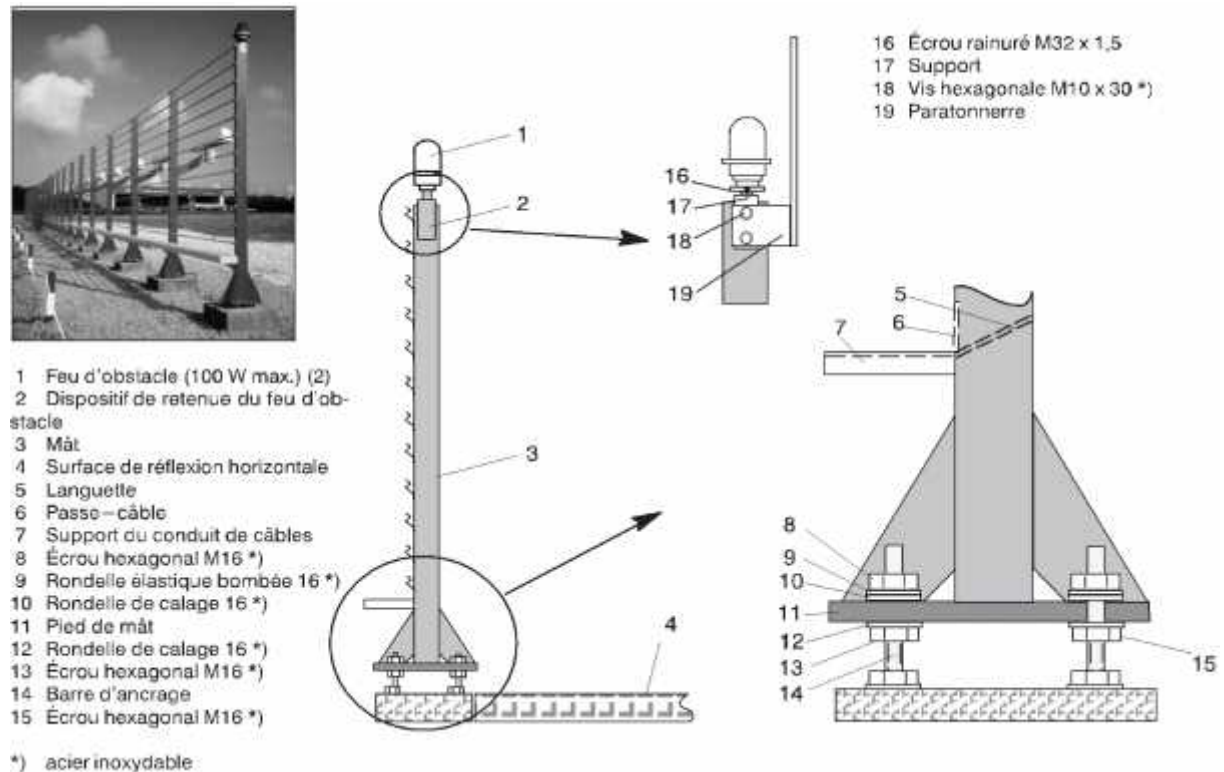


Figure 3-15 : Élévation des mâts

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

Un conduit de câbles (4) de la Figure (3.16), fixé à chaque mât par un support (5) de la Figure (3.16) au moyen de deux boulons M5, se monte au dos de l'antenne, sur toute sa longueur. Le conduit de câbles se présente sous forme de segments. Disposez et montez les différents segments en suivant la description des Figure (3.16, 3.17).

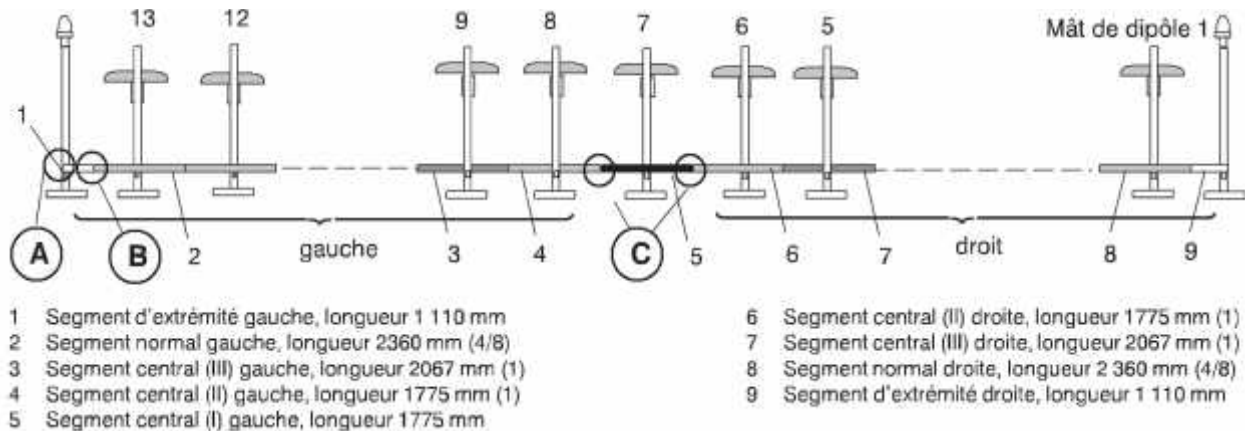
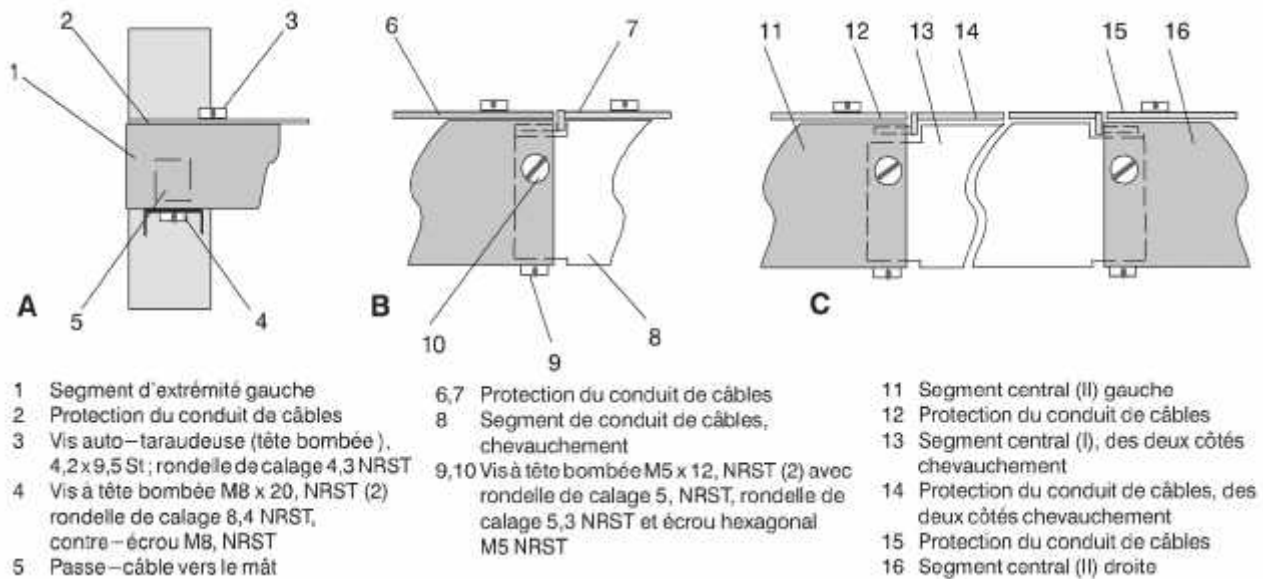


Figure 3.16 : Disposition des segments de conduit pour câbles (exemple d'antenne à 13 éléments).

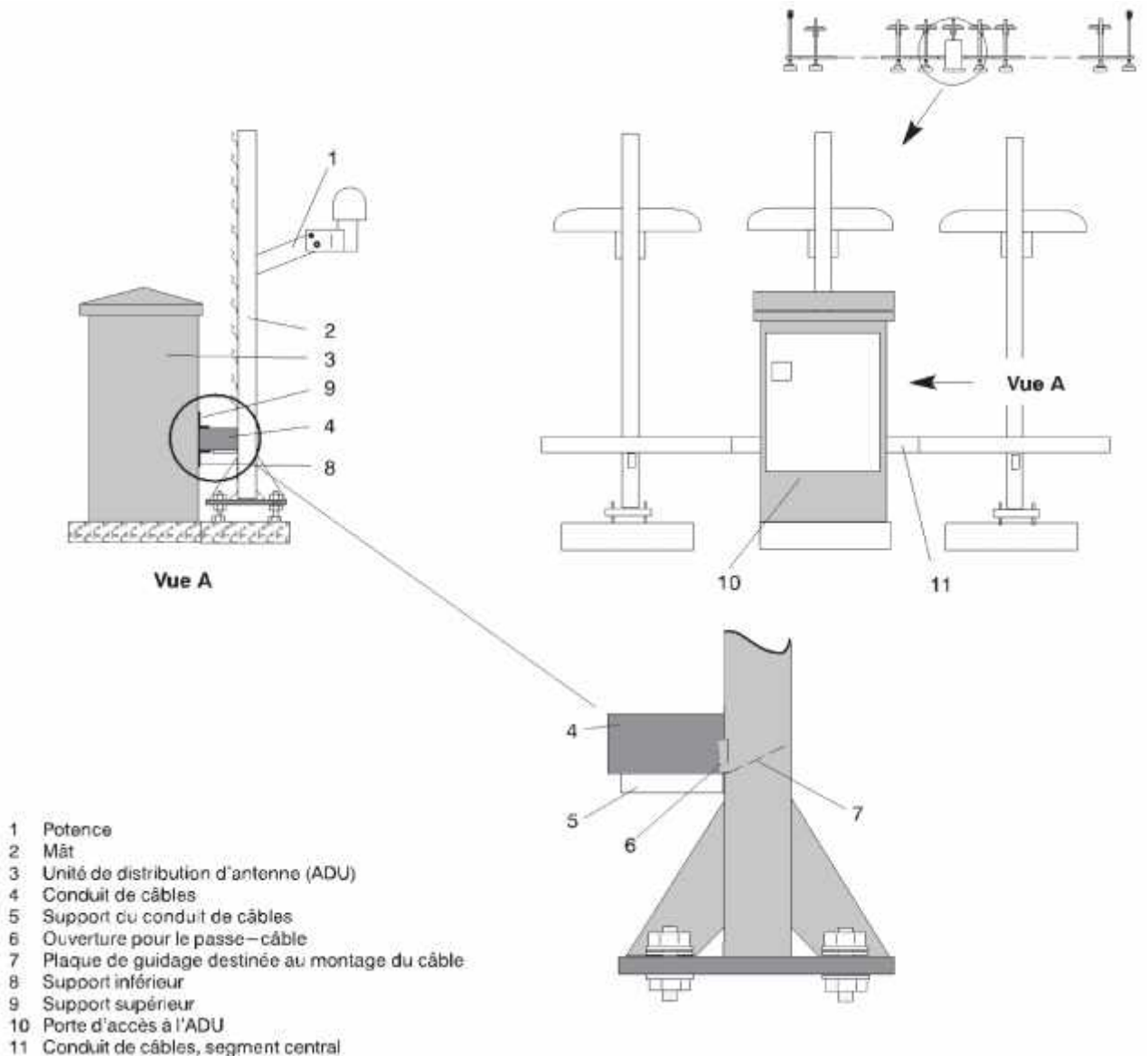


**Figure 3.17** : Montage détaillé des segments de conduit de câbles

Le câble est introduit par l'ouverture (6) de la Figure 3-18 dans le conduit de câbles et le mât; il passe ensuite par une ouverture dans le conduit de câbles et dans le panneau arrière de l'unité de distribution d'antenne (3) de la Figure 3-18. La plaque de guidage (7) de la Figure 3-18 facilite l'introduction du câble.

Lors de son montage, le boîtier de l'ADU se place à proximité du conduit de câbles. Dans cette position, percez dans les fondations les alésages (10 mm de diamètre, environ 90 mm de profondeur) destinés à fixer le boîtier. Après avoir nettoyé les alésages, insérez-y les cartouches de mortier.

A l'aide d'une perceuse à percussion, introduisez les barres d'ancrage correspondantes dans les alésages. A ces fins, insérez l'extrémité émoussée de la barre d'ancrage dans l'outil de fixation approprié, puis serrez ce dernier dans la perceuse à percussion. La cartouche de mortier est détruite lors de son introduction, et le mortier commence à prendre. Une fois le mortier durci, placez l'unité de distribution d'antenne sur les fondations. Si nécessaire, rectifiez avec des rondelles de calage la différence de hauteur avec le conduit de câbles.



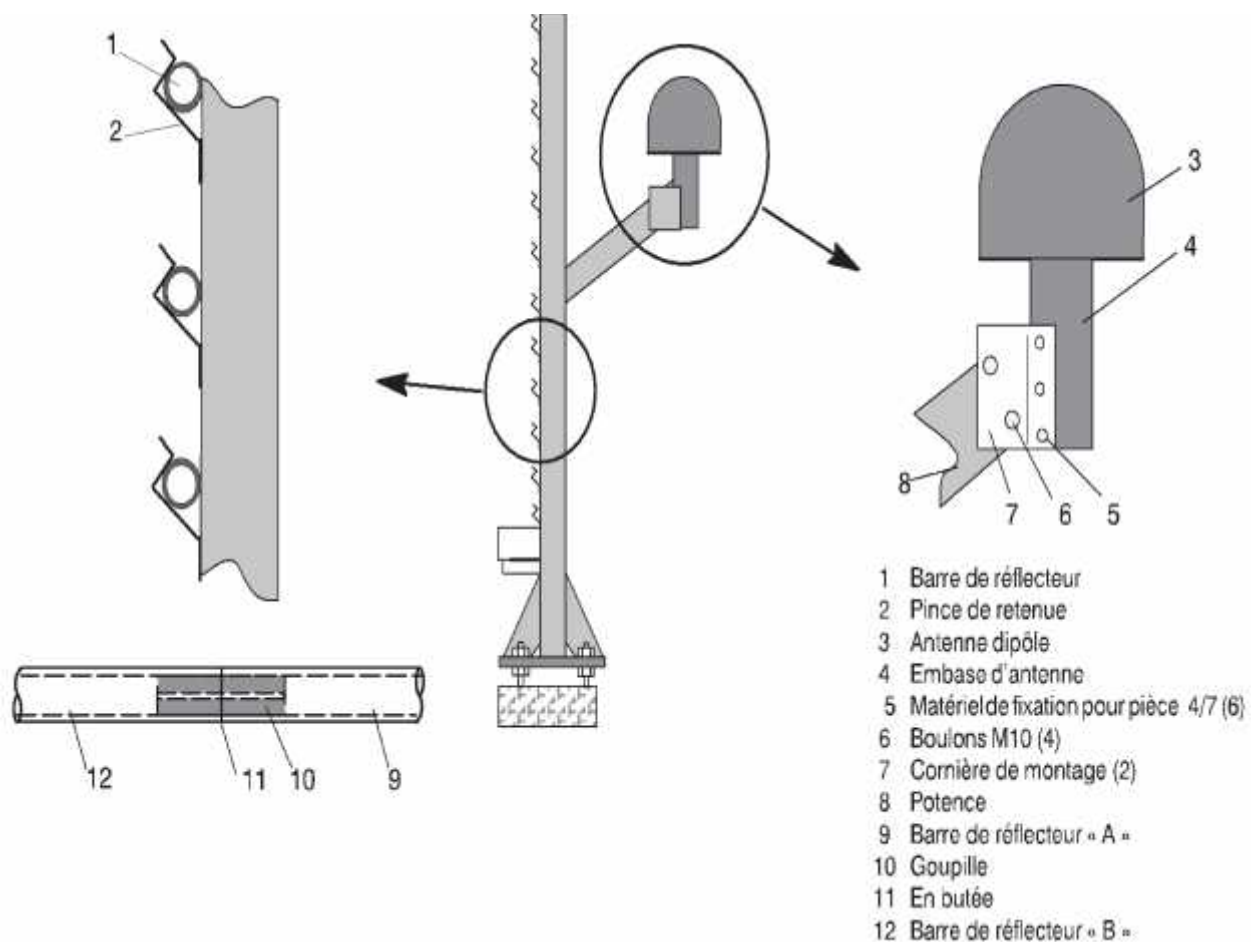
**Figure 3-18:** Conduit de câbles avec support et unité de distribution d'antenne (ADU)

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

- Avant de monter les barres de réflecteur (1) de la Figure 3.19, graissez la surface de contact sous pression du mât avec de la graisse de contact.
- Accrochez les barres de réflecteur dans les pinces de retenue (2) de la Figure 3-19 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 3.19. Insérez la douille élastique en la comprimant légèrement avec des pinces à tube, puis enfoncez-la dans le tube. Procédez de la même manière avec les deux autres extrémités de la goupille élastique et du tube. Les deux tubes doivent alors buter l'un contre l'autre.



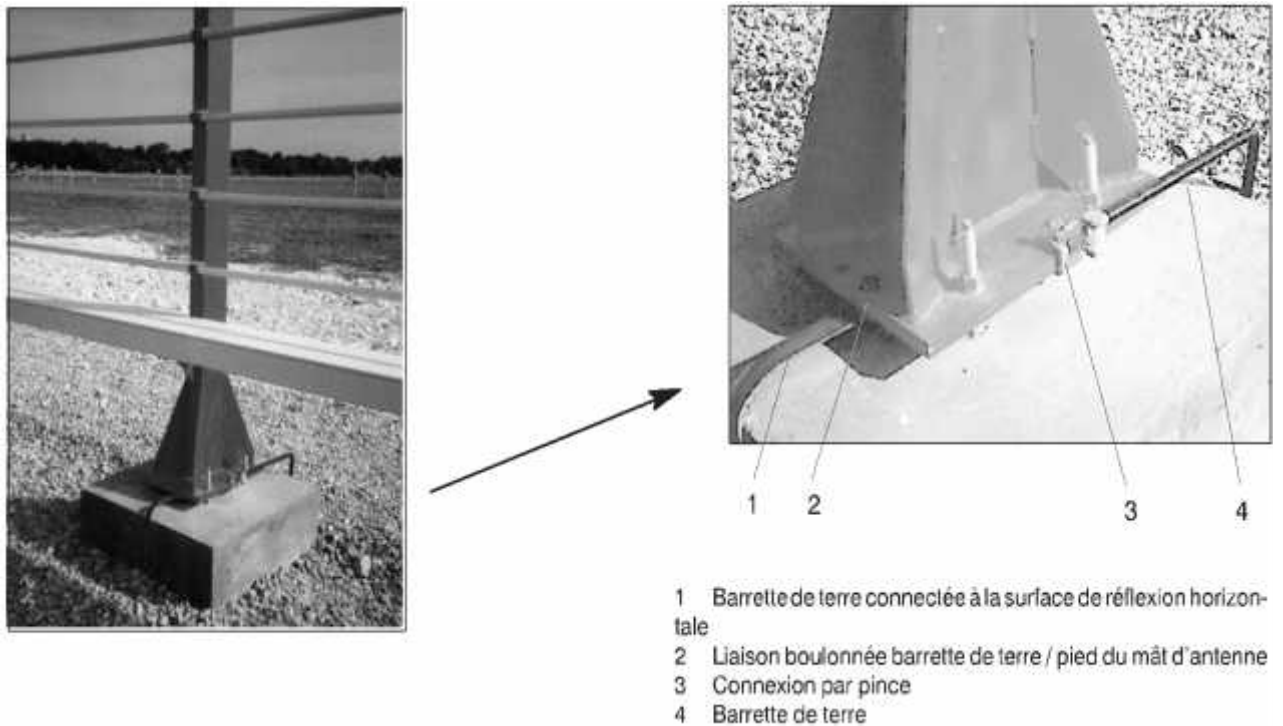
- Sciez les barres de réflecteur au ras du bord externe de l'autre mât d'extrémité.
- Sur chaque côté de l'embase d'antenne,(4) de la Figure 3.19 , installez une cornière de montage en utilisant le jeu de fixation (pour chaque angle, ce jeu comprend trois boulons M5 x 15 accompagnés d'un étrier de calage, d'une rondelle élastique bombée, et d'un écrou).
- A l'aide des cornières de montage, fixez l'antenne dipôle à la potence (8) de la Figure (3.19) en utilisant deux boulons M10 par cornière (la potence est fournie avec des écrous à chasser destinés à l'opération de serrage).



**Figure 3-19** : Montage des barres de réflecteur et des antennes dipôle.

#### **D. Mise à la terre des mâts d'antenne et de la surface de réflexion horizontale :**

A l'aide de connecteurs à pince (3), fixez au pied du mât la barrette de terre (4) de la Figure (3.20) sortant du sol pour chaque fondation.



**Figure 3.20:** Mise à la terre de la structure d'antenne et de la surface de réflexion horizontale.

Si besoin est, à l'aide de barrettes de terre et d'un boulon (1,2) de la Figure (3.20), fixez en quatre points la surface de réflexion horizontale située devant l'antenne LLZ à la structure d'antenne, au pied du mât sur la largeur complète de l'antenne.

#### 3.1.4.4. Câblage et connexion des antennes :

##### A. Généralités :

L'unité de distribution d'antenne (4) de la Figure(3.22) est fournie prémontrées, 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 (voir annexe A).

##### B. Pose du câble dans les tranchées pour câbles préparées :

La Figure (voir annexe A) présente des informations sur les câbles RF reliant l'abri et l'unité de distribution d'antenne (ADU), et ceux connectant l'abri et le dipôle de champ proche. Ces câbles se posent dans des tranchées pour câbles préparées. Les fondations de l'ADU contiennent des tubes en plastique (2,3) de la Figure (3.22) pour faire passer les câbles.

Pour le fonctionnement du dipôle de champ proche et des feux d'obstacle situés sur les deux mâts extérieurs de l'antenne LLZ, vous devez poser les câbles de tension secteur correspondants entre l'abri et l'antenne LLZ, et entre l'abri et le dipôle de champ proche.

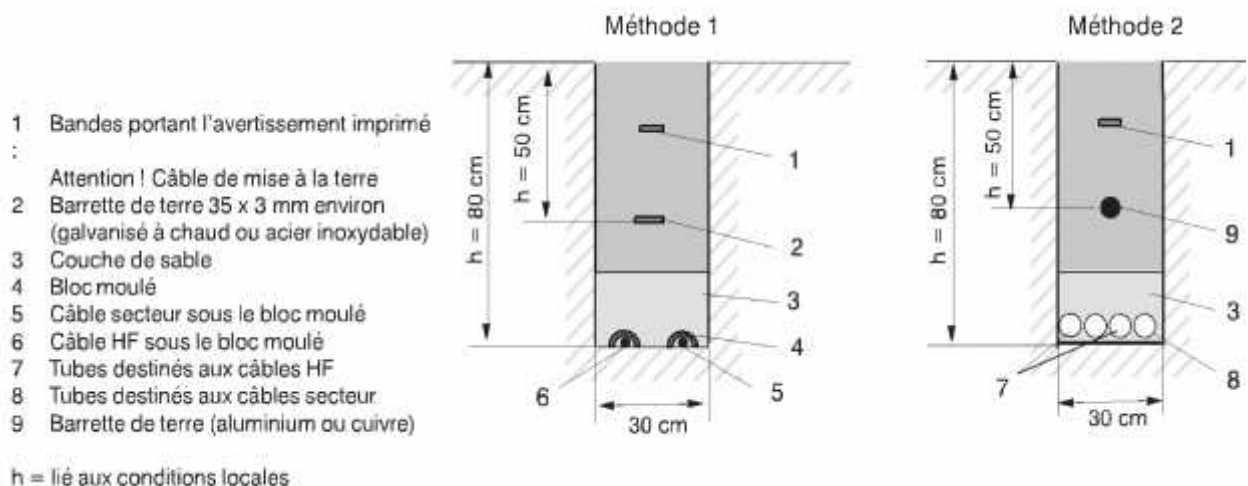
En principe, les câbles RF doivent être installés séparément des câbles de tension secteur (6,5) ou (7,8) de la Figure (3.21). Il est préférable de couvrir les câbles par des blocs moulés ou de les placer dans des tubes en plastique. Les câbles suivants sont intégrés à une couche de sable. A la place de blocs moulés, vous pouvez également poser des briques au centre de la tranchée pour câbles, pour séparer les câbles RF des câbles secteur.

Le câble de tension secteur et le câble RF du dipôle de champ proche atteignent l'abri dans des tubes séparés (2) de la Figure (3.22) via la trappe pour câbles.

Les câbles RF allant de l'abri à la trappe pour câbles en passant dans les tranchées pour câbles (1) de la Figure 3-22 sont tirés dans la partie inférieure de l'armoire de distribution par un (ou par deux ou trois si nécessaire) passe-câble (3) de la Figure (3.22). Les câbles de tension secteur destinés aux feux d'obstacle sont tirés par un passe-câble séparé.

Lorsque vous remblayez les tranchées pour câbles, placez une barrette de terre en aluminium, cuivre, tôle galvanisée, ou acier inoxydable (2) or (9) de la Figure (3.21) afin de mettre à la terre le support maçonné du dipôle de champ proche et de fournir une connexion à la terre entre l'antenne LLZ et l'abri.

Pour éviter des dommages durant les derniers travaux de terrassement, collez sur les câbles dans la tranchée une bande (1) de la Figure (3.21) portant l'avertissement « Attention Câble de mise à la terre ».

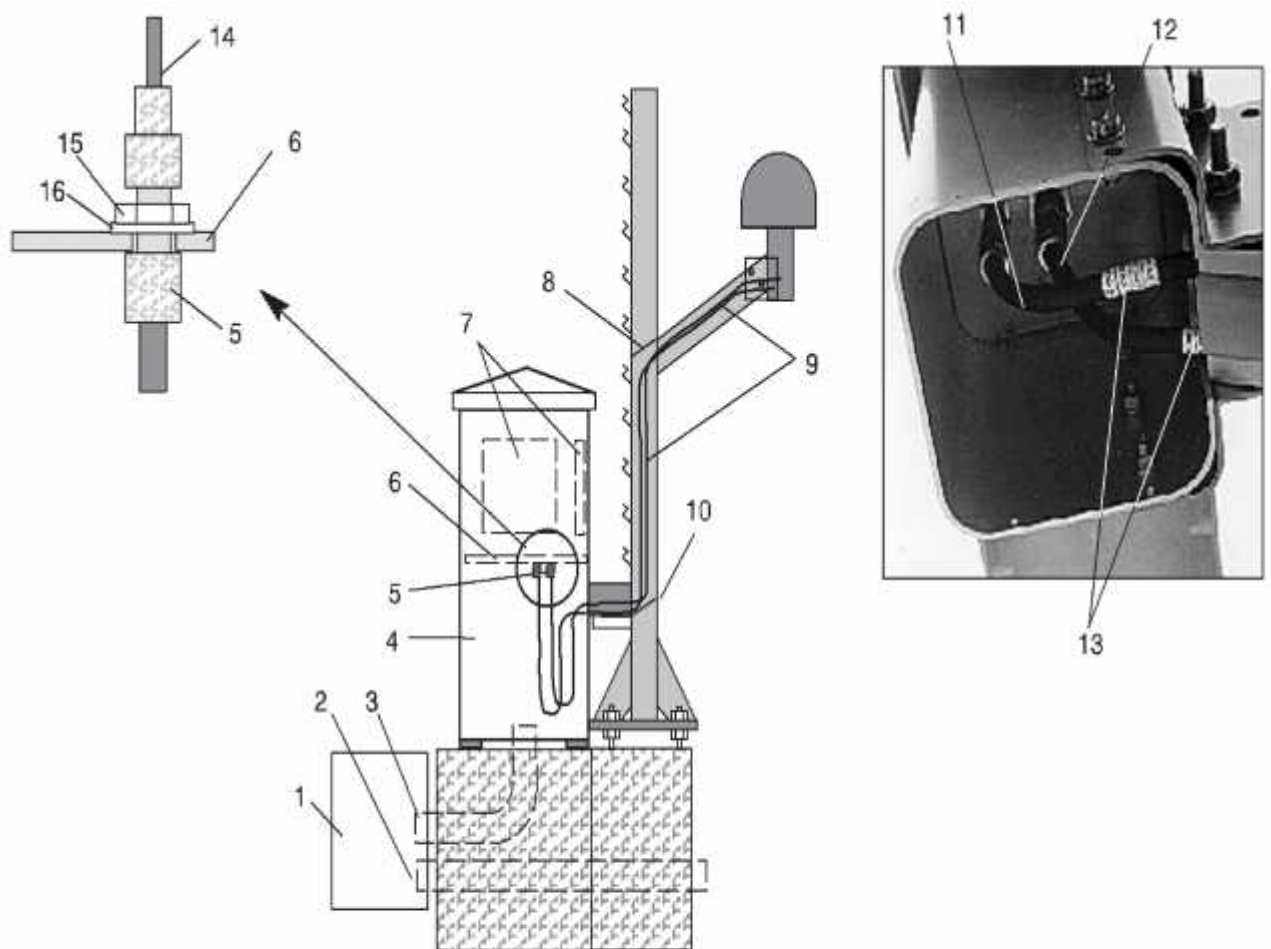


**Figure 3-21** : Section transversale d'une tranchée pour câbles type.

### C. Pose des câbles entre les antennes dipôle et l'ADU :

Un câble de signal et un câble de surveillance partent de chaque antenne dipôle vers l'unité de distribution d'antenne (voir annexe A), en passant par le cadre d'antenne et le conduit de câbles (pour le guidage des câbles, voir (9) de la Figure 3.22. et annexe A). Des plaques de guidage (8,10) de la Figure 3.22 facilitent l'introduction et le passage des câbles. Tous les câbles présentent la même longueur, et l'identité des différents câbles est marquée à leurs deux extrémités (13) de la Figure 3.22.

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 des antennes dipôles respectives suivantes.



- |   |   |    |  |
|---|---|----|--|
| 1 | Trappe pour câbles  | 9  | Guide de câbles  |
| 2 | Passe-câble (2) pour les câbles de l'abri / du dipôle                         | 10 | Plaque de guidage  |
| 3 | Passe-câble (3) pour les câbles de l'abri / l'unité de distribution d'antenne | 11 | Câble de surveillance  |
| 4 | Unité de distribution d'antenne (ADU)   | 12 | Câble de signal  |
| 5 | Connexion coaxiale  | 13 | Identification des câbles                                    |
| 6 | Plaque de fond  | 14 | Câble vers le répartiteur de puissance ou le réseau intégral |
| 7 | Répartiteur de puissance et réseaux   | 15 | Écrou hexagonal  |
| 8 | Plaque de guidage   | 16 | Rondelle à picots  |

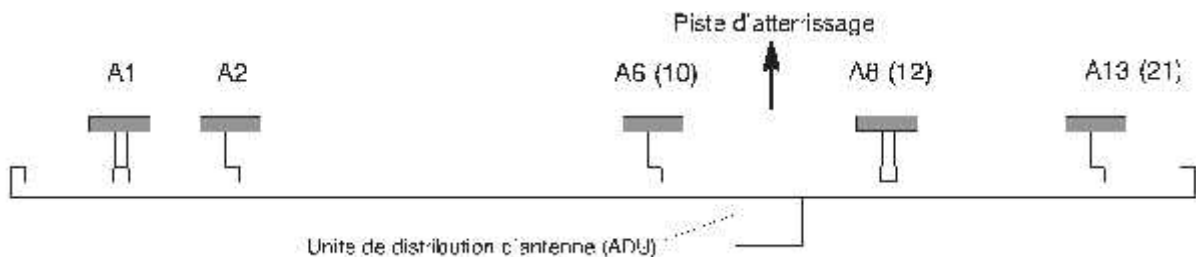
**Figure 3-22** : Pose et guidage des câbles d'antenne

#### D. Connexion des câbles de l'émetteur à l'ADU :

Via la plaque de fond (6) de la Figure 3.22, connectez les câbles de signaux W101 et W107 (voir annexe A) reliant l'abri à l'unité de distribution d'antenne en suivant les informations indiquées dans les figures dans Annexe A. Si les câbles W1 04 à W107 ont un diamètre 1/2" intercalez les câbles W81 à W84 comme adaptateur optionnel entre les câbles W1 04 à W1 07 et l'unité de distribution d'antenne.

#### E. Connexion de l'antenne à 13 éléments à l'ADU :

Connectez les câbles de signaux RF W1 à W13 reliant l'unité de distribution d'antenne (ADU) aux antennes dipôle A1 à A13, ainsi que les câbles de surveillance W14 à W26 reliant l'antenne à l'ADU en suivant les informations illustrées par les Figure dans Annexe. Le câble RF W1 du dipôle A1 se connecte au connecteur X5 du réseau combiné par l'entrée 5 de la plaque de fond (ANTENNE), le dipôle 2 se connecte au connecteur X6 par l'entrée 6, etc. Le câble de surveillance W1 4 se connecte au connecteur X5 du réseau intégral par l'entrée 5 (MONITEUR), etc. Vu dans la direction de la piste d'atterrissage, l'antenne dipôle A1 se trouve à gauche dans la Figure 3-23.



**Figure 3-23** : Disposition des antennes dipôle.

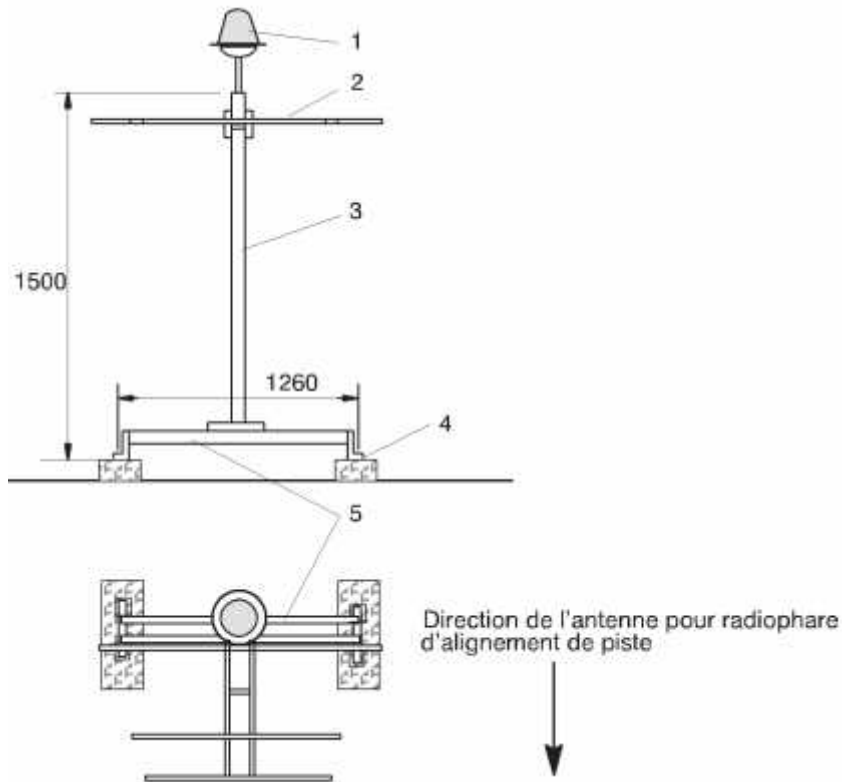
#### F. Montage du dipôle de champ proche (antenne Yagi à 3 éléments), option :

- Fixez les supports transversaux aux tiges filetées scellées dans le ciment au moyen de cornières latérales (4) (5) de la Figure 3.24.
- Fixez le mât aux supports transversaux.
- Installez le feu d'obstacle sur le mât.
- Fixez le dipôle de champ proche au mât (alignez le dipôle avec l'antenne LLZ).

#### J. Connexion du dipôle de champ proche optionnel :

Le dipôle de champ proche se connecte à l'aide du câble W108 (Figure : Annexe A). Avec des colliers de câble résistant aux UV, attachez le câble au mât (3) de la Figure 3.24.

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



- 1- Feu d'obstacle.
- 2- Dipôle de champ proche.
- 3- Mât.
- 4- Cornière latérale.
- 5- Support transversal permettant de déplacer le mât.

**Figure 3-24** : Montage du mât et du dipôle de champ proche.

#### H. Connexion du feu d'obstacle :

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 Figure3.24) aux bornes de l'éclairage correspondant et, dans l'abri, aux bornes « Feu d'obstacle » équipant l'armoire d'alimentation électrique.

A ce point on a terminée avec localizer et on va passer à l'installation d GP 422 ;

### 3.2. Radiophare de descente de piste GP 422 :

La qualité des signaux de navigation qui doivent être interprétés dans les récepteurs de bord et en particulier le cap égalisé observé lors de la descente d'alignement de descente sont en fonction de la topographie et de l'absence d'obstruction sur le terrain précédent l'aérodrome.

Les versions de l'équipement fourni permettent d'éliminer l'influence des conditions défavorables de terrain par des configurations spéciales des antennes et la manière par laquelle le signal RF est fourni au système de d'antennes. Les versions disponibles sont les suivantes :

- **Radiophare d'alignement de descente 1 F, Type 0 :**

Méthode de référence zéro (version à simple fréquence). Version utilisée lorsque le terrain en face de l'antenne GP est uni et sans inclinaison. Ce système d'antennes est utilisé lorsque la zone de la réflexion en face de l'antenne est idéale, le terrain est uni sur une distance de 1000 m, les inclinaisons du terrain sont faibles et aucun bâtiment, aucune obstruction ou colline n'est visible au-dessus d'une élévation de 0,2°.

- **Radiophare d'alignement de descente 1 F, Type B :**

Méthode de bande latérale (version à simple fréquence). Version avantageuse lorsque l'inclinaison est modérée et le terrain est court en face de l'antenne, au cas où le terrain n'est pas conforme aux directives pour l'installation d'un système 1 F standard (référence 0), par un terrain à forte pente ou trop court, une installation de type B est utilisée. En raison de la faible hauteur des systèmes d'antennes et des zones Fresnel réduites qui en résultent, le type B a besoin d'une zone de réflexion plus courte en face de l'antenne. En comparaison avec la référence 0, les distorsions dues à un sol inégal, à des inclinaisons du terrain ou à obstructions devant l'antenne sont réduites de 20 à 30%. Cependant, le système est plus sensible aux changements des conditions météorologiques. Les conditions géographiques, telles que les fluctuations des eaux souterraines ou une forte chute de neige, doivent être prises en considération. Il est possible de transformer une installation 1F standard en une installation de type B.

- **Radiophare d'alignement de descente 2 F, Type M :**

Méthode de dominance (version à double fréquence). Version avantageuse lorsque l'inclinaison est forte et le terrain est court en face de l'antenne. En cas de relief (par ex.

terrain en montée), il y a un risque d'affaiblissement de l'information de l'angle du radiophare d'alignement de descente du GP-1 F de type 0 ou de type B en raison des réflexions. L'inconvénient produisant cette réflexion sur le terrain avant peut être éliminé par une faible émission du signal SBO dans la direction des angles à faible élévation.

3.2.1. Diagramme de rayonnement 2 F, Type M :

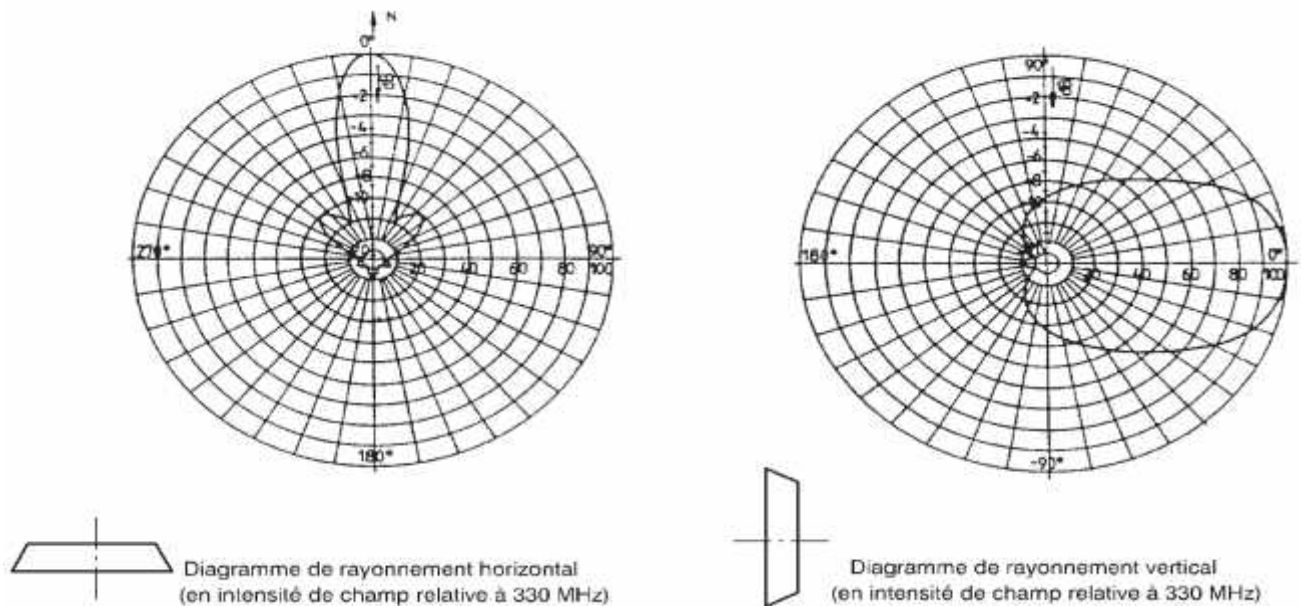


Figure 3 -25 : Diagramme de rayonnement d'un réseau d'antennes à dipôles

1) Signal GP-1F déformé en raison de l'influence du terrain

2) Elimination de distorsions en utilisant un système GP-2F de type M

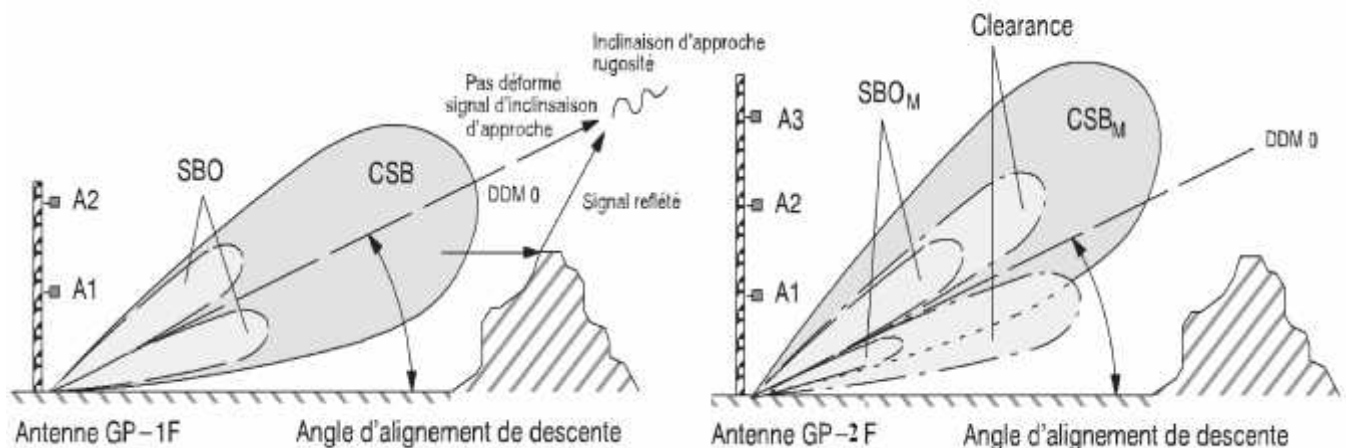


Figure 3-26 : Diagramme de rayonnement pour GP-2F (type M) comparé à GP-1F vue du principe.



L'angle du radiophare d'alignement de descente (SBO zéro) doit être le même que pour un rayonnement normal conformément aux spécifications locales pour l'angle du radiophare d'alignement de descente (en général 2.5... 3°). Pour compenser la déficience de l'intensité de champ sous l'angle d'approche, un signal de « clearance », dont le porteur est décalé d'env. 8 kHz du porteur de cap, est émis en supplément. Ce signal de clearance sert essentiellement à couvrir les angles à faible élévation dans le champ lointain. Les composants de signaux reflétés sur le radiophare d'alignement de descente en raison d'obstructions dans le champ proche ne diminuent pas la qualité de l'angle d'approche, étant donné qu'ils sont éliminés par le récepteur de bord par la « méthode de dominance » sur la base des différentes intensités de champ. Cette méthode est utilisée par GP-2F (désigné également GP de type M qui contient trois systèmes d'antennes (A1, A2, A3) placés à des hauteurs approximatives de h, 2h et 3h au -dessus du sol). Les diagrammes d'espace libre du CSB et du SBO sont relevés en élévation et par conséquent, en comparaison avec les types 0 ou B, moins d'énergie est dirigée vers le sol, ce qui entraîne une sensibilité plus faible aux irrégularités du terrain et aux obstructions. Cependant, la faible énergie émise à des angles de faible élévation peut limiter la couverture et une information « d'envolée » aux angles de faible élévation. Par conséquent, en plus des signaux de cap, un signal de clearance est avec une valeur DDM= -30%, de phase et amplitude égales, est émis par les systèmes d'antennes supérieur et inférieur A1 et A3. Le diagramme d'espace libre de clearance présente un maximum de 1.2°. Il est modulé à 55% de 150 Hz et à 25% 90 Hz, ce qui entraîne une valeur DDM de -30%. Du fait de la méthode de dominance à des angles de faible élévation, où le signal de clearance domine, le signal de cap et la couverture et la valeur DDM indiquée sont déterminés par la clearance. Dans la zone de l'angle d'alignement de descente, la clearance présente une valeur minimum qui est également supportée par les réflexions du sol, de même que le signal de cap domine à des angles de haute élévation, de telle sorte que la clearance n'a pas d'effet à de hautes élévations. Bien que les hauteurs des systèmes d'antennes soient supérieures à celles des systèmes de type 0 ou B, le type M requiert la zone de réflexion la plus petite en face de l'antenne. En comparaison avec le type 0, les distorsions dues à un sol inégal, à des inclinaisons du terrain ou à des obstructions en face de l'antenne peuvent être réduites de 50. ..80 %.

### 3.2.2. Emplacement de GP 422-2F :

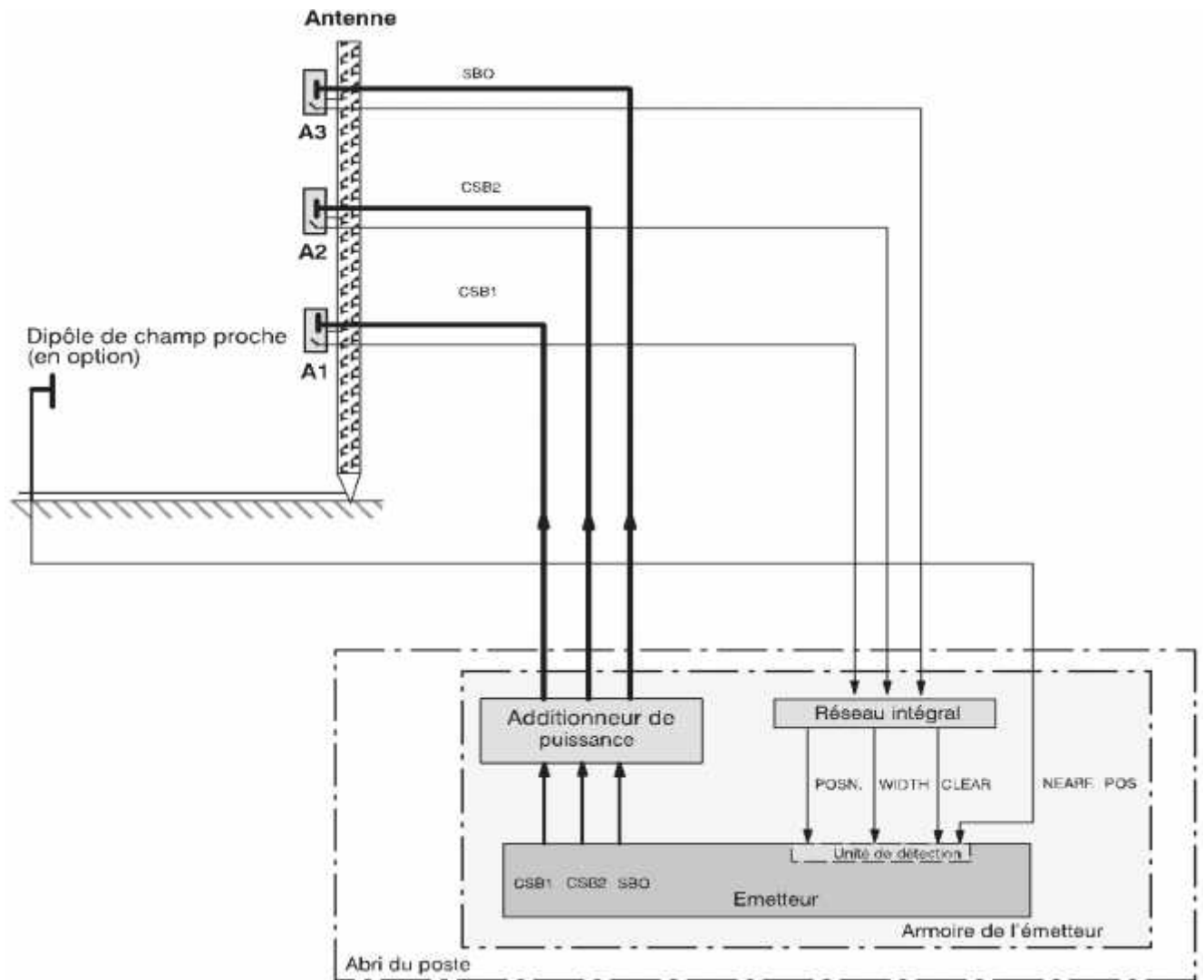
L'antenne GP est installée à env. 286 ...344 m au-delà du seuil de la piste d'atterrissage et à 120 ...180 m de la ligne centrale de la piste d'atterrissage. Un dipôle optionnel de champ proche est installé dans la zone de rayonnement de l'antenne GP pour la surveillance de la position COURSE POSN. du signal GP.

La position du dipôle dépend du type d'installation (référence 0, type B ou M) et des conditions locales comme l'angle du glissement. Le bâtiment de l'émetteur GP (abri) est installé dans les environs de l'antenne GP (voir Figure 2-4).

### 3.2.3. Les éléments constituant de GP 422-2F :

Une installation d'antennes GP-2 (type M, actif) comporte:

- 3 réseaux d'antennes à dipôles.
- Réseau intégral et additionneur de puissance; ces composants sont installés dans l'armoire de l'émetteur.
- Dipôle de champ proche pour POSN (en option).
- Mât de l'antenne.



**Figure 3-27 :** Disposition des composants du système d'antennes GP-2F (actif)

### A. Répartition des antennes :

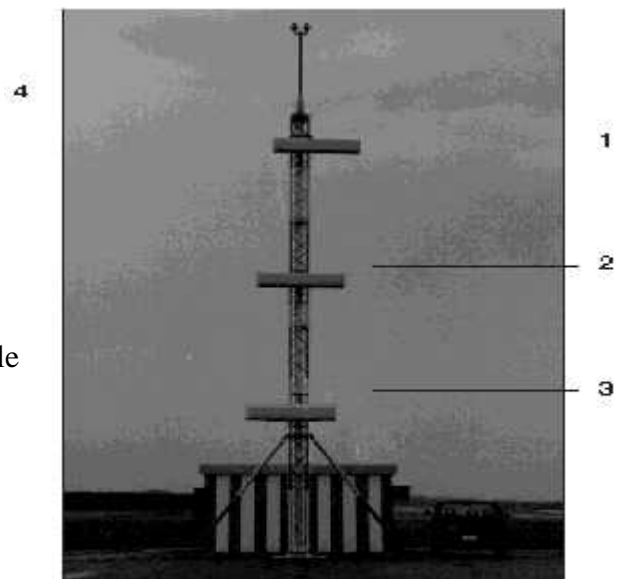
D'après la Figure 3-28, 3-29. L'antenne GP comprend un mât à treillis avec trois systèmes d'antennes à dipôles A1, A2 et A3. Le mât aux dimensions (lxp) 450 x 650 [mm] est rectangulaire et peut être monté au moyen d'étriers. Le mât est divisé en sections de 3.50 m de long chacune, et peut être adapté pour satisfaire aux exigences locales. Chaque section du mât comprend 4 barres reliées ensemble par des entretoises et des lanières de la cible au moyen de rivets et vis. Il est en aluminium ALMgSi, les parties de l'acier sont galvanisées et tous les rapports de la vis sont en d'acier V2A. Le cadre inférieur se compose de profilés en acier soudés. Il contient des boulons à fourche qui permettent au mât d'être incliné. Le mât érigé est fixé par des supports. La pointe du mât se compose de profilés soudés en U. Il comporte 2 rouleaux de déflexion en polyamide pour un fil tendeur auxiliaire utilisé lors de l'installation des dipôles d'antennes et 2 feux de balisage. Le support d'antenne pour le

système à dipôles est un profilé en C bouclé qui permet un ajustement horizontal du système à dipôles avec env.  $\pm 350$  mm. Le profilé en C est monté sur un tube vertical d'une longueur de 1 m long qui est fixé au mât par des entretoises. Le tube vertical permet un ajustement vertical de précision du système d'antennes. De plus, la hauteur du cadre complet peut être ajustée en pas de 500 mm. Le mât est peint alternativement en rouge et blanc, avec des bandes d'une longueur respective de 1,75 m.

Les trois systèmes d'antennes à dipôles A1, A2 et A3 ont une polarisation horizontale et une conception identique avec les dimensions (hxlxp) 500 x 2000 x 250 [mm]; ils sont montés l'un au-dessus de l'autre et légèrement décalés. Les antennes sont protégées contre l'exposition aux intempéries. Ils restent opérationnels, même en cas de formation substantielle de glace. Les décharges atmosphériques sont éliminées de façon fiable, étant donné que toutes les parties métalliques de l'antenne sont reliées à la terre. Le réseau intégral et l'additionneur de puissance, prévu pour combiner les signaux de surveillance et l'alimentation des systèmes d'antennes, sont montés dans la baie de l'émetteur, à gauche et à droite.

La surface du réflecteur en face de l'antenne GP est une plaque en acier de construction soudée qui est noyée dans le gravier et doit être mise à la terre. Au besoin, la plaque en acier de construction peut également être noyée dans l'asphalte, le béton ou une matière similaire.

- 1- Réseau d'antennes à dipôles A3.
- 2- Réseau d'antennes à dipôles A2.
- 3- Réseau d'antennes à dipôles A1.
- 4- Feux de balisage et antenne DME optionnelle



**Figure 3-28 :** Système d'antennes GP avec 3 réseaux d'antennes à dipôles.

Mât de l'antenne, type M  
(Exemple avec 4 sections du mât)

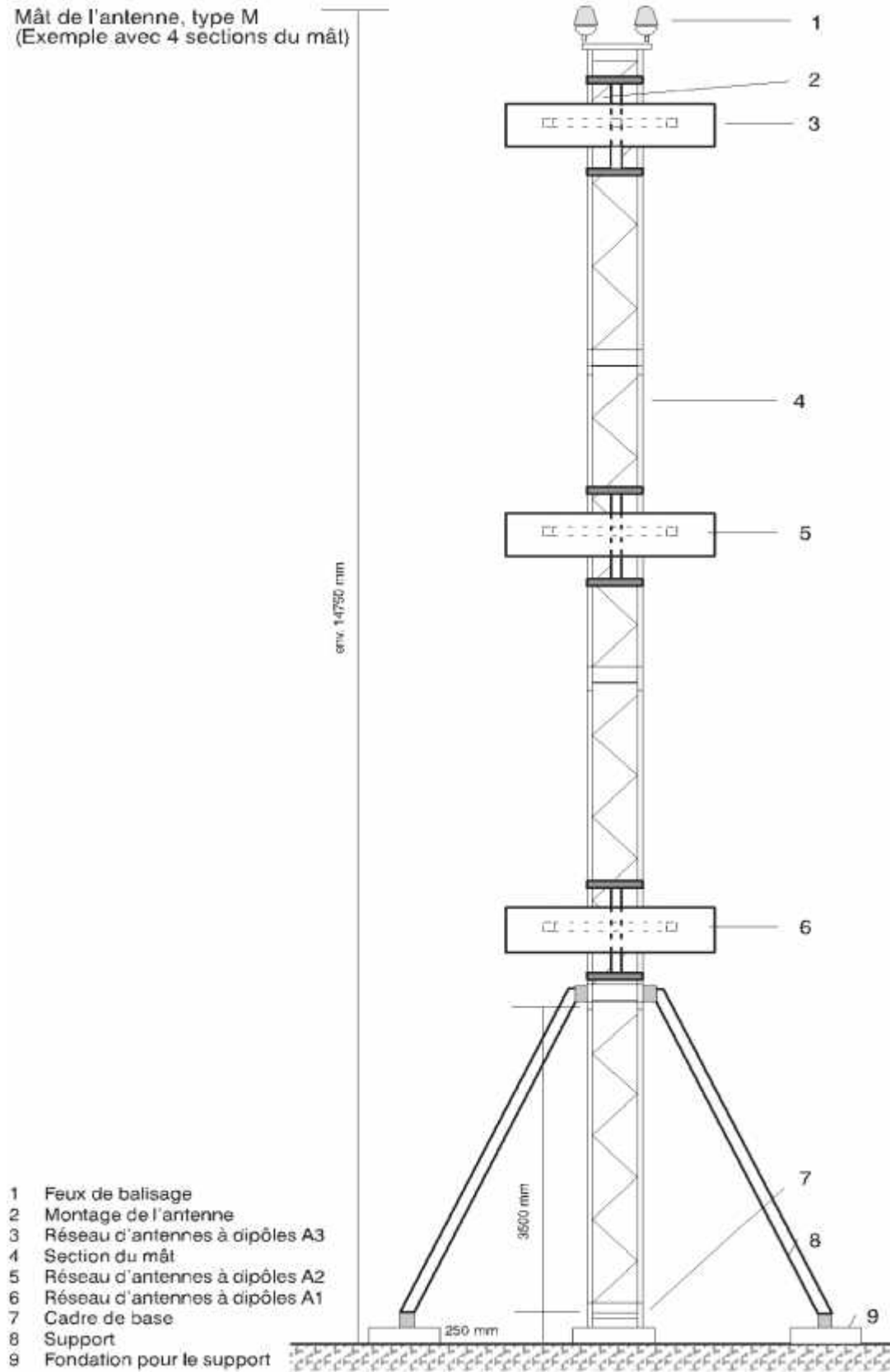
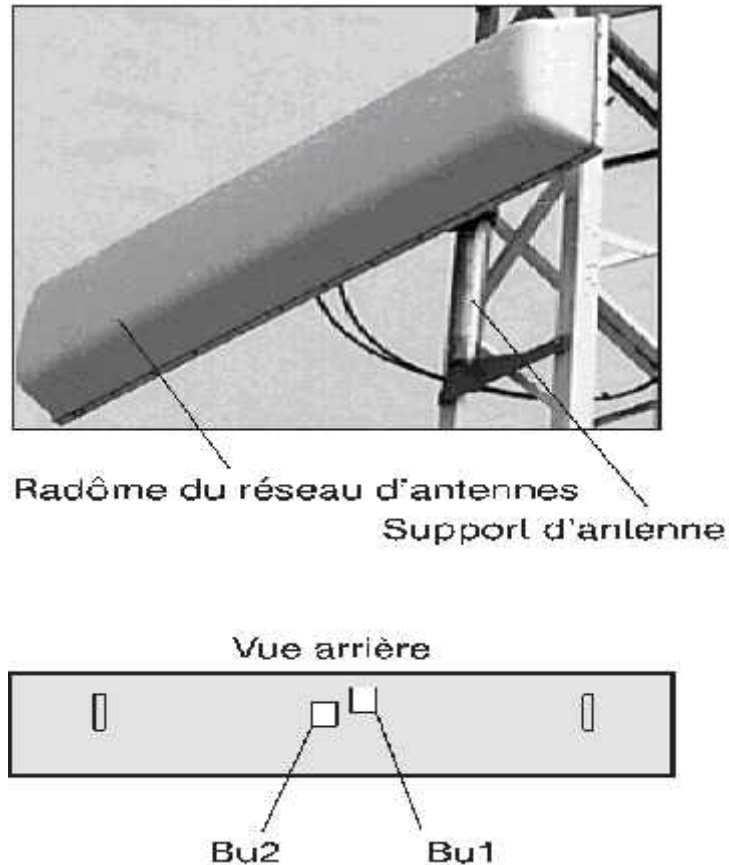


Figure 3-29 : Mât de l'antenne constituant du GP.

➤ **Élément d'antenne dipôle :**



**Figure 3-30 :** Réseau d'antennes à dipôles GP.

**B. Réseau intégral GP-2F :**

D'après la Figure 3-31. Le réseau intégral prend la forme d'un réseau à guide d'ondes à rubans combiné utilisé pour la surveillance des paramètres.

- Position du cap (POSN., DDM = 0).
- Largeur du cap (WIDTH, limite inférieure de la largeur du cap: DDM = 0175)
- Clearance (CLEAR., SDM = 80%).

du signal GP. Les signaux obtenus via des sondes de couplage dans les 3 systèmes d'antennes A1, A2 et A3 sont combinés dans le réseau intégral de manière à permettre la génération d'un signal équivalent au champ lointain sur le moniteur. Le réseau est un sous-ensemble actif et est alimenté à +24V par les convertisseurs DC DOC-24 de la baie de l'émetteur GP via une liaison OR (composant du réseau).

La carte PC de réseau contient les modules indiqués ci-dessous :

1. Circuit de commande pour COURSE POSN. ((1) de la figure 3-31).
2. Circuit de commande pour COURSE WIDTH ((2) de la figure 3-31).
3. Circuit de commande pour CLEARANCE ((3) de la figure 3-31).
4. Groupe de coupleurs Z2 à Z6. (voir ANNEXE B).

#### **Génération du signal CLEARANCE :**

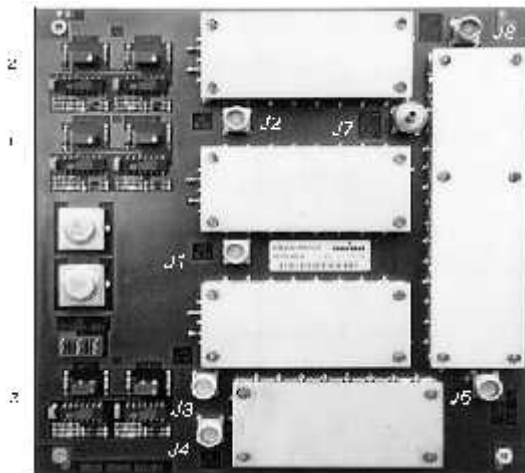
Le signal de clearance est émis à partir des systèmes A1 et A3. Le signal A3 contient également les signaux SBO aussi, alors que le signal A1 contient aussi les signaux SBO et CSB.

#### ▪ **Génération du signal POSITION :**

L'autre partie du signal A3 sur Z3 est utilisée avec le signal A1 pour produire le signal de position pour le moniteur.

#### ▪ **Génération du signal WIDTH :**

L'autre partie du signal CSB sur Z5 est utilisée avec le signal A2 couplé pour générer le signal WIDTH.



**Figure 3-31 :** Réseau intégral GP-2F, vue et bloc-diagramme

#### **C. Additionneur de puissance GP-2F :**

L'additionneur de puissance simplifié GP-2F ajoute le signal de clearance (Clear.) avec l'amplitude et la phase exactes aux signaux RF CSB1 et SBO et le transmet aux antennes A1 et A3.

#### **D. Dipôle de champ proche (en option)**

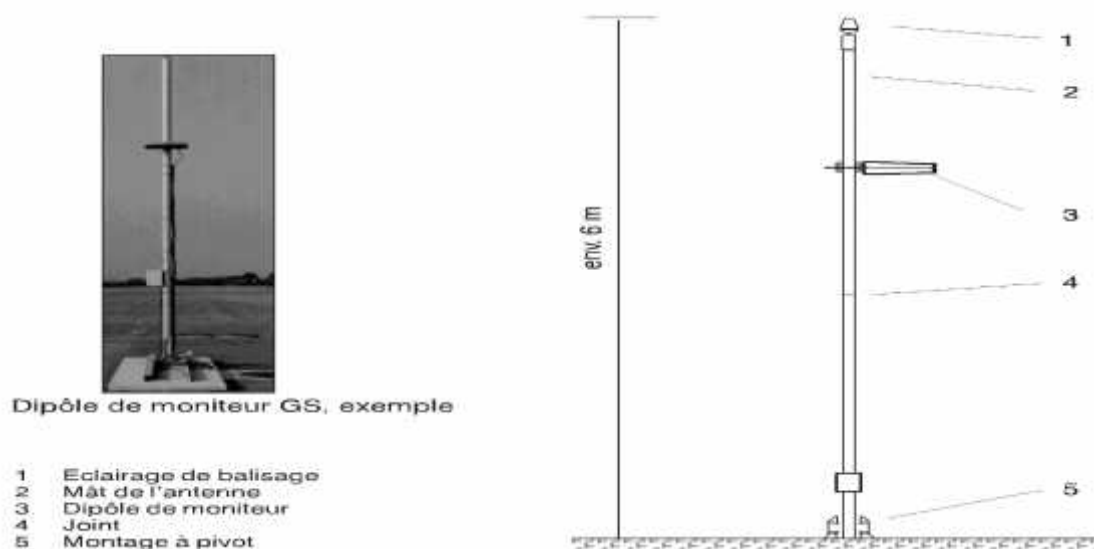
D'après la Figure 3-32 :L'installation GP comporte un dipôle de champ proche pour surveiller l'angle d'alignement de descente (Cap/POSN.). Le dipôle de champ proche est

une antenne de réception avec une gamme de fréquences de 328...336 MHz, et sert à détecter les effets des changements de position des systèmes d'antennes qui ne sont pas surveillés avec le moniteur intégral.

Il est installé à une distance, par exemple 82 m, qui correspondent au point dit à  $360^\circ$  des systèmes A1 et A3 de l'antenne GP 2F, c'est-à-dire que l'erreur de phase de champ proche entre les systèmes A1 et A3 est de  $360^\circ$ . Ainsi, comme pour le champ lointain, l'influence des systèmes A1 et A3 est annulée dans l'angle du radiophare de descente. Toutefois, l'erreur de phase du champ proche des systèmes A1 et A2 est alors de  $135^\circ$ . Par conséquent, le changement DDM contre hauteur est inversé en comparaison avec le champ lointain. En dessous du radiophare d'alignement de descente, la valeur DDM est négative et correspond à une information « Fly-Down ». La hauteur du dipôle au-dessus du sol correspond à l'angle d'alignement de descente. Le signal reçu est transmis au moniteur de l'émetteur GP.

Les composants de support du dipôle de champ proche sont en aluminium; la couverture de l'antenne à dipôles ((3) de la figure 3-32) est en polyester à fibres de verre. L'antenne prend la forme d'un dipôle en demi-onde; il a une polarisation horizontale, une résistance d'entrée de 50  $\Omega$  et un rapport avant/arrière de 9 dB. La largeur horizontale de la bande 3 dB est de  $80^\circ$ .

Le mât à dipôle a une hauteur d'env. 6 m. Il peut être divisé au milieu, équipé d'un feu de balisage et installé dans une embase fournie par le client ou dans une embase en acier. L'embase du mât est montée sur un pivot pour faciliter l'érection du mât.



**Figure 3-32 : Dipôle de champ proche pour GP.**



### **3.2.4. Installation de l'antenne GP 422 :**

Après avoir la description du système d'antennes en va voir l'installation du système d'antenne GP 2F (type M, Actif) a l'aéroport.

#### **3.2.4.1. Exégences de l'installation :**

Les mêmes exégences appliquées dans l'installation de Localiser.

#### **3.2.4.2. Définition de la zone d'installation GP-2F :** Même définition que LLZ-421 2F

#### **3.2.4.3. Détermination du site de l'installation :**

La zone dans laquelle un radiophare d'alignement de descente ILS doit être installée est déterminée l'autorité de l'aviation civile compétente selon les règlements internationaux de navigation aérienne. La zone dépend de l'absence d'obstacles et de la configuration de la piste d'atterrissage.

L'installation est déterminée par une étude du site réalisée, par exemple, par une société d'experts sur ordre du client.

Les directives d'installation suivantes sont des recommandations générales et uniquement des valeurs indicatives données à titre d'information. Les valeurs exactes pour l'installation et les ajustages sont fonction des décisions locales prises durant l'installation. Ils sont calculés par des formules exactes qui prennent en compte les inclinaisons de terrain, les obstacles et autres. Un exemple d'une telle fiche de données pour un site GP-2F (voir l'Annexe B).

L'installation GP peut être installée à gauche ou à droite de la ligne centrale. Des sites d'installation typiques pour GP-2F sont montrés sur la Figure (3.33).

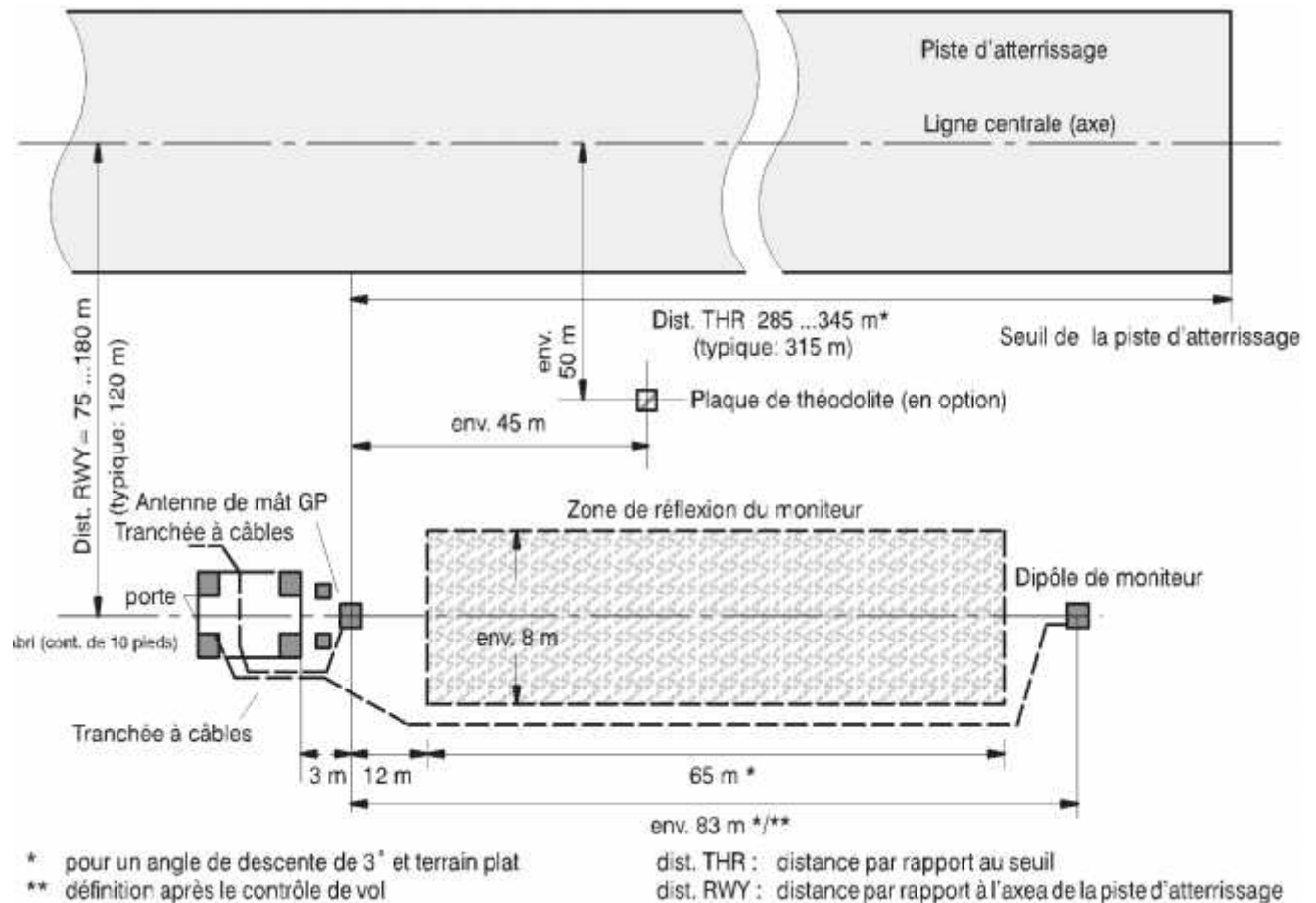


Figure 3.33 : Site d'installation typique GP-2F (type M).

#### ➤ Emplacement du mât d'antenne GP :

D'après la Figure 3.34, Les coordonnées du site de l'antenne d'émetteur dépendent de la hauteur souhaitée de la donnée de référence ILS, de l'angle souhaité du radiophare d'alignement de descente, des problèmes techniques sur le site ainsi de l'annexe 10 de l'OACI, document C (à la partie 1), section 2.4 et suiv.

La Figure 3-34 montre à titre d'exemple la distance entre le seuil d'atterrissage et le mât de l'émetteur comme une fonction de l'angle du radiophare d'alignement de descente et de la hauteur du point de référence ILS pour le terrain à niveau dans le champ de rayonnement de l'antenne. Les différences de hauteurs de terrain sur le site du mât et au seuil doivent être prises en compte dans l'angle du radiophare d'alignement de descente:

- Sur un terrain ascendant, angle plus faible doit être présumé (la distance augmente).
- Lorsque le terrain s'incline du haut vers bas, un angle plus grand doit être assumé (la distance diminue).

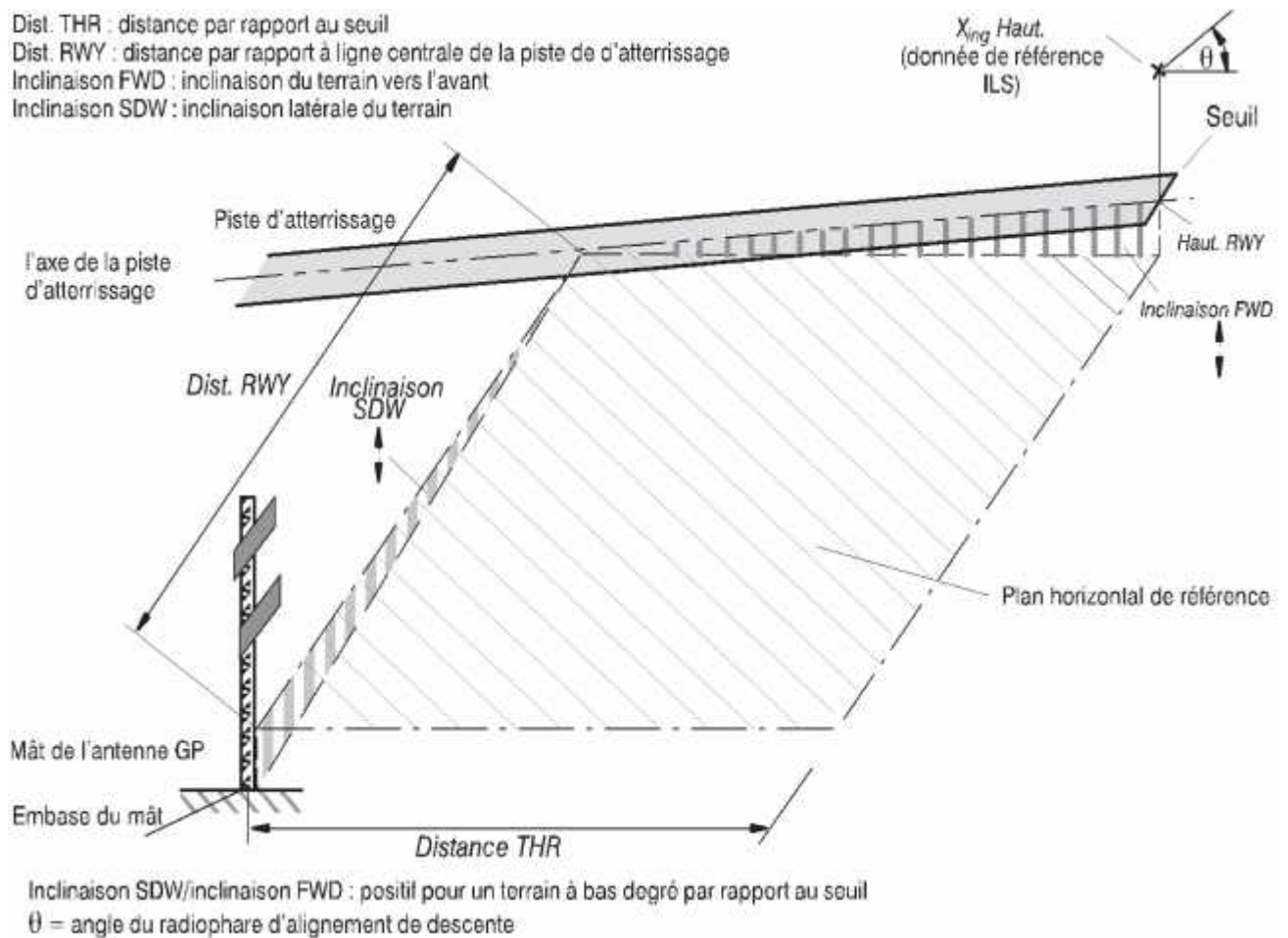
- Le terrain irrégulier doit également être pris en compte dans la détermination des hauteurs du mât et du dipôle en présument des valeurs moyennes.

La distance entre le seuil d'atterrissage et le mât d'antenne du radiophare d'alignement de descente peut être calculée selon la formule suivante :

$$THR Dist = \frac{X_{ing} Hgt + RWY Hgt - RWY Dist \times \tan(SDW Slope)}{\tan \theta}$$

Avec:  $RWY Hgt = (THR Dist * X \tan FWD Slope) + (RWY Dist X \tan SDW Slope)$

\* Calcul itératif



**Figure 3-34** : Croquis pour le calcul de la distance entre seuil et mât de l'antenne.

➤ **Emplacement et construction de la surface de réflexion pour un moniteur optionnel :**

La construction typique de la surface de réflexion est montrée sur la Figure 3-35 .

- 1- Couche de bitume, couche au-dessus de la maille en acier maxi 20 mm
  - 2- Maille en acier structuré 10x10 - 6/6, soudée, tous les joints soudés
  - 3- Béton
  - 4- Gravier
  - 5- Cosse de câble de connexion de mise à la terre de la surface du réflecteur dans le système de mise à la terre GP
  - 6- Fondation du mât GP
- L = la longueur dépend du type d'installation.

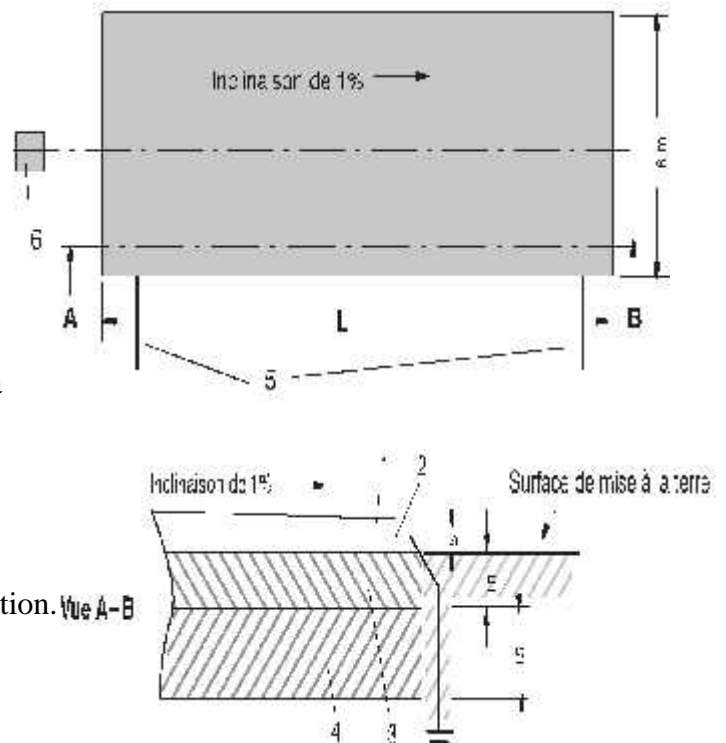


Figure 3.35 : GP-2F, type M, surface de réflexion typique

#### 3.2.4.4. Montage de l'antenne :

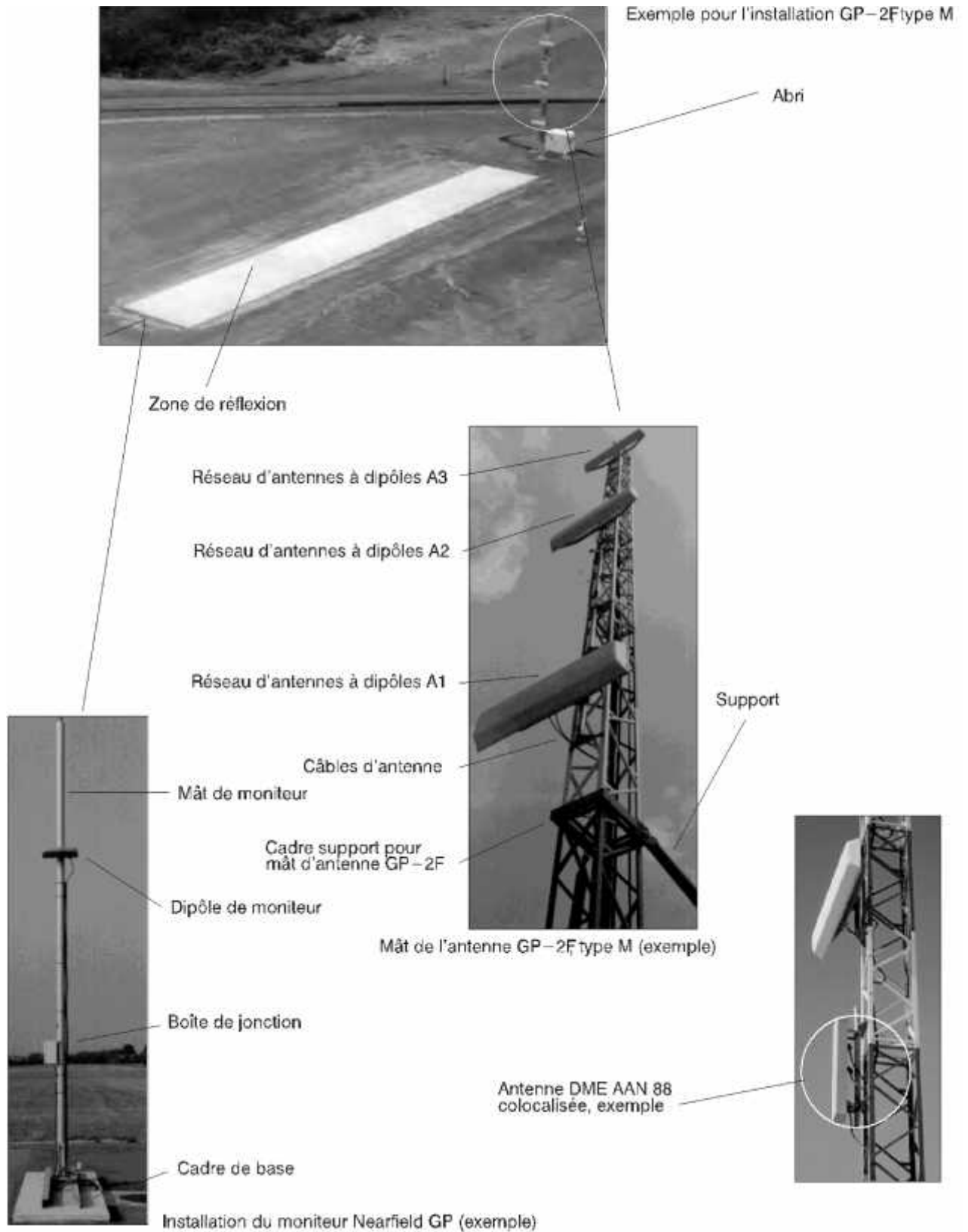
La Figure (3.36) montre un exemple d'installation du système d'antennes GP (par ex. GP-2F, type M).

##### A. Vue d'ensemble

➔ **Le mât d'antenne GP-2F, type M** : se compose des éléments suivants:

- cadre de base, avec partie supérieure, partie inférieure et 4 tiges filetées de scellement à queue de carpe.
- 4 sections de mât de 3,5 m de longueur
- tête de mât avec 2 cadres support et 2 feux de balisage
- cadre de montage pour la fixation des supports, 2 supports, 2 supports extérieurs pour fixer les supports sur les fondations
- divers éléments d'installation (vis, écrous, rondelles plates, rondelles—ressort)

En option : antenne DME y compris matériaux d'installation.



**Figure 3-36 : Installation GP (exemple)**

### B. Erection du mât de l'antenne :

D'après les Figures (3.37), (3.38), Assemblez les sections individuelles du mât en utilisant les vis et éléments de montage fournis. Le sommet du mât comporte deux feux de balisage et également deux poulies pour l'ajustage en hauteur des réseaux d'antennes par des cordes.

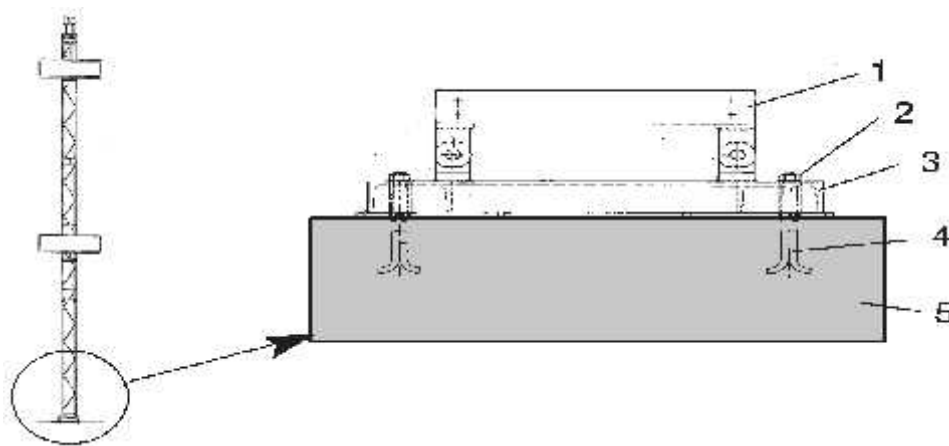
a) Vissez le cadre de base sur la fondation.

b) Enlevez et conservez les boulons et faites pivoter la partie supérieure du cadre de base vers le haut. Placez la section du mât dans une position appropriée et fixez-la aux supports auxiliaires appropriés. Reliez la première section du mât (côté enduit blanc) à la partie supérieure du cadre de base de manière à ce que le mât indique dans la direction d'approche et la face du mât prévue pour l'installation de l'antenne soit orientée vers le sol. Ajustez horizontalement la première section du mât avec un niveau à bulle d'air. Mât d'antenne GP-2F uniquement: Montez le cadre de support de montage sur la première section de mât.

c) Ensuite, montez les sections suivantes pour GP-2F (4e)

d) Le mât assemblé doit être arrêté au sommet du mât par un support convenable qui laisse un espace libre suffisamment grand par rapport au sol, pour permettre l'installation des éléments de l'antenne. Enlevez les supports auxiliaires.

e) Mât de l'antenne GP-2F uniquement: montez les supports sur le cadre de montage support.



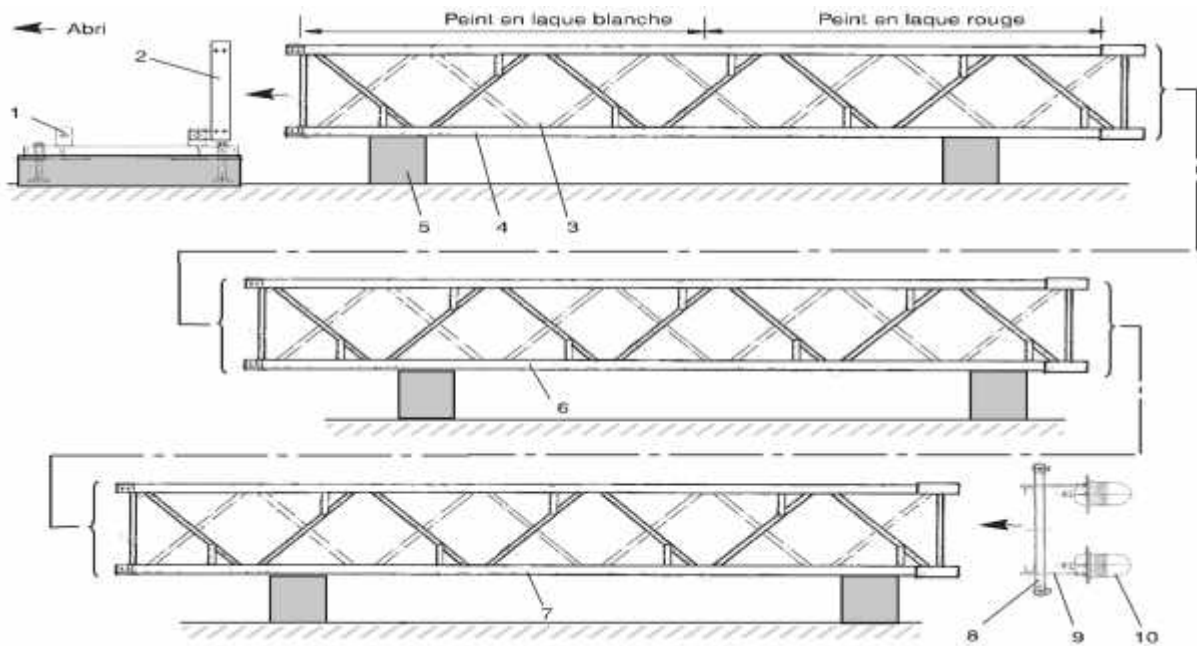
1- Partie supérieure du cadre de base, à charnière. 2- Rondelle plate, rondelle ressort et écrou.

3- Partie inférieure.

4- Tiges fileées de scellement à queue de carpe

5- Fondation

**Figure 3.37 :** Fixe le cadre de base



- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 1- Boulon fileté.                     | 2- Partie supérieure du cadre de base, balancée vers le haut. |
| 3- Etape.                             | 4- 1ère section du mât.                                       |
| 5- Support auxiliaire de montage      | 6- 2ème section du mât.                                       |
| 7- 3ème section du mât.               | 8- Tête de mât.   |
| 9- Support pour feu de balisage (2x). | 10- Feu de balisage (2x).                                     |

**Figure 338 :** Montage du mât, par exemple 3 sections de mât

### C. Installation de l'antenne et câblage :

D'après les Figures (3.39), (3.40), Le support d'antenne d'une barre pliée en profilé C d'une longueur d'environ  $\pm 350$  millimètres pour l'ajustage horizontal de la rangée de dipôles et d'un tube vertical d'une longueur de 1 m pour l'ajustage de précision de la rangée d'antennes. Un réglage supplémentaire de la hauteur du support est possible à tous les 500 mm. La hauteur de montage A, B ou C (2F) des supports d'antenne (hauteur au-dessus du sol au milieu du support) ou le déplacement provient de la fiche technique de la documentation du projet qui a été déterminée spécialement pour le site, ou des tableaux présentés sur le Tableau 3-1. Le montage des supports d'antenne est exécuté sur le mât couché. Le perçage est déjà disponible avec un certain écartement au quadrillage. Il est recommandé de placer le mât dans une position inclinée (Figure 3-39). Pour GP-2F, un troisième support d'antenne et un réseau à dipôles doivent être montés.

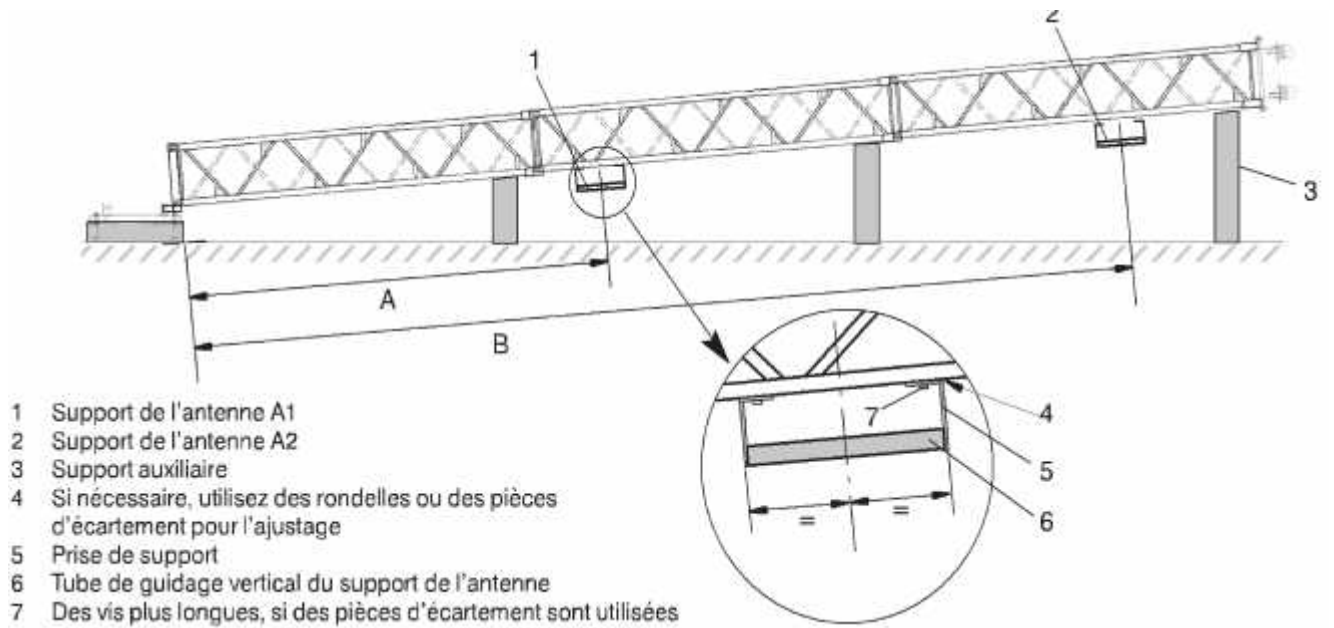


Figure 3-39 : Montage des supports de l'antenne

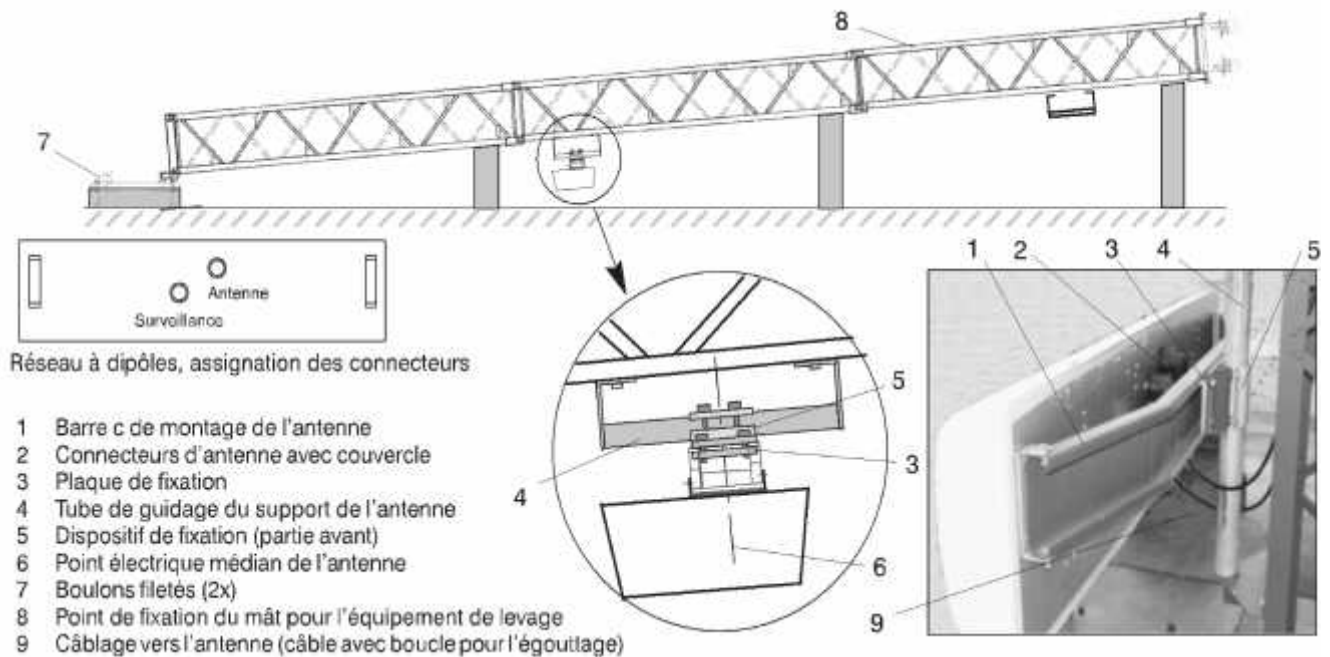


Figure 3-40 : Montage de réseaux à dipôles

**D. Hauteur de montage des réseaux à dipôles GP—2F (type M) :**

Outre les données calculées par l'ingénierie du projet, la hauteur de montage des dipôles par rapport au sol peut être calculée par approximation à l'aide de la formule suivante selon l'angle d'alignement de descente souhaité et en prenant en compte les conditions du terrain existantes.



$$h_{A1} = \frac{h_{A3}}{4 \sin(GP \times \frac{1}{2} \text{ FWD slope}_U)}$$

$$h_{A2} = 2h_{A1}$$

$$h_{A3} = 3h_{A1}$$

Inclinaison FWDG = aire de manoeuvre d'antenne

ANGLE D'ALIGNEMENT DE DESCENTE [ ° ]	HAUTEUR DE DIPÔLE A3 [m]	HAUTEUR DU MAT [m]
2,3	17,01	} 18,5*
2,4	16,2	
2,5	15,6	
2,6	15,0	
2,7	14,47	} env. 15
2,8	13,95	
2,9	13,44	
3,0	13,02	
3,1	12,57	
3,2	12,19	
3,3	11,82	

\* normalement pas utilisé, conception spéciale.

**Tableau 3-1 :** Montage des dipôle et hauteurs de mât pour GP-2F (type M), valeurs indicatives pour un terrain plat.

**Note:** Les valeurs pour la hauteur des dipôles sont marquées sur l'antenne supérieure à dipôles A3. Hauteur de l'antenne à dipôles médiane A2 = 2/3 de la hauteur d'A3.

Hauteur de l'antenne à dipôles inférieure A1 = 1/3 de la hauteur d'A3.

### E. Déplacement des réseaux d'antennes à dipôles :

L'orientation des réseaux à dipôles A1, A2 et A3 pour GP-2F est d'abord effectuée par sur le mât d'antenne couché. Si nécessaire, un alignement correctif doit être effectué sur le mât érigé pendant la procédure de contrôle de vol. Le déplacement des systèmes d'antennes à dipôles l'un par rapport à l'autre est nécessaire pour obtenir un rapport de phase constant entre le CSB et SBO le long du radiophare d'alignement de descente tout entier. Le déplacement est une fonction de la distance entre le mât d'antenne et la ligne centrale de la piste d'atterrissage (dist. RWY).

#### ➔ GP-2F (type M) :

En raison du fait que les distances des 3 systèmes d'antennes à dipôles sont différentes en ce qui concerne la longueur d'onde, les retards de phase au point de contact avec la piste d'atterrissage doivent être égalisés. Le déplacement de l'antenne supérieure A3 et de l'antenne inférieure A1 sera divisé symétriquement par rapport au milieu du côté frontal du mât: l'antenne supérieure est montée vers la piste d'atterrissage et l'antenne inférieure est

éloignée de la piste d'atterrissage. Les calculs pour les valeurs respectives peuvent être effectués à l'aide des formules suivantes (utilisées pour un terrain plat) :

$$A1 : A3 = \frac{4h_1^2}{RWYDist}$$

Symétriquement

$$A1 : A2 = \frac{3h_1^2}{2RWYDist}$$

#### F. Tournez les réseaux d'antennes à dipôles :

Les réseaux d'antennes à dipôles sont généralement tournés vers la piste d'atterrissage entre 3 à 7 degrés. Ceci permet de réduire au minimum l'erreur de phase pendant l'approche finale, qui dépend de la largeur du faisceau à la moitié de l'intensité de champ du réseau d'antennes à dipôles.

#### J. Câblage de l'antenne :

D'après les Figures 3-40, 3-41, Les câbles d'antenne connectés à la fondation du mât sont hissés à l'intérieur du mât et légèrement au-dessus de l'antenne, pour former une sorte de boucle permettant l'égouttage de l'eau jusqu'au point le plus bas, sans que l'eau ne pénètre dans la prise. Tirez le couvercle de protection contre les intempéries prévu pour les connecteurs de l'antenne sur les câbles RF de surveillance et l'alimentation RF. Reliez les câbles de l'antenne aux prises respectives à l'arrière du réseau d'antennes à dipôles. Insérez les sur longueurs de câbles dans des boucles appropriées et fixez-les aux traverses avec des liens de câble résistants aux rayons ultraviolets.

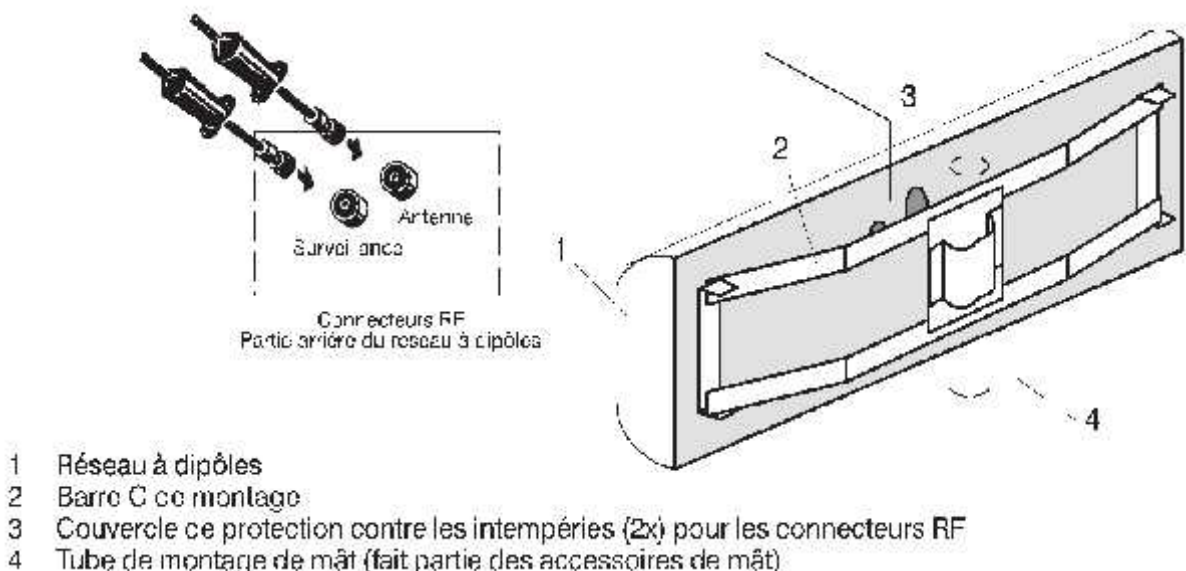


Figure3-41 : Réseau à dipôles GP, composants

**H. Feux de balisage :**

Montez les feux de balisage au sommet du mât GP. Reliez le câble d'alimentation en courant aux feux.

**I. Installation du dipôle de moniteur (en option) :****➔ Détermination du site de l'installation :**

Le site d'installation idéal pour les dipôles de moniteur se trouve directement en face des antennes à un point où la différence de phase entre le champ de l'antenne porteuse et le champ de l'antenne de bande latérale est de 180°. L'affichage de cap « Vol plus haut » apparaît à ce point de même que l'affichage « Vol plus bas », c'est-à-dire à l'inverse des affichages du champ lointain. Alors que dans le champ lointain, par exemple, une fréquence 150 Hz prédomine au-dessous de l'inclinaison de descente, elle prédomine au-dessus de l'inclinaison de descente à ce point. Théoriquement, le site d'installation du dipôle de moniteur peut être calculé avec les formules suivantes. En pratique, le site d'installation pour GP-1 F, référence 0 et GP-2F, type M est habituellement défini après le contrôle de vol.

$$D_{\text{Mon}} = \frac{h_s^2 - h_1^2}{2\lambda} \quad \text{GP-1F (type M)}$$

A titre d'exemple, le Tableau (3.2) montre la distance approximative du dipôle de moniteur par rapport aux antennes de l'émetteur comme une fonction de l'angle de descente.

Angle de descente [ ° ]	Distance du mât [m]	Remarques
2,5	119,7	Distance approx. comme fonction de l'angle de descente à la fréquence médiane de 332 MHz. La distance augmente d'environ 1 m à la fin de la fréquence supérieure de 336 MHz, elle diminue d'environ 1 m à la fin de la fréquence inférieure de 328 MHz.
2,6	110,7	
2,7	103,0	
2,8	95,7	
2,9	88,9	
3,0	83,4	

**Tableau 3-2 :** calcul de site d'installation du dipôle de moniteur GP-2F (type M) (valeurs indicatives).

Le site d'installation optimal du dipôle de moniteur de type M se trouve directement en face des antennes au point de 360° des antennes A1 /A3 et là sur la position zéro de l'antenne A2.

### ➔ Installation du dipôle de moniteur :

Habituellement la fondation et l'installation sont réalisées après le contrôle de vol. Le contrôle de vol définit l'emplacement exact de la fondation du dipôle et la hauteur de montage du dipôle. Effectuez les étapes suivantes:

- Effectuez les travaux de fondation.
- Installez les tiges filetées de scellement à queue de carpe.
- Montez le kit de fixation sur les tiges filetées de scellement à queue de carpe (rondelles plates, rondelles-ressort, écrous).
- Insérez la section inférieure du mât avec la vis inférieure du pivot sur l'embase du mât.
- Montez la section supérieure du mât avec le feu de balisage sur la section inférieure.
- Effectuez le montage du dipôle de moniteur et le câblage.
- Erigez le mât du moniteur et fixez-le avec la deuxième vis du pivot de palier.
- Effectuez la connexion de mise à la terre l'embase de mât.(voir figure 3-42 ).

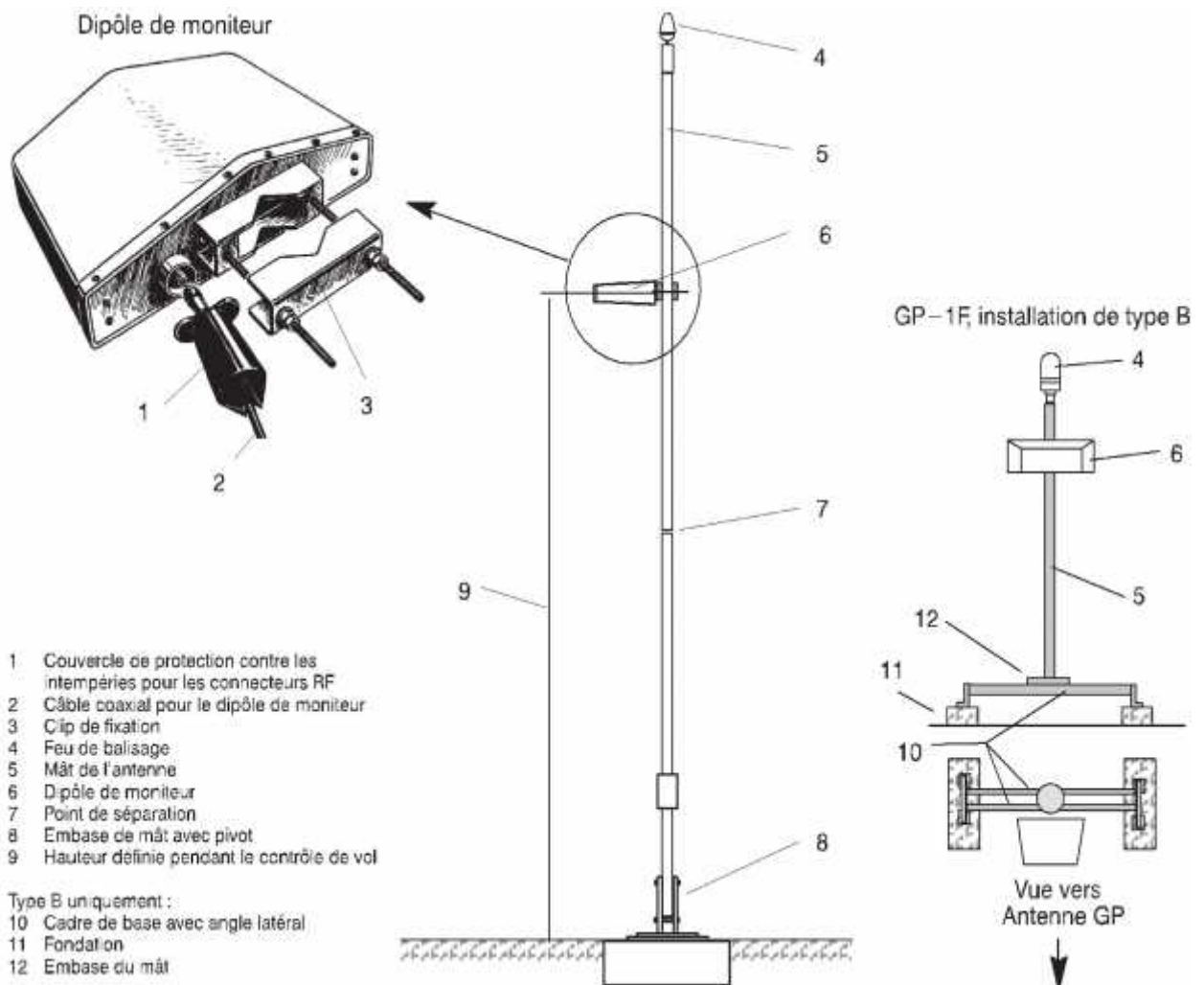


Figure 3-42 : Installation des dipôles de moniteur

### 3.3. Contrôle et teste après installation de l'antenne :

Le mât d'antenne installé et les réseaux d'antennes doivent être soumis à un nouveau contrôle visuel précis à cause des rapports décrits ci-dessus avant que l'émetteur, qui a été testé avec une charge factice, ne soit autorisé à émettre via l'antenne. Le contrôle doit comprendre:

#### 1. Emplacement du mât de l'émetteur :

Vérifiez 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.

#### 2. Installation perpendiculaire des antennes :

Vérifiez l'alignement perpendiculaire des antennes par rapport à l'aire de manoeuvre. Pour vérifier l'alignement perpendiculaire, un théodolite est nécessaire.

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

#### 3. Hauteur des antennes :

Il sera vérifié et corrigé pendant la procédure de contrôle de vol. Une aire de manoeuvre avec une pente ascendante ou descendante doit également être prise en considération ici. 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 manoeuvre en pente ascendante et réduite en cas d'aire de manoeuvre en pente descendante.

- Hauteur de l'antenne médiane A2 en [m] :  $h_2 = 300 / (f \cdot 2 \sin(\text{angle de descente} \pm \text{angle du terrain}))$ .
- Hauteur de l'antenne inférieure A1 en [m] :  $h_1 = 0.5 h_2$ .
- Hauteur de l'antenne supérieure A3 en [m] :  $h_3 = 1.5 h_2$ .

Note: + terrain en pente; -terrain montant; f en MHz.

#### 4. 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.

#### 5. Type de l'aire de manoeuvre :

Avant toute opération de réglage, vérifiez que l'aire de manoeuvre satisfait aux exigences - procédez en particulier à un contrôle de vol. Ceci s'applique en particulier à la zone de réflexion.

**6. 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 ou sur l'embase du mât. On devra veiller, dans la mesure du possible, à ce 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 dû aux changements de la température.

**7. Contrôle d'espacement des antennes :**

➤  $A1: A3 = 4 h_1^2/D.$

➤  $A1 : A2 = 3 h_1^{2/2} D.$

Note: D = distance latérale à partir du centre de la piste d'atterrissage.

Chapitre 4 :  
Maintenance  
de l'ILS 420  
(Loc421, GP422)

#### 4.1. Généralité :

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

En général, il y a deux types de maintenance :

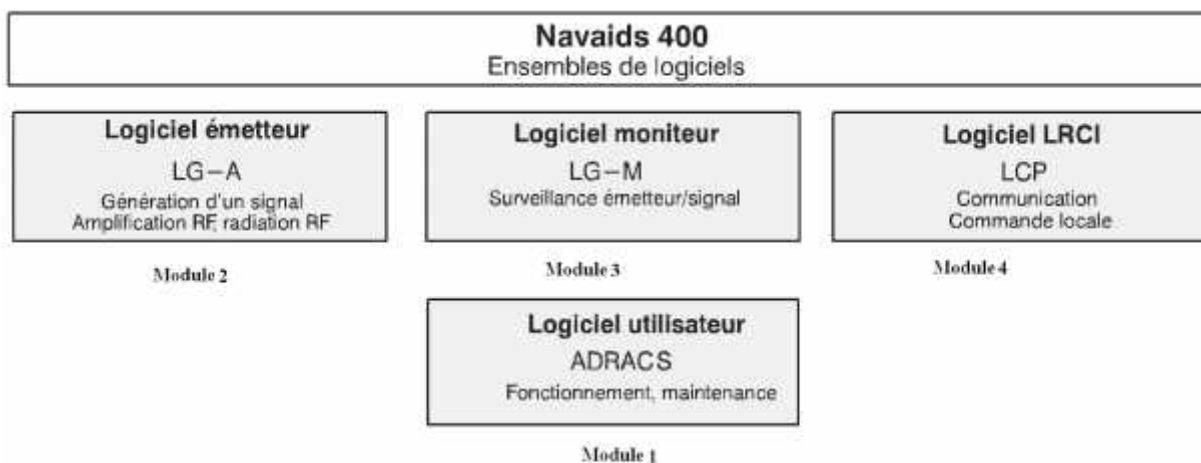
- Maintenance programmée, le but de cette maintenance est de faire une prévention pour empêcher la panne.
- Maintenance corrective, le but de cette maintenance est d'intervenir pour réparer la panne. On peut distinguer plusieurs types de maintenance tel que :
  1. Sur terrain d'une manière manuelle.
  2. A distance (visualisation des paramètres).
  3. Automatique et assistée par un micro-ordinateur.

#### 4.2. La maintenance assisté par ordinateur :

Les données issues de Localizer et de Glide sont enregistrées dans une mémoire flash à travers qui est contrôlé par le module 1 (émetteur) piloté par le logiciel émetteur (Voir figure 4.1).

Le logiciel NAV AIDS 400 est un logiciel modulaire. Il comprend les modules suivants:

- . Module 1 (Logiciel utilisateur ADRACS).
- . Module 2 (Logiciel émetteur LG-A).
- . Module 3 (Logiciel moniteur LG-M).
- . Module 4 (Logiciel LR CI, LCP).



**Figure 4.1:** Logiciel système, aperçu



#### **4.2.1. Logiciel utilisateur ADRACS :**

La plus grande partie du logiciel qui contrôle ILS 420 est transparente pour l'utilisateur. L'utilisateur contrôle, évalue et entretient le système via le logiciel utilisateur ADRACS qui se rapproche du logiciel intégré dans les plaquettes de circuits imprimés (CCA) dans le système lui-même. Les programmes intégrés contrôlent l'émetteur et le moniteur et fournissent à l'utilisateur les informations concernant ADRACS pour la vérification de l'état et la maintenance.

ADRACS est une interface Windows d'utilisation facile pour la surveillance à distance et le contrôle de ILS 420. L'accès et le contrôle sont limités par un mot de passe et le contrôle complet est réservé aux opérateurs de haut niveau dans le mode de maintenance. Le mode de maintenance comprend l'isolation des défauts, l'enregistrement et le rétablissement des paramètres, l'enregistrement des données (pour l'analyse de la tendance), l'évaluation de l'historique et un affichage des données techniques configurable et guidé par menu.

#### **4.2.2. Logiciel de l'émetteur :**

Il possède deux sous-programmes, Génération (Le sous-programme génération gère deux groupes de formes d'onde: les formes d'onde de l'émetteur et les formes d'onde du réglage d'intégrité) Et diagnostique.

#### **4.2.3. Logiciel du moniteur :**

Le système de fonctionnement (OS) permet au moniteur d'être segmenté efficacement en tâches indépendantes, simplifiant ainsi la construction totale et réduisant le couplage entre les fonctions.

#### **4.2.4. Logiciel LRCI**

Le logiciel LCP est un client de l'ensemble de logiciels RMMC, le logiciel LCP reçoit donc ses instructions de la partie RMMC avec la commande DEPOSIT ORDER et renvoie le résultat avec la commande DEPOSIT RESULT. La partie RMMC contrôle la communication vers la télécommande et la partie LCP la communication avec les sous-systèmes dans la station.

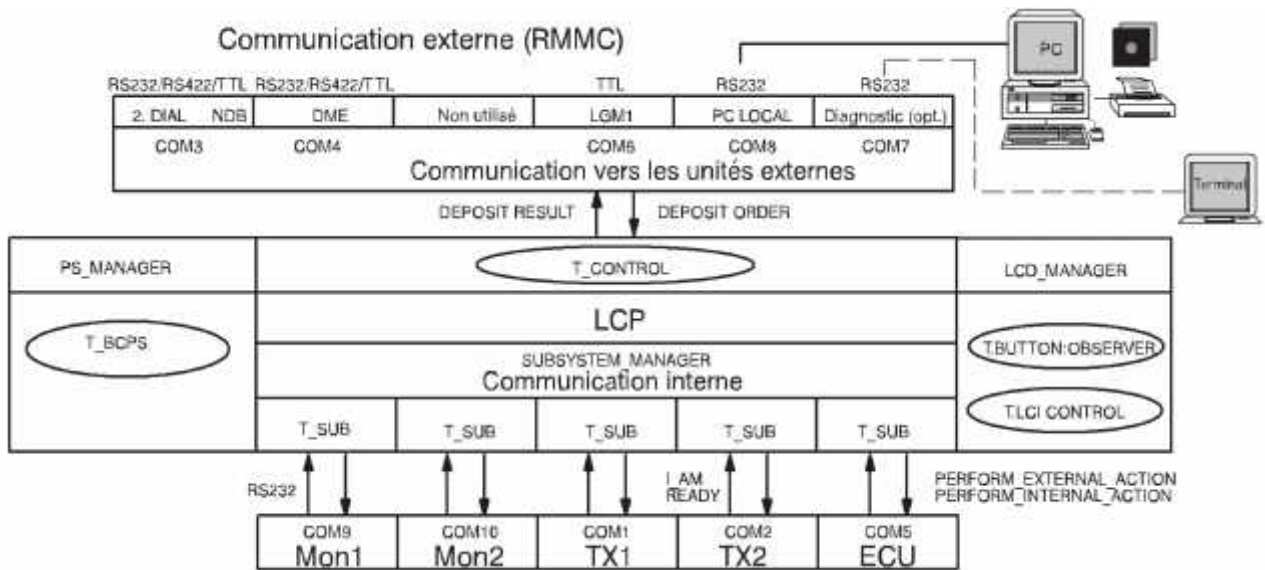
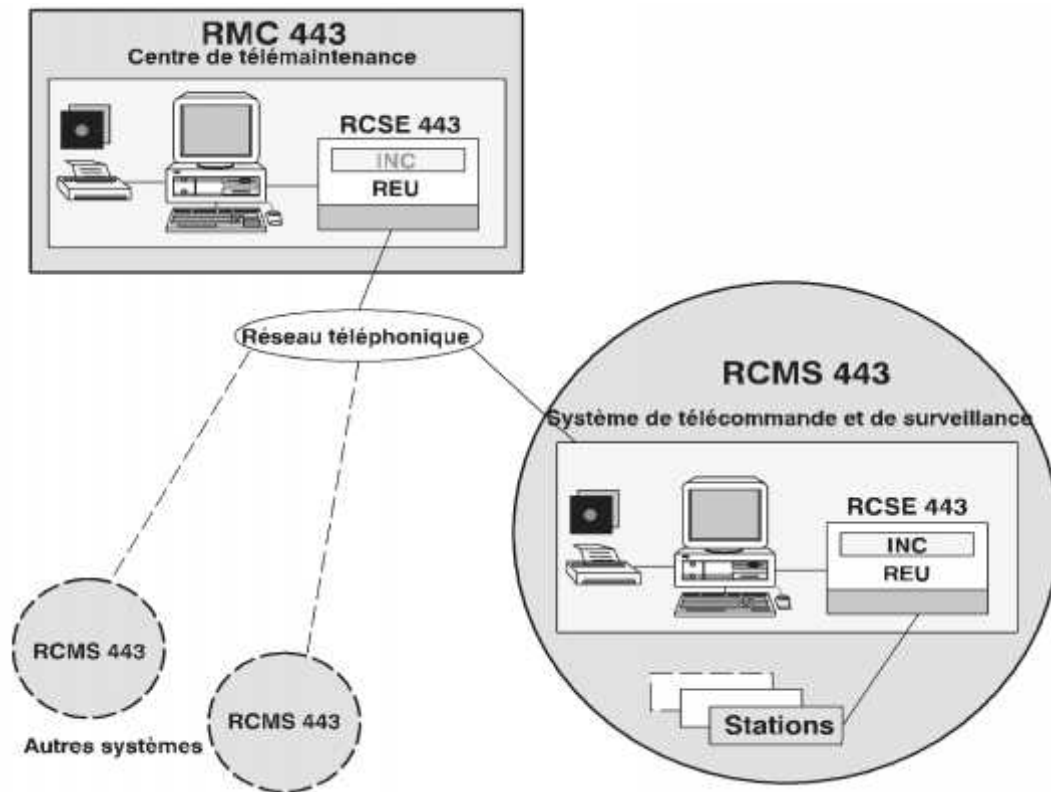


Figure 4.2: Aperçu de la structure du logiciel LCP

**4.2.5. Configuration du télé monitoring et télémaintenance (RMMC):**

Le système RMMC (configuration du télé monitoring et télémaintenance) permet de surveiller, de commander et d’entretenir à distance tous les systèmes de navigation branchés. Le réseau dispose d’une architecture en forme d’étoile qui repose sur une communication entre les composants du système par l’intermédiaire de lignes sélectives ou de lignes louées et de lignes permanentes.

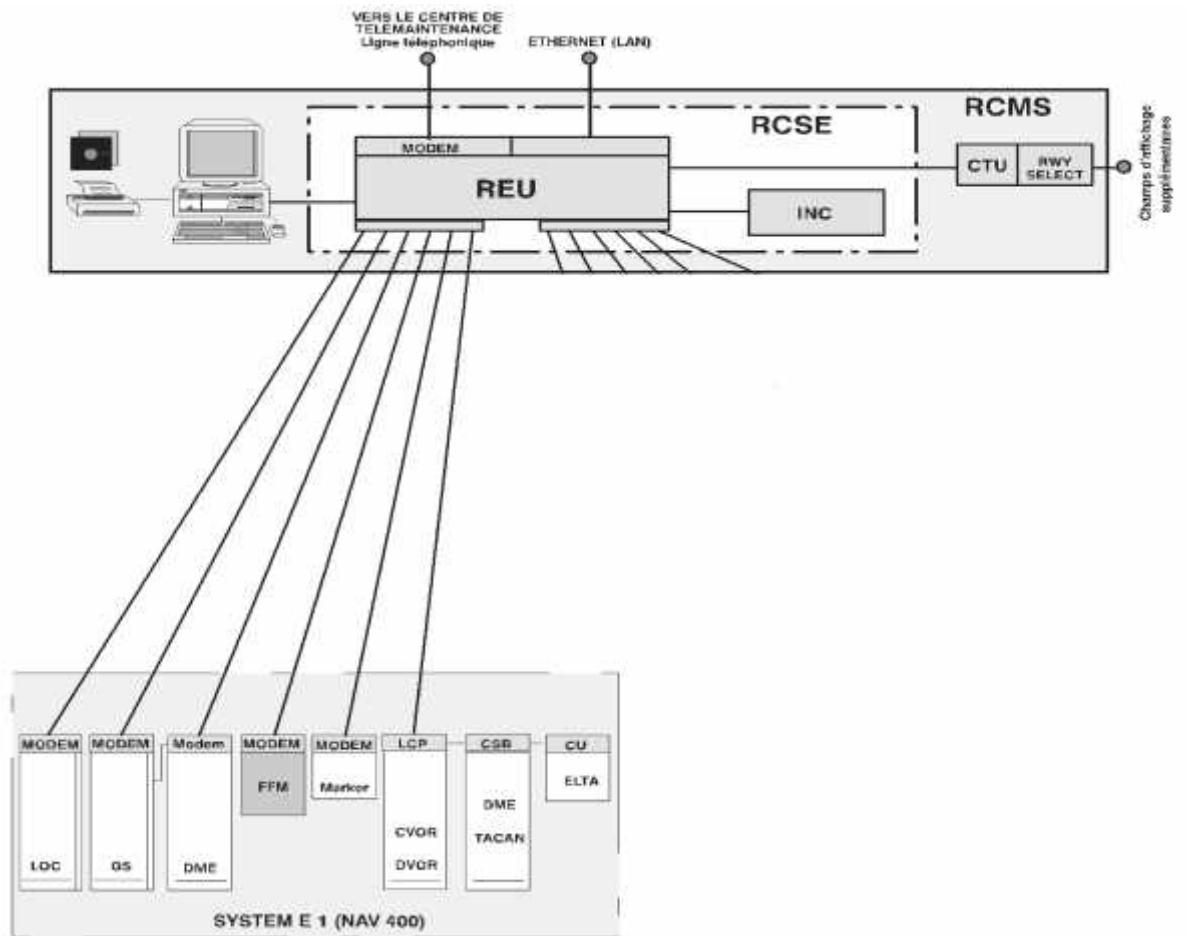
Les télécommandes permettent d’exploiter toutes les installations de navigation à partir de postes centraux, du fonctionnement normal des doubles installations avec commutation en cas de panne ou par l’intermédiaire de la commande manuelle jusqu’à la mesure et le réglage de tous les paramètres du signal et jusqu’à l’analyse détaillée des pannes reposant sur de multiples valeurs mesurées. Il est ainsi possible de poursuivre de nouvelles stratégies d’entretien permettant de concentrer logistique et spécialistes ainsi que d’effectuer des interventions d’entretien ponctuelles en cas de panne au lieu de prendre des mesures de précaution périodiques. Cela améliore aussi bien l’efficacité de l’entretien que la rentabilité des systèmes tout au long de leur durée de vie.



**Figure 4.3:** Aperçu de RMMC.

➤ **Hierarchie des télécommandes :**

Au niveau régional, l'état principal de toutes les installations de navigation (CVOR, transpondeur DME et stations au sol TACAN) de la région spécifiée est visualisé en permanence dans la zone d'affichage (INC) du RMC ainsi que sur le unité Remote Status Unit (RSU) optionnel pour le contrôleur de navigation en route. En plus des installations de navigation en route, l'état principal des dispositifs d'atterrissage ILS et MLS est également affiché pour l'entretien. Le RMC- R est branché sur le réseau téléphonique par l'intermédiaire d'un modem. Pour les applications spéciales, il est également possible d'aménager une ligne permanente. Les données afférentes à l'entretien sont affichées sur l'écran du PC. Le technicien d'entretien reçoit les données de toutes les installations qui sont résumées sur l'écran par l'intermédiaire des menus spécifiés. Pour la famille de Navais 400 et le système 4000, le logiciel ADRACS (Automatic Data Recording And Control System) peut être employé afin de commander les installations à partir de la télécommande pour l'entretien; pour MLS, on emploie le programme du menu MLS, pour PC ELTA, DME ou TACAN, le programme superviseur adéquat.



**Figure 4.4:** Exemple de configuration: RCMS 443 pour deux ILS et CVOR/DME/TACAN

**4.2.6. L'organigramme de la maintenance assisté par ordinateur :**

On donne un organigramme qui explique les différentes étapes à suivre pour réaliser la maintenance assistée par un micro-ordinateur équipé par le logiciel ADRACS :

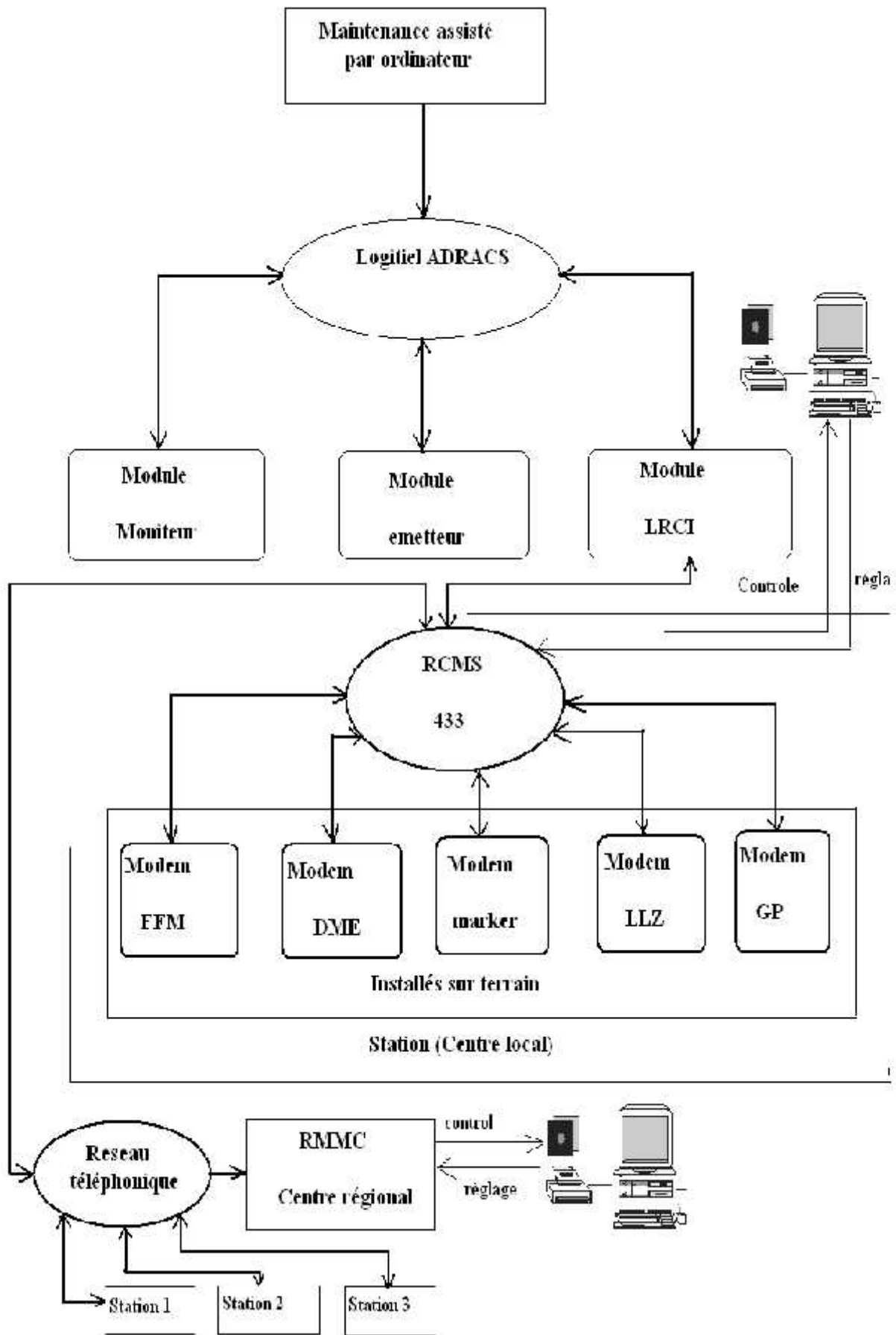


Figure 4.5 : L'organigramme d'utilisation de logiciel ADRACS.

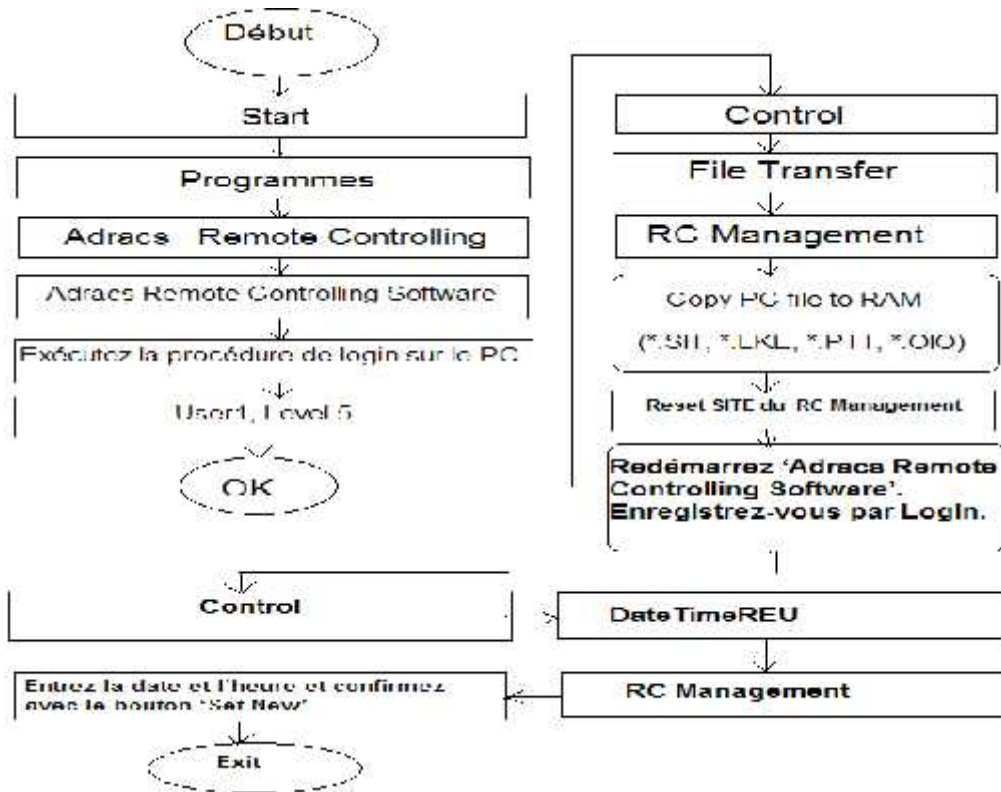
#### 4.2.7. Les interface du logiciel ADRACS :

On a choisi l'interface ADRACS pour le Glide Path GP 422 :

➤ **Les étapes à suivre :**

#### A. Préparation du SITE d'installation avec PC et ADRACS : représenté sur

l'organigramme suivant:



**Figure 4.5 :** L'organigramme de Préparation du SITE d'installation avec PC et ADRACS.

#### B. Entrée de données de configuration de station :

- a) Sélectionnez groupe 'Adracs Remote Controlling'. Démarrez 'Adracs Remote Controlling Software'.
- c) Exécutez la procédure de connexion sur le PC (Fig. 1).
- c) Cliquez sur l'écran sur le bouton 'select' dans le champs d'état GR La fenêtre Detailed Status apparaît.
- d) Sélectionnez le menu 'Commands'. Cliquez sur Switch both TX ON et Set all bypasses ON (Fig. 2).
- e) Sélectionnez dans Data le sous-menu MON-TX-LRCI Data (Fig. 3). Appelez la fonction 'Adjust Windows' (voir Fig. 5-4). Sélectionnez la fenêtre de données 'LRCI Station Configuration' dans ADJUST WINDOWS (voir Fig.5).
- f) Entrez tous les paramètres requis dans la fenêtre 'LRCI - Station Configuration' (Fig. 6). Vérifiez que le paramètre 'Standby configuration' est réglé sur Hot.

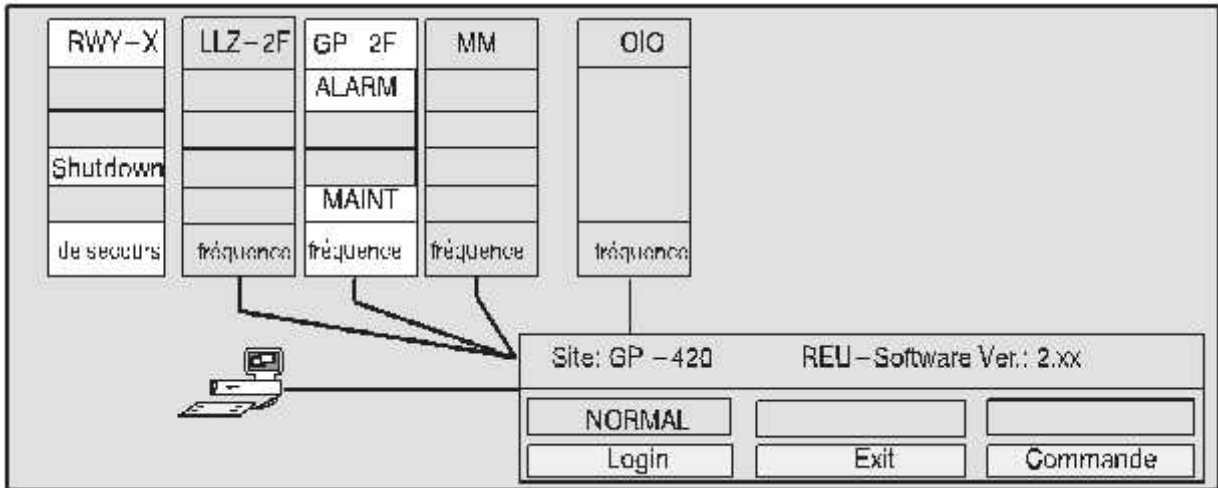


Figure 4.6: Fenêtre de démarrage et LOGIN (exemple).

- g) Sélectionnez « Click here to accept » et « Send data » pour confirmer les paramètres.
- h) Sélectionnez le menu ‘Commands’. Cliquez sur Switch both TX OFF (Fig. 2).

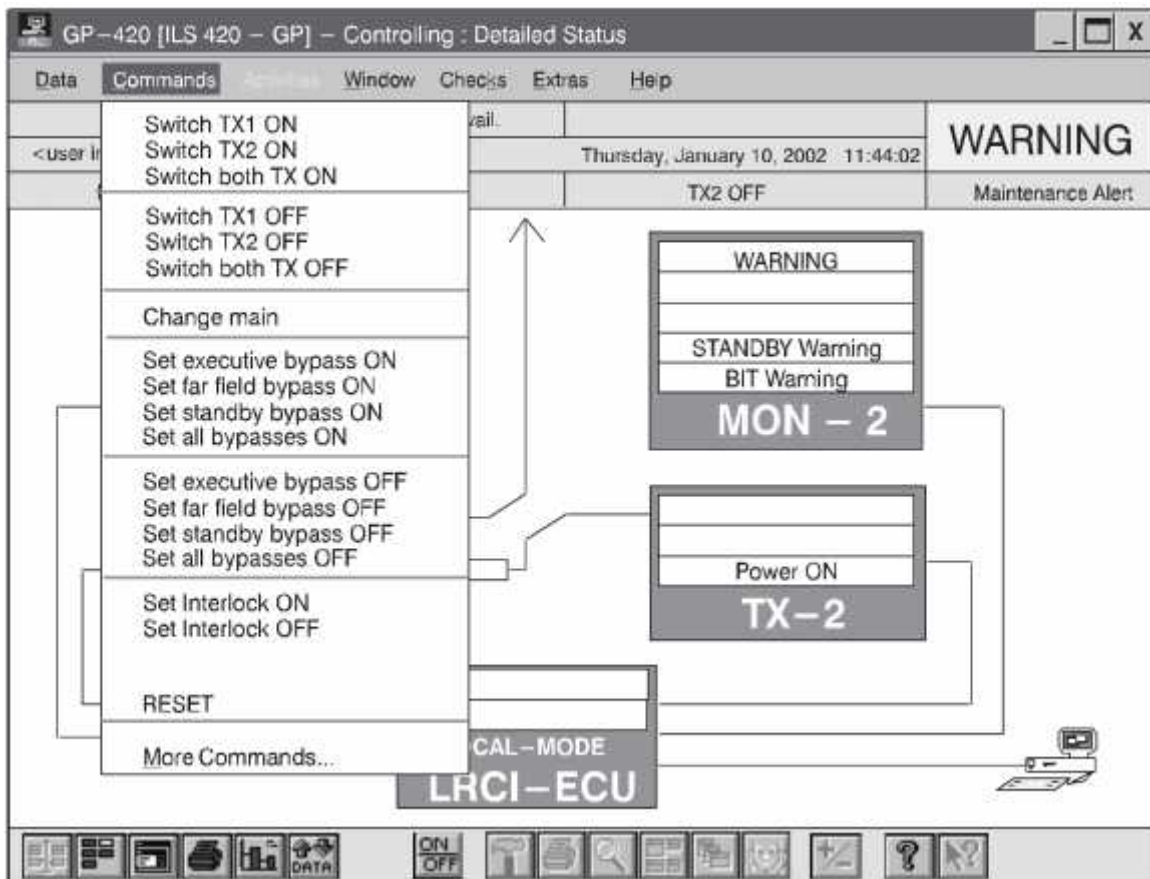


Figure 4.7 : Fenêtre ‘Detailed Status’ menu COMMANDS (exemple).

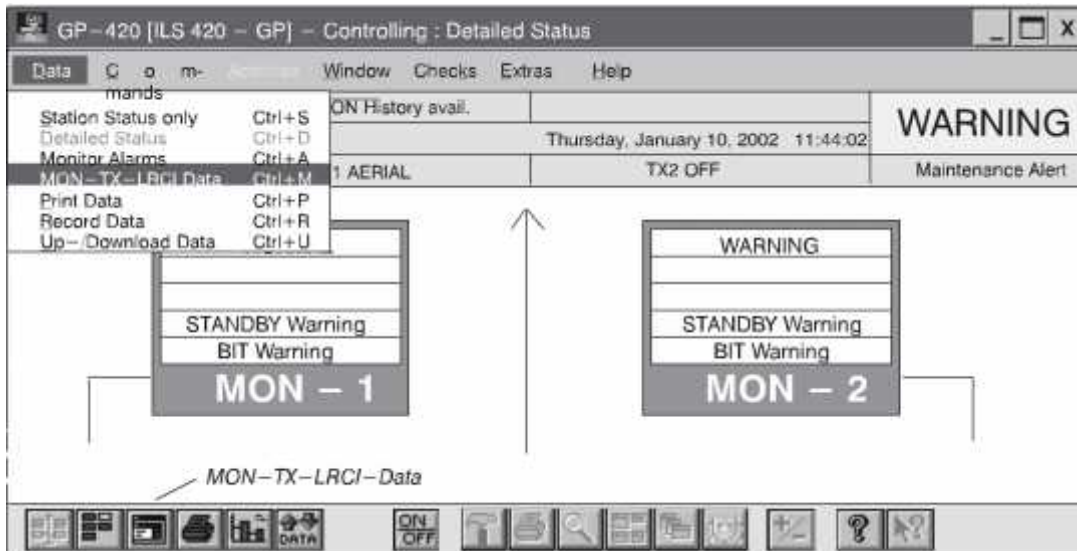


Figure 4.8: Fenêtre 'Detailed Status' menu DATA (exemple).

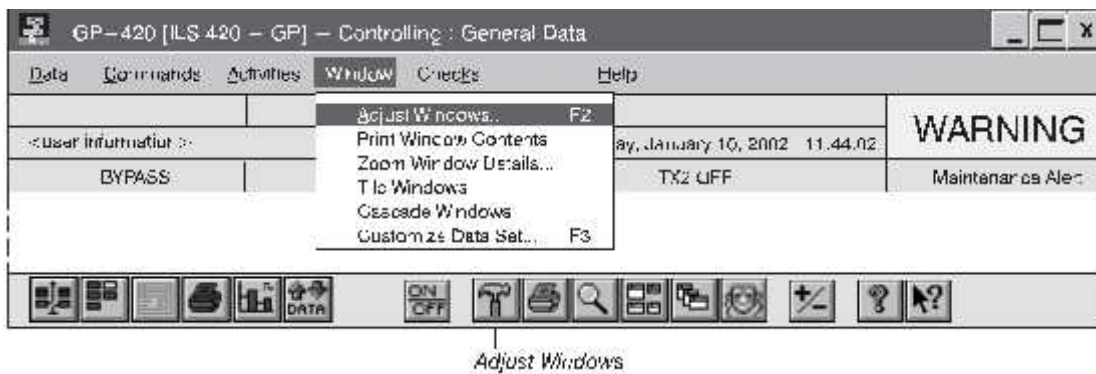


Figure 4.9 : Fenêtre 'General Data', menu WINDOW (exemple).

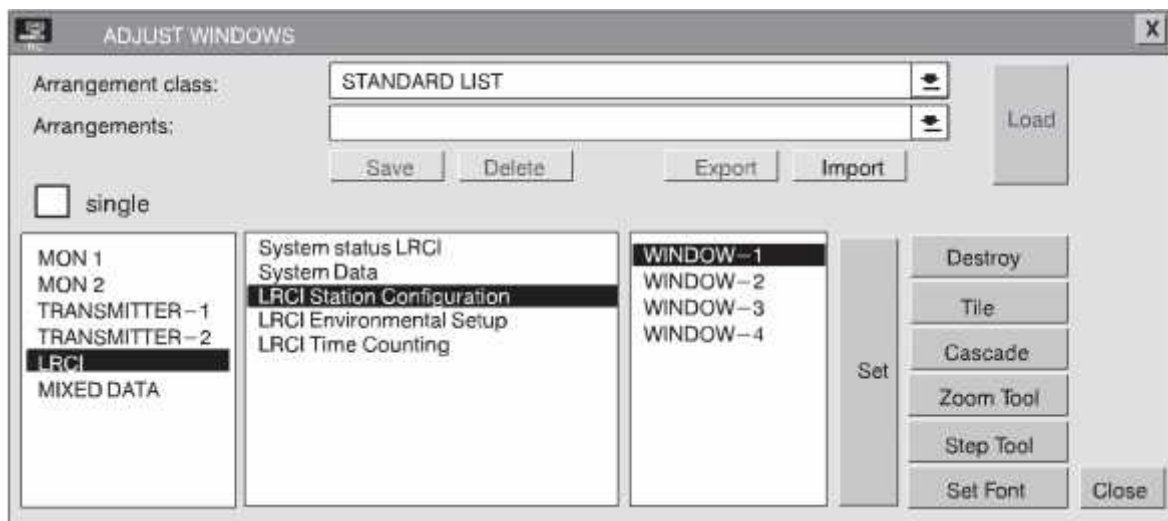
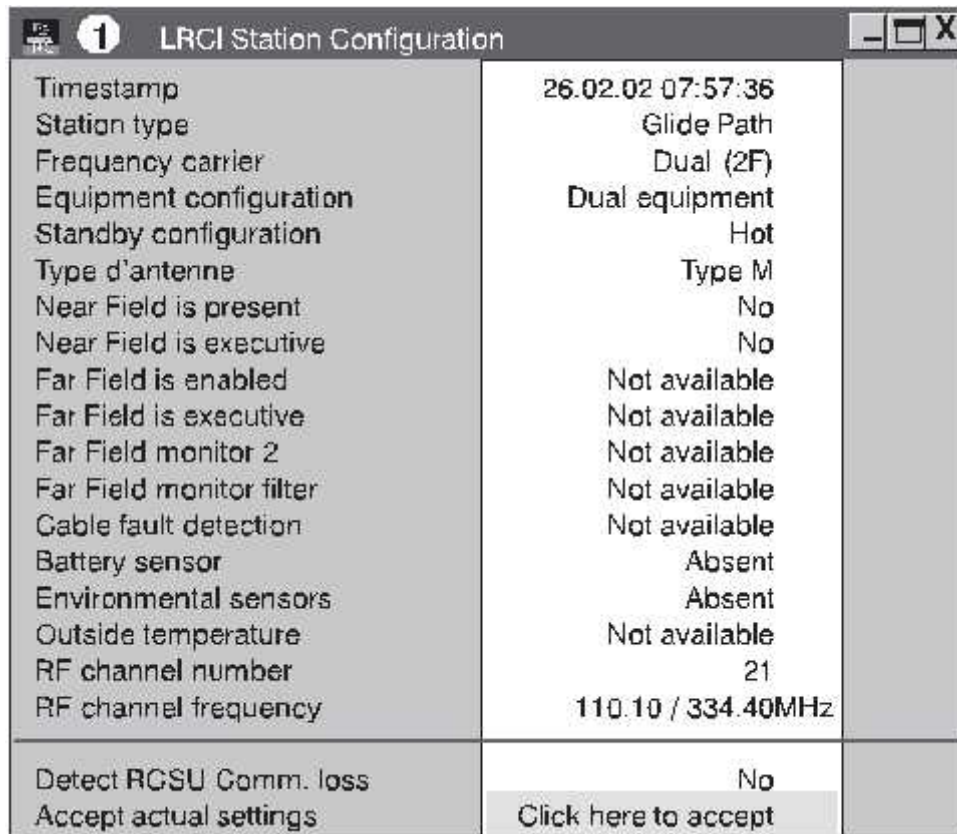


Figure 4.10 : Fenêtre de dialogue ADJUST WINDOWS (exemple).





1 LRCI Station Configuration	
Timestamp	26.02.02 07:57:36
Station type	Glide Path
Frequency carrier	Dual (2F)
Equipment configuration	Dual equipment
Standby configuration	Hot
Type d'antenne	Type M
Near Field is present	No
Near Field is executive	No
Far Field is enabled	Not available
Far Field is executive	Not available
Far Field monitor 2	Not available
Far Field monitor filter	Not available
Cable fault detection	Not available
Battery sensor	Absent
Environmental sensors	Absent
Outside temperature	Not available
RF channel number	21
RF channel frequency	110.10 / 334.40MHz
Detect RGSU Comm. loss	No
Accept actual settings	Click here to accept

**Figure 4.11** : Fenêtre 'LRCI Station Configuration' pour le réglage de paramètre (exemple).

#### 4.3. Maintenance programmée :

Elle est effectuée selon des critères bien définis périodiques en temps calendaire dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien (équipement).

Nous recommandons d'effectuer les travaux de maintenance figurant ci-après :

- .Une fois par semaine.
- .Une fois par mois.
- .Une fois par trimestre.
- .Une fois par an.

Les instruments et appareil de mesure suivants sont nécessaires à l'exécution des travaux de maintenance locale:

- Un PC (PC portable ou standard utilisé pour la maintenance locale équipée des logiciels NAV AIDS400).
- Un kit Test ILS pour la mesure de champ.
- Des multimètres, des câbles, des adaptateurs.

- Equipement de maintenance de la batterie (acidimètre, seringue pour acide, aréomètre, thermomètre, entonnoir).

#### 4.3.1. Maintenance hebdomadaire

Vérifiez l'état du système et procédez à un contrôle visuel de la structure et de l'antenne.

- Vérifiez l'alignement de course : Conseillé pour s'adapter aux conditions environnementales.
- Vérifiez la sensibilité du déplacement: Conseillé pour s'adapter aux conditions environnementales.
- Contrôle des dommages : Un contrôle visuel de l'intégrité des éléments suivants sur le système est nécessaire :
  - Abri et équipement.
  - Installation d'antenne.
  - Dipôle du moniteur, mât du moniteur et câble.
  - Feux d'obstacles.
  - Clôture autour de la station.
  - Bonne fixation de toutes les connexions par câble RF (interne et externe).
  - Bonne fixation de toutes les pièces mécaniques (vis et écrous).

#### 4.3.2. Maintenance mensuelle, en plus des travaux hebdomadaires

- Contrôle de la tension de la batterie de secours :

La tension de la batterie est surveillée par le groupe d'émetteur LCR. Toutefois, il est recommandé de mesurer la tension de la batterie afin de vérifier sa puissance. La tension mesurée correspond à celle entre les plaques à bornes de BAT1 ou BAT2 contre GND (BAT0). La valeur de la tension devrait faire exactement la moitié de la valeur totale. En cas de déséquilibre, un défaut est signalé. Plus le processus de vieillissement d'une cellule est avancé, plus la déviation du rapport de 2:1 de la demi-tension mesurée augmente. Si la déviation du rapport de tensions 2:1 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. La moitié de la batterie à examiner se détermine comme suit:

Rapport des tensions	Rechercher la cellule défectueuse
> 2:1 (ex. 47:23V = 2.043:1)	Entre centre et moins.
< 2:1 (ex. 47: 24 V = 1.958:1)	Entre centre et plus.

Tableau 4.1: Recherche des cellules défectueuses.

Avant de remplacer la batterie ou les différentes cellules, vérifier les points suivants :

- Le bloc d'alimentation des batteries est-il en service?
- Couper le fusible interrupteur F1 (50 A) dans le boîtier de fusible de batterie si le BCPS est en service.
- Vérifiez les batteries au plomb, y compris l'état de charge et la densité de l'acide, en respectant les procédures qui sont mentionnées dans le tableau suivant :

N°	Procédure	Durée en h	Observations
1	Remplissage avec l'acide	–	Cf. 6.4.1.2 (Opérations préliminaires). Dévisser les bouchons d'éléments d'batterie sans les ôter du trou afin d'éviter des contaminations, et laisser s'échapper les gaz.
2	Intervalle	2	
3	Mesures de la densité	–	La densité fournit des informations sur l'état des plaques. Des densités inférieures à 1,15 kg/l indiquent que la batterie a été stocké pendant longtemps ou qu'il n'est pas préchargé. Un courant de charge supérieur peut être utilisé dans ces cas-là.
4	Chargement comme indiqué, voir aussi <b>DANGER</b> dans la section 6.4.1.3.4 .	6 ... 55	La densité de l'acide et la tension de la batterie doivent être mesurées toutes les 1 ou 2 heures. Relever les valeurs mesurées et comparées avec les résultats des mesures antérieures et les valeurs nominales. Si les valeurs nominales sont atteintes, arrêter le chargement et continuer avec le point N° 5 dans ce tableau.
5	Intervalle	1	
6	Correction du niveau d'acide	–	Avec de l'eau épurée.
7	Chargement avec les données comme indiqué au point N° 4 dans ce tableau	2	Répéter N° 7 à 9 jusqu'à ce que la densité de l'acide et la tension de la batterie soient stables lorsque les résultats des mesures antérieures et les valeurs nominales sont atteints.
8	Intervalle	1	
9	Mesures de la densité de l'acide et de la tension de la batterie	–	
10	Régler la densité et le niveau de l'acide sur les valeurs nominales. Visser les bouchons d'éléments d'batterie.	–	Si des corrections sont nécessaires, répéter à partir du point N° 7.
11	Nettoyer la batterie avec de l'eau (surfaces externes) et graisser les pôles.	–	Cf. 6.4.1.2.4 (règles fondamentales pour la manipulation d'batteries).
12	Utiliser la batterie en mode parallèle de réserve.	–	

Tableau 4.2: Chargement initial.

### 4.3.3. Maintenance trimestrielle, en plus des travaux mensuels

- Vérifiez Off Course Clearance: Conseillé pour s'adapter aux conditions environnementales.
- Vérifiez les paramètres de tous les deux émetteurs et moniteurs.
- Vérifiez la puissance de sortie et l'alarme de puissance.
- Vérifiez le système de commande à distance (affaiblissement en ligne).
- Vérifiez le fonctionnement des batteries en simulant une panne d'alimentation :

L'alimentation utilisée pour le système ILS sont normalement le secteur 230 VAC. 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.

- Nettoyer soigneusement tout l'équipement :

- **Abri**

Nettoyez la baie de l'émetteur et la baie du bloc d'alimentation contenant les accumulateurs à l'aide de brosses, de chiffons et d'un aspirateur. N'utilisez pas de balai dans le coffre d'émetteur, nettoyez à l'aide d'un aspirateur. Lavez le plancher régulièrement une fois tous les 6 mois. Ajoutez juste de petites quantités de produits détergents à l'eau utilisée pour le nettoyage; n'utilisez pas de produits agressifs. Evitez les produits de lavage du sol car ceux-ci ont le même effet qu'un diélectrique et favorisent la formation de charges électrostatiques.

Si le matériau du revêtement de plancher est conducteur, utilisez uniquement les produits de nettoyage ou des produits similaires expressément recommandé par le fabricant du revêtement du plancher.

Inspectez de temps en temps les filtres à air des ventilateurs, les orifices d'aération ou le système de conditionnement d'air dans l'abri en fonction du volume de saleté qui s'accumule à un endroit particulier. Remplacez les filtres par des filtres neufs avant que ceux-ci ne soient colmatés. S'il n'y a pas de filtre neuf disponible, battez le filtre sale (comme mesure exceptionnelle) pour enlever les saletés afin de le réutiliser.

En revanche, ne réutilisez pas des filtres endommagés. En cas de gel d'une unité de conditionnement d'air, arrêtez-la pour qu'elle se dégivre. Observez les instructions de maintenance du fabricant.

Enlevez les poussières dans le compartiment à batterie séparé une fois par an. Evitez que les poussières du compartiment de batterie ne tombent dans le coffre d'émetteur.

- **Baie de l'émetteur :**

Utilisez uniquement de l'alcool éthylique, de l'éthylène glycol ou de l'eau propre pour enlever des couches de poussière sur le panneau **LCR** .

Procédure de nettoyage: Imbibez légèrement un morceau de tissu avec l'un des liquides mentionnés ci-dessus et essuyez le panneau. Le dépoussiérage des sous-groupes ne devrait être effectué qu'en liaison avec la dépose du sous-groupe concerné lorsque cette mesure s'avère nécessaire pour d'autres raisons. Et même, les sous- groupes ne devraient être dépoussiérés que lorsque de la poussière peut être détectée de visu. Utilisez toujours une brosse douce et, le cas échéant, un aspirateur pour enlever les couches de poussière sur les sous-groupes. Lors d'une telle opération, le strict respect des mesures de précaution sur les semi-conducteurs sensibles à la tension est fondamental.

- **Antenne :**

Vérifiez les éventuels dommages dus à la corrosion, aux rongeurs, termites, etc. sur toute l'antenne, le dipôle du moniteur et l'installation de l'équipement. Informez le contrôle du trafic aérien avant l'inspection de l'antenne. Normalement, l'antenne n'est pas en marche pendant l'inspection.

#### **4.3.4. Maintenance annuelle, en plus des travaux trimestriels**

- Vérifiez la polarisation
- Vérifiez la fréquence de porteuse
- Effectuez une lecture mémoire complète de tous les paramètres possibles. :

- **Documentation des données du système :**

Les données enregistrées lors de la mesure en vol sont les seules données à caractère contraignant pour l'exploitation d'une installation de navigation. Nous préconisons un contrôle régulier de ces données en conformité avec le plan de maintenance périodique. La documentation se fait grâce à l'imprimante connectée au **PC** local ou dans un fichier des données émetteur et moniteur sur le **PC**. Les premières données recueillies sur les réglages de base de la procédure d'alignement lors de la mesure en vol et de la mise en service doivent être enregistrées et sauvegardées dans un fichier de référence ou sur disquette. Une copie imprimée sur papier des données doit être datée et signée. Appliquez la même procédure lors des tests et contrôles ultérieurs où les données enregistrées pourront être comparées avec les données recueillies lors de la mesure en vol initiale.

#### 4.4. Maintenance corrective :

Elle définie comme une maintenance effectuée après défaillance. Elle requiert des ressources humaines compétente et des ressources matérielle (pièces de recharge et outillage) disponibles sur place.

La recherche de défauts dans ILS (LLZ et GP) est possible avec le PC et le logiciel ADRACS. Nous préconisons l'impression des tous les paramètres, valeurs moniteurs de l'émetteur, du moniteur et du LCP sur le système à la fin du réglage lorsque la température de service est établie. Ces valeurs consistent en des valeurs de référence dont la connaissance facilitera énormément la détection des défauts. Ces valeurs sont présumées pour la procédure de détection des défauts ci-après. En cas de remplacement des modules HF, il faut mettre l'impression à jour parce que les modules HF ont des tolérances plus élevées. C'est sur l'état ACTUAL que se base la procédure de détection des défauts. Chaque défaut survenu sur l'installation, acquitté par le BIT interne et entraînant une indication WARNING ou ALARM est enregistré dans la mémoire du système. La recherche de défauts dans Navaid 400 se fait à l'aide de la fonction Checks dans le logiciel ADRACS. Cet état est disponible dans la fenêtre de configuration du système du logiciel ADRACS.

- Déplacez le curseur de la souris sur le champ BIT Warning dans les champs d'affichage TX-1 ou 2 ou MON-1 ou 2 ou LRCI. Le curseur devient more.
- Cliquez pour obtenir davantage d'informations à propos de l'émetteur, du moniteur ou du LCR Les résultats des recherches suivantes sont affichés et peuvent être évalués ou imprimés.

##### 4.4.1. La recherche de défauts sur le sous-système Localizer 421 :

Les tableaux suivants contiennent une liste des défauts typiques qui peuvent se produire sur une installation de radiophare d'alignement de piste ILS-LLZ. Les tableau comprennent 5 colonnes: Etape, défaut, A à C. Pour exécuter la recherche de défauts sur la base des tableaux suivants, commencer par la colonne gauche et procéder de gauche à droite, en allant de A, B a C, puis à partir de la colonne suivante de A à C, si nécessaire.

On donne quelques exemples sur la recherche des défauts sur les déférentes partie de Localizer 421.

##### 4.4.2. La recherche Défaut sur les sous-groupes d'émetteur :

La recherche de défauts sur les sous-groupes d'émetteur exige un moniteur qui fonctionne correctement. La recherche de défauts a révélé que les blocs d'alimentation et le

LCP sont OK et qu'ils fonctionnent correctement. Comme base pour les mesures ultérieures, utiliser l'enregistrement des données ADRACS réalisé après mesure en vol.

Etape	Défaut	A	B	C
1	a) Aerial Alarm ou b) Stdb Alarm	Si a) sans b), aller à 2. Si b) sans a) remplacer l'aérienne et continuer avec 2.  Si a) et b), aller à B.	Vérifier le groupe de transfert. Si défectueux, remplacer le groupe de transfert, sinon, continuer avec C.	Remplacer la platine d'interface du moniteur (INTFC).
2	a) Course Alarm ou b) Clearance Alarm	Si a) sans b), aller à 3.  Si b) sans a), aller à 6.  Si a) et b), aller à B.	Vérifier et mesurer les signaux du synthétiseur.  Si signaux défectueux (fréquence), remplacer le synthétiseur, sinon, continuer avec C.	Comparer les données du menu Audio Generator Data dans ADRACS avec les données de référence. En cas de déviations, remplacer LG - A. Vérifier le système d'antenne, câbles d'entrée/sortie compris.
3	a) CRS Width Alarm b) CRS Pos. Alarm	Si a) sans b), aller à B.  Si b) sans a), aller à 4  Si a) et b), aller à 4	Comparer les valeurs CRS SBO du RF Power Amplifier Data mesurées avec les données de références.  En cas de déviations, remplacer CRS MODPA, sinon, continuer avec C.	Contrôler le système d'antenne, câbles d'entrée/sortie compris.
4	a) CRS RF - Alarm  b) CRS SDM et/ou DDM Alarm	Si a) sans b), aller à B.  Si b) sans a), aller à 5  Si a) et b), aller à 5	Comparer les valeurs CRS CSB du RF Power Amplifier Data mesurées avec les données de références.  En cas de déviations, remplacer CRS MODPA, sinon, continuer avec C.	Contrôler le système d'antenne, câbles d'entrée/sortie compris.

Tableau 4.3: recherche les défauts sur les sous-groupes d'émetteur (1).

Etape	Défaut	A	B	C
5	CRS SDM Alarm et/ou CRS DDM Alarm	Comparer les données du menu Audio Generator Data dans ADRACS avec les données de référence. En cas de déviations, remplacer LG - A, sinon, continuer avec C.	Comparer les valeurs CRS CSB du RF Power Amplifier Data mesurées avec les données de références.  En cas de déviations, remplacer CRS MODPA, sinon, continuer avec C.	Contrôler le système d'antenne, câbles d'entrée/sortie compris.
6	a) CLR Width Alarm b) CLR Pos. Alarm	Si a) sans b), aller à B.  Si b) sans a), aller à 7.  Si a) et b), aller à 7.	Comparer les valeurs CLR SBO du RF Power Amplifier Data mesurées avec les données de références.  En cas de déviations, remplacer CLR MODPA, sinon, continuer avec C.	Contrôler le système d'antenne, câbles d'entrée/sortie compris.
7	a) CLR RF - Level Alarm b) CLR SDM et/ou DDM Alarm	Si a) sans b), aller à B.  Si b) sans a), aller à 8.  Si a) et b), aller à 8.	Comparer les valeurs CLR CSB du RF Power Amplifier Data mesurées avec les données de références.  En cas de déviations, remplacer CLR MODPA, sinon, continuer avec C.	Contrôler le système d'antenne, câbles d'entrée/sortie compris.
8	CLR SDM Alarm et/ou CLR DDM Alarm	Comparer les données du menu Audio Generator Data dans ADRACS avec les données de référence. En cas de déviations, remplacer LG - A, sinon, continuer avec C.	Comparer les valeurs CLR CSB du RF Power Amplifier Data mesurées avec les données de références.  En cas de déviations, remplacer CLR MODPA, sinon, continuer avec C.	Contrôler le système d'antenne, câbles d'entrée/sortie compris.
9	Morse Code Alarm	Comparer les données du menu Audio Generator Data dans ADRACS avec les données de référence. En cas de déviations, remplacer LG - A, sinon, continuer avec B.	Comparer les valeurs CSB 1020 Hz AM du RF Power Amplifier Data mesurées avec les données de références. En cas de déviations, remplacer LG - A, sinon, continuer avec C.	Vérifier le câblage correct du panneau arrière et remplacer le panneau arrière si défectueux.

Tableau 4.4: recherche les défauts sur les sous-groupes d'émetteur (2).

◆ **Exemple de réparation de Panne au niveau du processeur du moniteur :**

Le LCP affiche MON1 FAULTY ou MON2 FAULTY suite à une panne du processeur. Si les deux moniteurs sont en panne, l'émetteur s'arrête.

**Remède:**

- Ouvrir la porte avant de la baie.
- L'indication CPU Normal sur le LG-M doit s'allumer (clignotement).
- Dans le cas contraire, appuyer sur le bouton de réinitialisation de panneau sur LG-M.
- Refermer la porte.
- Enregistrez-vous par Login et entrez votre mot de passe s'il faut entrer d'autres commandes, sinon, ignorez cette étape.

L'installation est de nouveau en ordre de marche.

**4.4.3. Défaut sur les sous-groupes Moniteur :**

Etape	Défaut	A	B	C
1	Indication Integrity Fail (ECU)	a) Integrity Fail Monitor 1 b) Integrity Fail Monitor 2	Si a) sans b), aller à C. Si b) sans a), aller à C. Si a) et b), aller à 2.	Remplacer la carte LG-M indiquant la condition Integrity Fail.
2	Integrity Fail des deux moniteurs	Remplacer l'émetteur principal et s'il n'y a pas d'indication Integrity Fail, remplacer LG-A de l'émetteur qui se trouve en mode stand-by.  S'il y a toujours l'indication Integrity Fail, aller à B.	Remplacer la carte ECU et contrôler de nouveau.	

**Tableau 4.5 :** recherche les défauts sur les sous-groupes Moniteur.

◆ **Exemple de réparation de Panne au niveau du processeur de l'émetteur :**

Si les lampes du système s'allument de manière intempestive et sans raison évidente, se déconnecter de nouveau après quelques temps. Il y a probablement un problème momentané de synchronisation dû à des signaux d'interférence au niveau du processeur qui a pu quand même reconstituer. Si ce symptôme se reproduit souvent, il en faut rechercher les causes. En cas de panne de l'émetteur due à un arrêt de processeur, cet état est affiché à l'aide de TX1 ou TX2 WARNING sur le LCR.



Remède:

- Ouvrir la porte avant de la baie.
- L'indication CPU\_Normal sur le LG-A doit s'allumer.
- Dans le cas contraire, appuyer sur le bouton de réinitialisation sur LG-A.
- Refermer la porte.
- Enregistrez-vous par Login et entrez votre mot de passe s'il faut entrer d'autres commandes, sinon, ignorez cette étape.

L'installation est de nouveau en ordre de marche.

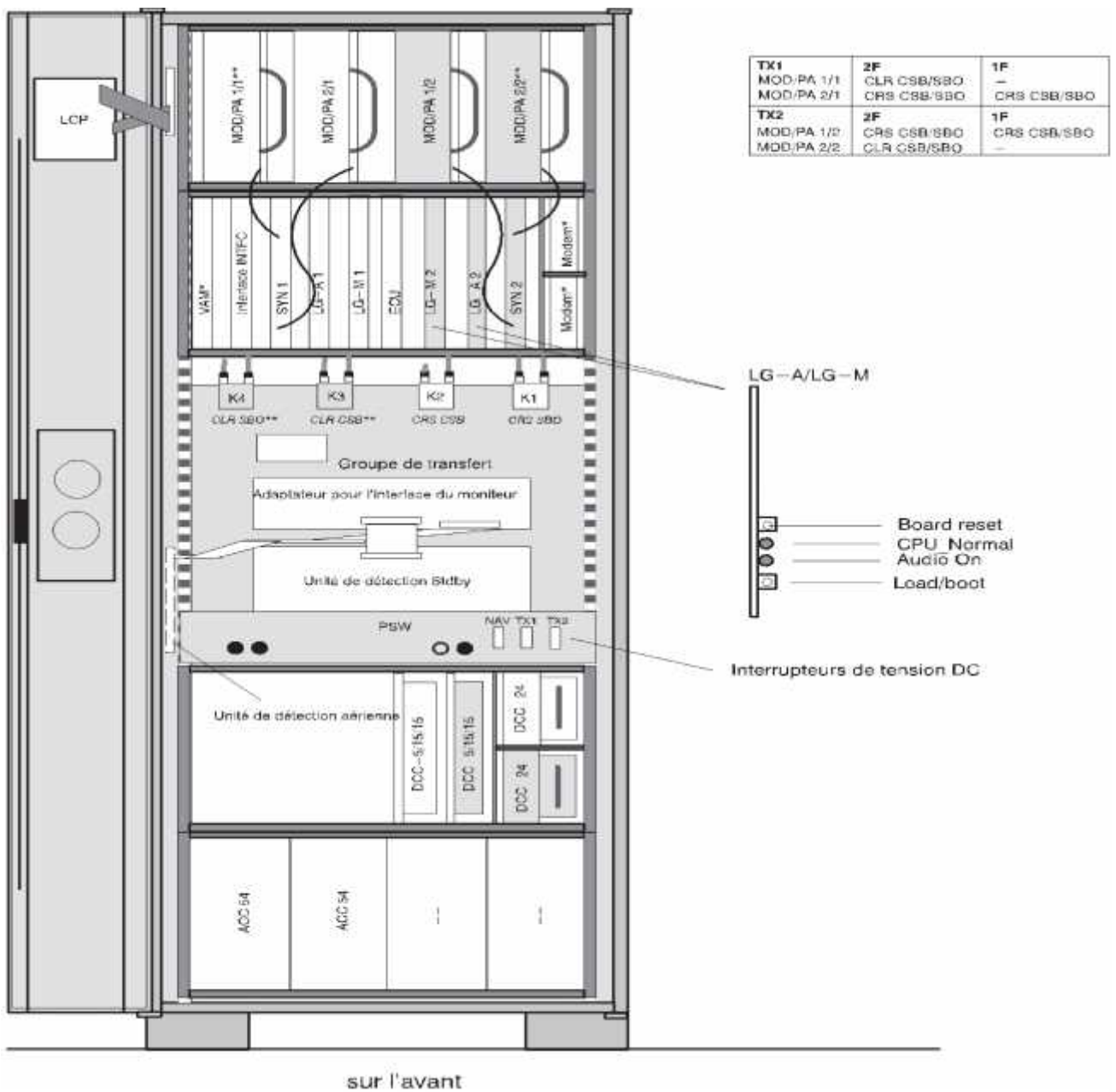


Figure 4.12: Bouton de réinitialisation et indication de tension sur le sous-groupe LG-A / LG-M.

#### 4.4.4. Remplacement des 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. Veiller à ne pas toucher les broches pointues du bloc de contacts juste au-dessus du levier inférieur des sous-groupes LG-A / LG-M et ECU en actionnant le levier pour l'enlever. Risque de blessure.

Ne pas travailler sur des composants sous tension secteur. Déconnecter d'abord les câbles de tension secteur.

##### ◆ **Déconnexion de la tension avant le remplacement des sous-groupes :**

Il suffit d'arrêter l'émetteur correspondant à l'aide de l'un des deux interrupteurs TX1 ou TX2 sur le PSW du sous-groupe. Les sous-groupes d'émetteur sans blocs d'alimentation DC peuvent aussi être arrêtés au moyen d'une commande PC. Avant de remplacer le LCP commuter d'abord tous les deux TX1 et TX2 sur OFF. Les sous-groupes VAM et MODEM peuvent être déposés et installés sous tension. La conception spéciale de leurs contacts les protège contre d'éventuels dommages. Avant de remplacer un module ACC, déconnecter toujours le BCPS des câbles d'alimentation secteur.

##### ◆ **Sous-groupes dans l'émetteur et bloc d'alimentation :**

Le tableau 4.5 décrit les travaux qui peuvent s'avérer nécessaires après le remplacement d'un sous-groupe. Observer les remarques suivantes.

⇒ L'émetteur correspondant doit être mis hors circuit avant la dépose ou l'installation des sous- groupes, de préférence en l'arrêtant du sous-groupe PSW. On notera que les sous-groupes suivants ne sont hors circuit que si les deux interrupteurs de puissance du PSW sont commutés sur OFF: LCP.

⇒ Plusieurs sous-groupes ont des interrupteurs ou des ponts DIP-FIX sur leurs cartes à circuit imprimé. Il faut absolument s'assurer que les interrupteurs et les ponts des sous-groupes neufs sont réglés sur les mêmes positions que ceux des sous-groupes à remplacer.

⇒ Les sous-groupes LG-A et LG-M sont assignés à leur emplacement pour TX1 ou TX2. Inter- changer LG-A et LG-M entre TX1 et TX2 est impossible, à condition de recharger le logiciel correspondant. De même, inter changer les sous-groupes MODPA GP est impossible sans régler le pont JP5 sur la valeur correcte d'emplacement à gauche (CSBISBO) ou à droite (CSB2ICLR) de la position de TX1 ou TX2 dans GP active.

⇒ Pour enlever une carte à circuit imprimé du sous-bâti de l'émetteur, la desserrer avec les pattes d'éjection de la carte, le cas échéant. L'enlever prudemment du sous- bâti. Observer le poids des MODPA lors de leur dépose.

⇒ Insérer la carte tout en veillant à ce qu'elle glisse aisément dans les détrompeurs du sous-bâti. Presser le groupe prudemment dans la prise sur le panneau arrière. Pour MODPA, de légères corrections peuvent s'avérer nécessaires pour installer dans les connecteurs RF. Veiller à une installation correcte.

⇒ Vérifier que tous les câbles RF a été connectés correctement avant de remettre l'émetteur en marche et s'assurer que soit l'antenne ou une charge fictive est branchée aux signaux de sortie (CSB et SBO, cours et clearance (2F)) de l'émetteur.

Unité à remplacer	Préparation	Réglages après remplacement
SYN	débrancher les câbles RF sur l'avant	Corriger la fréquence de la station
MODPA LLZ	débrancher les câbles RF sur l'avant	contrôler niveau RF, taux de modulation ; phase
MODPA GP	utiliser la poignée pour retirer débrancher les câbles RF sur l'avant utiliser la poignée pour retirer	observer l'emplacement MODPA GP ; vérifier que le réglage du pont de l'accès RF supérieur est correct. contrôler niveau RF, taux de modulation, phase
INTFC	–	–
LG–A	–	(!) charger le micrologiciel LG–A charger toutes les données d'émetteur ; observer l'emplacement du LG–A (TX1 ou TX2). réadaptation d'émetteur nécessaires
LG–M	–	(!) charger le micrologiciel LG–M charger toutes les données de moniteur ; observer l'emplacement du LG–M (TX1 ou TX2). réadaptation d'émetteur nécessaires
ECU	–	Vérifier le réglage du bloc–commutateurs SW1. Il doit répondre aux réglages définis dans 'Software configuration' !
MIA	débrancher les câbles, desserrer les vis	(!) régler pour l'émetteur stoby
Unité de détection – aérienne – Standby	débrancher les câbles, desserrer les vis	(!) calibrer les chemins de détection (!) calibrer le moniteur (!) régler pour l'émetteur standby
GP uniquement : – Répartiteur de puissance – Réseau intégral	débrancher les câbles RF débrancher les câbles RF et d'alimentation	contrôler niveau RF, taux de modulation, phase (!) calibrer le moniteur
LCP	débrancher les câbles, desserrer les vis	Configurer pour un système recharger type d'installation, configuration, site et fichier PTT
VAM	–	–
Modem LGM28.8 Modem LGM 1200MD	desserrer les vis du panneau frontal desserrer les vis du panneau frontal	– –
DCC – 5/15/15 DCC – 24	– utiliser la poignée pour retirer	– –
PSW	débrancher les câbles, desserrer les vis	–
ACC–54	desserrer les vis du panneau frontal	–

Tableau 4.6: Préparations et réglages lors du remplacement d'un sous-groupe.

#### 4.4.5. La recherche de défauts sur le sous-système GP-422 :

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 est donc nécessaire.

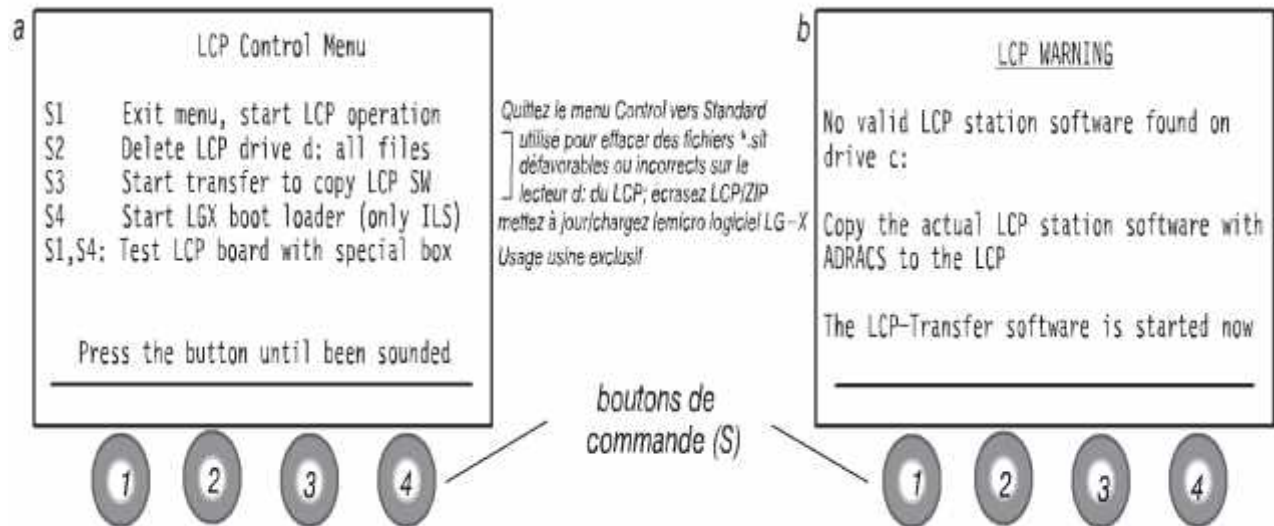
#### 4.4.6. Remplacement et reconfiguration des sous-groupes LCP, LG-A et LG-M :

Avant tout remplacement, il est recommandé de lire tous les paramètres de l'installation : Utiliser la commande Download Parameters, imprimer tous les paramètres ou relever les paramètres indiqués si d'autres mesures sont impossibles. Il est également conseillé de générer une copie de sauvegarde des fichiers spécifiques au site

- Cliquer sur bouton control de la fenêtre d'état principal dans le programme d'application.
- Sélectionner File Transfer et Copy site file to PC dans le sous-menu.
- Copier tous les fichiers avec l'extension.

Les routines du sous-groupe LCP permettent de configurer le LCP selon le système ILS 420 ou CVOR/DVOR et de mettre à jour le micro logiciel du sous-groupe de base LG-X. LG-X signifie que la carte de processeur de rechange n'est pas assignée à être un alternateur à fréquences vocales (-A) ou une carte moniteur (-M). Cela est exécuté par le logiciel après installation de la carte LG-X à l'emplacement affecté à celle-ci. La routine de chargement et d'amorce assigne la carte neutre à sa destination dans TX1 ou TX2 en tant que LG-A ou LG-M. Cette procédure doit être également exécutée lors du remplacement de LG -A ou LG - M de TX1 à TX2. La routine du LCP contrôle le matériel du LCR La routine de mise à jour LG-X établit un lien interne entre le port de communication du LCP COM1/PC1 (et un terminal de données, par ex. un portable) et l'un des ports de communication LG -X. Pour la mise à jour de LG -X, l'application "4201L5 LGX Flash memory Configuration" doit être installée et démarrée sur le portable. Le logiciel LG-X lui-même est disponible sur disquettes (ou CD-ROM). Au démarrage du système, deux fenêtres sont disponibles sur l'écran du LCP:

- la fenêtre 'LCP Control Menu' (voir (a) dans la Figure 4.6) lorsque les boutons S1 et S4 sont appuyés et maintenus enfoncés
- le texte 'LCP Warning' (voir (b) dans la Figure 4.6) lorsque le LCP a été remplacé et la configuration nécessaire n'a pas été effectuée.



**Figure 4.13:** Panneau frontal LCP et fenêtre 'LCP Control Menu'.

#### A. Reconfiguration du panneau LCP :

Le sous-groupe de rechange LCP n'est pas configuré pour un sous-système spécifique (c.-à-d. ILS 420 ou CVOR/DVOR). On a besoin du logiciel ADRACS pour configurer ou mettre à jour le logiciel du LCP.

**a)** Remettre en marche le sous-système en démarrant l'installation. L'écran du LCP affiche le texte d'avertissement (voir (b) dans la Figure 4.6).

**b)** Copier le fichier LCRZIP pour ILS 420 sur le LCR .Le LCP est prêt lorsque cette procédure est terminée. Continuer la configuration du système avec le programme d'application ADRACS. Le fichier LCRZIP est un fichier auto -extractible (converti en programme exécutable **reu.exe**; ce fichier n'est pas compatible avec reu.exe de RCSE). Remettre le système en marche.

Si le logiciel du LCP qui a été chargé ne fonctionne pas correctement, il est recommandé de recharger ou d'écraser le fichier LCRZIP à l'aide de la fenêtre 'LCP Control Menu' et du logiciel ADRACS:

**a)** Arrêter l'équipement avec TX1 et TX2 sur PSW.

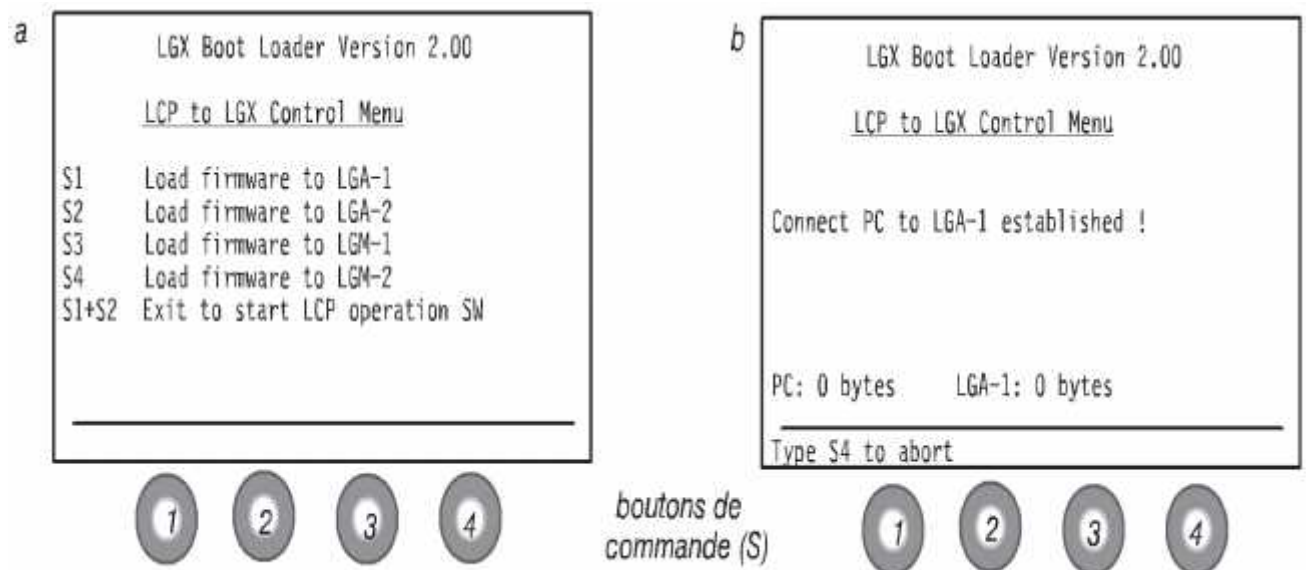
**b)** Pour démarrer le menu de fonction spéciale, appuyer simultanément sur les boutons S1 et S4 du LCP immédiatement après la mise en service et les maintenir enfoncés jusqu'à ce que la fenêtre (voir (a) dans la Figure 4.6) s'affiche à l'écran du LCR.

**c)** Appuyer sur le bouton S3 au moins 1 s pour sélectionner "Start transfer to copy LCP SW" (voir (a) dans la Figure 4.7). Copier le fichier LCRZIP pour ILS 420 sur le LCR Le LCP est prêt lorsque cette procédure est terminée. Remettre le système en marche.

## B. Chargement du micro logiciel et configuration de LG-A ou LG-M :

Le sous-groupe de rechange LG -X utilisé comme LG -A ou LG -M n'est pas encore configuré. Pour le faire, préparer le système comme suit : Connecter un terminal de données (PC ou portable) sur le connecteur du PC local sur le haut de l'armoire. Lire tous les paramètres de l'installation : Utiliser la commande Download Parameters dans ADRACS, imprimer tous les paramètres ou relever les paramètres indiqués si d'autres mesures sont impossibles. Utiliser l'application "4201L5 LGX Flash memory Configuration". Prévoir le micro logiciel qu'il faut pour le panneau à remplacer.

- a). Arrêter l'équipement avec TX1 et TX2 sur PSW.
- b). Pour démarrer le menu de fonction spéciale, appuyer simultanément sur les boutons S1 et S4 du LCP immédiatement après la mise en service et les maintenir enfoncés jusqu'à ce que la fenêtre ((a)voir dans la Figure 4.6) s'affiche à l'écran du LCR
- c). Appuyer sur le bouton S4 au moins 1 s pour démarrer le menu « LGX boot loader » (voir (a) dans la Figure 4.7).
- d). Sélectionner l'un des élément de menu suivant (voir (a) dans la Figure 4.7) selon le panneau à installer.



**Figure 4.14 :** Menu 'LGX boot loader'.

Pour les opérations suivantes, nous prenons l'exemple suivant: LGX doit être configuré comme LG-A pour TX1. La procédure à appliquer pour d'autres panneaux doit être adaptée en conséquence.

- e). Appuyer sur S1 pour sélectionner: « Load firmware to LGA-1 »“.

**f).** Confirmez le menu suivant « Connect PC to LGA- 1 port? » en appuyant sur S4. Le menu du programme répond par « Connect PC to LGA-1 established! » (voir (b) dans la Figure 4.7). La ligne inférieure indique les octets copiés du PC vers le panneau LG-A.

**g).** Insérez la disquette (ou le CD) contenant le programme « config42O.exe » dans le portable. Démarrez le programme et suivre les instructions. C'est désormais le logiciel qui surveille le chargement. Préparez le sous-groupe comme indiqué (ici: LG -A de TX1) pour la procédure de chargement :

- Appuyez sur le bouton load et maintenir enfoncé.
- Appuyez sur le bouton reset.
- Relâchez le bouton load.

Les deux LED vertes sur la face du panneau s'allument. La carte est prête pour le chargement du micro logiciel.

**h).** Valider le message du programme de configuration avec « OK » sur le portable. La LED verte supérieure clignote jusqu'à ce que la communication soit établie, puis les deux LED s'éteignent. Le programme démarre alors le chargement du micro logiciel, une LED inférieure clignote. Le transfert peut être observé sur l'écran du LCR

Les deux LED s'éteignent dès que le transfert est terminé.

**i).** Appuyer sur le bouton S4 deux fois pour confirmer. Réinitialiser le panneau avec le bouton reset. Les deux LED s'allument.

**j).** Appuyer simultanément sur les boutons S1 et S2 pendant au moins 1 s pour quitter le menu 'LGX boot loader' et démarrer le logiciel du LCR

**k).** Arrêter l'équipement avec TX1 et TX2 sur PSW avant de le remettre en marche.

**l).** Charger les données de l'équipement précédemment enregistrées ou relevées dans le panneau neuf. Exécuter la procédure d'adaptation des réglages d'émetteur et de moniteur.

**m).** Appeler « LRCI Station Configuration ». Sélectionner « Click here to accept ». Confirmer « Send Data » avec OK. La configuration est chargée sur les panneaux LG-A ou LG-M.

#### **4.5. Maintenance associée à un contrôle en vol périodique :**

Une opération de contrôle annuel 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 on utilisant des avions labo (avion chargé pour les essais des aides de radionavigation).

#### 4.5.1. Avion labo pour ILS :

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 du type mise en service.

Afin de 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. Un dossier regroupant les fiches de mesures au sol (cf. tableaux de l'appendice 2), les enregistrements d'axe, d'alarme couverture et de phase est remis au service chargé du contrôle en vol avant qu'il ait lieu.

➤ **A36 BONANZA :**



➤ **V35 BONANZA :**



**Figure 4.15 :** différents types d'avion labo.



#### **4.5.2. Les types de contrôle en vol :**

Il existe quatre types de contrôles en vol :

- Le contrôle en vol de mise en service ;
- Le contrôle en vol du RAD, à 6 mois de la mise en service ;
- Le contrôle en vol périodique ;
- Le contrôle en vol spécial.

##### **4.5.2.1. Contrôle en vol de mise en service :**

Le contrôle en vol de mise en service est effectué à la suite des opérations de contrôle 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 (état de la plate-forme et de la végétation environnante).

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, hauteur de la nappe phréatique, 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.

##### **4.5.2.2 Contrôle en vol du RAD 6 mois après 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.

##### **4.5.2.3 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.

Une dérive importante de certains paramètres peut entraîner une reprise de réglage partielle ou totale de la station concernée.

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 mis en service.

#### **4.5.2.4 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.

#### **4.5.3. Périodicités :**

##### **4.5.3.1 Cadre général :**

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

Tout dépassement a un caractère exceptionnel, 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.

Les services techniques chargés de la maintenance sol et du contrôle en vol des installations ILS veillent conjointement au respect de ces dispositions. 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.

##### **4.5.3.2. 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.

#### 4.5.3.3. Cas particulier :

Si les conditions énoncées au paragraphe 1.2 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.

Les services techniques chargés de la maintenance au sol et du contrôle en vol des installations de l'ILS veillent conjointement au respect de ces dispositions. 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.

#### 4.5.3.4. Exemple :

- Étude de cas de l'aéroport de Heathrow de Londres par :
- Effet des bâtiments sur le rayonnement de Localizer :

En 1996 un nouveau centre de cargaison a été établi au sud de la piste 27L à Londres **Heathrow**. Etant donné le manque de immobiliers disponibles à l'aéroport il y avait peu de choix concernant l'endroit du nouveau bâtiment. Ils ont fait des tests sur bon fonctionnement de sous- système Localizer d'ILS CAT III à l'aide d'un avion labo, avant de construire un bâtiment de cargaison.

Le signal de Localizer d'ILS installé sur la piste 27L capté par avion labo était tout à fait en conformité avec des limites, qui est montré sur la figure 4.16.

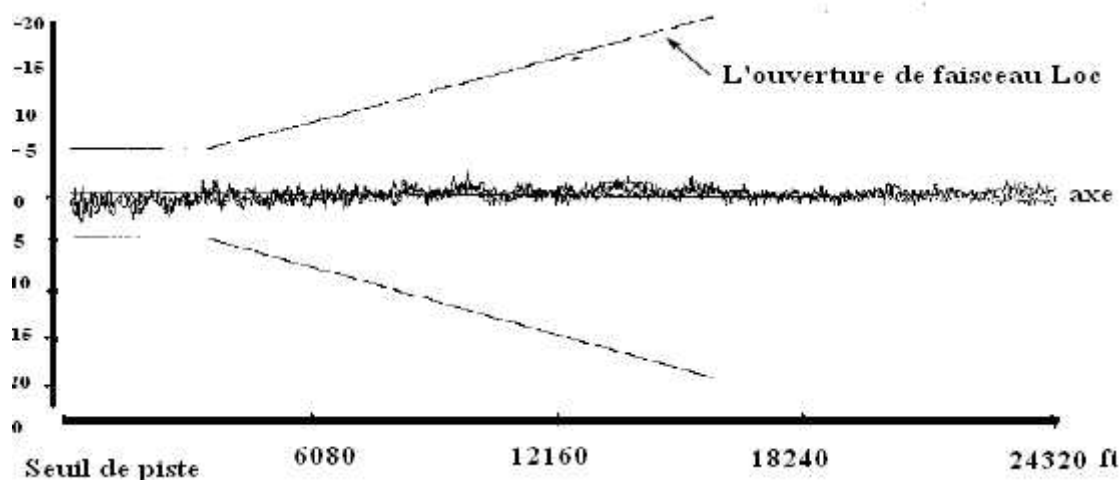


Figure 4.16 : Le graphe obtenu à bord de l'avion labo.

Avant la construction de la cargaison, l'analyse a été effectuée pour évaluer l'impact potentiel sur le diagramme de rayonnement de Localizer. Cette analyse a montré que l'interférence par trajets multiples demeure dans des limites acceptables.

Cependant, après la construction du bâtiment de cargaison, les performances de rayonnement de Localizer sont restées dans les limites d'utilisation d'ILS Cat III, bien qu'une courbure de faisceau ait été identifiée pendant une sortie de piste et en janvier 2002 un certain nombre d'événements significatifs de courbure de faisceau ont été rapportés par l'atterrissage d'équipage tandis que les basses procédures de visibilité étaient en vigueur.

Ces courbures de faisceau sont montrées sur la figure 4.17 pour l'atterrissage de cinq avions différents pendant cette période.

#### Déviations de 35 ft

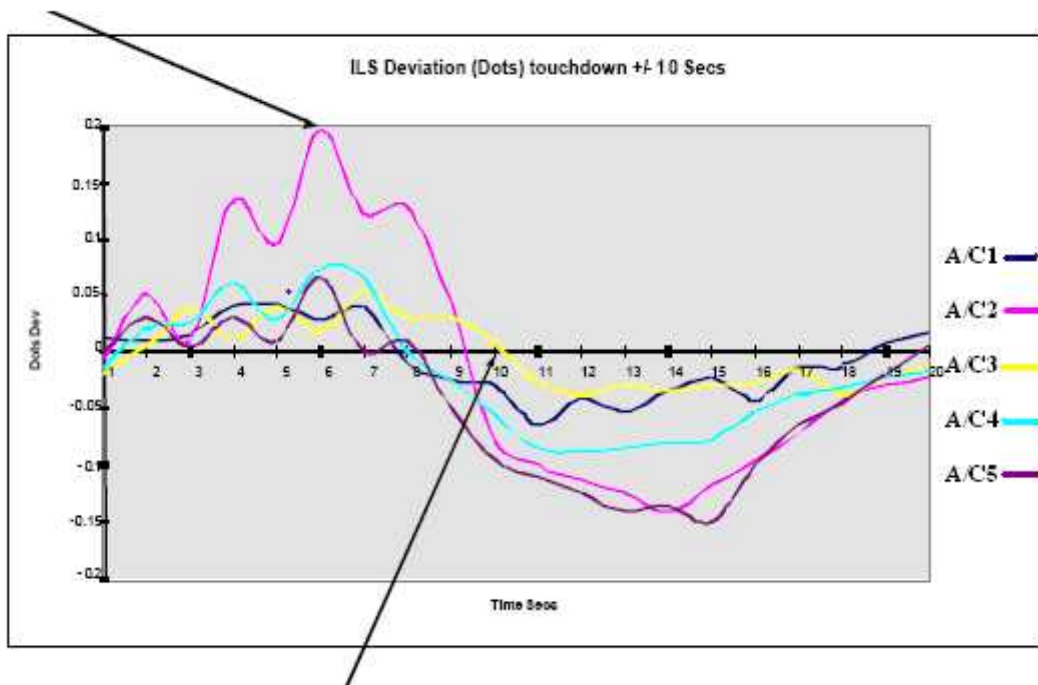
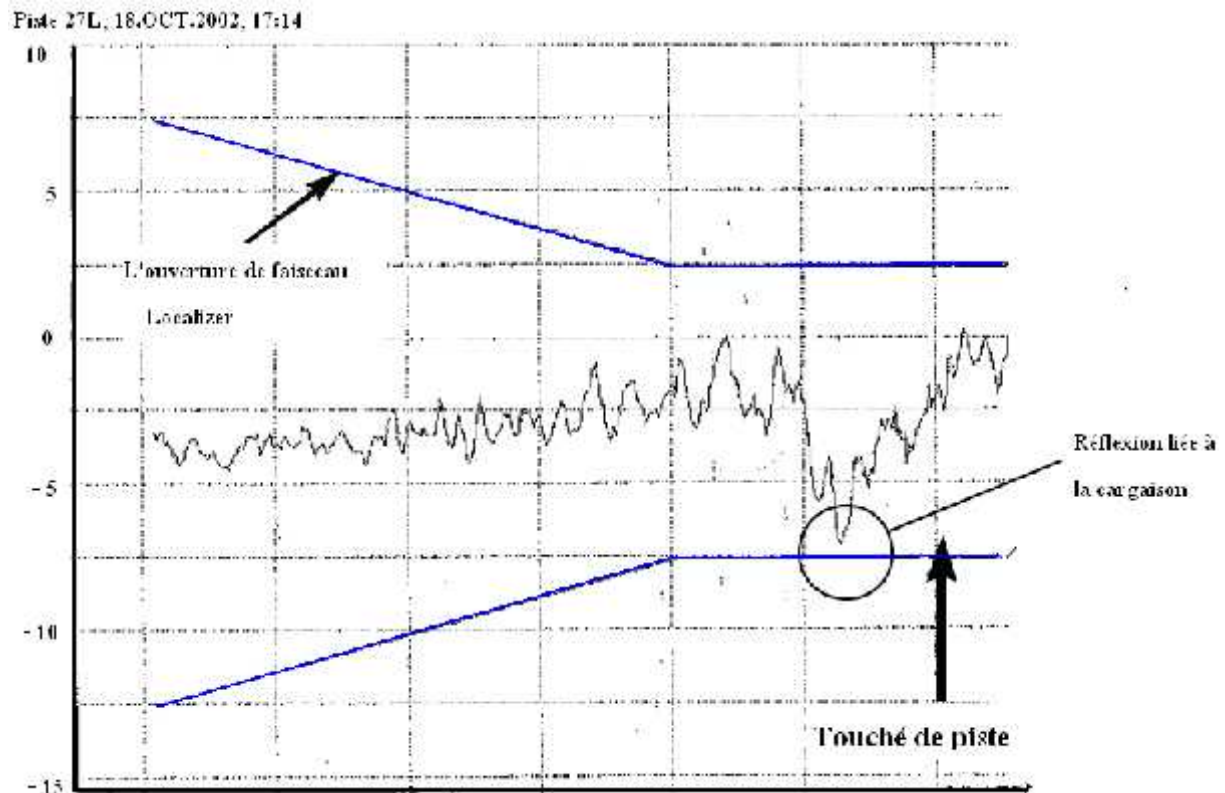


Figure 4.17 : Déviation de rayonnement Localiser.

En octobre 2002, une nouvelle version d'ILS a été installée sur la piste 27L. Le contrôle de vol du nouveau ILS a indiqué que la courbure de faisceau existait toujours mais est demeurée en dessous de la tolérance d'ILS Cat III, comme peut être vu sur la figure.



**Figure 4.18 :** Réflexion considérable due à la cargaison.

D'après cette figure, on remarque que les réflexions deviennent très importantes ce qui oblige d'intervenir le plus tôt possible.

#### 4.6. Conclusion :

La dernière décennie voit la mise en service de la catégorie IIIa OACI et expérimentalement on a pu réussir des atterrissages catégorie IIIa (VH = 0, Hd = 0, guidage le long de la piste et parking).

Cette évolution repose sur des critères de plus en plus sévères quant à l'intégrité du signal, et suppose la "création" ou l'amélioration de certaines informations telles que arrondi, remise de gaz, distance. Or;

- L'intégrité du signal ILS est limitée par un double problème de réflexions, le premier est la Réflexion liée à la fréquence VHF/UHF amenant des coudes de trajectoires, à des fréquences correspondant à la bande du P.A. (1 Hz, 10 Hz). Les énormes progrès techniques (directifs mono ou bi fréquence) ne peuvent empêcher que souvent l'aire d'attente à l'entrée de piste, comme l'installation Glide, sont englobées dans le rayonnement et, au demeurant, l'ILS reste toujours à la merci des réflexions à caractère accidentel (véhicules, effet de survol par exemple). Le deuxième problème est la Réflexion liée au type de modulation : en modulation

d'amplitude, les signaux directs et réfléchis de même nature et fréquence se combinent linéairement (sauf techniques particulières telles l'effet de capture où cette sommation est quadratique).

- L'ILS ne fournit pas d'information d'arrondi ; les limitations intrinsèques du Glide ne permettent même plus de l'utiliser en courte finale :

- La trajectoire Glide est une branche d'hyperbole (intersection du plan vertical Loc. et du cone Glide) qui ne définit pas de point d'impact ;

- Le Glide, en final, est affecté d'un effet de parallaxe qui n'est strictement corrigé que si l'avion est sur l'axe ;

- Le Glide étant à sensibilité angulaire constante, le suivi de sa trajectoire est très difficile en final ;

- Le Glide utilisant le plan de sol pour la formation des diagrammes, la qualité de la trajectoire radioélectrique (structure d'axe) est moindre que pour le Loc.

Le système ILS possède aussi des Conséquence directe de la fréquence VHF/IJHF, parce qu'il comporte des réseaux de grande envergure, nécessite des plans de sol très importants (plusieurs hectares pour le Glide) pouvant entraîner des coûts d'installation supérieurs à ceux de l'équipement. Il peut en résulter souvent une impossibilité d'installation, soit pour des raisons de site, soit pour des raisons économiques.

- Le problème d'encombrement de la bande VHF, tel que La bande 108-112 MHz ne permet que 80 canaux espacés de 50 KHz, alors que, compte tenu de la multiplicité des ILS, il conviendrait d'en disposer de 100 à 200.

- Et pour les de la souplesse d'installation et d'utilisation on cherche toujours d'avoir un systèmes extrêmement mobiles, faciles à mettre en oeuvre. Ce qui n'est guère le cas de l'ILS, système "lourd" et "rigide" par excellence.

Finalement, on propose quelques solutions pour améliorer les performances de l'ILS ;

- On peut cependant noter que le matériel ILS de bord n'a pas connu une évolution aussi spectaculaire que le matériel sol et se demander si quelques progrès ne pourraient encore se faire au niveau du traitement du signal à bord (filtrage numérique et analyse harmonique). Une telle voie ne résoudrait pas néanmoins les nombreux problèmes précédemment énoncés.

- Sur le constat que de nombreux défauts ou limitations ont pour origine la fréquence VHF/UHF, l'idée vient de transposer purement et simplement l'ILS dans une autre bande de fréquence. Par contre, cette transposition laisse entier le problème de la couverture volumétrique. Elle ne résout pas parfaitement les problèmes d'intégrité. Si les réflexions parasites en bande C provoquent des fréquences de Scalloping plus élevées, donc filtrables au

niveau du P.A., en même temps ces réflexions sont plus sévères (avec des modules de coefficient de réflexion pouvant atteindre l'unité).

A fin de réaliser ces améliorations, il faudrait d'avoir un système destiné à répondre à un large éventail de besoins aéronautiques loin dans l'avenir prévisible et à remplacer un jour l'actuel système de guidage non visuel de précision pour l'approche et l'atterrissage normalisé par l'OACI. Il s'agit du MLS (système d'atterrissage aux instruments).

# Chapitre 5: Système d'atterrissage Hyperfréquence MLS





### 5.1. Objectifs:

- Augmentation de noimbre de cannaux disponibles;
- Indication continue de l'angle et de la distance;
- Meilleure qualité du signal;
- Moindre sensibilité aux effets de l'environnement et de lieu d'implimentation;
- Counerture elargie de guidage;
- Conception fondamentale du système et technique avancées;
- Augmentation de performances de Glide concernant l'intersection du plan vertical Loc et du cone Gide qui ne définit pas le point d'impact, l'affectation qui n'est pas strictement corrigé que si l'avion est sur l'axe.
- La possibilité de construire des pistes parallèles tout en évitant les risques de brouillage.
- La sélectivité de la trajectoire d'approche en site et en azimut.
- La portabilité et la mobilité de système radionavigation utilisé.
- La souplesse d'installation et d'implantation (réseaux et plans de sol divisés dans le rapport des longueurs d'ondes).
- Élimination des interruptions de service provoquées par des accumulations de neige.

D'après ces objectifs, il est souhaité de trouver un autre système d'aide à l'atterrissage qui possède des caractéristiques plus pratiques, on parlera sur le système d'atterrissage hyperfréquence **MLS** (Microwave landing).

### 5.2. Présentation de système MLS (Système d'atterrissage aux instruments) :

#### 5.2.1. Historique du MLS :

L'approche est d'abord américaine : en 1967 le RTCA (Radio Technical Commission for Aeronautics), sous les regards bienveillants de la FAA et du DOD (Department of Defense) lance le programme d'étude d'un nouveau système. L'approche semble intéressante et logique : définition des besoins et conception du système en fonction de ceux-ci. Les conclusions du groupe SC 177 se concrétisent par un cahier des charges complet (Do 148) et l'établissement d'un plan de 5 ans, avec un budget de 50 millions de Dollars, pour concrétiser ces beaux rêves. L'OACI est invitée à suivre. En 1972, un groupe spécialisé d'experts de l'OACI (All Weather Operation Panel) définit les spécifications du nouveau système et invite les états membres à faire des propositions. Début 73, les USA, la G.B., l'Australie, l'Allemagne Fédérale et la France proposent chacun à

l'OACI un système complet ;

- 3 systèmes anamétriques (Air Derived : informations obtenues à bord) ;

Les Etats-Unis qui proposent le TRSB (Time Reference Scanning Beam), l'Australie propose un système faisceaux battants à balayage électronique (Interscan), la Grande Bretagne, un système Doppler.

- 2 systèmes cata métriques (Ground Derived informations obtenues au sol) ;

La France propose l'AGDLS (Air Ground Data Link System), l'Allemagne Fédérale, le DLS (DNE based Landing System).

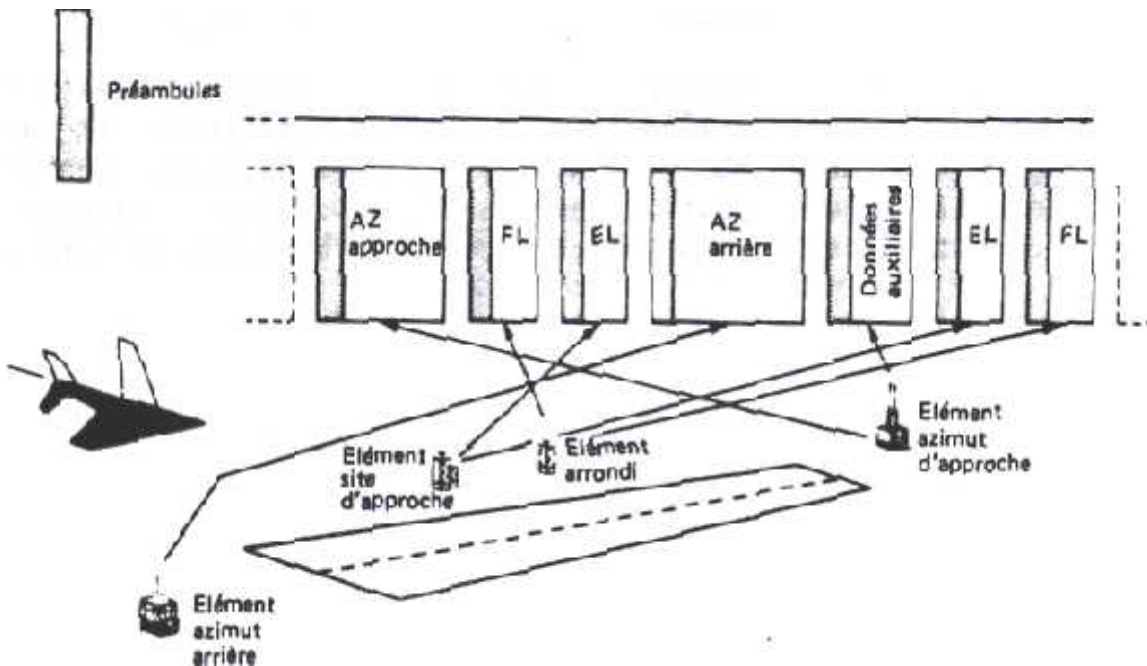
Une lutte farouche s'installe entre les britanniques partisans du Doppler et les Américains partisans du TRSB. En 1978 une réunion mondiale (70 Etats) choisit avec une majorité de 70 % le système américain par le système qui s'appelle actuellement MLS.

### 5.3. Description de système :

**5.3.1- Equipement sol :** L'équipement sol comprend quatre (4) antennes qui sont :

- Elément azimut d'approche.
- Elément arrondi.
- Elément site d'approche.
- Elément azimut arrière.

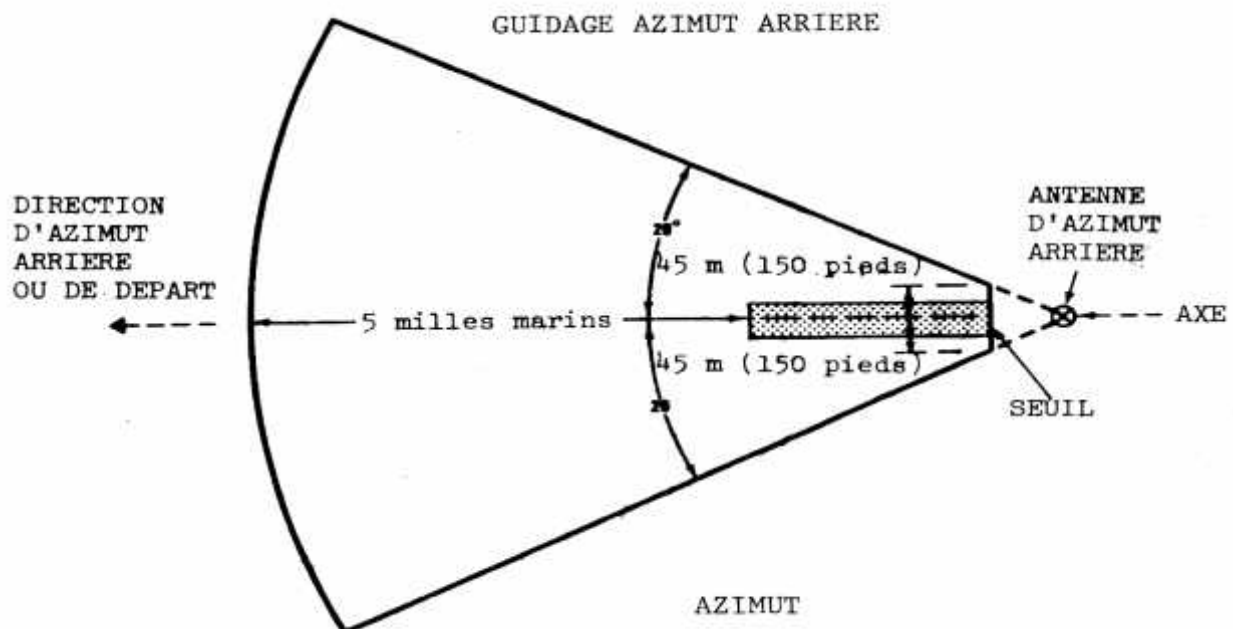
Ces dispositifs sont installés au voisinages de la de telle sorte à une information en site et en azimute (voir la figure).

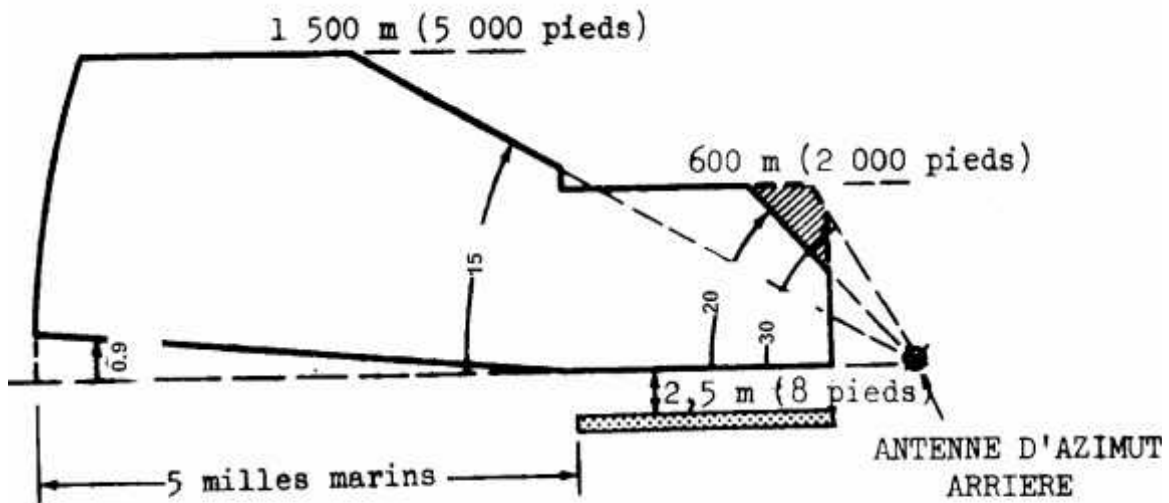


**Figure 5.1 :** Les différents dispositifs de système MLS.

### 5.3.1.1. Les informations transmises par ces dispositifs :

**5.3.1.1.1. Système de guidage en azimuth arrière (BCAZ) :** L'information est transmise avec une fréquence de 6.5 Hz. Les antennes destinées au guidage en azimuth arrière produisent un faisceau en éventail qui est étroit dans le plan horizontal et large dans le plan vertical. Ce faisceau bascule à une cadence précise entre les limites de couverture horizontale, en sens d'horloge puis en sens inverse, il remplit ainsi le volume de couverture prévu ( Voir la figure 3). Chaque émission d'angle comprend un balayage ALLER (sens d'horloge) suivi d'un balayage RETOUR (sens inverse d'horloge). Le temps qui s'écoule entre la réception du balayage ALLER et celle du balayage Retour est directement lié à l'angle d'azimut sous lequel se trouve l'antenne de réception par rapport à l'axe d'angle d'azimut nul. Le secteur à l'intérieur duquel on obtient cette information de guidage proportionnel est choisi pour répondre aux besoins locaux, et s'étend au minimum de (-10) degrés à (+10) degrés. Lorsque le guidage proportionnel est assuré dans un secteur de moins de (40) degrés de part et d'autre de l'axe de piste, on fournit un guidage complémentaire pour étendre ce secteur de manière à obtenir un secteur global de (-40) degrés à (+40) degrés en émettant des signaux "corrigez à gauche/corrigez à droite" dans le format de signal des fonctions d'azimut. En outre, l'émission de signaux d'indication hors limites a été prévue dans le format des fonctions d'azimut.



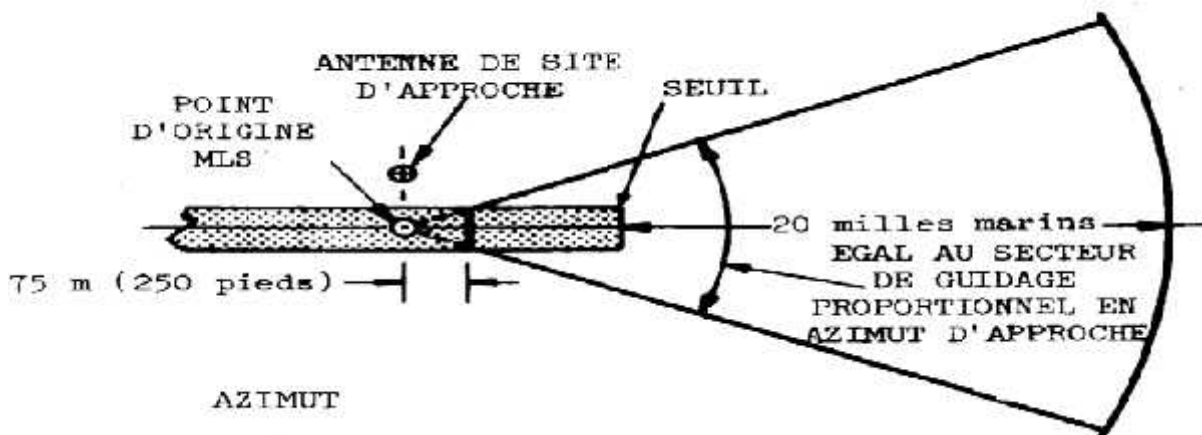


SITE

Figure 5.2 : Schéma explicatif de guidage en azimut (AZ).

**5.3.1.1.2. Système de guidage en site (EL) :** L'information est transmise avec une fréquence de 13.Hz. L'antenne de site produit un faisceau en éventail qui est étroit dans le plan vertical et large dans le plan horizontal. Ce faisceau monte et descend à une cadence précise, entre les limites de couverture verticale, remplissant ainsi le volume de couverture prévu (Figure 4). Chaque émission d'angle comprend un balayage ALLER suivi d'un balayage RETOUR. Comme dans le cas de la fonction d'azimut, le temps qui s'écoule entre la réception du balayage ALLER et celle du balayage RETOUR est directement lié à l'angle de site sous lequel se trouve l'antenne de réception par rapport à l'horizontale. L'émission d'un signal d'indication hors limites est également prévue dans le format de signal de site (voir la figure).

GUIDAGE EN SITE



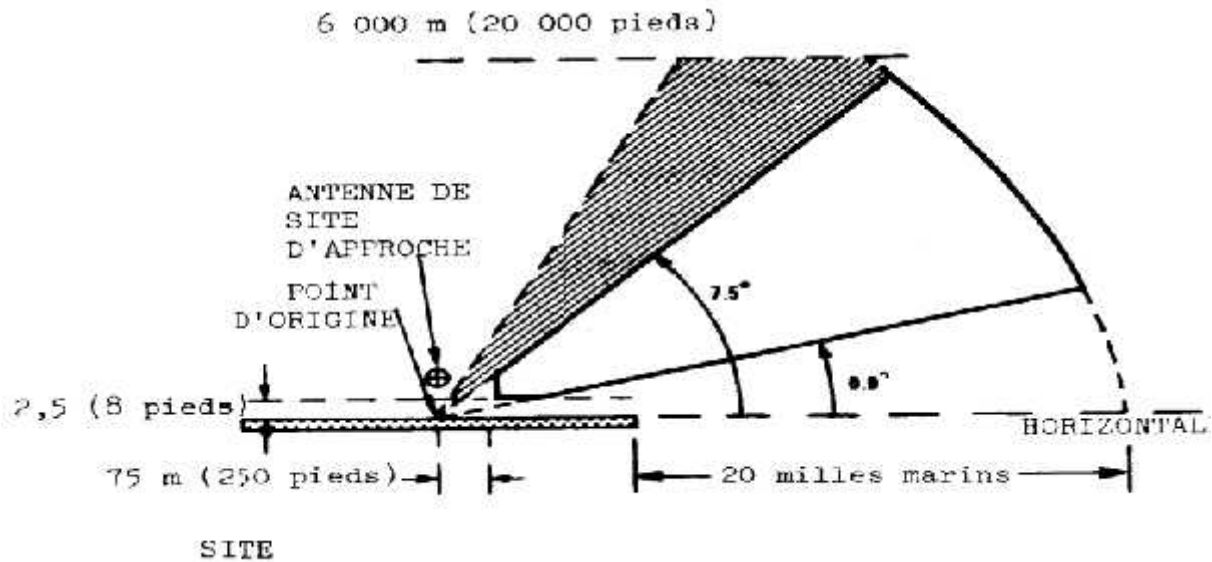


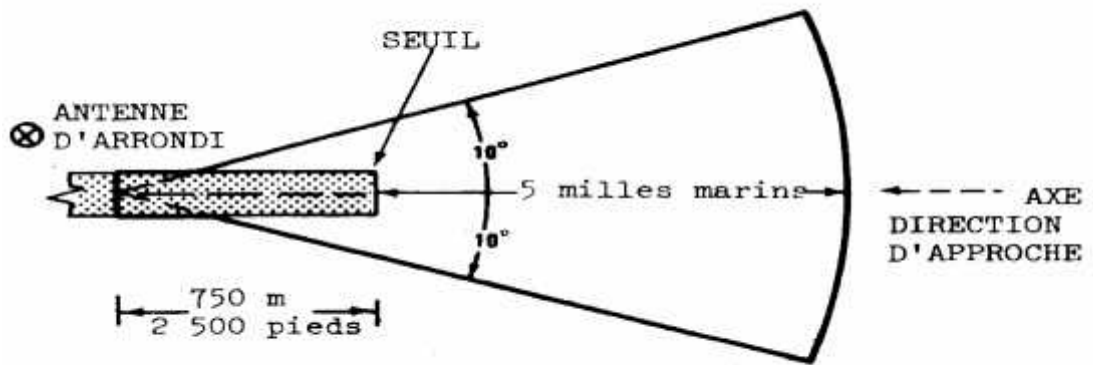
Figure 5.3 : Schéma explicatif de guidage en site (EL).

**5.3.1.1.3. Système de guidage d'arrondi (FL) :** L'information est transmise avec une fréquence de 39Hz. Le système est admis que le MIS standard permet l'approche jusqu'à 50 pieds de hauteur de décision. Au dessous il est nécessaire de faire appel à un moyen complémentaire ; on peut envisager soit ;

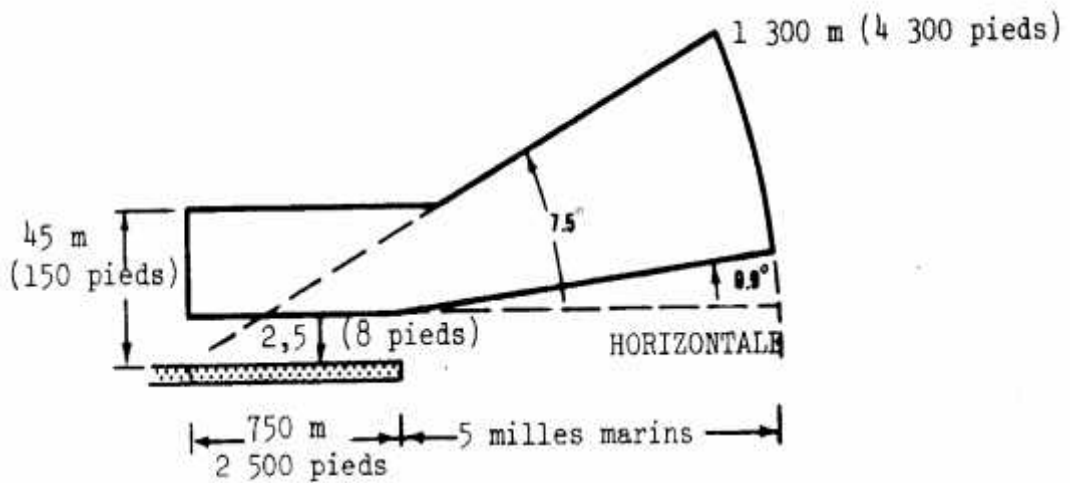
- L'utilisation des techniques radiosondes (dans les mêmes conditions que l'actuelle cat. III ILS), soit,

- L'utilisation d'un dispositif de guidage en site complémentaire assurant uniquement la partie finale de l'atterrissage.

En faveur de la première solution une expérience déjà longue et un facteur économique favorable (nombreux avions équipés ; pas de dépenses supplémentaires pour l'aérodrome passant de la catégorie II à la catégorie III). Par contre, cette technique implique un terrain parfaitement nivelé et n'est donc valide que peu avant ou à partir du seuil de piste et ne permet donc pas l'atterrissage catégorie III de certains types d'avions, tels que VTOL ou STOL. De ce fait, la RTCA a retenu la 2ème solution, plus universelle et garantissant de surcroît une meilleure intégrité. Un tel système peut en effet faire l'objet d'un monitoring permanent, alors que la radiosonde ne peut être testée qu'aux derniers instants de l'atterrissage (donc à ou en dessous de la hauteur de décision) (voir la figure).



AZIMUT



SITE

Figure 5.4 : Schéma explicatif de guidage d'arrondi (FL).

Donc on peut distinguer plusieurs configurations d'arrondi;

a)- Dans le 1an horizontal :

A l'intérieur d'une zone délimitée par un demi-cercle centré sur le point d'impact et de 30 NM de rayon (20 NM à la rigueur) le système doit permettre de suivre des trajectoires rectilignes (selon l'axe de piste ou non) courbes ou combinaison des deux.

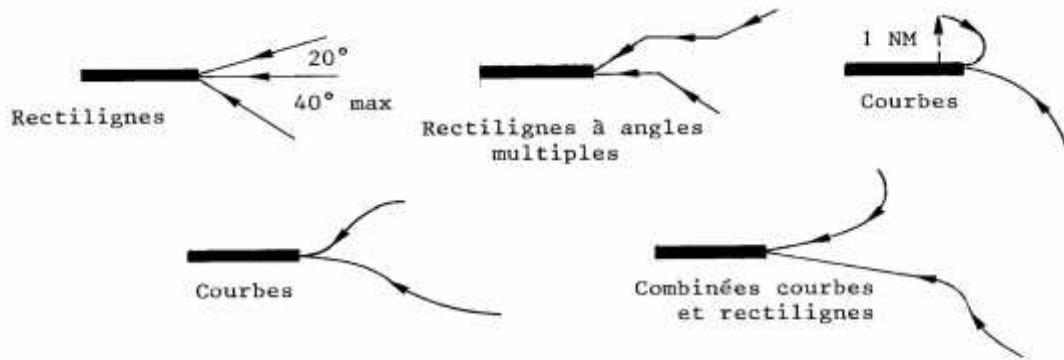
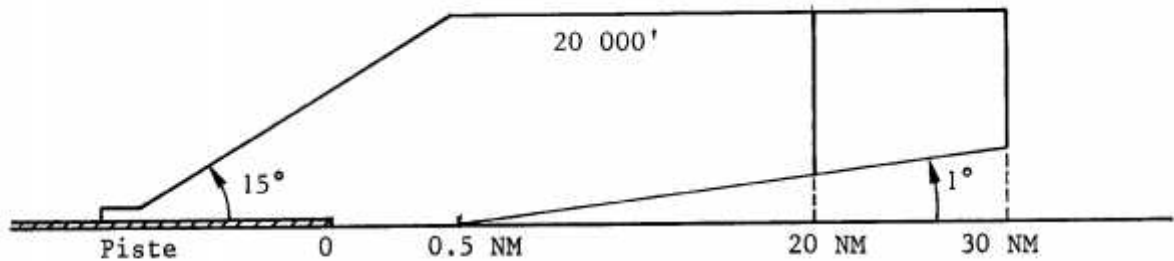


Figure 5.5 : Configurations de l'arrondi dans le plan horizontal.

b)- Dans le plan vertical :

Le système doit pouvoir fournir des pentes variables de 1° à 15° dans la portion du plan vertical définie ainsi :

- 20 NM obligatoire.
- 30 NM souhaitable.



Dans cette portion du plan, les principales trajectoires de descente possibles sont résumées ci-dessous :

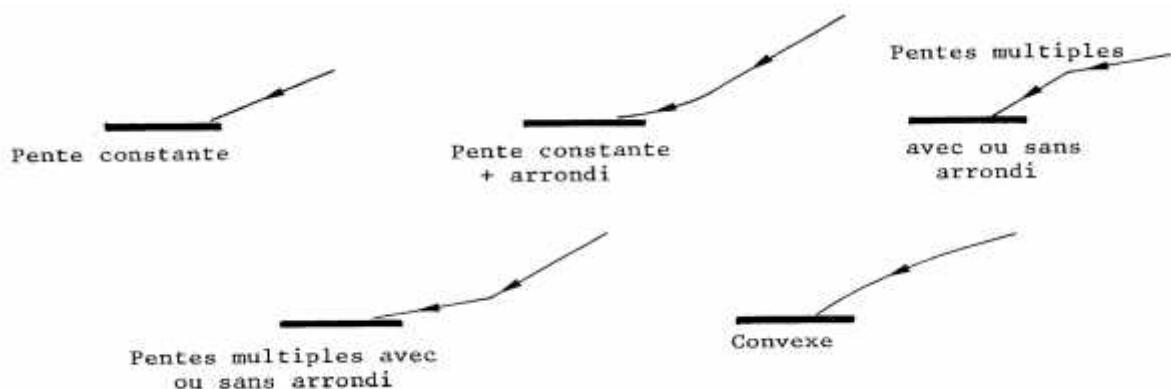
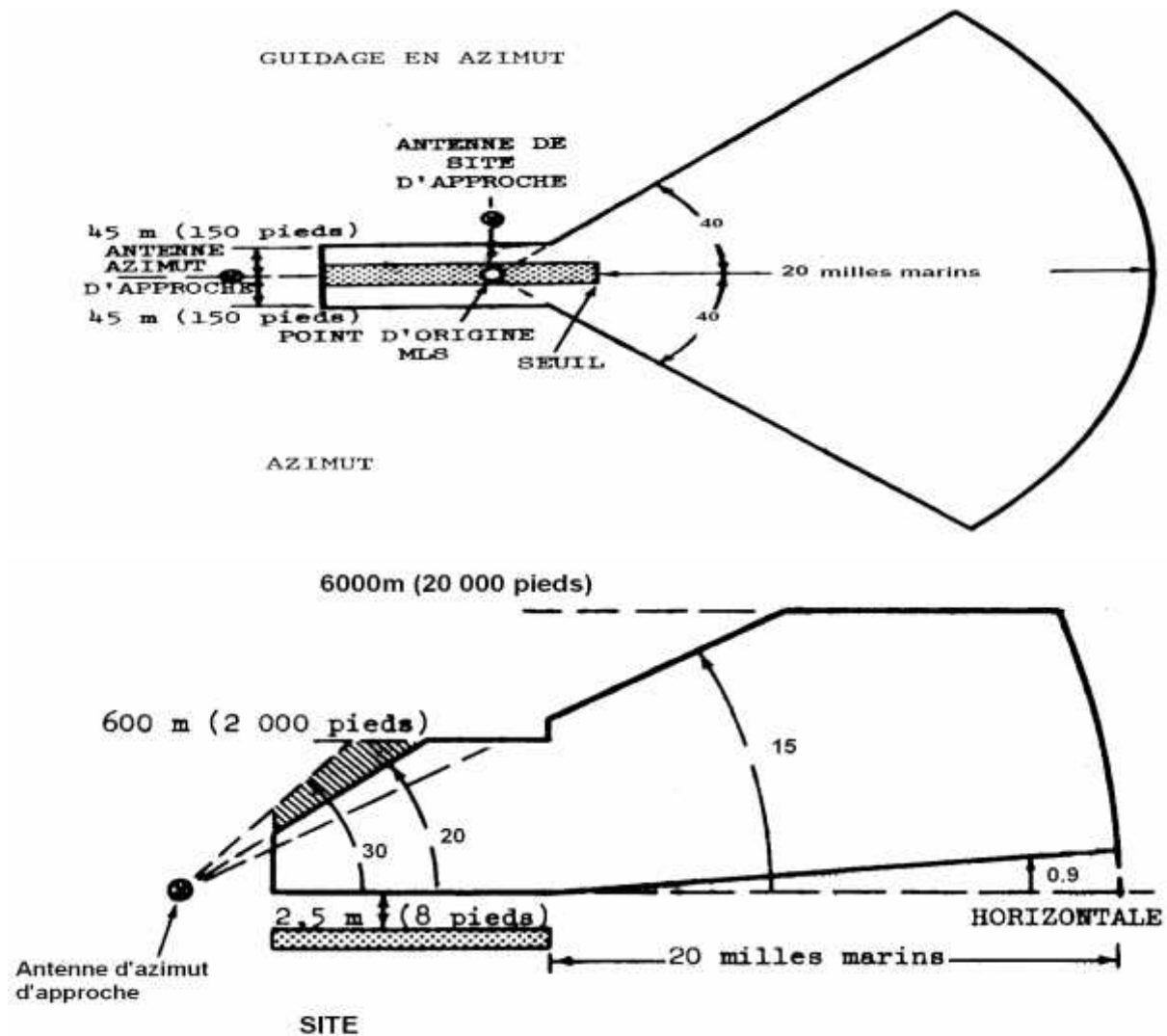


Figure 5.6 : Configurations de l'arrondi dans le plan vertical.

**5.3.1.1.4. Système de guidage en azimut (AZ) :** L'information est transmise avec une fréquence de 13 Hz. Ce système possède les mêmes caractéristiques que le système de guidage d'azimut, mais de manière un pu déférente (voir le schémas).



**Figure 5.7 :** Schéma explicatif de guidage en azimut (AZ).

**5.3.1.1.5. Système de transmission des données :**

L'équipement sol émet également des données de base qui sont directement liées au fonctionnement du système; exemples : distance de l'équipement d'azimut d'approche au seuil, alignement de descente minimal et état du système. L'émission de données auxiliaires fournissant :

- Les coordonnées d'emplacement de l'équipement sol ;
- Des renseignements météorologiques;



- L'état de la piste et d'autres renseignements supplémentaires est également prévu.

Ces émissions de données sont disponibles dans tout le volume de couverture du guidage en azimut.

### 5.3.1.1.6. Système de mesure de distance :

L'information de distance est fournie par un DME qui peut être, soit le DME classique, soit une nouvelle version de DME spécifiquement conçue pour servir d'élément de mesure de distance du MLS dans les cas où une meilleure précision s'impose (DME/P). Grâce au DME/P, on mesure la distance avec une plus grande précision et on dispose de 200 canaux appariés aux fréquences de guidage en angle ML S sans rien perdre de la compatibilité avec l'équipement DME embarqué.

## 5.3.2. La nature et le format des données de base de système MLS :

### 5.3.2.1. Les données de base : L'information transmise doit portée :

- **Azimut** : Distance antenne - seuil de piste.  
Décalage latéral de l'antenne / axe de piste.  
Zone de couverture proportionnelle.
- **Site**: Hauteur de l'antenne.  
Décalage latéral de l'antenne / axe de piste.  
Angle de descente minimum utilisable.
- **DME**: Canal DME, DME normal ou de précision.  
Statut opérationnel de la station DME.
- **Azimut arrière** : Distance antenne - seuil de piste.  
Zone de couverture proportionnelle.
- **Azimut MLS**: Identification de la station.  
Ouverture angulaire du faisceau azimut ou site.

Les informations transmises sont codées sur plusieurs bits selon le nombre de données à transmettre. Et l'exemple qui se suit va illustrer cette explication.

### Exemple :

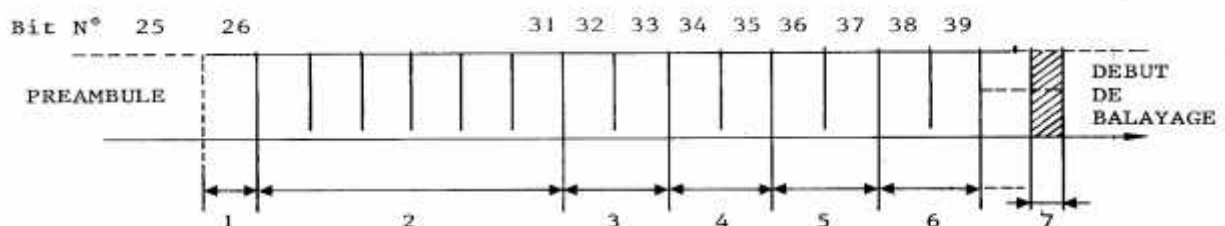


Figure 5.8 : Le format de l'information diffusée.

Et on donne un tableau qui résume les différentes paramètres de l'information reçu :

MOT	DONNEES	INTERVALLE MAX ENTRE EMISSIONS (SECONDES)	BITS UTI- LISES	PLAGE DE VALEUR	BITS DE POIDS FAIBLE	BIT N°
1	PREAMBULE	0,4	12			I <sub>1</sub> - I <sub>12</sub>
	Distance azimut d'ap- proche seuil		6	0 M à 6300M	100M	I <sub>13</sub> - I <sub>18</sub>
	Limite de couverture proportionnelle en azimut		5	- 10° à - 60°	2°	I <sub>19</sub> - I <sub>23</sub>
	Limite de couverture proportionnelle en azimut		5	- 10° à - 60°	2°	I <sub>24</sub> - I <sub>28</sub>
	RESERVE		2			I <sub>29</sub> - I <sub>30</sub>
	PARITE		2			I <sub>31</sub> - I <sub>32</sub>

Tableau 5.1 : Les différentes paramètres de l'information reçu.

**5.3.2.2. Les données auxiliaires :**

Des informations numériques ou alphanumériques pourront être transmises par l'intermédiaire de mots de 76 bits dont 12 bits de préambule, 8 bits d'adresse, 52 bits d'information et 4 bits de parité ; aucun contenu n'a encore été normalisé.

EVENEMENT	DEBUT DE CRENEAU	
	Impulsion d'horloge 15.625 KHz (numéro)	Temps (ms)
PREAMBULE	0	0
EMISSION D'ADRESSE (BITS I <sub>13</sub> - I <sub>20</sub> )	25	1.600
EMISSION DE DONNES (BITS I <sub>21</sub> - I <sub>72</sub> )	33	2.112
EMISSION DE PARTIE (BITS I <sub>73</sub> - I <sub>76</sub> )	85	5.440

Tableau 5.2 : Les codages.

**5.3.2. Equipement embarqué:**

L'équipement embarqué MLS comprend l'antenne (ou les antennes) de bord, le récepteur d'angle, l'équipement de jonction pilote et les interconnexions nécessaires. Un interrogateur /

récepteur séparé, avec l'antenne qui lui est associée, fournit l'information de distance. Les usagers peuvent choisir les éléments d'avionique qui répondent à leurs besoins particuliers. A une extrémité de la gamme, un usager peut se contenter d'une antenne omnidirectionnelle et d'un récepteur d'angle à utiliser avec les indicateurs ILS existants; à l'autre extrémité, un usager dont l'aéronef est équipé pour l'atterrissage automatique choisirait un ensemble redondant de récepteurs/ processeurs d'angle et d'interrogeurs DME qu'il utiliserait avec les indicateurs existants ou avec une visualisation plus perfectionnée. Il est possible de répondre à d'éventuels besoins futurs, comme la couverture sur 360 degrés en azimut, le guidage d'arrondi et l'emploi de données auxiliaires, sans modification du format de signal et par conséquent sans que les versions initiales du matériel constituant l'équipement embarqué deviennent périmées, dans la mesure où la visualisation nécessaire existe dans le poste de pilotage. Tous les sous-systèmes embarqués doivent être entièrement compatibles avec tous les sous-systèmes sol, le niveau de service fourni dans chaque cas étant fonction du sous-système qui a le moindre potentiel.

Jusqu'au moment où on disposera de la fonction d'arrondi MLS, et ensuite à titre facultatif, on réalisera probablement des atterrissages automatiques en utilisant l'information de hauteur dérivée de l'information d'angle de site d'approche MLS et de l'information de distance MLS (ou le radioaltimètre) dans la zone d'approche en amont du seuil de piste, avec passage sur radioaltimètre au-dessus de la piste elle-même pour terminer l'atterrissage.

**a)- Antennes de bord :**

Les antennes 5GHz de bord peuvent prendre de nombreuses formes: cornet, antenne unipolaire, antenne à fentes, etc. Grâce à leur faible encombrement, les effets de traînée induite sont minimes et on peut les fuseler. Le nombre et le type des antennes de bord seront déterminés par le type d'aéronef et le potentiel opérationnel recherché. Lorsqu'on utilise des antennes multiples, la sélection d'antenne s'effectue automatiquement à l'intérieur du récepteur.

**b) -Interrogeur/récepteur DME :**

L'information de distance peut être fournie par le DME normalisé OACI existant, employé d'une façon compatible avec l'usage actuel. On dispose d'un nombre restreint de canaux DME à utiliser avec le MLS sans brouillage. A l'avenir, il y aura un interrogeur/récepteur DME/P entièrement compatible avec l'actuel équipement sol DME normalisé OACI et dont la précision suffira à répondre à tous les besoins opérationnels liés au MLS, et qui fonctionnera sur tous les canaux nécessaires à un appariement avec les canaux d'angle assignés à ce dernier. Comme le même équipement embarqué DME servira à l'approche et à l'atterrissage aussi bien qu'à la navigation en route, l'utilisateur sera en mesure d'obtenir à peu de frais le service complet

d'information de distance.

### c) - Systèmes de commandes de vol, instruments et visualisations :

On prévoit que tous les besoins opérationnels seront satisfaits selon les types de systèmes embarqués associés à l'équipement sol MLS approprié. Il faudra une jonction entre l'équipement embarqué MLS et d'autres systèmes de bord. Ces systèmes détermineront les possibilités qu'on peut obtenir du MLS sol. Les incidences de ces possibilités et la nécessité d'assurer la jonction avec les systèmes de bord sont examinées en 5.2.

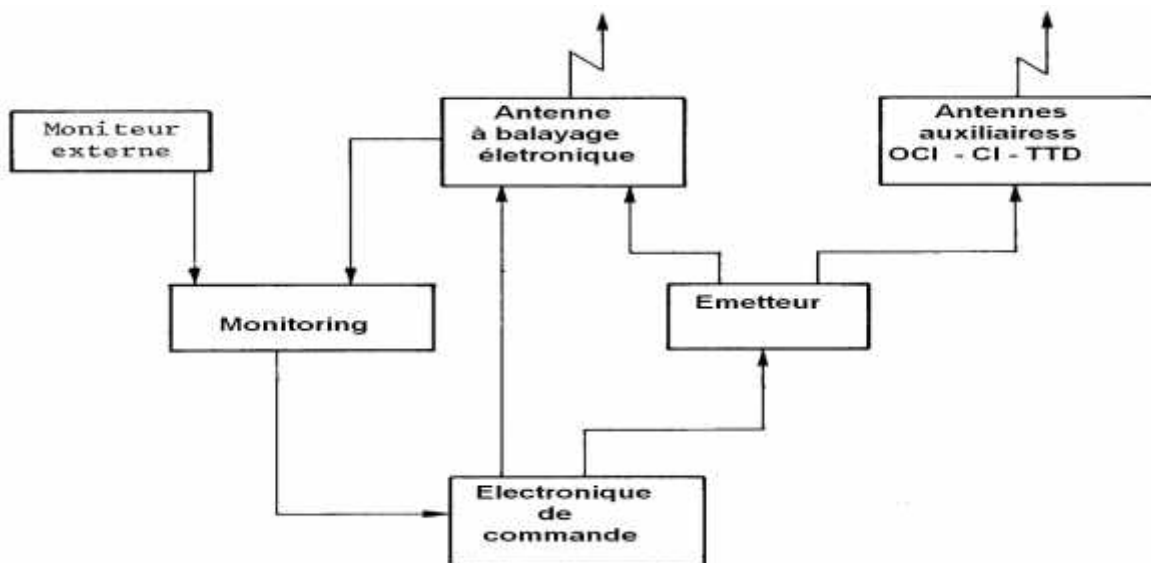
### d)- Récepteur – processeur :

Le récepteur d'angle est un récepteur superhétérodyne classique fonctionnant sur 200 canaux. Un microprocesseur qui suit l'amplificateur fréquence intermédiaire assure les fonctions suivantes. Il décode les données MDPD pour identifier la fonction reçue, convertit en digital le signal vidéo de guidage en angle, capte les signaux ALLER et RETOUR les plus forts qui sont en harmonie les uns avec les autres et assure la jonction avec les commandes et visualisations de sortie. Il comporte des moyens d'acquisition, de poursuite et de validation du signal qui garantissent au signal de guidage en angle une haute Intégrité en présence de multi trajets et d'autres formes de brouillage. Les données de base et les données auxiliaires qui sont multiplexées dans le temps avec les fonctions d'angle sont aussi décodées dans le processeur en vue de la jonction avec les visualisations et ordinateurs de bord et les pilotes automatiques.

## 5.4. Principe de fonctionnement du MLS :

### 5.4.1. Station sol MLS :

Le synoptique général d'une station évidence trois sous-ensembles principaux sol MLS (azimut ou site) met en évidence trois sous-ensembles principaux :



**Figure 5.9:** Schéma synoptique d'une station MLS au sol.

Elle comprend un synthétiseur de fréquence, un dispositif de modulation de phase et un amplificateur ; il s'agit d'un tube à ondes progressives qui délivre une puissance de 20 Watts en CW. Celle-ci est commutée soit vers l'antenne à balayage, soit vers les antennes auxiliaires compte tenu du "multiplexage temporel" des différentes émissions.

#### 5.4.1.1. Emission :

##### ◆ Balayage électronique :

Il faut générer un faisceau fin qui balaye l'espace à vitesse constante. La directivité du lobe est obtenue par une répartition d'amplitude adéquate sur un réseau d'antennes, le balayage par un déphasage séquentiel de ces différentes antennes.

##### a)- Répartition d'amplitude :

Réseau linéaire de  $(2n)$  antennes équidistantes espacées de  $d$  et alimentées en phase :

•  $L_i, L'_i$  antennes de la  $i$ ème paire alimentées en phase par des courants d'amplitude égales à  $(A_i / 2)$ .

$$d_i = L_i \quad L'_i = (2i - 1)d$$

• En posant :

$$e_r = \frac{1}{r} e^{j(\omega t - \frac{2\pi r}{\lambda})}$$

, Le champ résultant en un point.

$M$  (azimut et distance  $r$  de 0 centre de symétrie de réseau ).

$$E_M(r, \alpha) = e_r \sum_{i=1}^{i=m} A_i \cos \left[ (2i - 1) \frac{\pi d \sin \alpha}{\lambda} \right]$$

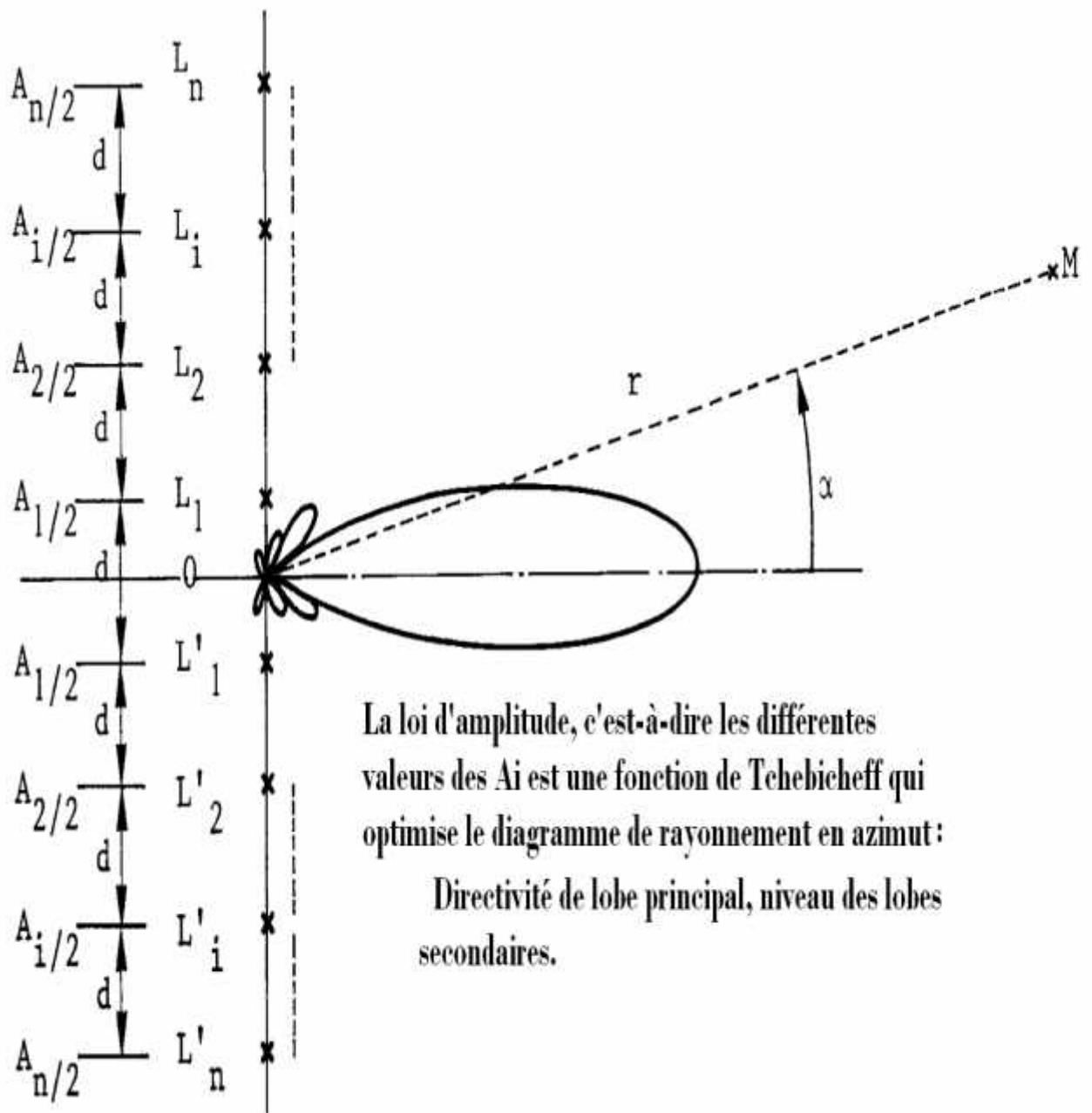


Figure 5.10 : Le diagramme de rayonnement.

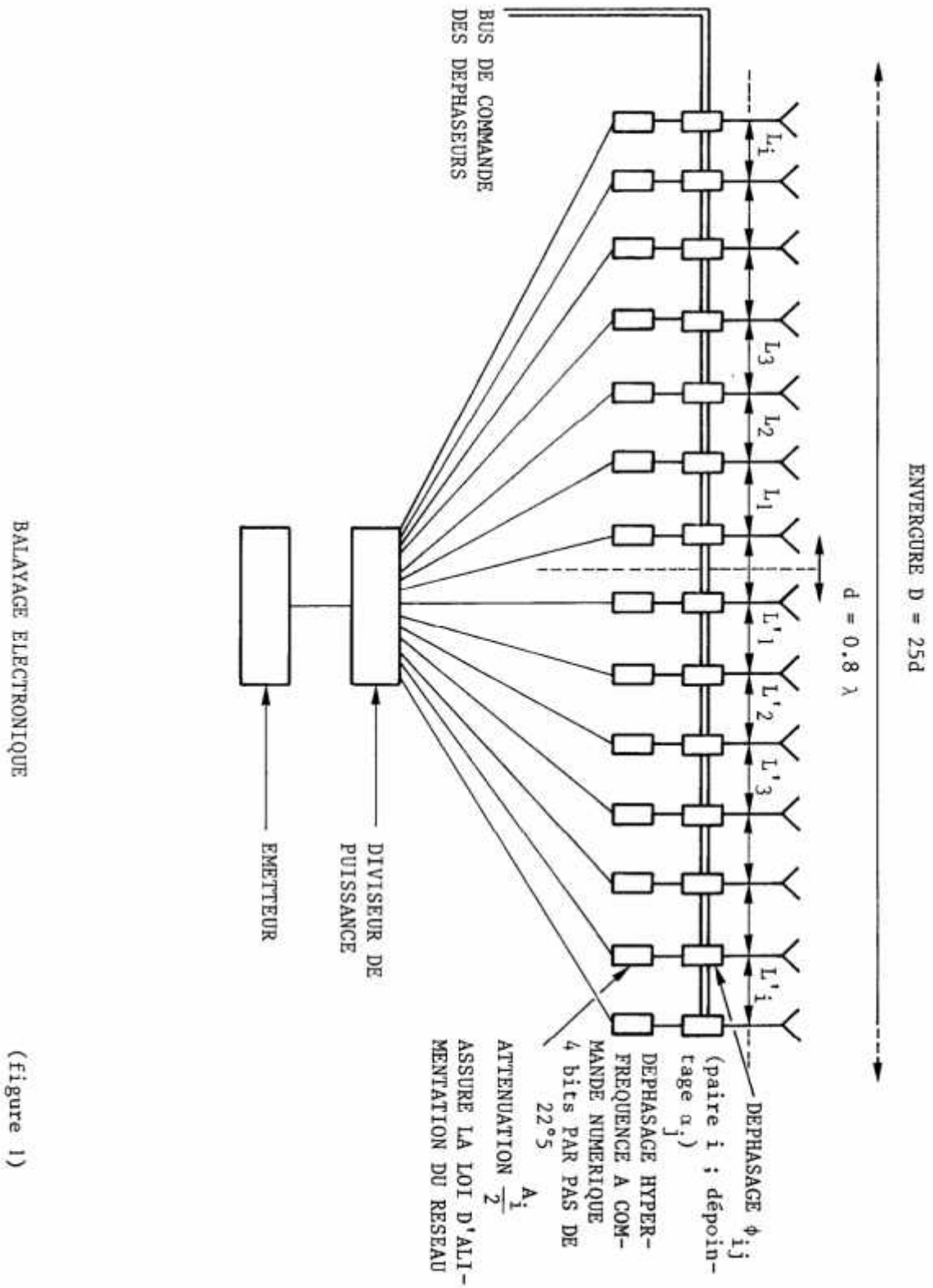


Figure 5.11: Balayage électronique.

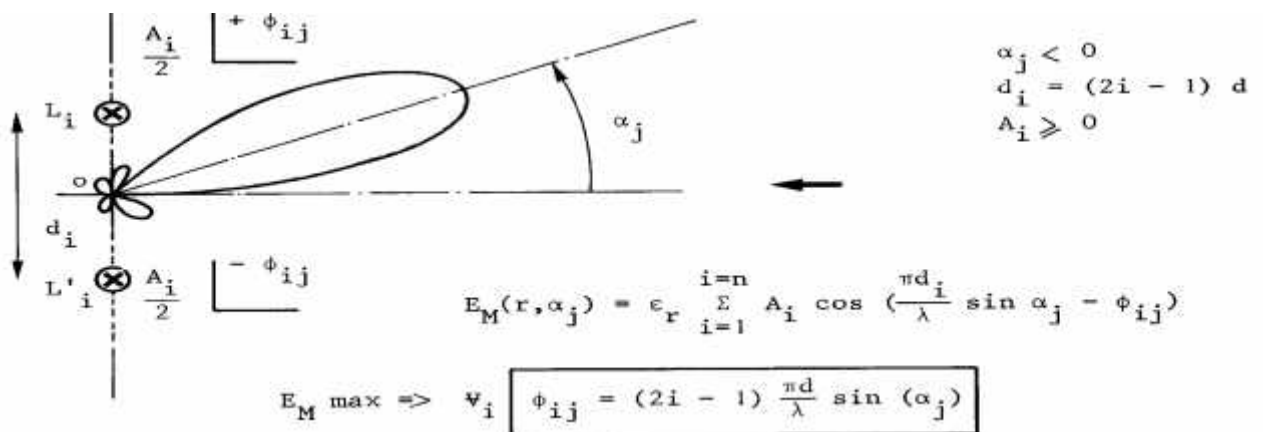
**Exemple :** station MLS azimut “petits aérodromes” TH CSF.

- Ouverture à -3 dB : 3 degrés.
- Niveau lobes secondaires -30 dB.
- Nombre d’antennes  $2n = 26$ .
- Espacement  $d = 0,8$  (4,8 cm). Envergure du réseau: 1,20 m
- Source élémentaire : guide à fentes de 30 de haut ; la distribution de l’énergie en amplitude et phase le long du guide assure une directivité en site d’environ 10 dB par degrés.

**b) -Déphaseurs numériques :**

Leur fonction est primordiale puisqu’ils créent le balayage. Le principe consiste à simuler un balayage quasi continu en décalent successivement la direction de maximum du lobe principal, dans des directions  $1, 2, \dots, j, j+1, \dots, m$ .

Calcul du déphasage symétrique  $\pm \phi_{ij}$  respectivement appliqué aux alimentations des antennes  $L_i, L'_i$ . pour obtenir un dépointage angulaire du faisceau  $\alpha_j$ .



**Figure 5.12:** Déphasage numérique.

Des déphaseurs à commande numérique (4 bits) sont chargés d’appliquer ces différents  $\phi_{ij}$  au réseau d’antennes. Ceux-ci ne peuvent prendre que des valeurs discrètes par pas de  $\pi/8$  entre 0 et  $2\pi$ .



**5.4.2. Equipement embarqué:** Il doit assurer trois fonctions principales, tel que la réception, la démodulation de phase, la démodulation d'amplitude.

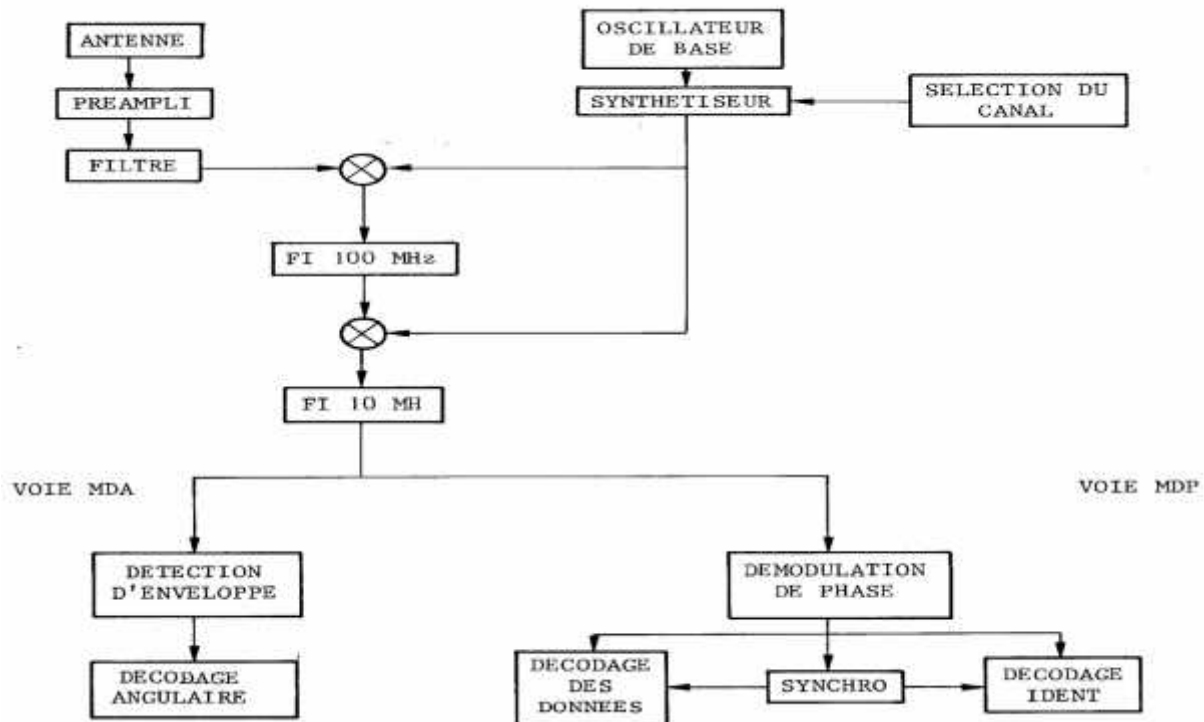


Figure 5.13 : Schéma synoptique d'un équipement de bord.

•**Réception** : Pour bien recevoir le signal MLS en l'avion doit être équipé par les élément suivants :

• Récepteur à double changement de fréquence ; la première fréquence intermédiaire est de 100 MHz, la seconde de 10 MHz.

• Le système doit être capable de recevoir l'un quelconque des 200 canaux espacés de 300 Km dans la bande NLS 5030, 5090 MHz.

• Le contrôle automatique de gain doit être très élaboré :

• CAG lente car le niveau moyen reçu varie de 80 dB en fonction de la distance de l'avion à la station sol.

• CAG rapide car autour du niveau moyen reçu pour une même position de l'avion dans l'espace, le niveau instantané peut varier rapidement de 40 dB d'une séquence azimuth à une séquence site (gains et positions relatives des antennes différentes).

• **Démodulation de phase** :

• Verrouillage en phase pendant les 768  $\mu$ s prévues à cet effet (12 bits d'acquisition porteuse).

• Synchronisation d'une horloge interne à 15,625KHz (synchro bit) et détermination de l'instant de

référence (début du dernier bit du code de synchronisation).

• Mise en forme des données en logique TTL :

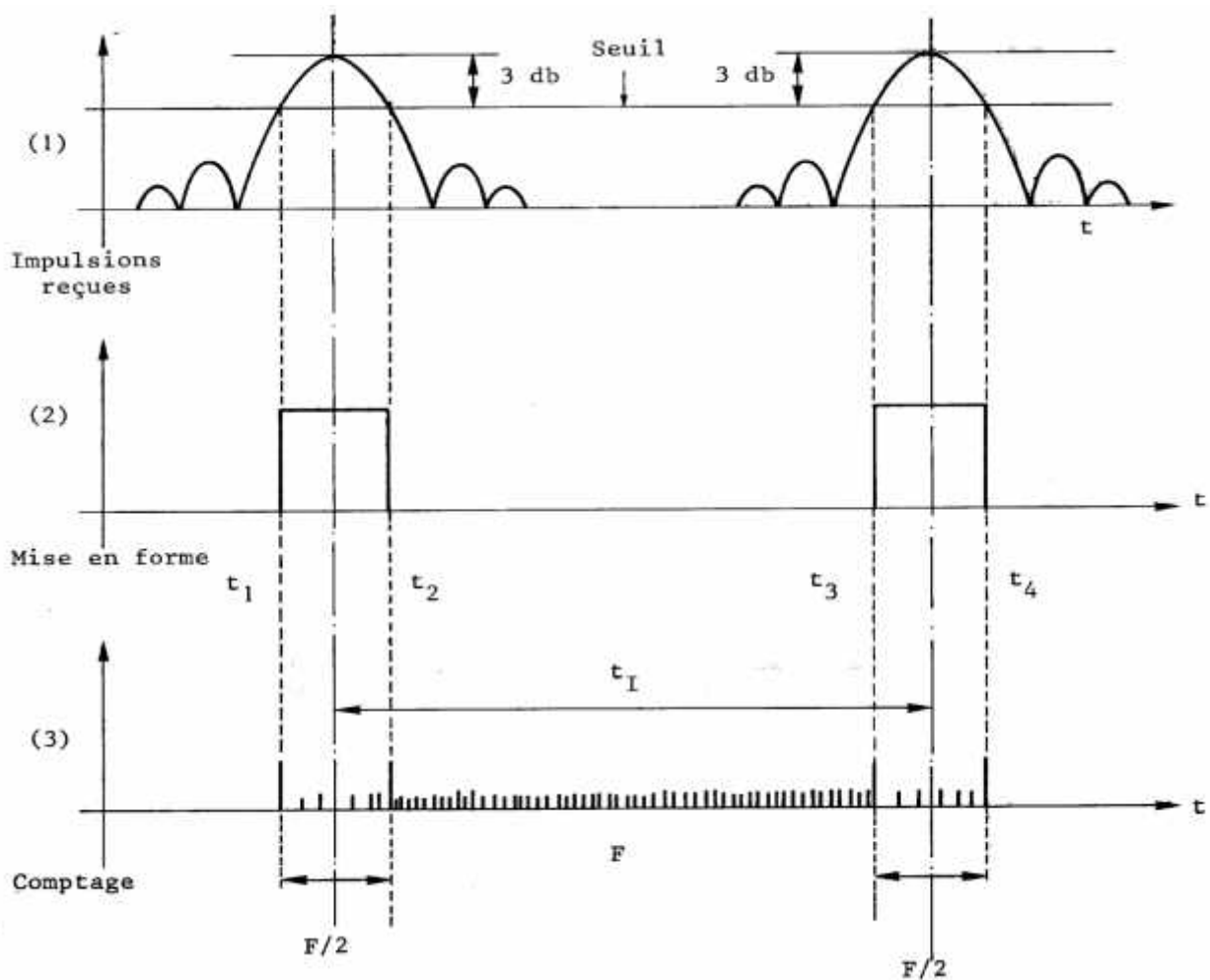
• 1 quand il y a transition de phase, 0 quand il n'y a pas changement de phase.

• **Démodulation d'amplitude :**

Un détecteur linéaire fournit le signal vidéo dont on va extraire l'information angulaire.

**5.5.1. Décodage de l'information angulaire :** (site ou azimuth).

**a)- Principe de la mesure :** Les 03 phases principales sont résumées par les diagrammes suivants :



**Figure 5.14 :** Le comptage commandé.

• 1- Signal vidéo issu du détecteur d'enveloppe.

• 2- Mise en forme : ceci est fait par l'intermédiaire d'un seuil d'ébasage défini par rapport à la crête du signal reçu (en général 3 dB). On obtient ainsi deux créneaux rectangulaires "TO" et "FROM" associés aux deux impulsions reçues. Cette discrimination des signaux faibles contribue à l'élimination des lobes secondaires et des signaux réfléchis indésirables (cf. chapitre traitement du

signal vis-à-vis des réflexions) (diagramme (2)).

•3- Mesure de l'intervalle de temps séparant les centres respectifs de ces deux créneaux (diag (3)).

$$tr = \left( \frac{t_3 + t_4}{2} \right) - \left( \frac{t_2 + t_1}{2} \right)$$

L'évaluation de  $tr$  est effectuée par comptage en remarquant que :

$$t_I = \underbrace{(t_3 - t_2)}_{\substack{\text{Comptage commandé} \\ \text{par une horloge à} \\ F}} + \underbrace{1/2 (t_2 - t_1)}_{\substack{\text{comptage commandé} \\ \text{par une horloge à} \\ F/2}} + \underbrace{1/2 (t_4 - t_3)}_{\substack{\text{comptage commandé} \\ \text{par une horloge à} \\ F/2}}$$

Le contenu final du compteur est proportionnel à  $t_I$  et donc à  $\alpha_c$  ou  $\theta_c$  par l'intermédiaire de la loi de codage.

#### Remarques :

- Le seuil de mesure est réglable.
- La réalisation pratique consiste en un traitement numérique après échantillonnage et conversion analogique numérique en sortie du détecteur d'enveloppe.

#### 4.5.2. Traitement du signal vis-à-vis des réflexions :

Le récepteur reçoit simultanément un signal direct et un signal réfléchi par un obstacle.

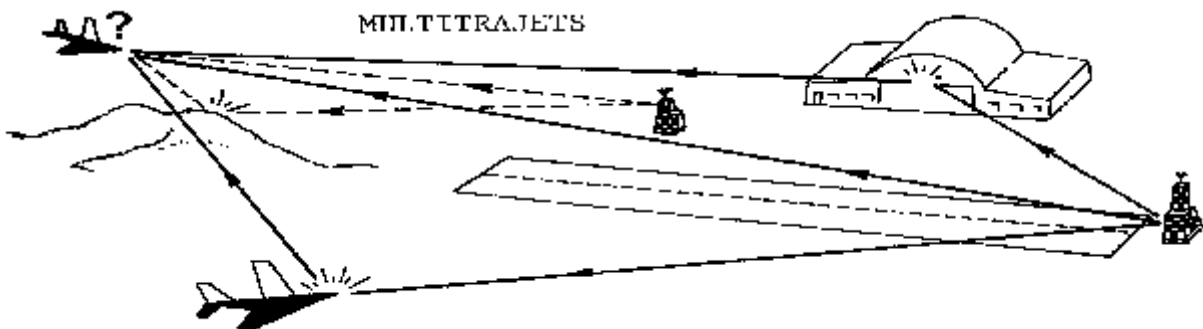


Figure 5.15 : Schémas explicatif de multi trajet.

L'ordre de grandeur de cette "simultanéité" permet de classer ces phénomènes de multi trajets en deux catégories bien distinctes :

a) Réflexion "hors du faisceau" :

Les deux signaux atteignent l'avion à des instants différents (signal réfléchi avant ou après le

signal direct). Si il y a réflexion, c'est la situation la plus probable.

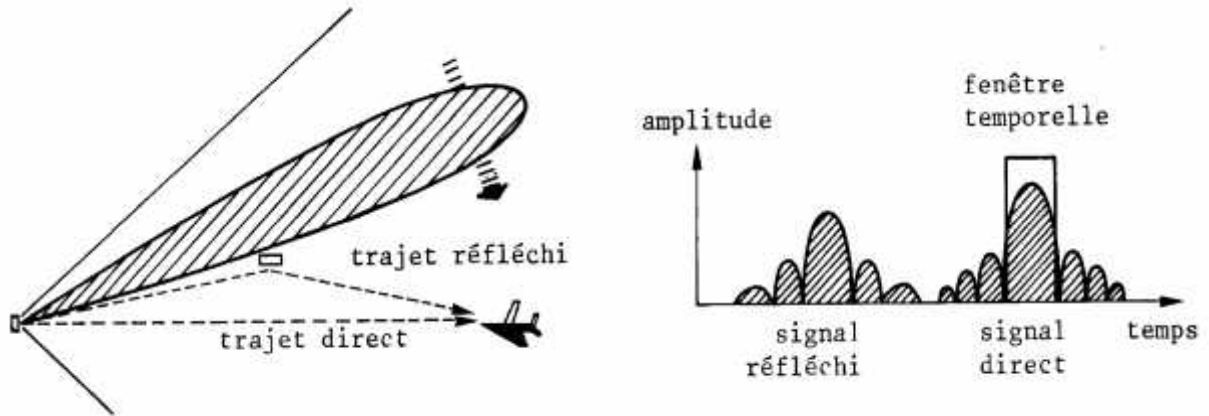


Figure 5.16 : Phénomène de réflexion.

On s'affranchit de ces signaux parasites par un système de traitement à bord appelé "technique de fenêtres temporelles". Tous les signaux réfléchis plus faibles sont rejetés à l'exception du signal direct qui arrive "au bon moment" encadré par une fenêtre de poursuite.

**b)- Réflexion "dans le faisceau" :**

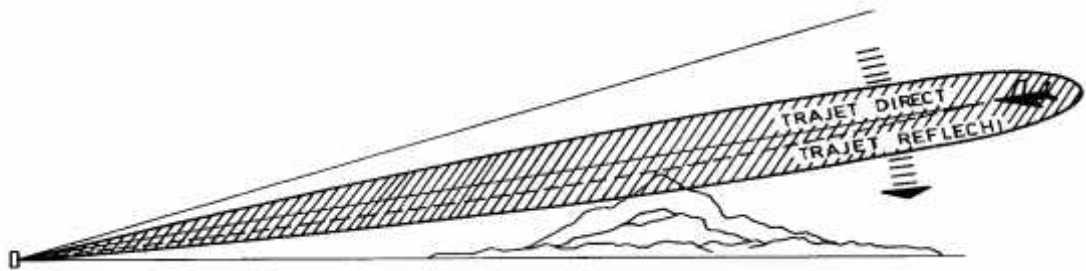


Figure 5.16: Phénomène de réflexion dans le faisceau.

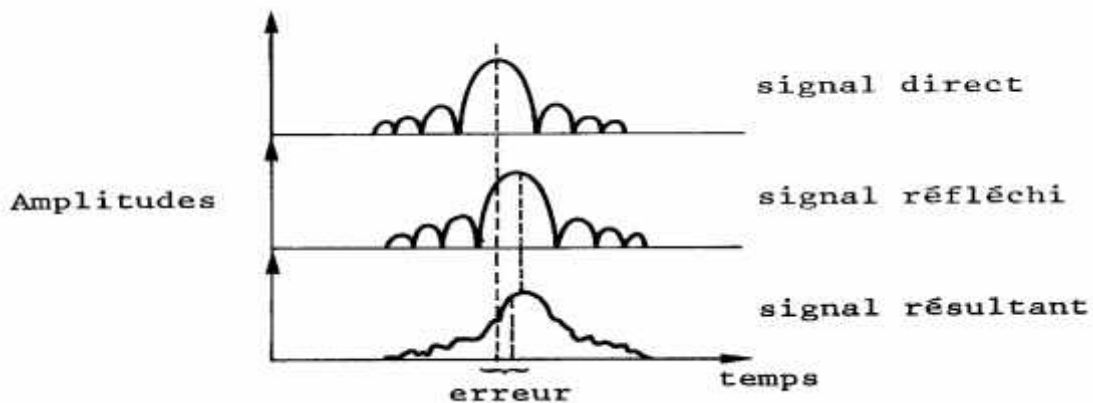


Figure 5.17: Calcul d'erreur en temps.

Les deux signaux atteignent l'avion "presque simultanément" ; on retrouve à la fois dans le faisceau, l'avion en approche et un réflecteur (hangar, colline ou autre avion). Compte tenu de l'étroitesse des lobes de balayage (1 degré -3 degrés), cette probabilité d'événement est faible.

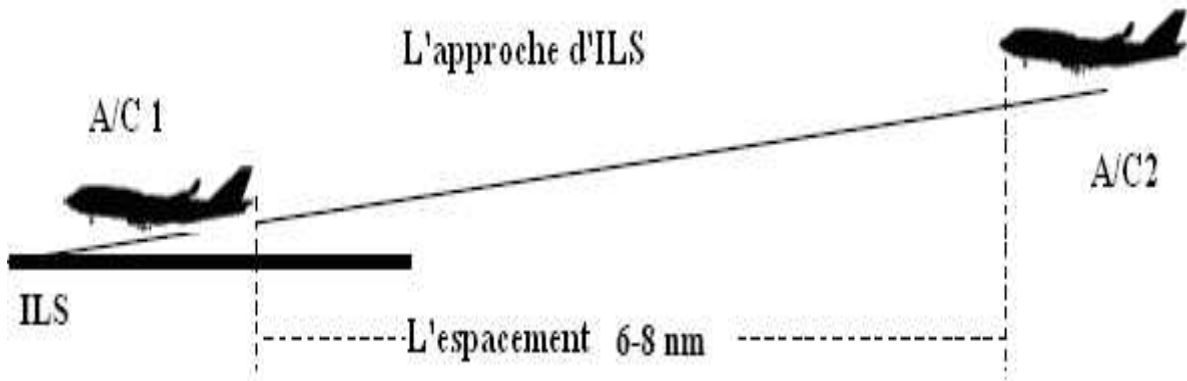
Dans ce cas le signal réfléchi arrive toujours après le signal direct.

Le signal résultant dont la forme est liée à la phase et l'amplitude relative des signaux directs et réfléchis est un signal distordu à l'entrée du récepteur. Cette distorsion provoque une erreur de mesure. Compte tenu du mouvement de l'avion, cette erreur est périodique et la fréquence de l'erreur varie avec la vitesse de l'avion et La géométrie au réflecteur. Un filtrage passe-bas permet sinon d'éliminer cette erreur du moins de la réduire considérablement.

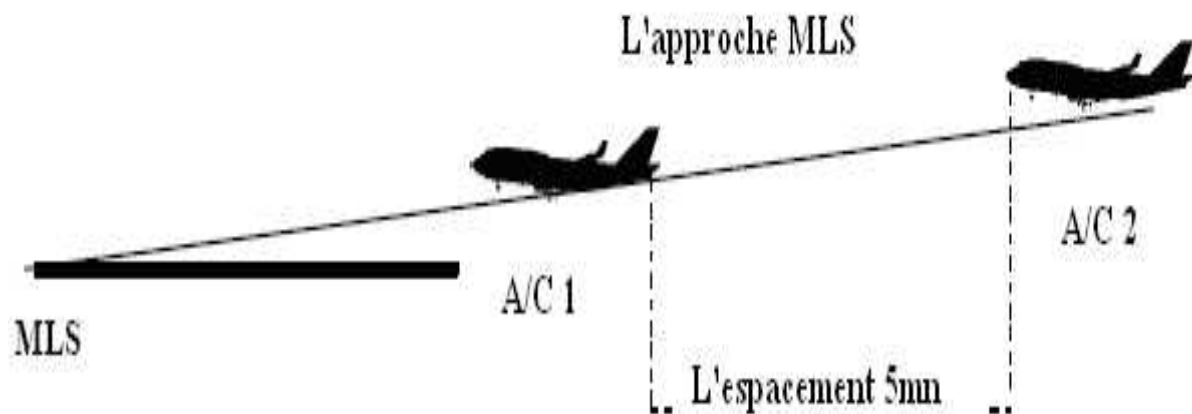
### 5.5.3. Etude comparative entre l'ILS et Le MLS :

D'après les caractéristiques opérationnelles de chaque système, on donne des schémas qui résument la différence entre les deux en phase d'approche :

- **Séparation d'approche :** (Détermination de taux d'approche).



L'avion doit être dégagé du faisceau pour empêcher l'interférence au prochain avion.



Le premier avion n'a aucun effet sur le faisceau pour l'avion suivant.

**Figure 5.18 :** Séparation d'approche.

➤ Critères ILS/MLS d'Espacement de temps départ / arrivée :

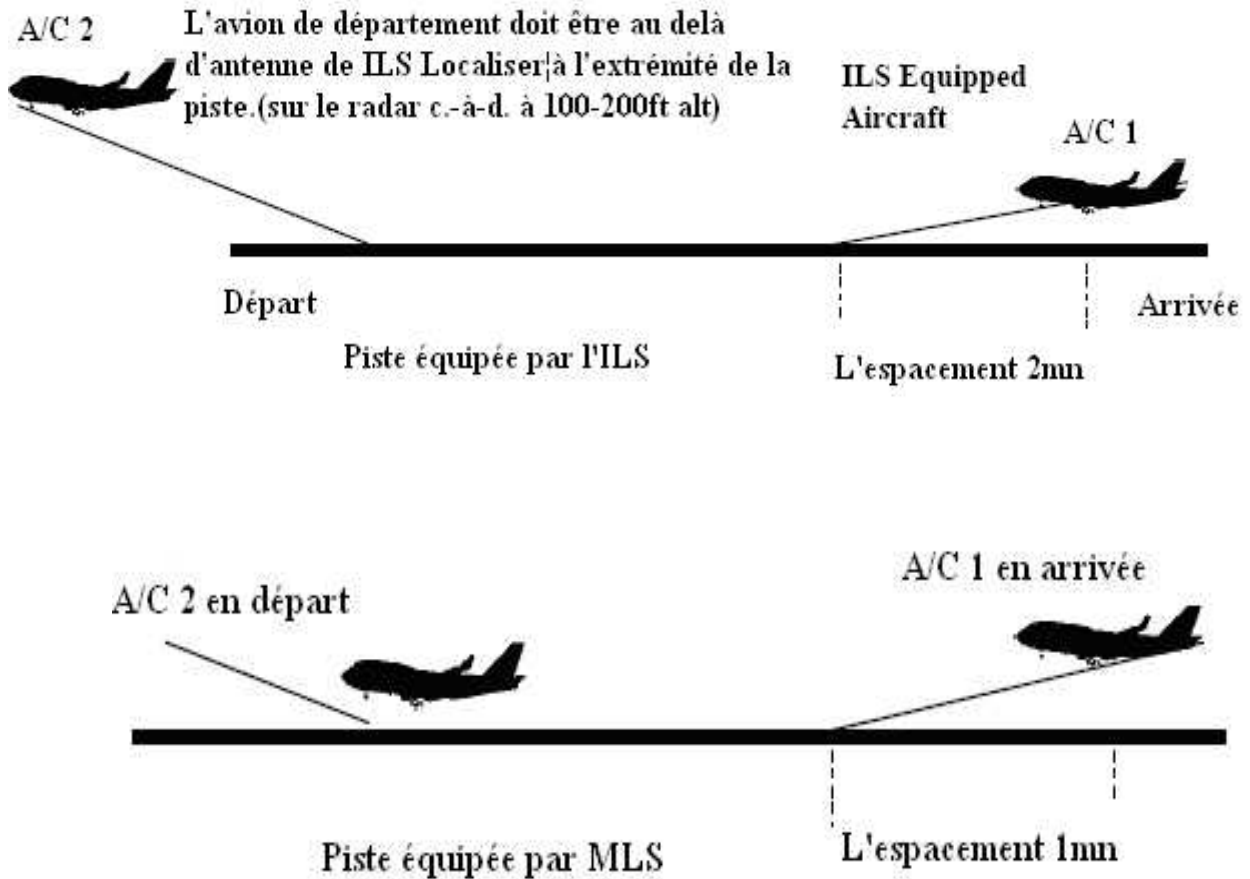


Figure 5.19 : Espacement de temps départ / arrivée.

#### 5.5.4. Intégration du système MLS avec le système ILS :

Dans le cadre de bonne exploitation des aéroports concernant la souplesse de trafic aérien en phase d'approche, et d'après ce que nous avons vu sur le principe de fonctionnement de chaque un des systèmes (ILS, MLS), on peut intégrer les deux sur la même piste sans rencontrer les problèmes d'interférence entre les signaux (MLS utilise la bande SHF et ILS utilise les bandes UHF, VHF). En respectant les procédures suivantes :

- l'avion d'arrivée confirme l'intention pour l'approche MLS au premier contact avec l'ATC.
- le contrôleur d'approche donne le dégagement d'atterrissage de l'avion pour l'approche ILS ou l'approche de MLS.
- le rapport d'équipage "a établi le ILS" ou "a établi MLS".

- le dégagement d'atterrissage pour l'approche de système MLS peut être donné aussi tard que 1 mille de seuil (l'ILS exige 2 milles).
- le dégagement d'atterrissage pour l'arrivée sur la piste de départs peut être donné dès que le départ sera éteint des roues.
- le mécanisme avec la gestion d'écoulement permettre a l'avion équipé de MLS pour prendre la capacité additionnelle d'arrivée de MLS, commandes d'écoulement de ILS aucun changement.
- Azimut et altitude de MLS désignée toujours sous le nom du Localiser et de l'angle de planement pour simplifier les procédures de l'équipage et d'ATC.

Pour plus d'information, on donne un schéma qui montre la disposition des différents éléments sur la piste :

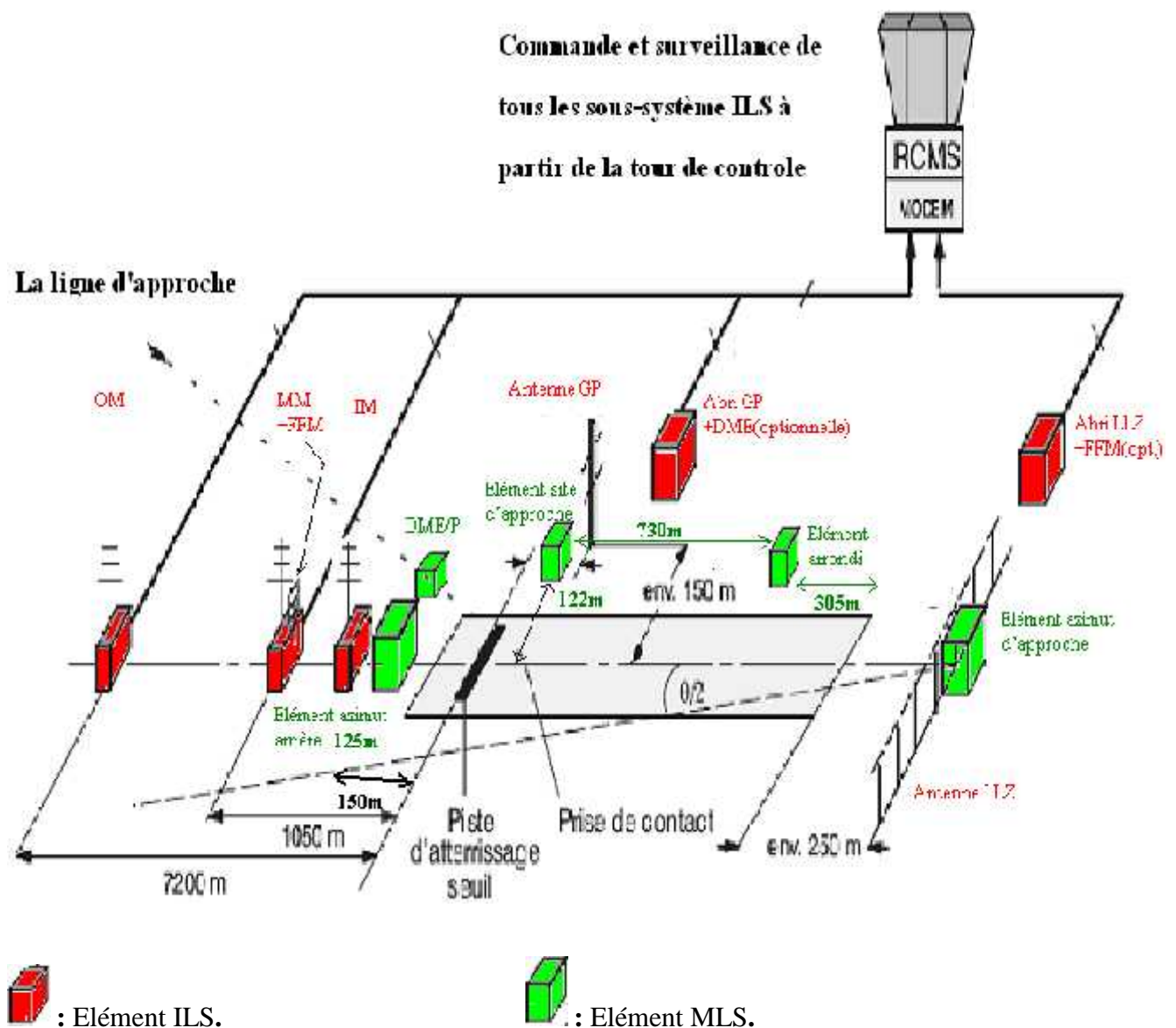


Figure 5.20 : La disposition des éléments ILS et MLS sur la même piste.



**Figure 5.21 :** Intégration de Localizer ILS avec élément d'approche azimuthale MLS.

### 5.6. Conclusion :

A partir de ce que nous dit sur le système d'atterrissage aux instruments (MLS), nous souhaitons que ce nouveau système puisse dépasser les problèmes rencontrés avec l'ILS. Donc Le MLS devra fournir une couverture volumétrique permettant de sélectionner à bord la trajectoire d'approche et d'atterrissage la mieux adaptée à la configuration de l'aérodrome, au type d'aéronef et aux besoins du contrôle.

#### a) - Configuration d'aérodrome :

A côté de ceux qui continueront à se développer autour de leur "architecture" actuelle on devrait rencontrer de plus en plus l'usage :

- De pistes parallèles ou sans intersection;

De pistes ou plates formes spécialisées (dimensions limites de 50 x 1500 pieds à 200 x 14000 pieds) ;

- D'une séparation des fonctions décollage -atterrissage ;
- D'un meilleur cadencement entrée/sortie de piste.

**b)- Types d'aéronefs :** Diversification accrue avec le développement en taille et vitesse des gros porteurs, avec la part croissante du trafic VTOWSTOL et aviation général, avec la naissance du trafic S.S.T.



c)- Besoins du contrôle : Diversification des procédures selon la densité du trafic. En d'autres termes la couverture volumétrique sélectionnée permet seule d'intégrer les facteurs de plus en plus divers intervenant dans le choix d'une trajectoire d'approche et d'atterrissage.

d)- Modularité et classes de service : La diversité des types de service susceptibles d'être demandés au MLS impose une conception modulaire du matériel sol et du matériel bord. A partir d'un système de base unique, il est possible de développer toutes les versions (qui auront cependant toutes un format de signal standard). Dans cette optique, l'avion avec équipement de bord minimum, doit pouvoir utiliser toutes les installations sol, y compris les plus complexes. Inversement, une installation sol minimum, doit être utilisable par l'avion équipé "maximum".

- Chaque aéroport doit pouvoir choisir la version qui lui est le mieux adaptée.

Le guidage latéral dans sa version la plus élémentaire fournit de simples indications qualitatives droite/gauche par rapport à une trajectoire rectiligne orientée sur l'axe de piste, et dans sa version la plus complexe des indications quantitatives par rapport à une trajectoire quelconque jusqu'au toucher des roues.

- Le guidage vertical dans sa version la plus élémentaire assure jusqu'à 150 pieds de simples indications monter/descendre par rapport à une trajectoire de descente rectiligne, dans la version la plus complexe des informations quantitatives par rapport à une trajectoire complexe et jusqu'au toucher des roues.

- Le guidage distance dans son utilisation la plus simple ne sert que de repère à l'approche (type ILS) ; dans sa version la plus complexe l'information distance permet le calcul à bord des trajectoires complexes, le roulement sur piste jusqu'à la bretelle de sortie, et l'information arrière en cas d'approche manquée.

e)- Information d'arrondi:

Il est admis que le MIS standard permet l'approche jusqu'à 50 pieds de hauteur de décision. Au-dessous il est nécessaire de faire appel à un moyen complémentaire ; on peut envisager soit :

- L'utilisation des techniques radiosondes (dans les mêmes conditions que l'actuelle cat. III ILS), soit,

- L'utilisation d'un dispositif de guidage en site complémentaire assurant uniquement la partie finale de l'atterrissage.

En faveur de la première solution une expérience déjà longue et un facteur économique favorable (nombreux avions équipés ; pas de dépenses supplémentaires pour l'aérodrome passant de la cat II à la cat III). Par contre, cette technique implique un terrain parfaitement nivelé et n'est donc valide que peu avant ou à partir du seuil de piste et ne permet donc pas l'atterrissage cat III de certains types d'avions.

## **Conclusion générale :**

Cette étude nous a permis dans premier lieu d'avoir une idée sur les différents aides à la radionavigation, principalement pour le système d'atterrissage aux instruments, qui est le plus utilisé dans la phase d'approche d'un vol. Puis l'étude détaillée de son principe de fonctionnement a contribué à la bonne compréhension du système, ses parties principales chacune propre à un paramètre...De plus, on a vu comment fait l'installation de ce système sur la piste et les normes qu'on doit les respecter pendant l'installation ainsi que l'interaction entre ses différents sous-systèmes tel que : Le Glide path, le Localizer et les radiobornes tout en illustrant la repense de l'appareil aux différents aides.

L'étude détaillée de la maintenance de l'ILS nous a aussi permis de mieux comprendre les différents les opérations effectuées pendant la maintenance de système ainsi que les procédures à respecter. Ce qui démontre l'importance d système d'atterrissage aux instruments et qui nous oblige d'être opérationnel à tout le moment.

Finalement, l'étude que nous avons fait sur le système MLS nous a permet d'avoir une idée sur l'évolutions technologique et électronique sur la navigation satellitaire en générale, à fin de faciliter le pilotage de l'appareil ce qui donne un niveau de confort et de sécurité très élevé. C'est pour cette raison nous avons proposé d'intégrer les deux systèmes d'aides à l'atterrissage sur le même terrain.

## Conclusion :

La dernière décennie voit la mise en service de la catégorie IIIa OACI et expérimentalement on a pu réussir des atterrissages catégorie IIIa (VH = 0, Hd = 0, guidage le long de la piste et parking).

Cette évolution repose sur des critères de plus en plus sévères quant à l'intégrité du signal, et suppose la "création" ou l'amélioration de certaines informations telles que arrondi, remise de gaz, distance. Or;

- L'intégrité du signal ILS est limitée par un double problème de réflexions, le premier est la Réflexion liée à la fréquence VHF/UHF amenant des coudes de trajectoires, à des fréquences correspondant à la bande du P.A. (1 Hz, 10 Hz). Les énormes progrès techniques (directifs mono ou bi fréquence) ne peuvent empêcher que souvent l'aire d'attente à l'entrée de piste, comme l'installation Glide, sont englobées dans le rayonnement et, au demeurant, l'ILS reste toujours à la merci des réflexions à caractère accidentel (véhicules, effet de survol par exemple). Le deuxième problème est la Réflexion liée au type de modulation : en modulation d'amplitude, les signaux directs et réfléchis de même nature et fréquence se combinent linéairement (sauf techniques particulières telles l'effet de capture où cette sommation est quadratique).

- L'ILS ne fournit pas d'information d'arrondi ; les limitations intrinsèques du Glide ne permettent même plus de l'utiliser en courte finale :

- La trajectoire Glide est une branche d'hyperbole (intersection du plan vertical Loc. et du cone Glide) qui ne définit pas de point d'impact ;

- Le Glide, en final, est affecté d'un effet de parallaxe qui n'est strictement corrigé que si l'avion est sur l'axe ;

- Le Glide étant à sensibilité angulaire constante, le suivi de sa trajectoire est très difficile en final ;

- Le Glide utilisant le plan de sol pour la formation des diagrammes, la qualité de la trajectoire radioélectrique (structure d'axe) est moindre que pour le Loc.

Le système ILS possède aussi des Conséquence directe de la fréquence VHF/IJHF, parce qu'il comporte des réseaux de grande envergure, nécessite des plans de sol très importants (plusieurs hectares pour le Glide) pouvant entraîner des coûts d'installation supérieurs à ceux de l'équipement. Il peut en résulter souvent une impossibilité d'installation, soit pour des raisons de site, soit pour des raisons économiques.

- Le problème d'encombrement de la bande VHF, tel que la bande 108-112 MHz ne permet que 80 canaux espacés de 50 KHz, alors que, compte tenu de la multiplicité des ILS, il conviendrait d'en disposer de 100 à 200.

- Et pour les de la souplesse d'installation et d'utilisation on cherche toujours d'avoir un système extrêmement mobiles, faciles à mettre en oeuvre. Ce qui n'est guère le cas de l'ILS, système "lourd" et "rigide" par excellence.

Enfin, on propose quelques solutions pour améliorer les performances de l'ILS ;

- On peut cependant noter que le matériel ILS de bord n'a pas connu une évolution aussi spectaculaire que le matériel sol et se demander si quelques progrès ne pourraient encore se faire au niveau du traitement du signal à bord (filtrage numérique et analyse harmonique). Une telle voie ne résoudrait pas néanmoins les nombreux problèmes précédemment énoncés.

- Sur le constat que de nombreux défauts ou limitations ont pour origine la fréquence VHF/UHF, l'idée vient de transposer purement et simplement l'ILS dans une autre bande de fréquence. Par contre, cette transposition laisse entier le problème de la couverture volumétrique. Elle ne résout pas parfaitement les problèmes d'intégrité. Si les réflexions parasites en bande C provoquent des fréquences de Scalloping plus élevées, donc filtrables au niveau du P.A., en même temps ces réflexions sont plus sévères (avec des modules de coefficient de réflexion pouvant atteindre l'unité).

A fin de réaliser ces améliorations, il faudrait d'avoir un système destiné à répondre à un large éventail de besoins aéronautiques loin dans l'avenir prévisible et à remplacer un jour l'actuel système de guidage non visuel de précision pour l'approche et l'atterrissage normalisé par l'OACI. Il s'agit du MLS (système d'atterrissage aux instruments).

## **Bibliographie :**

<http://home.tiscali.be/comicstrip/Navigation.htm>

<http://www.aviationtoday.com>

<http://www.thalesgroup.com>

<http://www.faa.gov>

<http://www-mo.enst-bretagne.fr>

<http://www.aviation-civile.gouv.fr>

### **PDF :**

Structure et applications des émetteurs et des récepteurs (Robert Du Bois).

Antenna Theory, Analysis and Design (Constantine A. Balanis).

Antennes à large bande, théorie et applications (G. Dubost et S. Zisler).

Traité d'électricité – Electromagnétisme (F. Gardiol).

Aides radio navigation.

ThalesATM-General-Brochure-Jan2002.

### **Reference:**

Circulaire 165-AN/104. N° de commande 812817.

Annexe 10 OACI, Partie communication.

Documents technique Thales ATM.

Documents MLS : Département électronique de l'ENAC.