



LICENCE
Electronique Télécommunication et Informatique
(ETI)

RAPPORT DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

*LES EQUIPEMENTS RADIONAVIGATION :
ETUDE ET SIMULATION DU SYSTEME D'ATERRISSAGE*

Réalisé Par :

**IHEDRANE YASMINE
EL ABIAD SARA**

Encadré par :

M . F. ABDI

(FST FES)

Soutenu le 14 Juin 2013 devant le jury

Pr F.ABDI (FST FES)

Pr A.AHAITOUF (FST FES)

Pr H.GHENNIOUI (FST FES)

Table de Matière :

REMERCIEMENTS	4
DEDICACES.....	5
LISTE DES ACRONYMES	6
INTRODUCTION :	7
PARTIE I : PRESENTATION DU LIEU DE STAGE	9
I. PRESENTATION DE L'ONDA	9
1. <i>Historique</i>	9
2. <i>Fiche technique</i>	10
3. <i>Missions de L'ONDA</i>	10
II. PRESENTATION DE L'AEROPORT FES-SAÏSS	11
1. <i>Fiche technique</i>	11
2. <i>Description de L'aéroport de FES SAIS</i>	12
3. <i>Organigramme</i>	13
4. <i>Les divisions de l'Aéroport FES –Sais</i>	14
★ Division technique :	14
★ Division exploitation :	14
★ Division navigation aérienne :	14
☞ Les activités annexes à l'aéroport Fès Saïs	15
☞ Prestataire de service :	16
III-PRESENTATION DE LA DIVISION TECHNIQUE DE NAVIGATION	17
1. <i>Organigramme</i>	17
2. <i>Les différents services de division technique de navigation</i>	17
➔ Service Equipements Aérogare , Electricité et Balisage	17
➔ Service télécommunication et informatique	19
➔ Service Infrastructure et bâtiment	19
➔ Service radar et radionavigation	20
3. <i>Maintenance des équipements</i>	20
★ Maintenance Préventive de l'équipement	20
★ Maintenance Corrective	20
IV-EQUIPEMENTS RADIOCOMMUNICATION & RADIONAVIGATION	21
1. <i>Les équipements Radiocommunication</i>	21
1.1. <i>Salle technique</i>	21
1.2. <i>La tour de contrôle</i>	22
1.3. <i>Bureau de piste</i>	22

2).Les équipements de la Radionavigation :.....	23
★ VOR : VHF Omnidirectionnel Range.....	23
★ NDB : Non Directional Beacon	23
★ DME : Distance Measuring Equipment.....	24
★ ILS : Instrument Landing System.....	24
• DME /OUTER MARKER	25
• GLIDE PATH	26
• LOCALIZER	26
PARTIEII :ETUDE ET SIMULATION DU SYSTEME D'ATTERRISSAGE	
LOCALIZER.....	27
I -GENERALITES ET FONCTIONNEMENT	27
1.Généralités et description.....	27
2.Schéma synoptique.....	28
3.Caractéristiques techniques.....	30
4.Fonctionnement du système LOCALIZER	31
II. SIMULATION SOUS MATLAB DES DIAGRAMMES DE RAYONNEMENT.....	36
1).Rayonnement du signal porteur (CSB) pour un réseau impair:.....	36
2).Rayonnement du signal porteur (SBO) pour un réseau pair:	41
3. DDM : Différence des taux de Modulation :	47
CONCLUSION GENERALE	53
BIBLIOGRAPHIE.....	52
WEBOGRAPHIE	542

Remerciements

Avant d'entamer les différentes parties de ce rapport, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre encadrant **Mr.F. ABDI** de la faculté des sciences et techniques pour son orientation et ses conseils dans le fond tant que dans la forme.

Nous profitons de l'occasion pour adresser nos chaleureux remerciements à ceux et celles qui nous ont aidé à effectuer mon stage au sein de l'Aéroport FES- Saïs dans les meilleures conditions.

Nos remerciements s'adressent particulièrement à :

→ **Mr.N.LARHANI**, Directeur Délégué de l'aéroport FES- Saïs pour son accueil et sa disponibilité qu'il nous a accordé tout au long de notre stage.

→ **Mr.M. DBIYA** qui malgré ses grandes responsabilités, nous a consacré du temps pour nous encadrer.

→ **Mr.M. EL GHEZAOUY** et **Mr.S.CHEHTANE** qui ont bien voulu superviser notre travail. Nous les remercions infiniment pour leur patience et leur précieux conseils.

→ **Mr A.AHAITOUF** et **Mr . H.GHENNIQUI** de nous avoir accordé un peu de leurs temps .

Pour conclure Nous remercions tous ceux qui nous ont aidé de près et de loin à réaliser ce travail et plus particulièrement les électroniciens de la sécurité aérienne.

Dédicaces

Nous voudrions dédier ce modeste travail à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la conception de ce projet de fin d'études, notamment à nos chers parents que Dieu les protège, qui sont toujours derrière nous pour nous encourager et nous prêter main forte.

Nous voudrions également le dédier à tous nos encadrants qui n'ont pas cessé de nous fournir les informations nécessaires.

Enfin, nous dédions ce travail à nos amis (es) qui nous ont toujours offerts leur soutien et leurs conseils.

Liste des acronymes

CCR : Centre de Contrôle Régional .

CIR : Centre d'Instruction Régional.

DME : Distance Measuring Equipment .

DDM: Difference in Depth of modulation .

ILS : Instrument Landing System.

NDB : Non Directional Beacon.

ONDA : Office National Des Aéroports.

OAC : Offices des aéroports de Casablanca.

OACI : Organisation de l'Aviation Civile Internationale.

PAPI : Approach Path Indicator.

SSLIA : Service de Sauvetage et Lutte contre l'Incendie des Aéronefs.

VOR : Very High frequency Omnidirectional Radio Range.

VHF : Very High Frequency.

VCS : Voice Communication System.

UHF : Ultra High Frequency

Liste des figures

Figure 1:Organigramme de l'aéroport FES-Saïs.....	13
Figure 2:SSLIA	15
Figure 3:Météo	16
Figure 4:organigramme de la division technique.....	17
Figure 5:Groupe Electrogène de 250 KVA.....	18
Figure 6:le balisage	19
Figure 7:Les PAPI.....	19
Figure 8:Salle technique.....	21
Figure 9:VOR.....	23
Figure 10:Les markers.....	25
Figure 11:GLIDE PATH.....	26
Figure 12:Antenne de LOCALIZER.....	28
Figure 13:schéma synoptique de LOCALIZER.....	29
Figure 14:schéma du principe de LOCALIZER	32
Figure 15:Antenne à bord.....	33
Figure 16:Principe de Réception	33
Figure 17:Avion sur l'axe de piste	34
Figure 18:Avion à gauche de l'axe de piste	35
Figure 19:Avion à droite de l'axe de piste	35
Figure 20:Simulation de signal CSB sous SIMULINK	36
Figure 21:Signal CSB Modulé	37
Figure 22:alignement de 3antennes.....	38
Figure 23: Diagramme de rayonnement CSB	39
Figure 24:alignement de 5 antennes.....	39
Figure 25:Diagramme de rayonnement CSB	40
Figure 26:alignement de 13 antennes.....	40
Figure 27:Diagramme de rayonnement CSB	41
Figure 28:simulation de SBO sous SIMULINK	42
Figure 29:Signal SBO modulé	42
Figure 30:Diagramme de rayonnement SBO 3antennes.....	43
Figure 31:Diagramme de rayonnement SBO 5antennes	44
Figure 32:Diagramme de rayonnement SBO 13 antennes	44
Figure 33: Somme de CSB et SBO 3antennes	45
Figure 34:Somme de CSB et SBO 5antennes	46
Figure 35:Somme de SBO et CSB 13antennes	47
Figure 36:Secteur d'alignement	49
Figure 37:Variation de DDM pour 3antennes.....	50
Figure 38:Variation de DDM pour 5antennes.....	51
Figure 39:Variation de DDM pour 13antennes.....	52

Introduction :

La navigation aérienne est l'ensemble des techniques permettant à un pilote d'aéronef de maîtriser ses déplacements et de suivre une trajectoire appelée **route aérienne**. Il ya deux types de navigation: la navigation à vue et la navigation aux instruments qui utilise les aides radiocommunication et radionavigation.

Afin d'avoir une idée approfondie sur ce domaine on a effectué un stage du 15/04/2013 au 15/06/2013 au sein de l'aéroport FES SAÏSS au division technique et plus précisément au service radar et radionavigation avec les électroniciens de la sécurité aérienne.

Au cours de ce dernier, on a pu enrichir notre formation professionnelle et mettre en pratique nos connaissances théoriques.

Notre sujet de stage : étude du système d'atterrissage , précisément le LOCALIZER . Ce dernier fournit une aide à l'atterrissage lors d'approches en condition météorologiques dégradées. Il offre au pilote un guidage de précision dans le plan horizontal .

Ce système est basé sur la modulation d'amplitude (AM).

Le présent rapport comportera deux parties:

- **Partie 1 :** Présentation de lieu de stage : Description de lieu de stage ainsi les différents équipements de la sécurité Aérienne.
- **Partie 2:** Etude et simulation du système d'atterrissage LOCALIZER se base sur :
 - L'analyse descriptive et le principe de fonctionnement du système à partir de la génération des signaux jusqu'à la réception à bord de l'avion.
 - La simulation des différents diagrammes de rayonnement: Pour chaque paire d'antennes, pour un réseau d'antenne .
 - La simulation de la Différence des Taux de Modulation pour un réseau d'antenne .

Partie I : Présentation du lieu de stage

I. Présentation de l'ONDA

1. Historique

Historique de l'ONDA est présenté dans le tableau suivant :

Avant 1980	<ul style="list-style-type: none">✚ les aéroports et les services de navigation aérienne étaient directement gérés par l'administration de l'air (tutelle ministère du Transport).
1980	<ul style="list-style-type: none">✚ Création du premier établissement public de gestion aéroportuaire ; l'OAC (Office des Aéroports de Casablanca), dont les attributions ont été initialement limitées aux aéroports de Casablanca.
1990	<ul style="list-style-type: none">✚ L'OAC s'élargit pour devenir l'ONDA (Office National Des Aéroports) qui entame alors une nouvelle phase de développement.
1991	<ul style="list-style-type: none">✚ Création de L'ONDA (Office National Des Aéroports)

Tableau 1 : Historique de l'ONDA

2.Fiche technique

La fiche technique de l'ONDA est résumée dans le tableau ce- dessous :

Raison sociale	Office National Des Aéroports, Aéroport Mohammed V
Adresse postale	B.P.8101 Casa Oasis, Casablanca
TEL Call Center	(+212)5 22 53 91 40 / (+212)5 22 53 90 40 (+212)5 22 43 58 58
FAX Site ONDA	(+212)5 22 53 99 01 www.onda.ma
Effectif	2700 cadres et agents
Directeur	Monsieur DALIL GUENDOZ, Directeur Général de l'ONDA

Tableau 2 : fiche technique de l'ONDA

3.Missions de L'ONDA

L'Office National Des Aéroports (ONDA) est un établissement public à caractère industriel et commercial c'est le premier établissement autonome de gestion aéroportuaire au Maroc.

Les missions de l'ONDA résident essentiellement en :

- La garantie de la sécurité de la navigation aérienne au niveau des aéroports et de l'espace aérien.

- L'aménagement, l'exploitation, l'entretien et le développement des aéroports civils de l'état.
- L'embarquement, le débarquement, le transit et l'acheminement à terre des voyageurs, des marchandises et du courrier transportés par air, ainsi que tout service destiné à la satisfaction des besoins des usagers et du public.
- La liaison avec les organismes et les aéroports internationaux afin de répondre aux besoins du trafic aérien.

II. Présentation de l'aéroport FES-Saïss

1.Fiche technique

- **Autorité aéroportuaire :**
 - Office National Des Aéroports (ONDA)
- **Directeur Délégué :**
 - Monsieur Noureddine LARHENI
- **Code OACI :**
 - GMFF
- **Code IATA :**
 - FEZ
 - Adresse : BP A11 Fès
 - Tél : 05 35 62 48 00
- **Pistes :**
 - Orientation :09/27
 - Longueur :3200 .
 - Largeur :45 m
 - Parking avions : 34000 m²
- **Installations terminales :**

Terminal 1 : dont la superficie globale est de 5600 m² et d'une capacité de 500 000 passagers par ans

Terminal 2 : d'une superficie de 26 000m², ce terminal actuellement en cours de construction aura une capacité de 2.5 millions de passagers ,et permettra l'extension des parkings d'avion à 8avions moyens courriers et 2gros porteurs .

➤ **Terminal Fret** : Superficie : 375m²

➤ **Equipements radionavigation** : ILS CAT II / DME atterrissage-VOR /DME route – Radio balise (NDB)

➤ **Effectif personnel ONDA** : 121

2.Description de L'aéroport de FES SAIS

L'aéroport de FES SAIS a été inauguré le 28 Avril 1960 par SA MAJESTE LE Roi MOHAMED V, accompagné de SA MAJESTE LE ROI HUSSEIN de la Jordanie. C'est un aéroport international ouvert 24h / 24 et 7j / 7j. Il se situe à 13 km au sud de la ville de FES.

L'aérogare est caractérisée par sa symétrie interne et externe qui s'inspire, en version moderne, de l'élément typique de l'architecture marocain traditionnelle.

Au nord, côté ville, se développe le hall public départ et arrivée, prolongé à chaque extrémité par des bureaux, englobant du coté Ouest les comptoirs d'enregistrement et du coté Est la salle livraison bagages, on y trouve de part et d'autre des locaux des compagnies et concessionnaires comme à l'étage.

Au sud, côté piste, se trouvent la salle d'embarquement au centre, la salle arrivée passagers du coté Est.

La partie destinée au public se présente en un seul bloc de 8, 60 m de hauteur dont la zone réservée aux inspections et visa des passeports de 3 m de hauteur surmontée d'une cafétéria accessible depuis le hall public par deux escaliers symétriques. La symétrie des deux patios de cette zone créée une transparence visuelle et un reflet du savoir faire de l'artiste marocain.

3. Organigramme

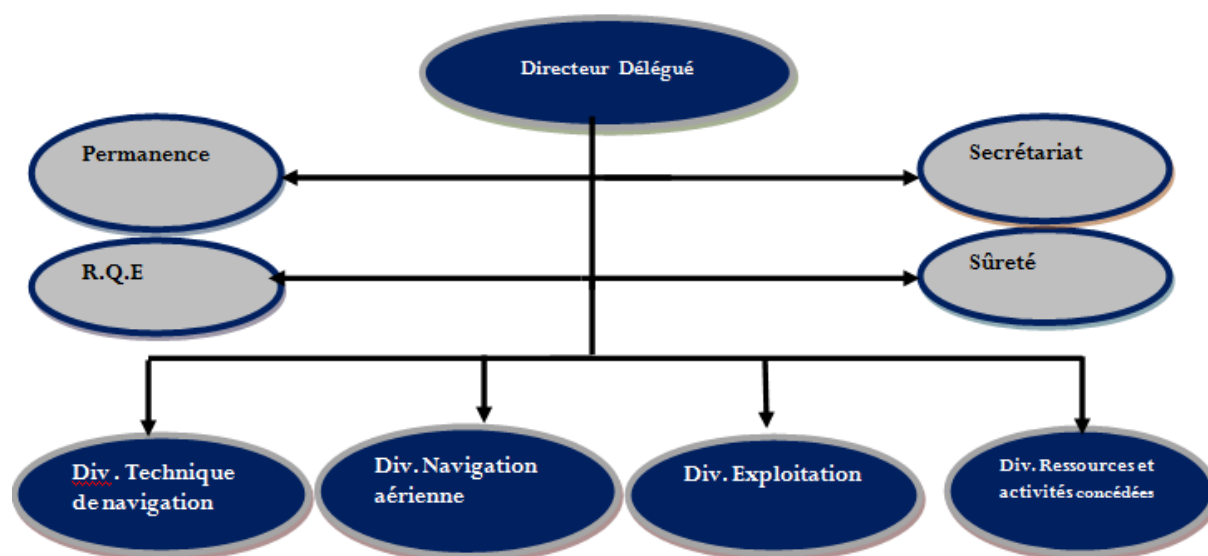


FIGURE 1:ORGANIGRAMME DE L'AEROPORT FES-SAÏS

☞ Directeur Délégué :

L'aéroport de Fès Sais est dirigé par un directeur délégué. Il assure la gestion de tous les services de l'ONDA en coordination entre les différents services implantés de façon permanente ou provisoire.

☞ Permanence :

Ce service a pour mission :

- ✓ Représentation continue de la direction de l'aéroport et des services opérationnels en dehors des heures administratives (Fonctionnement 24/24 H).
- ✓ Supervision des activités reliées à la gestion aéroportuaire.

☞ Sûreté :

Ce service est chargé de la sécurité de l'aéroport. Les services permanents qui y sont implantés étant :

- ✓ La police des frontières : chargé du contrôle des visas des passeports ainsi que le contrôle des passagers 24h/24h.

✓ La gendarmerie de l'air : veille sur la sécurité de l'aéroport, des avions et des installations s'y trouvant 24h/24h.

☞ Responsable Qualité&Environnement(R.Q.E):

Le responsable Qualité&Environnement a pour mission de :

- ✓ Participer à la mise en place de l'amélioration du système de management qualité et système de management environnement
- ✓ Planifier les audits interne de la qualité et de l'environnement.
- ✓ Assurer le suivi des réclamations de clients .

4.Les divisions de l'Aéroport FES –Sais

★ Division technique :

Cette division, étant la plus dynamique des divisions de l'office ; il veille à l'entretien des installations en s'appuyant sur des techniques modernes et des technologies performantes qui facilitent la maintenance des équipements conformément aux normes et recommandation de l'OACI en vigueur.

Parmi ces installations on trouve :

- ✓ Les équipements de radionavigation
- ✓ Les équipements de radiocommunications
- ✓ Les équipements électriques et Balisage .
- ✓ Les équipements aérogare .
- ✓ Infrastructure et Bâtiments.

★ Division exploitation :

Cette dernière est chargée de l'exploitation aéroportuaire : l'aérogare, le salon royal et le salon V.I.P de l'aéroport FES-SAIS.

Parmi les tâches de cette division :

- ✓ Assurer le bon fonctionnement de l'aérogare en effectuant le suivi par des actions préventives et correctives.

★ Division navigation aérienne :

Elle s'occupe du contrôle de la navigation aérienne et de la sécurité des avions. Il est chargé aussi de la sécurité contre les incendies



FIGURE 2:SSLIA

Service de Sauvetage et de lutte contre l'Incendie des Aéronefs a Pour objet principal de sauver des vies humaines en cas d'accident ou d'incident d'aéronefs survenant sur l'aérodrome ou à son Voisinage, par la mise en place sur les plates formes aéroportuaires des moyens et d'une organisation adaptés au niveau de protection requis déterminé selon les classes d'aéronefs desservant l'aéroport.

★ **Division ressources :**

Cette division est chargé de :

- ✓ la gestion des ressources humaines.
- ✓ Achats, gestion des stocks, régie des recettes, régie des dépenses, comptabilité budgétaire.

∞ **Les activités annexes à l'aéroport Fès Saïs**

Ce sont des services actifs et nécessaires dans l'aéroport, il s'agit de :
RAM (Royal Air Maroc) qui s'occupe de la coordination des vols et des voyageurs (réservation, renseignement et enregistrement).

- Douane.
- Police frontière.
- Gendarmerie royale.
- Fret :

Permet d'assurer le transport du FRET par la Royal Air Maroc en coordination avec les services de douane et de santé en respect des règlements internationaux en vigueur surtout le transport des marchandises dangereuses.

- Station Météorologique



FIGURE 3:METEO

L'assistance météorologique à la navigation aérienne internationale aura pour objet de contribuer à la sécurité, à la régularité et à l'efficacité de la navigation aérienne internationale en fournissant aux exploitants, aux membres d'équipage de conduite, aux organismes des services de recherche et de sauvetage et au développement de la navigation aérienne internationale, les renseignements météorologiques qui sont nécessaires à l'accomplissement de leurs fonctions respectives.

- Unité Médicale d'Urgence : un bureau de santé est
- installé à l'aéroport pour l'assistance des passagers et des usagers en cas d'urgence .

☞ Prestataire de service :

Ce sont des sociétés qui s'occupent du :

- Gardiennage
- Entretien
- Jardinage

- Transport de personnel.
- Collecte des ordures.

III-Présentation de la division Technique de Navigation

Cette division, étant la plus dynamique des divisions de l'office, veille sur l'entretien et la maintenance des installations techniques en s'appuyant sur des techniques modernes et des technologies performantes qui facilitent ainsi, la maintenance des équipements conformément aux normes et recommandations de l'OACI.

1.Organigramme

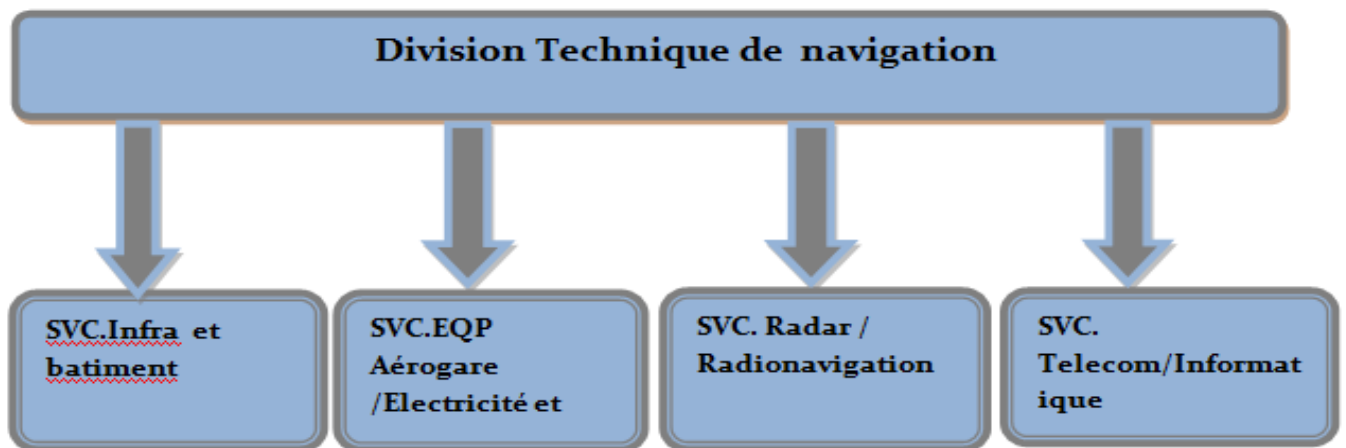


FIGURE 4:ORGANIGRAMME DE LA DIVISION TECHNIQUE

2. Les différents services de division technique de navigation

- Service Equipements Aérogare , Electricité et Balisage

★ Equipements Aérogare

Au niveau de l'aérogare, le technicien s'occupe de la maintenance des équipements suivants :

La sonorisation, le téléaffichage, la vidéosurveillance et les équipements de sûreté qui comprennent les portiques magnétiques dont le rôle est de détecter les métaux et les ray X pour scanner les bagages, la maintenance est réalisée suivant un planning annuel préétablie.

★ Electricité et Balisage

L'alimentation de l'Aéroport Fès-Saïs se fait à partir de 2 arrivées réseau ONE avec une tension de 22000 Voltes chacune .et l'alimentation de secours se fait par :

- ✓ Un groupe électrogène de 250 KVA (délai de commutation : 15s).
- ✓ Un groupe électrogène de 200 KVA alimentant l'aérogare.
- ✓ Un groupe électrogène de 30 KVA alimentant le VOR/DME.
- ✓ Un groupe électrogène de 250 KVA pour l'alimentation des bâtiments (CIR, Brigade et Dortoir de la Gendarmerie Royale)
- ✓ Des chargeurs et Batteries.

La section électricité s'occupe de la maintenance de tous les équipements électriques : [le balisage](#) de la piste et des bretelles et les parkings, ainsi que le [PAPI](#) (Indicateur de pente d'approche).



FIGURE 5: GROUPE ELECTROGENE DE 250 KVA

Le balisage :

Le balisage lumineux permet de reconstituer artificiellement les références visuelles minimales nécessaires aux manœuvres d'approche, d'atterrissage, de circulation au sol et de décollage. Ces derrières sont des lampes simples à halogène, de différentes puissances.



FIGURE 6: LE BALISAGE

PAPI:

Le terme PAPI est l'acronyme de « Précision Approach Path Indicator » « Indicateur de trajectoire d'approche de précision ». Il s'agit d'une installation lumineuse située aux bords de l'entrée de piste, basé sur des projecteurs rouges et blancs, utilisable de jour comme de nuit. Il indique au pilote la position de l'avion par rapport au plan d'approche idéal.



FIGURE 7: LES PAPI

→ Service télécommunication et informatique

Ce service s'occupe de la maintenance des équipements :

- ✓ Réseau local (parc informatique)
- ✓ Téléphonie.
- ✓ Sonorisation.
- ✓ Téléaffichage.
- ✓ Vidéosurveillance (système caméras).
- ✓ Détection incendie.

→ Service Infrastructure et bâtiment

Les agents de ce service veillent sur le bon état de l'air de mouvement et la clôture, le traitement des eaux ainsi que les opérations de désherbage et de jardinage. Les

interventions sont effectuées sur les chaussées et les pistes d'aérodrome pour assurer les conditions de sécurité exigées par les normes appliquées dans ce domaine.

Les domaines des interventions sont : La peinture, la menuiserie, plomberie, vitrerie...etc

→ Service radar et radionavigation

Etant affectés au service Radar et radionavigation, c'était un tel honneur d'accompagner les électroniciens dans leur tâches quotidiennes ce qui nous a aidé à appréhender facilement leur travail.

La maintenance assurée par des électroniciens de la sécurité aérienne est un élément majeur pour les équipements de la sécurité aérienne, elle se divise en **maintenance préventive** et **corrective**, elle s'applique aux équipements CNS (Communication ,Navigation , Surveillance).

La maintenance se fait conformément aux normes et recommandation de l'OACI en vigueur .

3.Maintenance des équipements

★ Maintenance Préventive de l'équipement

La maintenance générale de l'équipement consiste à effectuer des mesures et des réglages pour garantir sa disponibilité, réduire des risques de défaillance et maîtriser le cout de la maintenance.

- ✓ Mesure de la différente tension à l'aide d'un Voltmètre.
- ✓ Mesure des différentes fréquences à l'aide d'un fréquencemètre.
- ✓ Mesure des différentes puissances à l'aide d'un Wattmètre.
- ✓ Mesure des différents taux de Modulation.
- ✓ Remplissage des imprimés de mesures appropriés suivant le planning annuel.

Conformément aux exigences et recommandations de l'OACI un contrôle en vole est assuré annuellement par un avion laboratoire pour la calibration des équipements de radionavigation .

★ Maintenance Corrective

Consiste à détecter une panne et destiné à remettre un équipement dans un état lui permettant d'assurer sa fonction acquise.

IV-Equipements Radiocommunication & Radionavigation

1. Les équipements Radiocommunication

1.1.Salle technique

La salle technique est équipée de tableaux de distribution électrique pour l'alimentation des équipements à travers des moyens de secours électriques à savoir des batteries et des onduleurs.

Dans cette salle, on peut contrôler les équipements de radiocommunication ainsi que quelques équipements de radionavigation. Parmi les équipements de la radiocommunication on trouve :

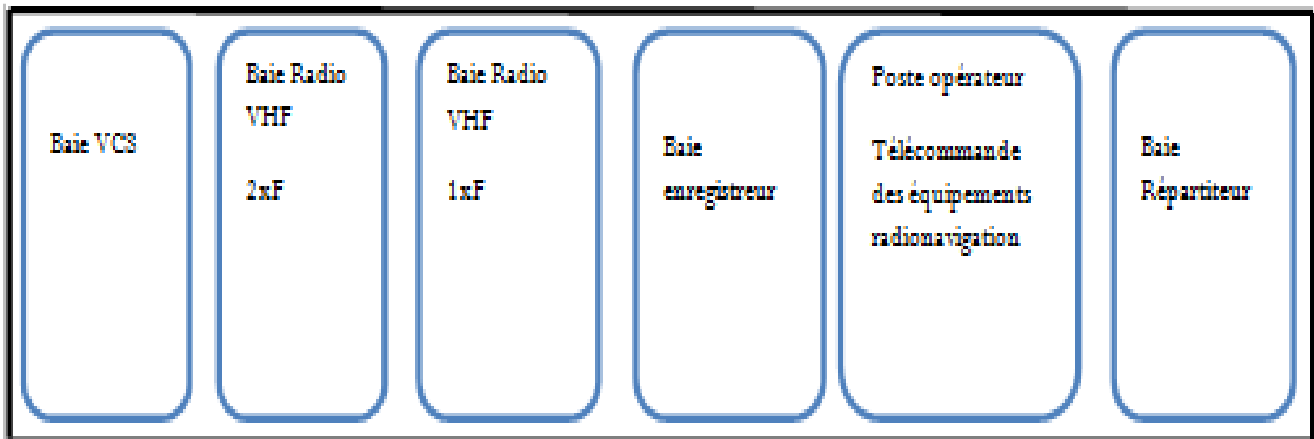


FIGURE 8: SALLE TECHNIQUE

Baie VCS : chaîne radio qui permet de gérer les postes opérateurs .

Baies VHF : Les deux racks VHF contiennent des émetteurs et des récepteurs de communication avec les avions. Il contient trois fréquences

F1=118,6 Mhz (fréquence aérodrome)

F2=121,975 Mhz (fréquence approche)

F3= 121,5 MHz(fréquence d'urgence seulement en réception)

Baie Enregistreur : permet d'enregistrer toutes les communications et les conversations radio ou téléphone de la tour de contrôle. Elle permet la réécoute en cas de besoin .

Baie Répartiteur : Toutes les interconnexions départs et arrivées des signaux transitent par une baie de répartition. Les blocs utilisés sont de type à insertion et auto-dénudant.

Baie poste opérateur et télécommande :

★ **Télécommande :** permet l'affichage des états distincts (Normal-alarm-warning) et la gestion des fonctions de commande marche/arrêt pour tous les équipements de radionavigation. A partir de cette télécommande on peut accéder aux équipements de radionavigation.

★ **Poste opérateur :** Permet de faire des communications téléphoniques avec tous les services qui ont un rapport direct avec la sécurité aérienne (le CCR, la tour de Meknès, le contrôle local, la station météo, la centrale électrique...).

1.2.La tour de contrôle

Elle Contient :

- ✓ Les postes opérateurs qui permettent aux contrôleurs de communiquer avec les avions et de faire des communications téléphoniques avec tous les services qui ont un rapport direct avec la sécurité aérienne (le CCR, la tour de Meknès, la salle technique, le contrôle local, la station météo, la centrale électrique...).
- ✓ La télécommande de balisage de piste.
- ✓ Le panneau de visualisation de l'état de fonctionnement des équipements de radio navigation .
- ✓ Les moyens de visualisation des données météorologiques.
- ✓ Un module portatif de VHF d'ultime secours.

1.3.Bureau de piste

Ce bureau est équipé d'un :

- ✓ PC pour l'émission et la réception des messages (plans de vols, , Autorisations d'atterrissages, Départs, Arrivées..)
- ✓ Poste opérateur qui permet aux contrôleurs qui se trouvent au bureau de piste d'écouter les communications entre pilote et contrôleur de la tour de contrôle.

2).Les équipements de la Radionavigation :

La radionavigation est un type de navigation utilisant les propriétés des ondes radioélectriques. Elle nécessite des équipements extérieurs à l'avion, généralement des émetteurs placés au sol, et des équipements embarqués à bord de l'aéronef, des récepteurs « intelligents », à disposition du pilote.

★ VOR : VHF Omnidirectionnel Range

C'est un système de positionnement assurant une navigation à courte et moyenne distance à partir d'une balise radioélectrique. Il fournit la direction sur laquelle se trouve l'avion. Cette direction s'appelle l'azimut. Elle est mesurée, de 0 à 360 degrés, dans le sens rétrograde (rotation des aiguilles d'une montre) à partir de la direction du Nord magnétique.

Le VOR utilise des fréquences VHF (Very High Frequency), d'où son nom : VHF Omnidirectionnel Range (alignement omnidirectionnel VHF). Sa fréquence est de **108 à 117.95 Mhz**



FIGURE 9:VOR

★ NDB : Non Directional Beacon

C'est une balise de forte puissance qui peut servir la navigation en route, son signal est dans les basses et les moyennes fréquences (190 à 1750 KHZ) ,sa portée est environ 200NM
Son indicatif comporte généralement 3 lettres en code morse.

★ DME : Distance Measuring Equipment

C'est un équipement de mesure de la distance qui permet de mesurer la distance par rapport à un point de référence à terre (radiobalise sol DME).La distance est déterminée en mesurant l'intervalle de temps qui s'écoule entre l'envoi l'interrogation et la réception de la réponse . Il utilise la gamme de fréquence de 962 Mhz à 1213 Mhz.

Il existe deux types de DME :

☞ **DME en route** : possédant une puissance d'émission de 1 KW. Ce dernier est généralement associé à un système VOR.

☞ **DME atterrissage** : possédant une puissance de 100W obtenus. Le DME d'atterrissage est associé à un système ILS, en général, il est Co-implanté avec le GLIDE PATH

★ ILS : Instrument Landing System

Un système automatique d'aide à l'atterrissage. Utilisé pour des applications civiles, ce dernier fournit une aide à l'atterrissage lors d'approches en condition météorologiques dégradées. Il offre au pilote un guidage de précision dans les plans verticaux et horizontaux jusqu'au point d'impact sur la piste.

Composants de l'ILS

- Un **DME** ou **OUTER MARKER** qui donne la distance par rapport au seuil de la piste.
- Un **GLID PATH** qui fournit l'écart de l'avion par rapport à la pente nominale d'approche(le plus souvent 3 degrés).
- Un **LOCALIZER** qui fournit l'écart de l'avion par rapport à l'axe de la piste

DME /OUTER MARKER

Les markers appelés aussi radiobalises à rayonnement vertical fournissent une indication discontinue de distance lors d'une approche aux instruments. Ces derniers sont remplacés par un DME qui donne une indication continue de distance.

On distingue ainsi trois radiobalises disposées dans le prolongement de l'axe de piste :

- Outer Marker (OM: Borne Extérieure)
- Middle Marker (MM: Borne intermédiaire)
- Inner Marker (IM: Borne intérieure)

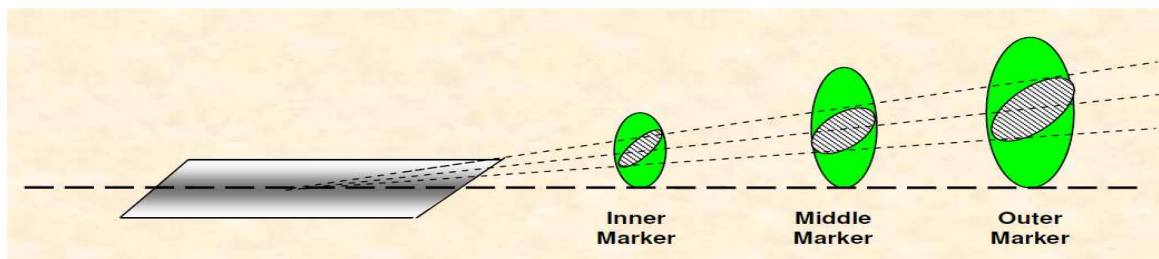


FIGURE 10: LES MARKERS

GLIDE PATH

GLIDE PATH est constitué par un ensemble d'antennes situées généralement entre 120 m et 150 m de l'axe de piste, près du seuil, qui émettent une porteuse UHF entre 328,65 et 335,40 MHz appariée à la fréquence du LOCALIZER.. Elle est modulée par 2 basses fréquences l'une à 90 Hz et l'autre à 150Hz.

L'indicateur de bord à aiguille horizontale indique le sens de la correction du haut vers le bas (ou inversement). Le GLIDE PATH définit deux zones :

- ◆ Le secteur d'alignement de descente.
- ◆ La zone de couverture.



FIGURE 11 : GLIDE PATH

LOCALIZER

Le LOCALIZER fournit les informations de guidage. Ce dernier émet, grâce à un réseau d'antennes directrices situées dans le prolongement de la piste, un faisceau radioélectrique permettant de fournir au pilote une indication d'écart horizontal par rapport à l'axe de piste.

PartieII : Etude et simulation du système d'atterrissage LOCALIZER

I -Généralités et fonctionnement

1.Généralités et description

Le LOCALIZER fournit des informations de guidage dans le plan horizontal. Ce dernier émet un Faisceau radioélectrique grâce à un ensemble d'antennes dans le prolongement de l'axe de piste il est caractérisé par :

- ◆ Sa fréquence
- ◆ Son indicatif
- ◆ Sa position géographique.

L'antenne utilisée est l'antenne dipôle , elle est très simple à fabriquer et elle permet d'assurer la couverture de zones très larges d'assez longues distances. Elle est directive et émet le maximum de ses ondes dans un plan perpendiculaire aux brins.



FIGURE 12: ANTENNE DE LOCALIZER

2.Schéma synoptique

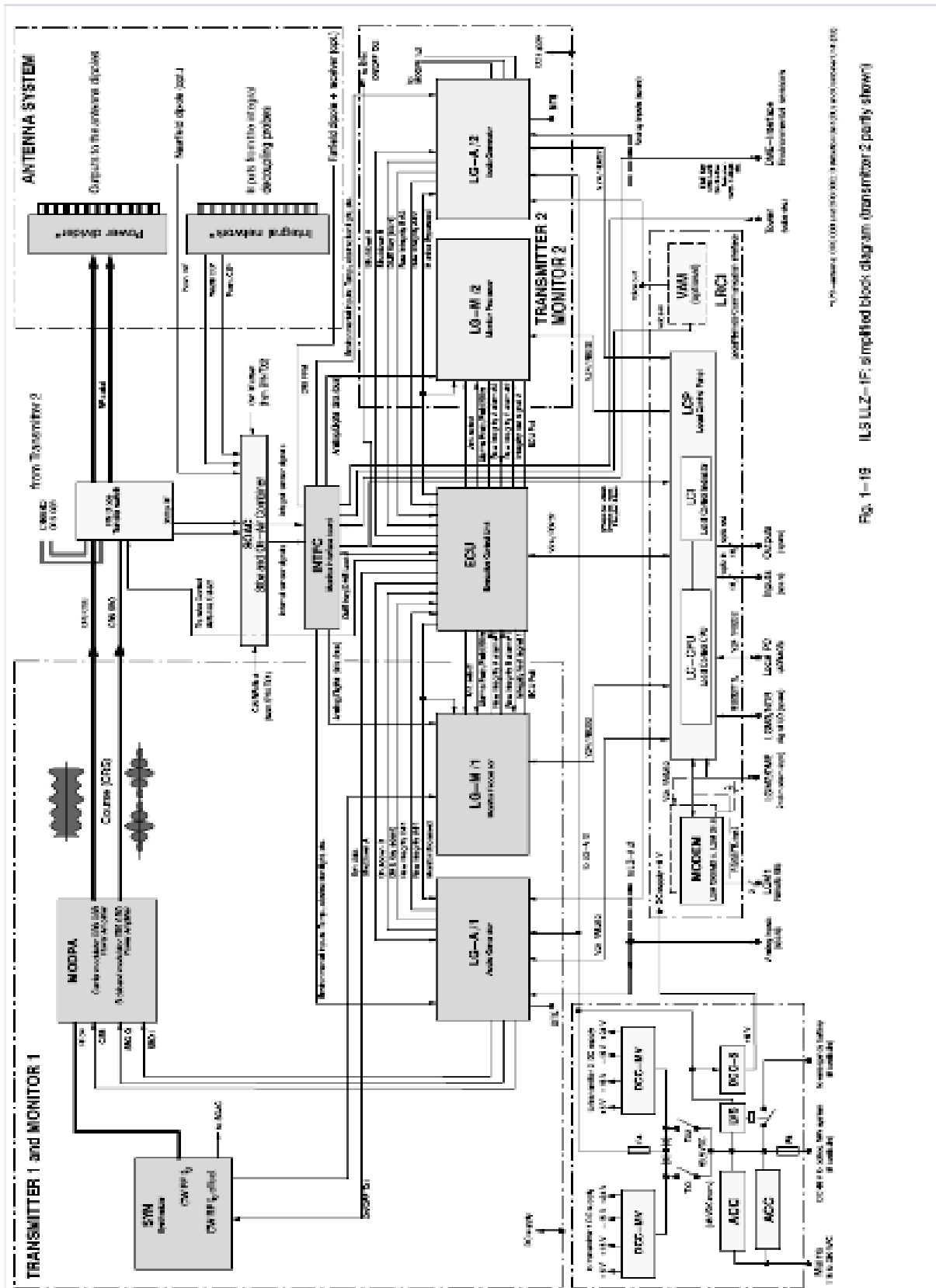


FIGURE 13: SCHEMA SYNOPTIQUE DE LOCALIZER

Le schéma peut être divisé en 4 blocs :

Fig. 1-19 ILS LLZ-IF: simplified block diagram (transmitter 2 partly shown)

→ **Alimentation** : entrée 220 V (alternative) convertie par ACC en 54V (continue) qui sera diviser aux cartes.

→ **Affichage** : LCP est composé de touches préprogrammées qui permettent de lire les donnés et de varier les paramètres d'émission.

→ **Traitement et génération des signaux :**

Dans le domaine de l'aviation il existe dans tous les équipements de la radionavigation deux ensembles : (l'ensemble principal et l'ensemble de secours)

LG-A/1 audio générateur : génère les signaux de Basse Fréquence (150hz et 90hz,1020hz)pour émetteur 1(même chose pour **LG-A/2**)

LGM1 :carte Moniteur : surveille les paramètres d'émission .

ECU : gestion de l'équipement, et fait le basculement automatique (en cas de problème).

INTFC : fait la liaison entre les cartes .

Synthétiseur : génère la fréquence porteuse.

MODPA : Modulateur de signal CSB et SBO .

→ **Distribution**

Power Divider : diviseur de puissance sur les antennes.

3.Caractéristiques techniques

Les caractéristiques technique de LOCALIZER sont :

<u>Paramètres</u>	<u>Caractéristiques</u>
Fréquence	Entre 108 Mhz et 112 Mhz
Portée	25NM(1 nautique mile = 1.85200 Km)
Implantation	situé à 300 m de l'extrémité de fin piste.
Nombre d'antennes	13 antennes.(antenne dipôle)
Puissance de l'émetteur	25 W
Puissance absorbée	660W
Alimentation électrique de secours	Batteries 48V

4.Fonctionnement du système LOCALIZER

Le LOCALIZER définit radio -électriquement le plan vertical passant par l'axe de piste. Ce plan est défini par le rayonnement de deux types de signaux :

- ✚ Signal porteuse : Appelé CSB (Carrier Side Bande) ou P+BL.
- ✚ Signal à 2 bandes latérales seules : Appelé SBO (Side Bande Only) ou BLS.

4.1.Emission

Le système équivaut à deux antennes directives, L'antenne située sur le coté droit de la piste rayonne une porteuse modulée par un signal AM de 150 Hz et l'antenne située sur le côté gauche, émet la même porteuse, modulée par un signal AM de 90 Hz.

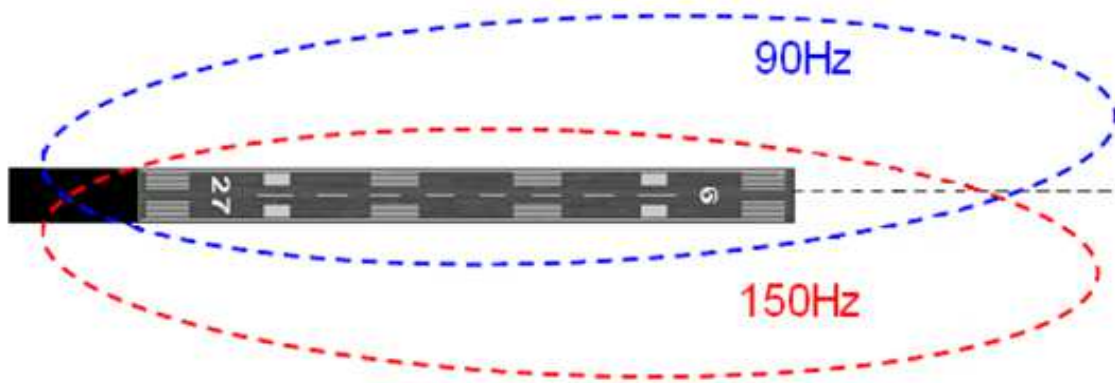


FIGURE 14:SCHEMA DU PRINCIPE DE LOCALIZER

Les fréquences des deux porteuses sont identiques (fréquence 109.7 Mhz)et chacune est modulée à 20 % par son signal défini. Le spectre rayonné par chaque antenne présente donc un pic central qui est la porteuse et deux petites bandes latérales correspondant aux enveloppes des deux modulation.

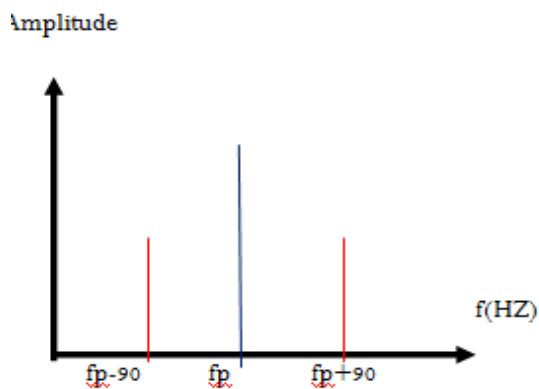


figure15 : Antenne gauche (90HZ)

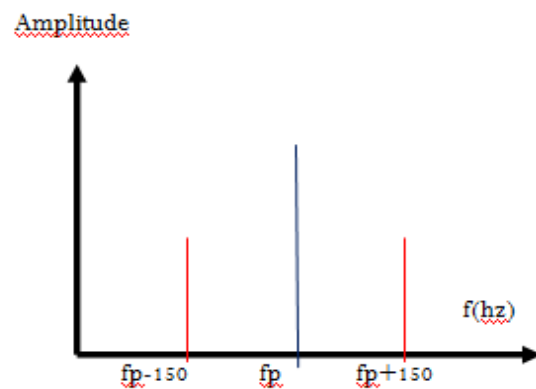


figure 16 : Antenne droite (150HZ)

En réalité l'émission est réalisée par un réseau d'antennes qui génère une modulation d'espace. Chaque antenne émet une partie du 90Hz et du 150Hz afin de générer un faisceau de guidage latéral dans l'espace.

4.2 Réception

Afin de capter les signaux issus des antennes LOCALIZER, l'avion est doté d'une antenne de réception à polarisation horizontale.



FIGURE 15: ANTENNE A BORD

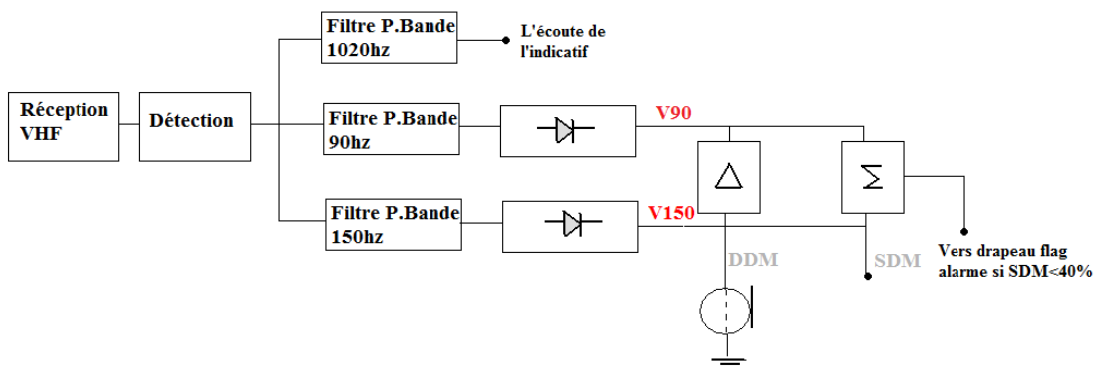


FIGURE 16: PRINCIPE DE RECEPTION

Une fois le signal capté, il est ensuite démodulé puis envoyé vers:

- ✓ Le filtre 1020 Hz pour l'indicatif (code Morse : un code permettant de transmettre un texte à l'aide de séries d'impulsions courtes et longues, qu'elles soient produites par des signes, une lumière ou un geste).
- ✓ Les tensions alternatives 90 et 150 obtenues sont redressées et transformées en tensions continues de V90 et V150. Dans un premier circuit on effectue la différence de ces

deux tensions et on obtient une tension proportionnelle à la différence de taux de modulation (DDM). Cette tension est utilisée pour dévier l'aiguille de guidage vertical.

✓ Dans un second circuit, on peut remarquer que la somme des modulations (SDM) reste constante et sensiblement égale à 0,4 dans la zone d'azimut considérée. Toute diminution de SDM entraînera l'apparition d'un drapeau d'alarme (Alarm Flag).

4.3. Indicateurs au bord de l'avion

On pose $DDM = TM_{150} - TM_{90}$.

Avec : TM : Taux de Modulation.

DDM : Différence des Taux de Modulation .

L'aiguille de l'indication de positionnement de l'avion peut prendre 3 position :

→ Lorsque l'avion se trouve sur l'axe de piste, les harmoniques 90 et 150 Hz ont la même amplitude et le récepteur reçoit autant d'énergie des deux antennes à cause de la symétrie.. L'aiguille indicatrice est positionnée au centre du cadran.



FIGURE 17: AVION SUR L'AXE DE PISTE

DDM est nulle \Leftrightarrow $TM_{150} = TM_{90}$

→ Lorsque l'avion se trouve à gauche de l'axe de piste, la tension sortant du filtre 90 Hz est inférieure à la tension du filtre 150 Hz et l'énergie reçue du rayonnement du 150 Hz est plus petite que celle reçue du rayonnement du 90 Hz donc l'aiguille dévie à droite.



FIGURE 18:AVION A GAUCHE DE L'AXE DE PISTE

Figure20 :

$$\text{DDM} < 0 \Leftrightarrow \text{TM150} < \text{TM90}$$

- Lorsque l'avion se trouve à droite de l'axe de piste, la tension sortant du filtre 90 Hz est supérieure à la tension du filtre 150 Hz et l'énergie reçue du rayonnement du 150Hz est plus grande que celle reçue du rayonnement du 90Hz. L'aiguille dévie à gauche.



FIGURE 19:AVION A DROITE DE L'AXE DE PISTE

$$\text{DDM} > 0 \Leftrightarrow \text{TM150} > \text{TM90}$$

Note:

L'aiguille indique toujours le sens de la correction à effectuer, mais n'indique en aucun cas la distance par rapport à l'axe.

II. Simulation sous MATLAB des diagrammes de rayonnement

1).Rayonnement du signal porteur (CSB) pour un réseau impair:

Le signal $S(t)$ est rayonné selon un diagramme de rayonnement $P(\alpha)$ qui est le groupement de (n) antennes identiques alimentées par des courants égaux par paire et un déphasage nul.

Diagramme propre d'une antenne : $f(\alpha) = \cos(\alpha)$

Avec α : l'angle entre l'axe de piste et la position de l'avion .

Le signal CSB avant rayonnement c'est-à-dire le signal modulé.

$$S(t) = \cos(\omega t) (1 + M_{90} \sin(3\delta t) + M_{150} \sin(5\delta t))$$

Avec : $M_{90}=M_{150}=20\%=(0.2)$ selon les normes de l'OACI)

$$3\delta = 2\pi * 90 \quad \text{et} \quad 5\delta = 2\pi * 150$$

La simulation sous MATLAB de CSB Modulé :

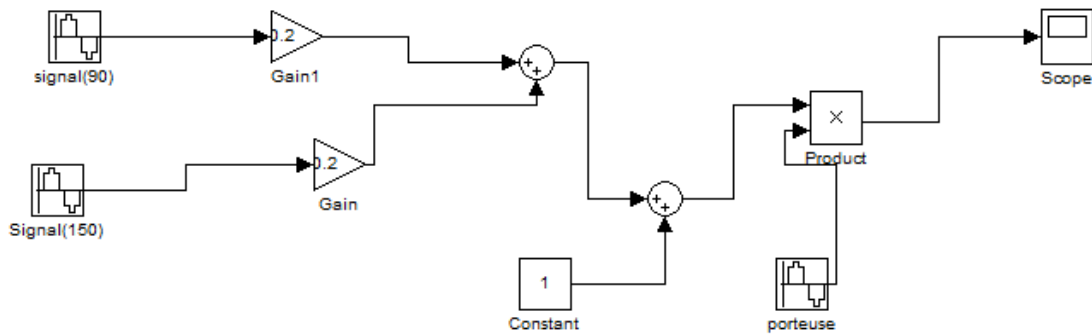


FIGURE 20:SIMULATION DE SIGNAL CSB SOUS SIMULINK

La simulation sous MATLAB donne : une modulation d'amplitude

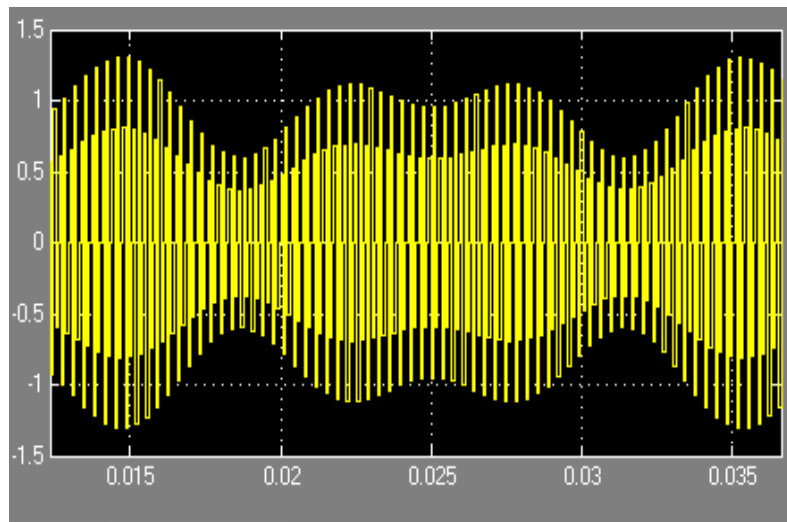


FIGURE 21: SIGNAL CSB MODULE

- D'après les deux figures on remarque qu'il s'agit d'un signal CSB impair .
le digramme de rayonnement d'un réseau d'antenne est :

$$P(\alpha) = \epsilon r * [Kc + 2 * \sum_{i=1}^n Ki * \cos\left(\left(\frac{2\pi di}{\text{lambdada}}\right) * \sin(\alpha) + \varphi\right)]$$

$\epsilon r = \left(\frac{1}{r}\right) * \cos\left(\omega t - \frac{2\pi r}{\text{lambdada}}\right)$ l'expression du champ qui serait reçu à la distance en provenance d'une antenne.

Le signal rayonné s'écrit sous la forme :

$$csb(\alpha, t) = f(\alpha) * s(t) * p(\alpha)$$

D'où :

$$CSB(\alpha, t) = f(\alpha) * \epsilon r * \cos(\omega t) (1 + 0.2 \sin(3\delta t) + 0.2 \sin(5\delta t)) * [Kc + 2 * \sum_{i=1}^n Ki * \cos\left(\left(\frac{2\pi di}{\text{lambdada}}\right) * \sin(\alpha) + \varphi\right)]$$

Simulation sous MATLAB de diagramme de rayonnement CSB :

Prenons comme application, la distribution 13 antennes en mono fréquence suivante :

	<u>A6</u>	<u>A5</u>	<u>A4</u>	<u>A3</u>	<u>A2</u>	<u>A1</u>	<u>Ac</u>	<u>A1</u>	<u>A2</u>	<u>A3</u>	<u>A4</u>	<u>A5</u>	<u>A6</u>
CSB amplitude	////////	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>11</u>	<u>13</u>	<u>15</u>	<u>17</u>	<u>15</u>	<u>13</u>	<u>11</u>	<u>6</u>	<u>5</u>	////////
CSB Phase	////////	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	////////

Et pour la faire on a pris 3 cas :

→ Cas de 3 antennes :

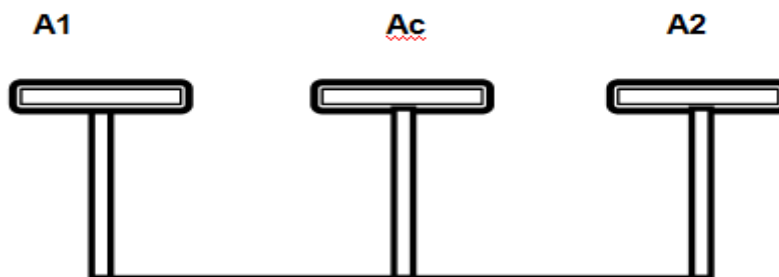


FIGURE 22:ALIGNEMENT DE 3 ANTENNES

Diagramme de rayonnement CSB :

Le diagramme de rayonnement simulé sous MATLAB donne :

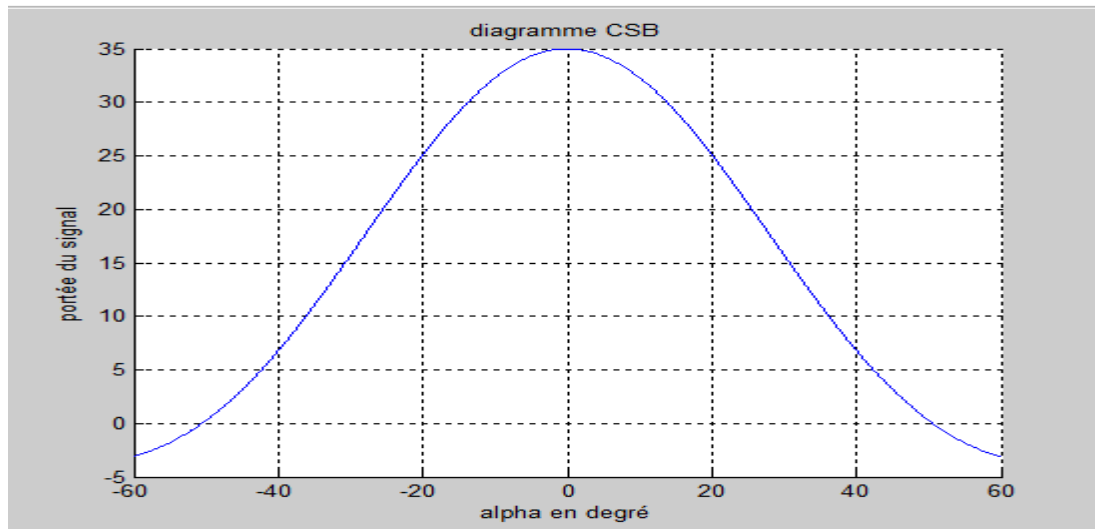


FIGURE 23: DIAGRAMME DE RAYONNEMENT CSB

→ Cas 5 antennes :

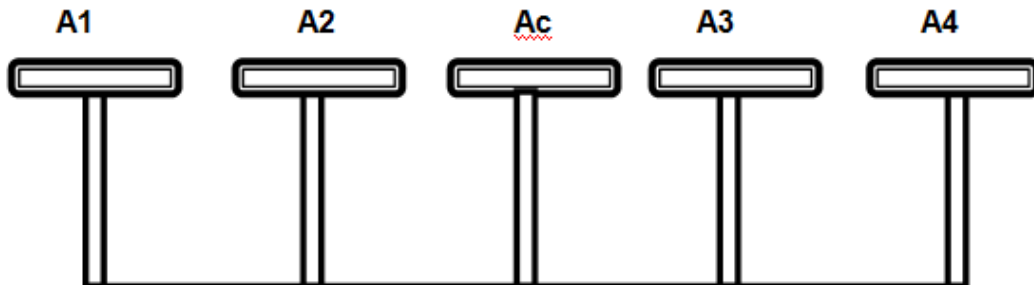


FIGURE 24:ALIGNEMENT DE 5 ANTENNES

Diagramme de rayonnement CSB :

Le diagramme de rayonnement simulé sous MATLAB donne :

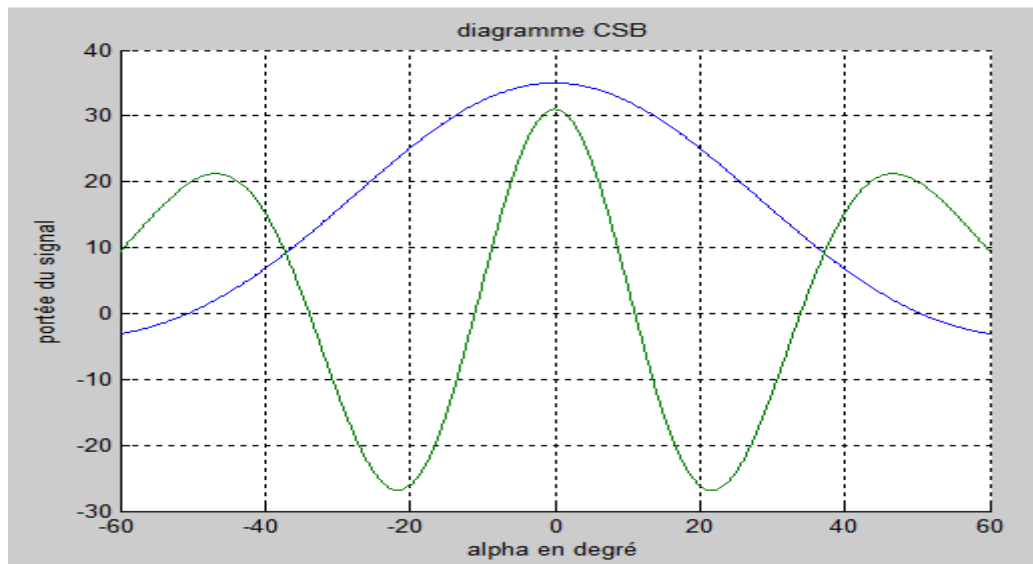


FIGURE 25:DIAGRAMME DE RAYONNEMENT CSB

→ Cas de 13 antennes :

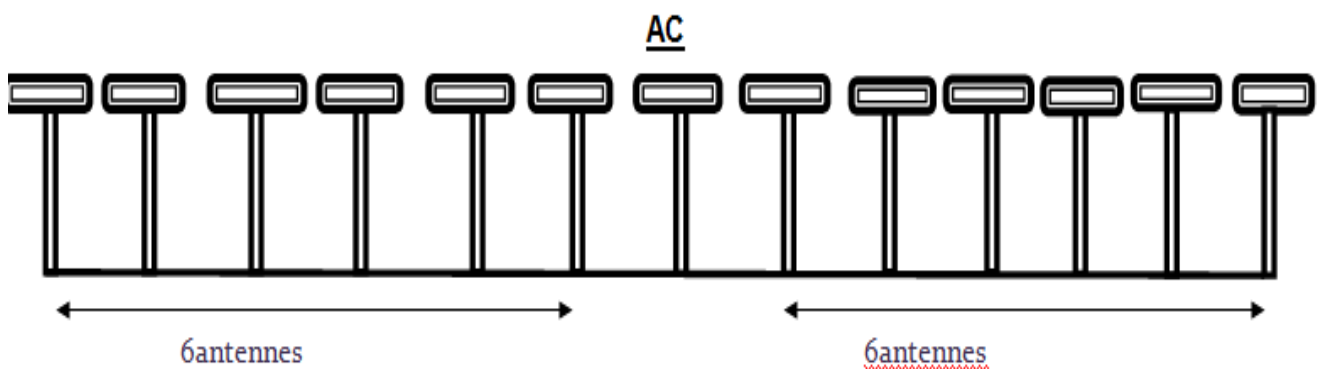


FIGURE 26:ALIGNEMENT DE 13 ANTENNES

Diagramme de rayonnement CSB :

Le diagramme de rayonnement simulé sous MATLAB donne :

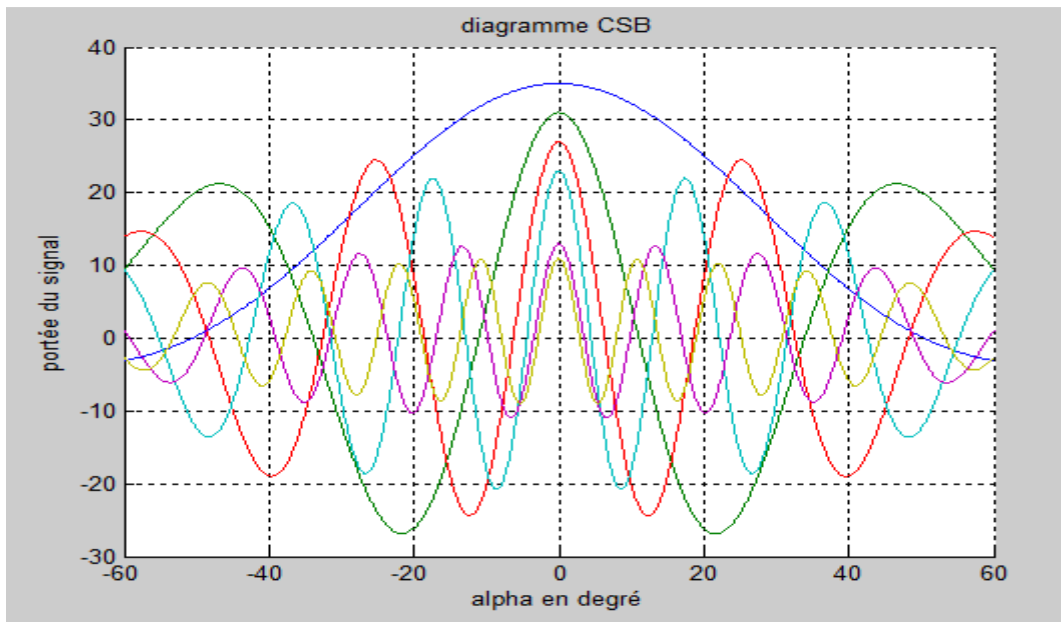


FIGURE 27:DIAGRAMME DE RAYONNEMENT CSB

- On remarque que tous les diagrammes de CSB admet un maximum au point 0.

2).Rayonnement du signal porteur (SBO) pour un réseau pair:

Le signal $S(t)$ est rayonné selon un diagramme de rayonnement $P(\alpha)$ qui est le groupement de (n)antennes identiques alimentées par des courants égaux par paire et un déphasage de 180° .

Le signal rayonné après modulation s'écrit sous la forme :

$$SBO(\alpha, t) = f(\alpha) * s(t) * p(\alpha)$$

Avec $f(\alpha) = \cos(\alpha)$: Diagramme propre d'une antenne.

$S(t) = 0.2 * \cos(\omega t) [\sin((2\pi * 150)t) - \sin((2\pi * 90)t)]$:Le signal SBO avant rayonnement.

Simulation sous MATLAB SIMULINK de SBO Modulé :

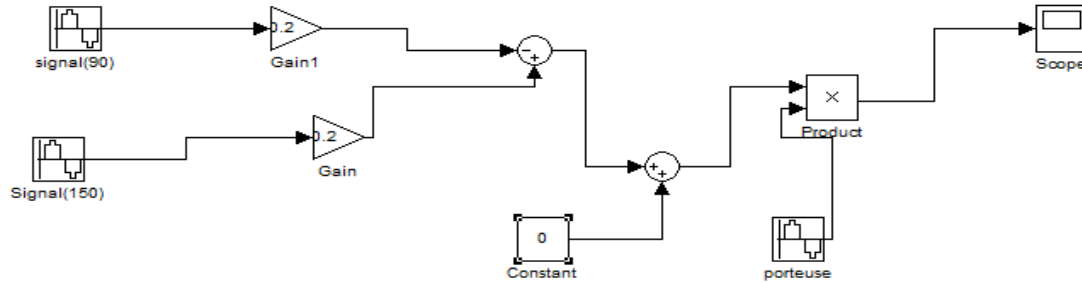


FIGURE 28:SIMULATION DE SBO SOUS SIMULINK

La simulation sous MATLAB donne :

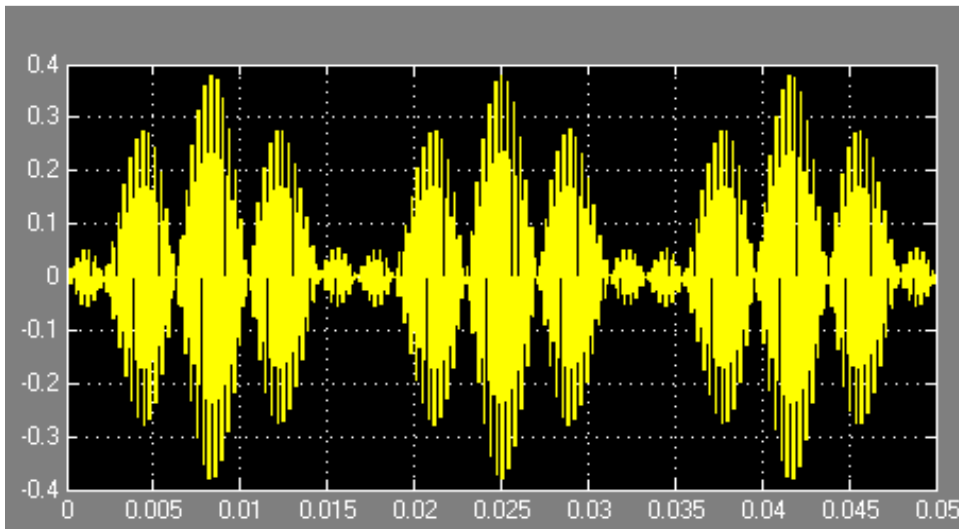


FIGURE 29: SIGNAL SBO MODULE .

- On remarque qu'il s'agit d'un signal SBO pair et d'une sur-modulation cela du à l'inversion de phase.

$p(\alpha)$ est le digramme de rayonnement d'un réseau d'antenne est :

$$P(\alpha) = \epsilon r * [2 * \sum_{i=1}^n K_i * \cos \left(\left(\frac{2\pi d i}{\lambda} \right) * \sin(\alpha) + \varphi \right)]$$

Alors le signal rayonné s'écrit sous la forme :

$$SBO(\alpha, t) = f(\alpha) * \epsilon r * \cos(\omega t) (0.2 \sin(5\delta t) - 0.2 \sin(3\delta t)) * [2 * \sum_{i=1}^n K_i * \cos \left(\left(\frac{2\pi d i}{\lambda} \right) * \sin(\alpha) + \varphi \right)]$$

Simulation sous MATLAB de diagramme paire de rayonnement SBO :

Prenons comme application, la distribution 13 antennes en mono fréquence suivante :

	A6	A5	A4	A3	A2	A1	Ac	A1	A2	A3	A4	A5	A6
SBO Amplitude	2	3.5	4.6	5.8	6.5	7	////	7	6.5	5.8	4.6	3.5	2
SBO phase	90	90	90	90	90	90	////	-90	-90	-90	-90	-90	-90

Pour faire cette dernière on a pris 3 cas :

→ Cas de 3antennes :

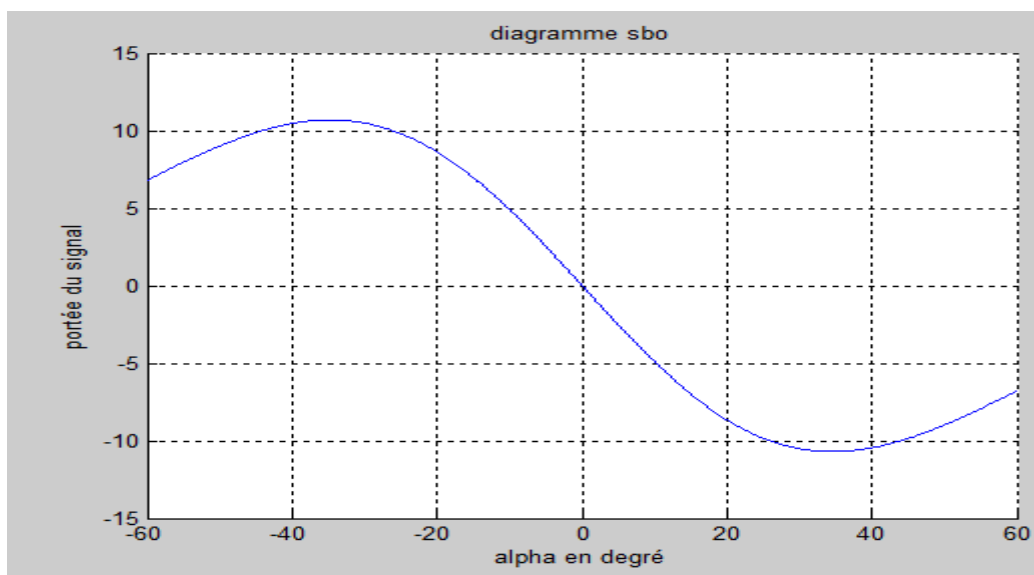


FIGURE 30:DIAGRAMME DE RAYONNEMENT SBO 3 ANTENNES

→ Cas 5 antennes :

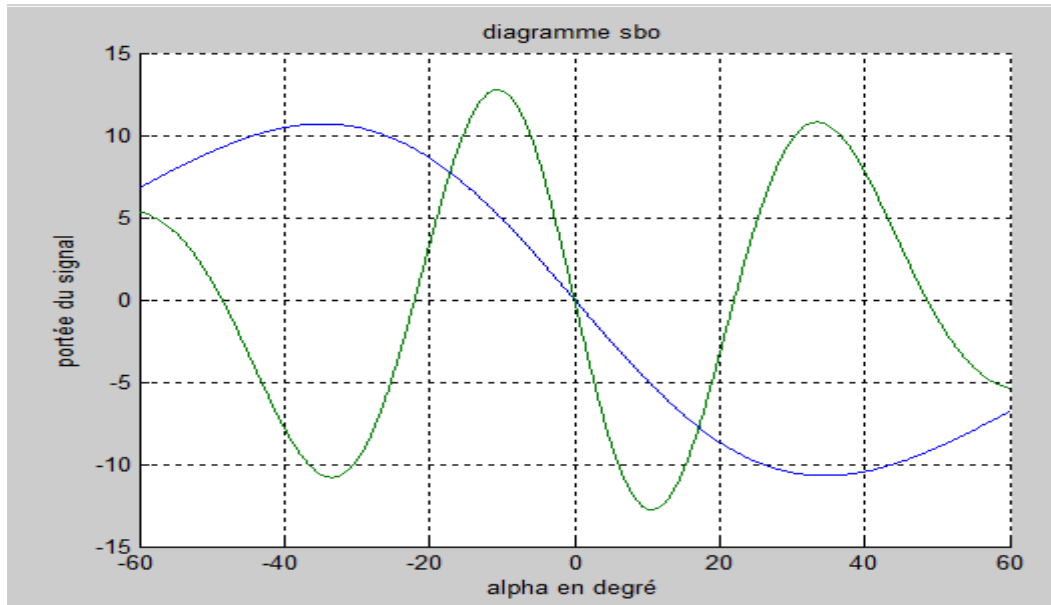


FIGURE 31:DIAGRAMME DE RAYONNEMENT SBO 5 ANTENNES

→ Cas 13 antennes :

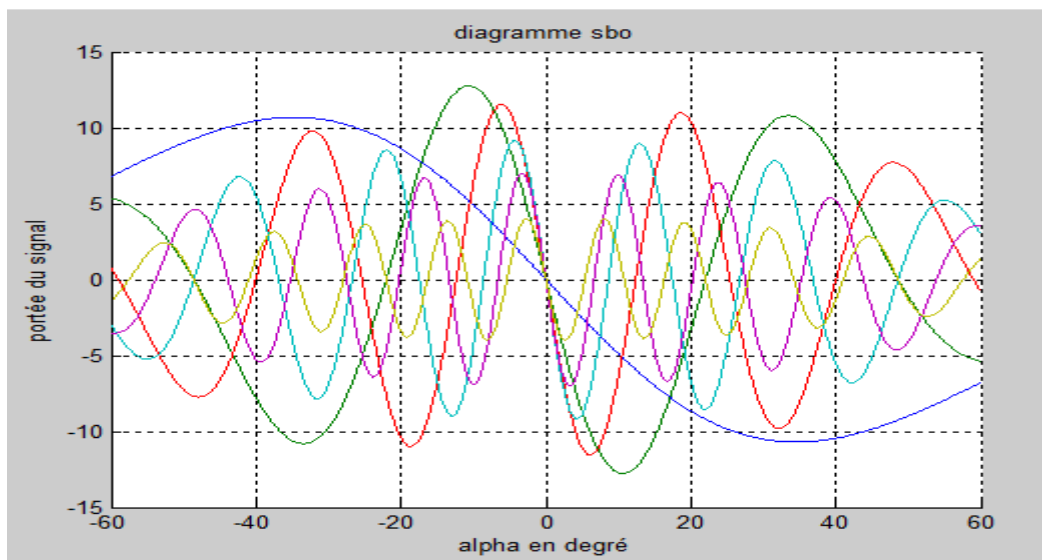


FIGURE 32:DIAGRAMME DE RAYONNEMENT SBO 13 ANTENNES .

- D'après la figure on constate que les diagrammes de rayonnement de SBO s'annulent au point 0.

Simulation de diagramme global de SBO et CSB :

→ Cas de 3antennes :

Le diagramme de rayonnement d'un réseau de 3 antennes.

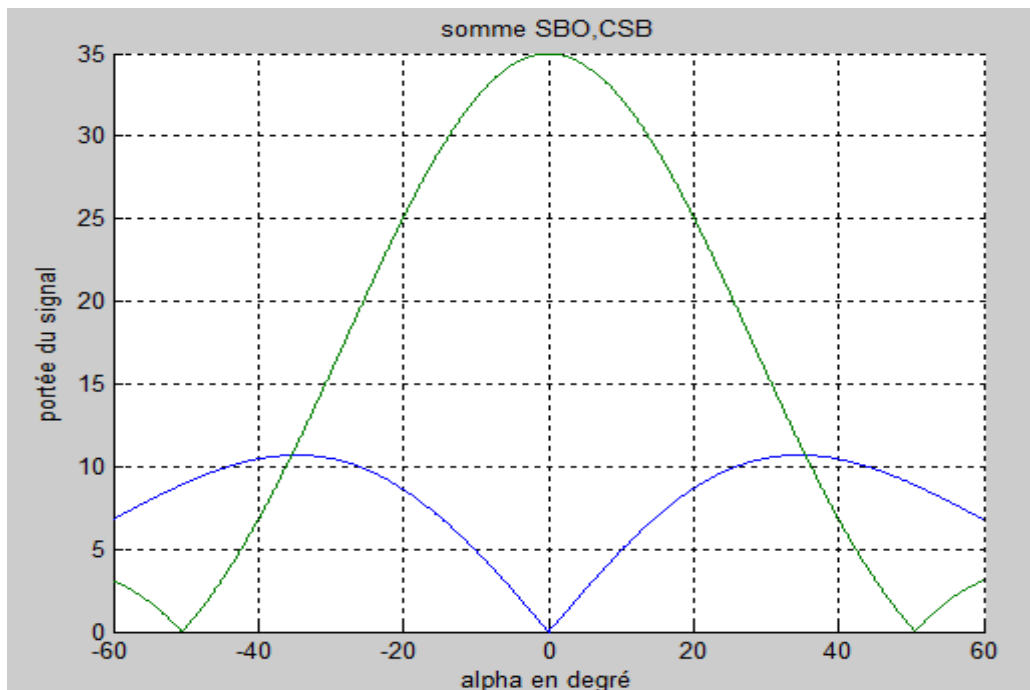


FIGURE 33: SOMME DE CSB ET SBO 3ANTENNES .

- On constate que la largeur du lobe principale ainsi que les lobes latéraux est très grande , de plus la portée de faisceau ne dépasse pas 35m. Le diagramme de rayonnement de CSB admet un max au 0 par contre SBO s'annule à ce point .

→ Cas de 5 antennes :

Le diagramme de rayonnement d'un réseau de 5 antennes :

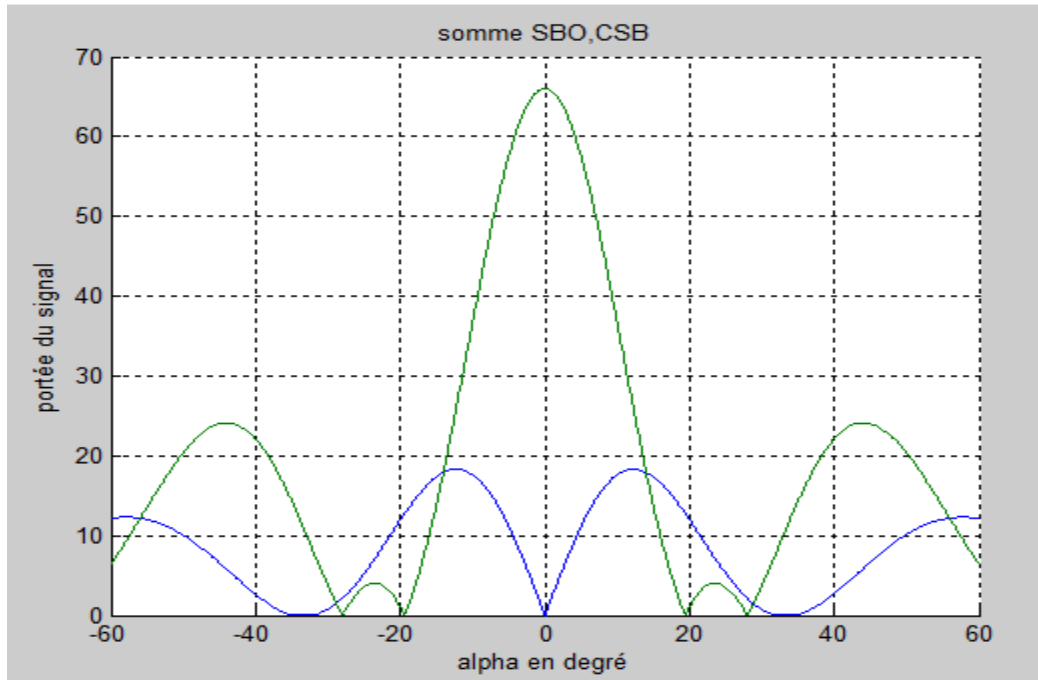


FIGURE 34: SOMME DE CSB ET SBO 5 ANTENNES

- On remarque que lorsqu'on a passé de 3 à 5 éléments, la largeur du lobe principale ainsi que les lobes latéraux diminuent, de plus la portée de faisceau augmente à 65 m. Le diagramme de rayonnement de CSB admet un max au 0 par contre SBO s'annule à ce point.

→ Cas de 13 antennes :

Le diagramme de rayonnement d'un réseau de 13 antennes :

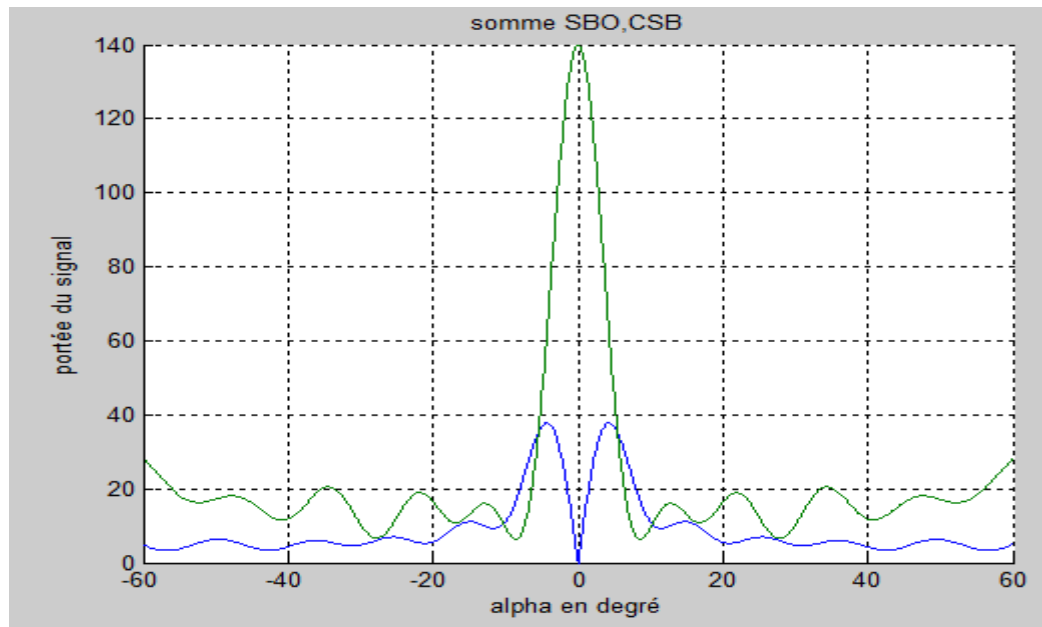


FIGURE 35: SOMME DE SBO ET CSB 13 ANTENNES

- D'après la figure on voit que lorsqu'on a passé de 5 à 13 éléments, la largeur de lobe principale ainsi que les lobes latéraux deviennent plus étroits, de plus la portée de faisceau a augmenté jusqu'à 140 m.

Analyse :

On conclut d'après la simulation des diagrammes de rayonnement des réseaux d'antennes qu'on a fait, que le signal CSB admet un maximum au point 0 (l'axe de piste) pourtant le signal SBO s'annule à ce point. En outre l'augmentation de nombre d'antenne influe sur la directivité et la puissance des signaux.

3. DDM : Différence des taux de Modulation :

La différence des taux de modulation, est défini par :

$$DDM = TM_{150} - TM_{90}$$

En pratique on définit la DDM comme :

$$DDM = 2 * \frac{SBO}{CSB}$$

On a démontré plus haut que le signal SBO et signal CSB pour un réseau pair s'écrivent sous la forme suivante :

$$SBO(\alpha) = f(\alpha) \left[\sum_{i=1}^n 2 * K' * \sin \left(\left(\frac{2\pi d}{\lambda} \right) * \sin(\alpha) \right) \right]$$

$$CSB(\alpha) = f(\alpha) \left[\sum_{i=1}^n 2 * K * \cos \left(\left(\frac{2\pi d}{\lambda} \right) * \sin(\alpha) \right) \right]$$

Le plan Localiser est défini par l'égalité des taux c'est-à-dire la DDM=0

La variation de la DDM est linéaire à l'intérieur du secteur d'alignement et symétrique de part et d'autre du plan LOCALIZER

Secteur d'alignement :

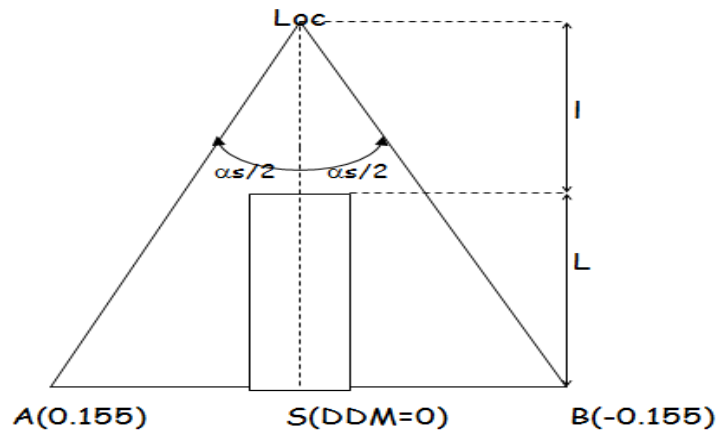


FIGURE 36:SECTEUR D'ALIGNEMENT

Le secteur d'ouverture α_s est défini par une DDM linéaire à l'intérieur et en bordures égale à (-15.5%(90) à 15.5%(150)). L'angle α_s du secteur est calculé par la relation suivante :

$$\tan\left(\frac{\alpha_s}{2}\right) = \frac{\frac{AB}{2}}{l+L} = \frac{105}{L+l}$$

Avec :

l : la distance Localiser de l'extrémité de piste.

L : la longueur de la piste.

AB =210 m

- Suivant les recommandations de L'OACI : la longueur de piste doit être dans les environs de 3.2Km pour que l'avion atterrisse en toute sécurité. Pour arriver à cette longueur on va voir l'influence de l'augmentation de nombre d'antennes .
- Pour cette raison on va calculer la longueur de piste en fonction de secteur d'alignement dans les 3 cas :

→ Cas 3antennes :

La simulation de la DDM sous MATLAB donne :

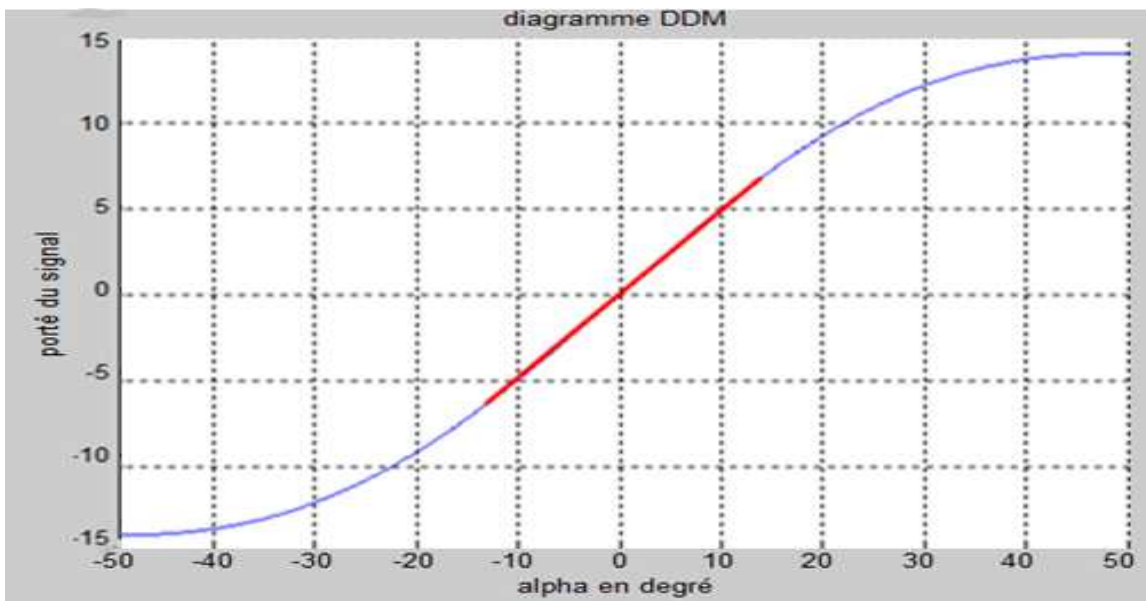


FIGURE 37: VARIATION DE DDM POUR 3 ANTENNES

D'après la figure on remarque que la DDM est linéaire dans la zone $[-12 : 12]$:

Donc $\alpha/2=12$ or $\tan(\alpha/2)=105/(l+L)$

Calculons L : (longueur de piste)

$$L = (105 / \tan(\alpha/2)) - l$$

$$= (105 / \tan(12)) - 300$$

L = 195.28 m

⇔ D'après les calculs on déduit que l'avion ne peut pas atterrir sur une piste de tel longueur.

D'ou la nécessité de passer à 5 antennes.

→ **Cas de 5 antennes :**

La simulation de la DDM sous MATLAB donne :

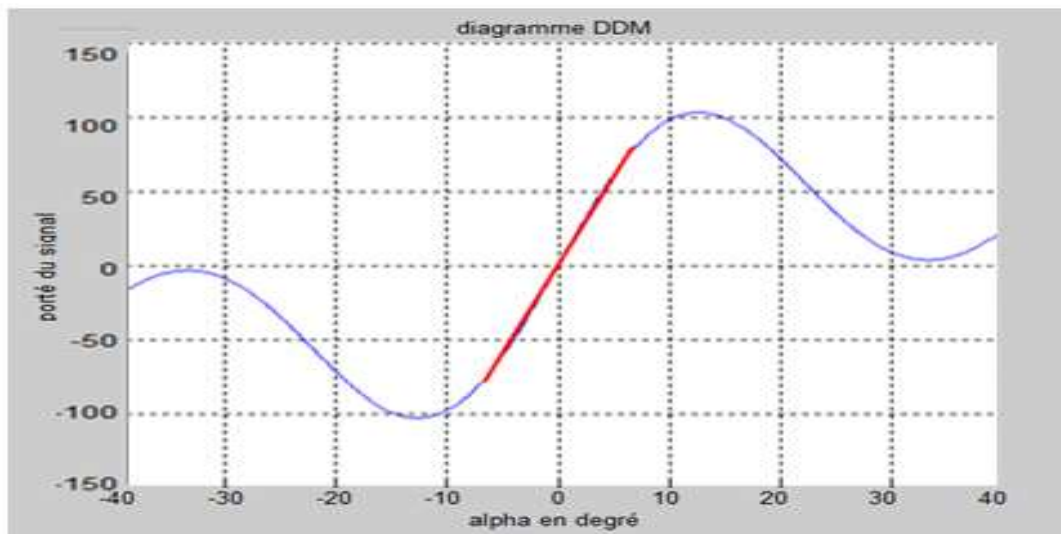


FIGURE 38: VARIATION DE DDM POUR 5 ANTENNES

D'après la figure on remarque que la DDM est linéaire dans la zone $[-7 : 7]$:

Donc $\alpha/2=7$ or $\tan(\alpha/2)=105/(1+L)$

Calculons L : (longueur de piste)

$$L=(105/\tan(\alpha/2))-1$$

$$=(105/\tan(7))-300$$

$$\mathbf{L = 560.65m.}$$

⇔ Malgré l'augmentation de nombre d'antenne la longueur de piste reste insuffisante pour l'atterrissage de l'avion .

→ Cas de 13 antennes :

La simulation sous MATLAB donne :

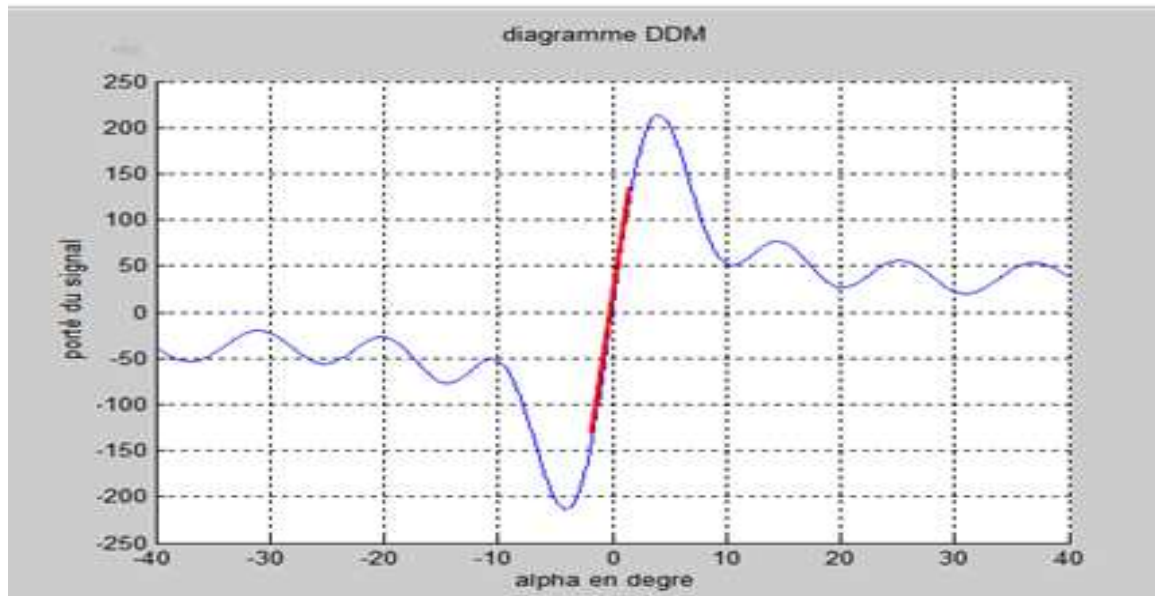


FIGURE 39: VARIATION DE DDM POUR 13 ANTENNES

D'après la figure on remarque que la DDM est linéaire dans la zone $[-1.7;1.7]$:

Donc $\alpha/2=1.7$ or $\tan(\alpha/2)=105/(1+L)$

Calculons L : (longueur de piste)

$$L = (105/\tan(\alpha/2))-1$$

$$=(105/\tan(1.7))-300$$

L = 3320m.

⇔ Donc cette dernière est très convenable pour le bon atterrissage de l'avion .

Analyse

D'après les calculs on déduit que l'avion ne peut ni décoller ni atterrir en toute sécurité que si et seulement si le LOCALIZER dispose de 13 antennes, car la longueur de la piste n'est pas suffisante dans le cas de 3 et 5 antennes.

Conclusion Générale

Ce stage que nous avons effectué au sein de l'aéroport FES SAÏSS dans le service radar et radionavigation a été pour nous une expérience très enrichissante et très intéressante, dans la mesure où il nous a permis de mettre en pratique et de développer les connaissances que nous avons acquises tout au long de notre cursus universitaire, et de tirer profit de l'expérience et des compétences des électroniciens de la sécurité aérienne qui ont le rôle d'assurer l'installation, la maintenance et le développement des équipements qui participent à la sécurité du transport aérien .

Ce stage de deux mois à l'aéroport FES –Saïs nous a été très fructueux et nous a permis à la fois d'acquérir :

-Un savoir faire : qui se traduit par la connaissance des équipements de radiocommunication et de radionavigation ,surtout le LOCALIZER qui est notre sujet de stage .Nous avons donc fait une étude descriptive de ce système en appuyant sur son principe de fonctionnement à partir de la génération des signaux jusqu'à la réception à bord de l'avion , et afin d'appréhender l'effet du réseau d'antenne, nous avons fait une simulation sous MATLAB de différents diagrammes de rayonnement en connaissant l'amplitude et la phase de l'onde appliquée pour chaque antenne et de comprendre comment l'association de plusieurs antennes modifie le diagramme de rayonnement, ainsi que l'augmentation de nombre d'antennes assure un haut niveau de sécurité lors de l'atterrissage des aéronefs.

-Un savoir être : qui se traduit par une capacité d'être autonome , avoir de sens de responsabilité et de développer une bonne communication .

Enfin nous pensons que ce stage fut pour nous une étape de transition très réussie entre les études et le monde professionnel

En plus, il nous a permis de découvrir le monde de l'aviation civile qui était inconnu pour nous, et aussi on a pu connaître les différents équipements utilisés dans ce domaine et plus précisément ceux de l'atterrissage.

Bibliographie



*[1]. Technical Manual ILS420 Instrument landing system (LLZ 421 part 1 and 2)
All rights reserved 2002 Thales ATM Navigation GmbH Stuttgart Printed in Germany .

*[2]. Notice de l'Ecole National de l'Aviation Civile ILS système.

*[3]. Notice de la procédure de maintenance des équipements de la radionavigation.

*[4]. Notice de la procédure de maintenance des équipements de la radiocommunication.

Webographie



http://fr.wikipedia.org/wiki/Instrument_Landing_System



<http://home.nordnet.fr/dmorieux/ILS0001.htm>



<http://www.lavionnaire.fr/RadioNavILS.php>



http://www.aeronautique.ma/ILS-Instrument-Landing-System_a36.html



http://www.ivao.fr/dep/instruction/Manuels/Fichepilote/Fiche_Pilote_ILS.pdf