

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO  
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE

T.S.  
Brock  
Access lib

DEPARTEMENT ELECTRONIQUE et TELECOMMUNICATIONS  
FILIERE TELECOMMUNICATIONS

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES  
POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR

SPECIALITE : RADIOCOMMUNICATIONS



**MODELE DE MAINTENANCE  
DES EQUIPEMENTS RADIOELECTRIQUES  
DE LA NAVIGATION AERIENNE  
DE LA SOCIETE ADEMA**

**Présenté par :**

M. RAFIDISON Marc Harilalao

M. RAKOTOARIVELO Mamy

**Soutenu le :** 13 juillet 1996 à 9 heures

**Devant la commission d'examen :**

**Président :** M. RASTEFANO Elisée

**Examineurs :**

M. RANDRIAMAHANDRY François Xavier

M. RAKOTONDRARIVO Roger Jocelyn

M. RAMORASATA Joseph Raphaël

**Directeur de mémoire :** M. RANDRIANTSIRESY Ernest

# SOMMAIRE

AVANT-PROPOS

REMERCIEMENTS

RESUME

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION.....7

CHAPITRE I : LES EQUIPEMENTS RADIOELECTRIQUES DE LA NAVIGATION  
AERIENNE.....9

I-1- Rôle et classification .....9

I-2- Les équipements de Radiocommunications.....9

I-3- Les équipements de Radionavigation .....12

I-4- Remarques.....20

CHAPITRE II : NOTION SUR LA MAINTENANCE.....21

CHAPITRE III : CONSIGNES DE MAINTENANCE.....29

III-1- Situation actuelle de la maintenance des équipements de la navigation  
aérienne de la société ADEMA.....29

III-2- Apport sur la maintenance des équipements radioélectriques de la  
navigation aérienne.....30

CHAPITRE IV : GESTION DE STOCKS ET DES RESSOURCES HUMAINES .....53

IV-1- Gestion de stocks .....53

III-2- Gestion des ressources humaines.....57

CONCLUSION

ANNEXES

BIBLIOGRAPHIE



# AVANT-PROPOS

Durant cinq années d'études à L'ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE D'ANTANANARIVO (ESPA), le but de nos Professeurs est de former des Ingénieurs capables d'exploiter à bon escient les notions de base acquises à l'école, dans les travaux de conception, surtout dans le domaine de l'Electronique et des Télécommunications.

Ce mémoire intitulé " **MODELE DE MAINTENANCE DES EQUIPEMENTS RADIOELECTRIQUES DE LA NAVIGATION AERIENNE** " est le fruit d'une étroite collaboration entre l'ESPA et la société privée ADEMA (Aéroports De Madagascar).

La mission de l'ADEMA consiste à gérer, réhabiliter, exploiter et développer les douze principaux aéroports suivants :

**Antsiranana, Nosy-Be, Mahajanga, Sambava, Antananarivo, Fianarantsoa, Mananjary, S/te Marie, Toliary, Tolagnaro, Toamasina, Morondava.**

A cet effet, la société ADEMA effectue entre autres les différents travaux de réhabilitation des pistes, la remise aux normes des installations électriques, et assure aussi le bon fonctionnement des installations téléphoniques et acoustiques de l'aérodrome.

Elle est chargée notamment de l'entretien des équipements radioélectriques pour que la SECURITE soit maximale pendant les phases de circulation aérienne des aéronefs.

Il est à noter que l'ASECNA assure la navigation aérienne et la météorologie des trois aéroports suivants :

Antananarivo, Mahajanga, et Toamasina.



## REMERCIEMENTS

*Ce travail est terminé grâce à la contribution de nombreuses personnes auxquelles nous adressons nos chaleureux remerciements :*

*- Monsieur le président et les membres du jury, qui vont porter jugement sur notre travail ;*

*- Monsieur RAKOTOVAO José Denis, Directeur de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo (ESPA) ;*

*- Monsieur RANDRIAMITANTSOA Paul Auguste, Chef du Département Télécommunication de l'ESPA ;*

*- Monsieur RASTEFANO Elisée, Chef du Département Electronique de l'ESPA, qui malgré ses lourdes responsabilités, nous a fait le grand honneur de présider le jury de ce mémoire ;*

*- Monsieur RANDRIANTSIRESY Ernest, Enseignant du Département Télécommunication de l'ESPA et directeur de notre mémoire, qui n'a cessé de nous prodiguer de précieux conseils et de suggestions multiples durant de longs mois de travail ;*

*- Monsieur RAMORASATA Joseph Raphaël, Enseignant du Département Télécommunication de l'ESPA, qui a bien voulu accorder son temps malgré son devoir quotidien ;*

*- Tous nos professeurs de l'ESPA, qui ont participé à notre formation pendant cinq années d'études ;*

*Nos vifs remerciements s'adressent également à :*

*- Monsieur RANDRIAMAHANDRY François Xavier, Directeur Technique de la société Aéroports De Madagascar (ADEMA) ;*

*- Monsieur RAKOTONDRARIVO Roger Jocelyn, Chef du Service des Equipements et Matériels (SEM) de l'ADEMA ;*

*Ils nous ont suggéré le thème du mémoire et nous ont prodigué les plus judicieux conseils pendant plusieurs mois de travail, et en dépit de leurs multiples obligations, ils ont bien voulu examiner et juger ce mémoire.*

*- Les techniciens Radioélectriques de l'ADEMA, qui nous ont fait part de leurs expériences ;*

*- Monsieur RAMASITERA Ralph, Chef du service SJRE de l'ASECNA (Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar), pour son accueil chaleureux et pour les documents qu'il nous a fournis, ainsi que pour la visite des équipements radioélectriques de son service ;*

*Nous tenons à remercier également la société AJR MADAGASCAR, au sein de laquelle nous avons pu faire un stage d'initiation aux appareils électroniques de bord (avioniques).*

*Nos profonds remerciements vont aussi à toute notre FAMILLE respective, à tous ceux qui de près ou de loin nous ont prêté leurs concours depuis la préparation de ce travail jusqu'à sa soutenance.*

## **RESUME**

Les dossiers techniques fournis par les constructeurs comprennent le plus souvent les caractéristiques techniques, les schémas et plans, les notices, les listes des pièces de rechange avec la nomenclature et leurs constructeurs, les consignes de maintenance et de sécurité.

Très souvent, ces consignes de maintenance données par les constructeurs sont insuffisantes, car les conditions particulières d'utilisation ou d'environnement des appareils conduisent à modifier la fréquence et la nature des interventions préconisées.

Ce mémoire intitulé «**MODELE DE MAINTENANCE DES EQUIPEMENTS RADIOELECTRIQUES DE LA NAVIGATION AERIENNE**» permet d'établir une nouvelle consigne de maintenance plus adaptée pour le personnel chargé de la maintenance.

Pour cela, nous établirons la périodicité des travaux à effectuer, la classification du personnel, la fiche de mesure, ainsi que le principe de réglage en tenant compte des contraintes réelles supportées par le matériel, et la fiabilité réelle des composantes.

Cette consigne sera accompagnée par des fiches de suivi de fonctionnement spécifiques à chaque appareil, qui contiennent des informations relatives aux interventions périodiques effectuées sur l'équipement. Ces fiches permettent de gérer efficacement les volumes d'information qui doivent être accessibles à tous ceux qui en ont besoin.

Ces informations constituent ainsi le dossier historique qui permet le suivi dans le temps de tous les matériels et de trouver la chronologie des interventions.

## LISTE DES ABREVIATIONS

- ADEMA	: Aéroports De Madagascar
- ASECNA	: Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar
- BF	: Basse Fréquence
- BT	: Basse Tension
- BLU	: Bande Latérale Unique
- BLI	: Bande Latérale Inférieure
- BLS	: Bande Latérale Supérieure
- CAF	: Contrôle Automatique de Fréquence
- CAG	: Contrôle Automatique de Gain
- CR	: Centre Régional
- DME	: Equipement pour la Mesure de Distance (Distance Measuring Equipment)
- FANS	: Futur Système de Navigation Aérienne (Future Air Navigation System)
- HF	: Haute Fréquence
- HT	: Haute Tension
- IATA	: International Air Transport Association
- ILS	: Système d'Atterrissage aux Instruments (Instrument Landing System)
- MA-PS	: Modulation d'Amplitude à Porteuse Supprimée
- MA	: Modulation d'Amplitude
- MT	: Moyenne Tension
- NDB	: Balise Non Directionnelle (Non Directional Beacon)
- NM	: Nautical Miles (1 NM = 1,852 km)
- OACI	: Organisation de l'Aviation Civile Internationale
- PEP	: Point à Point
- RAD	: Radiophare d'Alignement de Descente
- RAP	: Radiophare d'Alignement de Piste
- RF	: Radiofréquence
-SFA	: Service Fixe Aéronautique
- SMA	: Service Mobile Aéronautique
- TWR	: Tour de Contrôle
- UHF	: Ultra Haute Fréquence (Ultra High Frequency)
- UIT	: Union Internationale des Télécommunications
- VHF	: Très Haute Fréquence (Very High Frequency)
- VOR	: Balise Omnidirectionnelle VHF (VHF Omni Range)

# INTRODUCTION

La navigation aérienne consiste à faire suivre à un avion une route déterminée. Le pilote doit donc connaître tous les paramètres de navigation (position de l'avion dans l'espace, conditions météorologiques) pour mener l'aéronef à destination. Pour cela, on a besoin des équipements électroniques dont leur fonctionnement est basé sur le principe de la radioélectricité.

Pendant les trois phases du vol : décollage, en route, et à l'atterrissage, la SECURITE des passagers et des aéronefs est une préoccupation majeure des techniciens et des ingénieurs. C'est pour cette raison que la maintenance des équipements radioélectriques de la navigation aérienne s'avère indispensable pour que l'efficacité, la fiabilité et la régularité du vol soient satisfaisantes. Ces techniciens et ingénieurs doivent mettre en oeuvre les méthodes de maintenance dans le but de minimiser les coûts d'intervention (raison ECONOMIQUE).

La maintenance se classifie en deux parties :

- la maintenance préventive
- et la maintenance corrective.

Notre étude porte uniquement sur la maintenance des équipements au sol, gérés par l'ADEMA. Ces équipements se subdivisent en deux catégories :

- *Les équipements de Radiocommunications ou COM :*

Ils servent à la communication entre les contrôleurs de la tour (TWR) et les pilotes des avions. Ils sont constitués par l'émetteur-récepteur VHF et le BLU et assurent les échanges d'informations telles que les conditions météorologiques, les messages urgents, etc.. Ils assurent donc la liaison air-sol.

Pour la communication sol-sol, l'émetteur-récepteur HF en code morse (système PEP) ainsi que le BLU sont utilisés.

- Les équipements de navigation ou NAV :

Ils permettent de déterminer la position instantanée de l'avion par rapport à la station au sol (distance, azimuth) . Ils permettent également au pilote d'assurer l'atterrissage et le décollage dans une condition de sécurité maximale. Ce sont les NDB , VOR, DME, ILS.

Nous définirons dans le CHAPITRE I, les principes de fonctionnement et les caractéristiques techniques des équipements radioélectriques de la navigation aérienne existants ou doivent exister dans certaines stations.

Le CHAPITRE II évoque un bref aperçu sur la notion de maintenance des équipements électroniques en général.

Au CHAPITRE III, après une analyse de la situation actuelle de la maintenance des équipements radioélectriques de la société ADEMA, nous suggérons des consignes générales de maintenance avec deux (2) exemples d'applications.

Enfin, le CHAPITRE IV sera réservé à l'évaluation des stocks des composants nécessaires à la maintenance pendant deux ans (selon la recommandation d'ADEMA) ainsi qu'au nombre et capacité du personnel chargé de la maintenance.

## RESUME

Les dossiers techniques fournis par les constructeurs comprennent le plus souvent les caractéristiques techniques, les schémas et plans, les notices, les listes des pièces de rechange avec la nomenclature et leurs constructeurs, les consignes de maintenance et de sécurité.

Très souvent, ces consignes de maintenance données par les constructeurs sont insuffisantes, car les conditions particulières d'utilisation ou d'environnement des appareils conduisent à modifier la fréquence et la nature des interventions préconisées.

Ce mémoire intitulé «**MODELE DE MAINTENANCE DES EQUIPEMENTS RADIOELECTRIQUES DE LA NAVIGATION AERIENNE**» permet d'établir une nouvelle consigne de maintenance plus adaptée pour le personnel chargé de la maintenance.

Pour cela, nous établirons la périodicité des travaux à effectuer, la classification du personnel, la fiche de mesure, ainsi que le principe de réglage en tenant compte des contraintes réelles supportées par le matériel, et la fiabilité réelle des composantes.

Cette consigne sera accompagnée par des fiches de suivi de fonctionnement spécifiques à chaque appareil, qui contiennent des informations relatives aux interventions périodiques effectuées sur l'équipement. Ces fiches permettent de gérer efficacement les volumes d'information qui doivent être accessibles à tous ceux qui en ont besoin.

Ces informations constituent ainsi le dossier historique qui permet le suivi dans le temps de tous les matériels et de trouver la chronologie des interventions.

# CHAPITRE I : LES EQUIPEMENTS RADIOELECTRIQUES DE LA NAVIGATION AERIENNE

## I-1- ROLE ET CLASSIFICATION

Les équipements radioélectriques de la navigation aérienne permettent la génération, la transmission, et la réception des ondes hertziennes ou ondes électromagnétiques. (Annexe 1) . Ils se subdivisent en deux parties distinctes :

- les équipements de Radiocommunications (COM)
- et les équipements de Radionavigation (NAV)

Les normes et caractéristiques de ces appareils sont homologuées sur le plan international par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI).

## I-2- LES EQUIPEMENTS DE RADIOCOMMUNICATIONS [8]

### I-2-1- Rôle des équipements de Radiocommunications

Les équipements de Radiocommunications ou COM assurent deux types de liaisons :

#### - la liaison air-sol :

C'est une communication entre la tour de contrôle (TWR) et le pilote. l'opérateur de la tour de contrôle informe le pilote sur la disponibilité de la piste. Ce service entre dans la classe des Services Mobiles Aéronautiques (SMA) tel que répertorié par l'Union Internationale des Télécommunications (UIT).

#### - la liaison sol-sol :

C'est une communication entre les aéroports pour échanger les informations sur la météorologie, les messages urgents (disparition des avions, pannes des équipements radioélectriques, etc..) . Ce service entre dans la classe des Services Fixes Aéronautiques (SFA).

## I-2-2- Type des équipements de Radiocommunications

### I-2-2-1- L'émetteur-récepteur (E/R) VHF (Annexe 2)

L'émetteur-récepteur VHF assure la liaison air-sol, il est composé par des châssis superposés :

- le châssis alimentation,
- le châssis émetteur et le châssis récepteur avec les organes de commande et de contrôle : voyants (émission, alimentation...) , commutateur de mesures, interrupteur (secteur, réglage...) , potentiomètre de réglage de sensibilité, appareil de mesure incorporé (galvanomètre universel),...

#### Caractéristiques de l'E/R VHF :

La fréquence utilisée varie d'un aéroport à un autre.

- gamme de fréquence : 118 MHz à 136 MHz.
- type de modulation : MA (A3)
- puissance de l'émetteur : 50 W au maximum
- portée : portée optique (Annexe 11), mais dépend de la position respective de l'antenne d'émission au sol, et de l'antenne de réception de l'avion (altitude de l'avion), et aussi du relief (montagne,...) . Emetteur, environ 75 km.

Exemple : Aérodrome de Morondava ;

Emetteur VHF NARDEUX 50 W, Type T 110, la fréquence de travail est de 118,3 MHz.

### I-2-2-2- Le BLU

Le BLU est un émetteur-récepteur utilisant les ondes HF. Il peut assurer deux types de liaisons :

- **la liaison air-sol** (cas où l'émetteur-récepteur VHF n'est pas disponible)
- **et la liaison sol-sol**

#### Caractéristiques du BLU :

- gamme de fréquence : 2 MHz à 22 MHz

- m

ε

r-sol : MA-PS (A3J) en Bande Latérale  
(BLI)

\* liaison sol-sol : MA (A3H) en Bande Latérale  
Supérieure (BLS)

- puissance : 30 W

- portée : quelques centaines de km (300 à 500 km)

Exemple : BLU THC 482C, 30 W , la fréquence est de  
5484 kHz.

### **I-2-2-3- L'émetteur-récepteur HF ou point à point (PEP)**

C'est un émetteur-récepteur utilisant le code morse. Le PEP réalise essentiellement la liaison sol-sol.

#### **Caractéristiques du PEP :**

- gamme de fréquences : 1500 kHz à 12000 kHz.

- type d'émission : MA (A1)

- puissance : quelques centaines de watts

- portée : 300 à 500 km

#### **Exemples :**

Fréquence de travail du PEP :

Moitié OUEST de Madagascar : 7722 kHz

Moitié EST de Madagascar : 7902 kHz

Fréquence de nuit : 3202 kHz

Puissance :

Type : N 54 OC : 300 W

Type : AME 1022 : 75 W

### **I-2-3- Répartition des équipements de Radiocommunications gérés par l'ADEMA**

Les équipements existants figurent dans le tableau 1 ci-dessous :

APPAREILS			
AERODROMES	E/R VHF	E/R HF (PEP)	BLU
Fianarantsoa	x	x	x
Mananjary	x	x	x
S/te Marie	x	x	x
Morondava	x	x	x
Toliary	x	x	x
Tolagnaro	x	x	x
Antsiranana	x	x	x
Nosy-Be	x	x	x
Sambava	x	x	x

Tableau 1 : Répartition des équipements COM gérés par l'ADEMA

Remarques :

Les E/R HF sont constitués par des lampes électroniques. (Type N 54 OC, 300 W pour l'aérodrome de Morondava ; type AME EN/E 1022, EF 75 W ) .

Les E/R VHF sont constitués par des transistors (Emetteur E 667,50W pour 7 stations) ou par des lampes (T 104 ; cas du Fianarantsoa et d'Antsiranana ) .

Les BLU sont constitués par des transistors et par des lampes dans l'étage final (Type THC 482C, 30 W pour les 9 stations) .

### I-3- LES EQUIPEMENTS DE RADIONAVIGATION

Les équipements de Radionavigation, communément appelés dans le métier NAV, permettent de déterminer la position de l'avion (azimut, distance) par rapport à la station au sol. (Annexe 3)

Ce sont principalement le NDB/LOCATOR, le VOR, et le DME.

Le système I.L.S assure le décollage et l'atterrissage de l'avion.

(Annexe 3a)

## I-3-1- Le NDB/LOCATOR(L) [1] [2]

### I-3-1-1- Rôle

La radiophare NDB (Non Directional Beacon) est un émetteur HF, muni d'une antenne omnidirectionnelle. Elle détermine le gisement de l'avion c'est-à-dire la valeur de l'angle que fait l'axe de l'avion (cap de l'avion) avec la direction dans laquelle la balise NDB est située (figure 1). Le NDB est donc une aide à l'orientation.

Le signal HF est découpé périodiquement par un code morse pour identifier la balise au sol se trouvant sur l'aérodrome ou à proximité, pour faciliter l'approche.

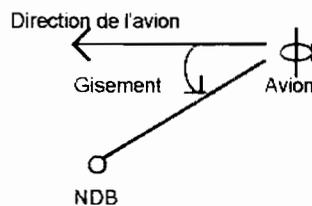


figure 1 : Détermination du gisement de l'avion par rapport à la balise au sol.

### I-3-1-2- Caractéristiques du NDB/LOCATOR(L) :

- gamme de fréquences : 200 kHz à 500 kHz

- puissance :

NDB : 50 à 5000 W

Exemple : Type N 102 : 300 W

LOCATOR : inférieur à 50 W

Exemple : Type TELERAD OM : 25 W

- portée :

NDB : 25 à 150 NM suivant la puissance de l'appareil  
(250 Km pour les NDB 300 W)

L : 10 à 25 NM (50 km pour les Locators 25 W)

- indicatifs : deux lettres

Le signal complet d'identification est répété au moins une fois toutes les 30 s (trois fois pour les Locators). La cadence est de 35 signes ou mots par minute (exemple: Mananjary «MJ»).

- modulation . (Annexe 8)

NDB : MA (A1) avec le signal modulant de 400 Hz.

L : MA (A2) avec le signal modulant de 1020 Hz.

### I-3-2- LE V.O.R. [1] [2]

#### I-3-2-1- Rôle

La radiophare V.O.R. (VHF Omni-Range) est un émetteur VHF, omnidirectionnel qui permet de déterminer l'azimut de l'avion par rapport à la station au sol, sur une ligne appelée radiale dont l'axe de référence est le Nord Magnétique ( $0^\circ$ ) . (figure 2) . Le VOR permet donc au pilote de naviguer selon la direction radiale constante par rapport au nord magnétique

L'indicateur du V.O.R. est transmis en code morse. Cette balise se trouve généralement dans l'axe d'approche d'un aérodrome.

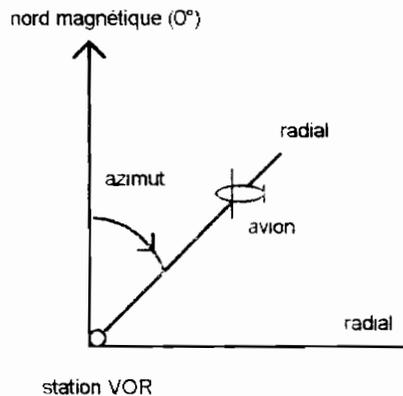


figure 2 : Détermination de l'azimut de l'avion par rapport à la station au sol.

#### Remarques :

L'azimut peut varier entre  $0^\circ$  et  $360^\circ$ , il existe donc 360 directions d'azimut appelées radiales ou rayons VOR

Sur une radiale donnée, l'indication fournie par le VOR reste la même quel que soit le cap de l'avion.

### **I-3-2-2- Principe de fonctionnement du VOR**

Le V.O.R émet deux ondes de 30 Hz. L'une est prise comme ondes de référence, omnidirectionnelle dont la phase à un instant et à une distance donnée du V.O.R. est constante, et l'autre une onde variable dont la phase à un instant et à une distance donnée du V.O.R. varie en fonction de l'azimut (variation linéaire).

A bord de l'avion, il suffit de comparer ces deux phases pour déterminer l'azimut de celui-ci. Dans la direction du nord magnétique, ces deux signaux sont en phases, et dans un azimut  $x$ , leur différence est exactement  $x$ .

### **I-3-2-3- Caractéristiques du VOR**

La fréquence varie d'un aéroport à un autre.

- gamme de fréquence : 108 MHz et 111 à 117.9 MHz

Exemple : Antananarivo (TNR) : 114,5 MHz

- modulation :

Elle se résume dans le tableau 2 ci-dessous :

SIGNAUX	TYPE DE MODULATION	FREQUENCE DE LA PORTEUSE
30 Hz VAR	MA	9960 Hz
30 Hz REF	MA MF	9960 Hz 10 kHz
Indicatif	MA	1020 Hz

Tableau 2 : Types de modulation des signaux du V.O.R.

- indicatif : sous forme d'un code de deux ou trois lettres transmis en morse

\* vitesse de transmission : 7 mots/mn.

\* Le signal complet d'identification est répété au moins une fois toutes les 30 s.

- portée : 20 à 30 NM (autour de 55,5 km)

### Remarque :

Dans certaines situations (géographique, croissance du trafic aérien...) le V.O.R s'avère incomplet, donc parfois il est associé avec un appareil de mesure de distance ou DME (Distance Measuring Equipment), pour former le système VOR/DME.

## **I-3-3- LE DME [1] [2]**

### **I-3-3-1-Rôle du DME**

La radiophare DME est un appareil UHF qui mesure la distance entre l'avion et la balise DME au sol. Il est identifié par le code morse et est constitué par deux éléments :

- à bord : l'interrogateur
- au sol : le transpondeur.

### **I-3-3-2- Principe de fonctionnement du DME**

L'interrogateur transmet des paires d'impulsions et après un délai de 50  $\mu$ s, le transpondeur réfléchit ces signaux qui sont captés par l'interrogateur. Le temps écoulé entre l'interrogateur et la réception de ce dernier, sera traduit en distance par l'équipement à bord (figure 3) . La distance est affichée de façon permanente et précise dans le poste de pilotage.

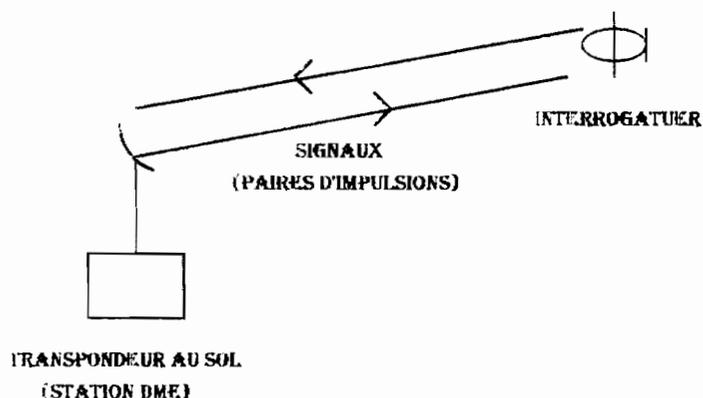


Figure 3 : Détermination de la distance d'une station

$$D = (t - T) \frac{c}{2}$$

T = 50µs : délai du transpondeur

c = 300.000 km/s : vitesse de la lumière

t : temps de propagation aller-retour des signaux

D : distance en km

### **I-3-3-3- Caractéristiques du DME :**

- gamme de fréquence : 962 MHz à 1213 MHz
- durée des impulsions : 3,5 µs
- identification : groupe de 2 ou 3 lettres en code morse

Le signal complet d'identification est transmis au moins une fois toutes les 30 secondes. La vitesse de transmission est de 7 mots par minute.

#### **Transpondeur :**

- puissance : 10 kW à 15 kW
- capacité : 100 avions environs

#### **Interrogateur :**

- puissance : 1 kW à 1.5 kW.
- portée : 200 NM à 300 NM.

#### **Remarque :**

Le DME est plus précis que le V.O.R. Il est possible d'associer ces deux appareils, pour former le système VOR/DME. Pour l'atterrissage, le DME serait en général combiné avec le GLIDE PATH pour former le système DME/ILS.

### **I-3-4- L'I.L.S. [3]**

#### **I-3-4-1-Rôle de l'ILS**

C'est un système d'aide non visuelle à l'approche finale et à l'atterrissage. (Annexe 3a) . Les équipements I.L.S (Instrument Landing System) comprennent :

**- le R.A.P (Radiophare d'Alignement de Piste) ou LOCALIZER (LOC) :**

Il définit radioélectriquement le plan vertical passant par l'axe de la piste en émettant un faisceau d'onde radioélectrique. (Annexe 3b) . Il fournit des écarts angulaires par rapport au plan vertical de la piste, donc permet au pilote de se repérer par rapport à cet axe. Le R.A.P émet aussi un signal indicatif (code morse) caractéristique à chaque piste.

**- le R.A.D (Radiophare d'Alignement de Descente) ou GLIDE PATH ou GLIDE SLOPE :**

Il définit le plan oblique de descente en émettant un faisceau d'onde dans un plan incliné suivant un certain angle (environ 3° selon l'OACI) . (Annexe 3b). Il fournit l'écart angulaire par rapport à ce plan. Il renseigne donc le pilote sur son plan de descente vers la piste.

**- les RADIOBORNES ou BALISES ou MARKERS :**

Elles servent de point de repère à l'entrée de la piste. De plus, elles émettent chacune sur une fréquence différente un signal en morse pour que les pilotes puissent identifier ces markers.

Remarque :

Le plan vertical, respectivement oblique est défini à l'aide d'une onde VHF (UHF) émise par le RAP (RAD) et modulée en amplitude simultanément par les ondes BF de 90 et 150 Hz.

**I-3-4-2- Caractéristiques de l'ILS :**

**LE R.A.P.**

- gamme de fréquence : 108 MHz à 110,9 MHz

Exemple : TNR : 109,5 MHz

- modulation : MA (modulation simultanée de la porteuse par les signaux BF 90 Hz et 150 Hz)

- portée : 25 NM (secteur de guidage de 3° à 6°) . (Annexe 3b) .  
Hors de ce secteur, la portée peut diminuer jusqu'à 17 NM.

- puissance : supérieure à 60 W

- indicatif : en MA (onde de modulation : 1020 Hz)

## LE R.A.D.

- gamme de fréquence : 328,6 MHz à 355 MHz ( UHF )
- portée : environ 330 NM
- puissance : supérieure à 20 W.
- modulation : MA simultanée de 90 Hz et de 150 Hz

## MARKERS

- fréquence : 75 MHz (VHF)
- modulation : MA (A2)
- directivité de l'antenne : cône verticale

Les autres caractéristiques des markers sont décrits dans le tableau 3 ci-dessous :



MARKER	CODE MORSE	INDICATIF	CADENCE	MODULATION
Inner	.....	blanc	6 points/mn	3 kHz
Middle	....-	ambre	2 traits/s	1300 kHz
Outer	----	bleu	2 trait/s	400 kHz

Tableau 3 : Les autres caractéristiques des markers.

### Remarque :

Les Markers peuvent être complétés ou remplacés par le DME.

### **I-3-4-3- Classification DES I.L.S.**

Les I.L.S. peuvent se subdiviser en trois catégories :

- **Catégorie I** : L'ILS de cette catégorie assure le guidage jusqu'à 60 m de hauteur (portée visuelle de piste : 800 m).

- **Catégorie II** : L'ILS de la catégorie II assure le guidage jusqu'à 15 m (au dessus du seuil), le maximum est de 30 m. La portée visuelle de la piste est de 400 m.

- **Catégorie III** : Ce type d'ILS guide l'avion jusque sur la piste et le long de celle-ci.

### I-3-4-4- Répartition des équipements de Radionavigation gérés par l'ADEMA.

La répartition des NAV existants est représentée par le tableau 4 ci-dessous :

AERODROMES	EQUIPEMENTS
Fianarantsoa	NDB
Mananjary	L
S/te Marie	L
Morondava	NDB
Toliary	NDB
Tolagnaro	NDB
Antsiranana	L
Nosy-Be	NDB
Sambava	L

Tableau 4 : Répartition des NAV gérés par l'ADEMA.

Les **NDB** sont constitués par des lampes ( type N 102, SADIR CARPETIER, RCA : 300 W), alors que les **LOCATORS** sont constitués par des transistors (type RBT 20/50 : 50 W) sauf le cas de Sambava (RBT 20/50 : 25 W) .

#### **I-4- REMARQUES :**

• L'émetteur-récepteur VHF, le PEP, le NDB/L ont une redondance, appelée « NORMAL / SECOURS » ou 1<sup>er</sup> et 2<sup>nd</sup> ensembles. Ce sont des appareils commutables automatiquement en cas de problème d'un ensemble.

• L'installation des appareils de Radionavigation dépend des facteurs suivants :

- le trafic de l'aérodrome :

Un aéroport international doit être équipé par le V.O.R, l'ILS, le DME, et le NDB.

- selon la structure géographique de l'aérodrome

Certains équipements ne doivent pas être installés auprès des obstacles (montagnes, building) pour éviter la perturbation de l'émission et la réception des signaux (cas du VOR). Un type particulier de VOR est utilisé dans ce cas : le VOR Doppler.

## CHAPITRE II : NOTIONS SUR LA MAINTENANCE

### II-1- DEFINITION

D'après la norme AFNOR, la maintenance est définie comme «*l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou d'être en mesure d'assurer un service déterminé*»

L'ensemble des opérations comme le contrôle, la visite, la réparation,... permet donc d'assurer la continuité du service d'un équipement, et de conserver sa potentialité.

Les actions de maintenance présentent deux aspects :

- la maintenance préventive
- et la maintenance corrective.

### II-2- LA MAINTENANCE PREVENTIVE

Le but de la maintenance préventive est de maintenir les équipements dans les conditions de performances proches des performances initiales et de réduire la probabilité de défaillance.

Les opérations de la maintenance préventive comportent l'inspection, le contrôle, la visite et le test des équipements. Ces opérations permettent :

- de diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne
- d'assurer la sécurité du personnel (éviter l'accident)
- de prévenir et de prévoir les interventions de la maintenance corrective coûteuse.

Ce type de maintenance peut se classifier en deux parties :

#### - la maintenance préventive systématique :

C'est une intervention périodique de nettoyage, de réglage, de contrôle et de mesure, ainsi que de remplacement systématique des composants ou certains éléments comme les fusibles, et les casques d'écoute.

Le personnel concerné intervient périodiquement quel que soit l'état de l'appareil. Cette opération est assurée par des agents spécialisés. (maintenance de 1<sup>er</sup> et 2<sup>nd</sup> degré) (Annexe 5)

### **- la maintenance préventive conditionnelle :**

L'intervention immédiate ne se fait pas, mais le personnel concerné évalue d'abord l'importance d'une dégradation intempestive lors d'une apparition des moindres symptômes, avant de prendre une décision. Ce type de maintenance dépend de l'expérience des techniciens et des informations recueillies par les mesures et contrôle. (maintenance de 3<sup>em</sup> degré) (Annexe 5)

### **II-3- LA MAINTENANCE CORRECTIVE OU LUCRATIVE**

Lors de la maintenance corrective sont effectués les dépannages et les réparations des appareils défectueux, suite à une défaillance subite ou à une baisse de performance.

Cette intervention comprend les opérations suivantes :

- la détection et la localisation des pannes (Annexe 7)
- le diagnostic
- le dépannage ou la réparation provisoire ou définitive
- la vérification de fonctionnement et le réglage après l'intervention.

Ces opérations seront effectuées par le personnel de 3<sup>ème</sup> degré .  
(Annexe 5)

### **II-4- RAPPORT ENTRE LA MAINTENANCE PREVENTIVE ET CORRECTIVE**

Le rapport entre la maintenance préventive et corrective dépend de la caractéristique technique constructive des équipements électroniques et des composants.

#### Exemple :

Pour réduire considérablement les actions sur la maintenance préventive, l'utilisation des composants intégrés avec un degré élevé de fiabilité est efficace.

L'activité sur la maintenance corrective sera plus allégée si les constructeurs fixent dans ses conceptions, les objectifs suivants :

- la détérioration ou le dérèglement de n'importe quel composant ne doit pas provoquer des effets secondaires sur les autres composants et sur les étages fonctionnels.

- la prévoyance d'un système de sécurité qui permet de localiser visuellement et auditivement le bloc défectueux.
- l'inclusion des systèmes d'avertissement d'apparition des détériorations ou des dérèglages.
- une intervention et accessibilité faciles pour la mesure et le remplacement des composants et des sous ensembles des équipements.

L'exécution systématique des opérations de maintenance préventive permet de réduire les pannes entraînées par des incidents. La maintenance préventive et corrective sont donc complémentaires.

## II-5- COUT DE LA MAINTENANCE

La politique de maintenance consiste à assurer cette maintenance au moindre coût avec la meilleure qualité de service possible. Elle doit être adaptable à chaque type de matériel en fonction des technologies employées, du nombre d'équipements identiques et de la qualité de service souhaitée.

La gestion efficace des coûts de maintenance est alors réalisable. (figure 4)

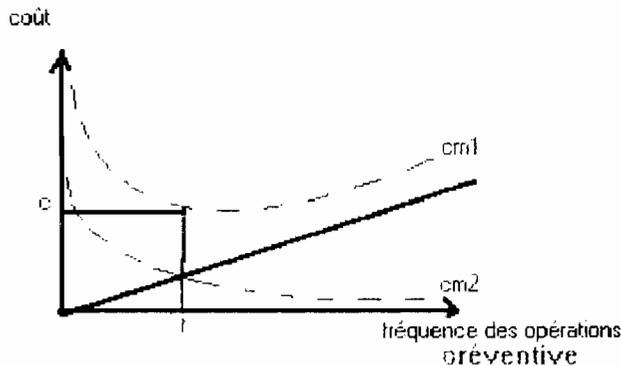


figure 4 : Coût de la maintenance en fonction de la fréquence des opérations.

- C : coût optimal
- Cm1 : coût de maintenance préventive
- Cm2 : coût de maintenance corrective
- f : fréquence optimale d'intervention

Pour une intervention de maintenance préventive élevée, le nombre de panne diminue, d'où une augmentation de la disponibilité de l'équipement. Dans ce cas, le coût de la maintenance corrective diminue.

L'élaboration d'un programme d'intervention de la maintenance préventive pour chaque appareil est donc indispensable, il doit indiquer la fréquence d'intervention et préciser les procédures à suivre.

## **II-6- CHOIX ENTRE LA MAINTENANCE SYSTEMATIQUE ET CORRECTIVE.**

Le choix entre la maintenance systématique et corrective consiste surtout à comparer les coûts de chaque intervention au niveau des équipements.

Soit  $c_1$  le coût de la maintenance corrective :

$$c_1 = \frac{(p + P)}{\int_0^{\infty} R(t) dT} \quad (1)$$

$p$  : coût direct d'une intervention,

$P$  : coût indirect d'une défaillance,

$R(t)$  : la fiabilité de l'appareil,

$\int_0^{\infty} R(t) dT$  : période moyenne de fiabilité.

Soit  $c_2(T)$  le coût de la maintenance systématique :

$$c_2(T) = \frac{p + P[1 - R(t)]}{\int_0^T R(t) dT} \quad (2)$$

$T$  est la période d'intervention,

$1 - R(t)$  la probabilité d'une défaillance.

Il suffit de comparer  $c_1$  et  $c_2(T)$ . Dans le cas où  $c_1$  est inférieur à  $c_2(T)$ , l'option de la maintenance corrective est recommandée, dans le cas contraire, c'est la maintenance systématique.

### Remarque :

En général, lorsque le coût de la maintenance est exorbitant, il faut renoncer à l'intervention et penser de suite au remplacement de l'appareil.

Mathématiquement, soit  $T$  la période optimale de remplacement systématique recherchée.  $T = T_0$  correspond au minimum de la fonction  $f(T)$ , telle que :

$$f(T) = \frac{c_2(T)}{c_1}$$

$C_1$  : coût de la maintenance corrective (1)

$C_2$  : coût de la maintenance systématique (2)

La maintenance et le remplacement présentent des avantages et des inconvénients selon le tableau comparatif de l'annexe 4.

### II-7- LOI DE PANNES

Elle traduit la fiabilité d'un appareil, et se divise en trois phases distinctes selon la figure 5 ci-dessous :

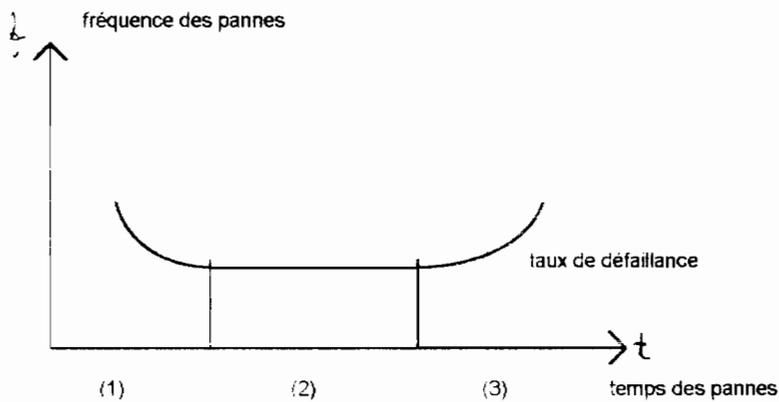


Figure 5: " courbe en baignoire "

**Phase (1) :** c'est la période de "dévernissage" ou "jeunesse" des composants électroniques. A l'origine, le taux de défaillance est élevé et diminue progressivement jusqu'à un certain temps pour atteindre la phase (2).

**Phase (2) :** c'est la phase d'utilisation normale de l'appareil. La période de rendement du matériel est optimal. Le taux de défaillance est supposé constant.

**Phase (3)** : c'est la période de déclassement du matériel à cause de son vieillissement et de son usure. La défaillance de l'appareil est accélérée, de même sa dégradation. L'amélioration ou le changement du matériel est à envisager.

## **II-8- MAINTENABILITE ET FIABILITE D'UN EQUIPEMENT**

La maintenabilité et la fiabilité d'un équipement peuvent être considérées comme des propriétés imposées par le constructeur lors des phases de conception et de réalisation du produit.

**La maintenabilité** est la probabilité qu'une machine soit remise en état de fonctionnement après une panne dans un temps donné, avec des moyens donnés, dans des conditions données, en retrouvant la fiabilité initiale.

**La fiabilité** est la faculté qu'a un appareil de pouvoir fonctionner sans défaillance pendant une période déterminée et dans des conditions données. Elle représente un aspect de continuité de bon fonctionnement des équipements, et dépend en général de la disponibilité et de la maintenance de ces appareils.

La fiabilité élevée n'implique pas toujours une maintenabilité correspondante. Une maintenabilité élevée, même pour une fiabilité moyenne, peut conduire à l'obtention d'un coefficient de disponibilité élevé, avec un coût réduit.

La maintenance est considérée comme une prolongation de la fiabilité.

## **II-9- DISPONIBILITE, DURABILITE ET DEFAILLANCE D'UN EQUIPEMENT**

**La disponibilité** d'une installation est le rapport entre la durée de fonctionnement réel d'un appareil, et la durée de fonctionnement spécifié. Elle est définie par :

$$A(t) = R(t) + F(t) M(tr)$$

A(t) : la disponibilité de l'appareil

R(t) : la fiabilité ou la probabilité de bon fonctionnement de l'appareil

M(tr) : la probabilité de réparation de l'appareil, avec (tr) le moment où le technicien effectue la réparation

Le produit  $F(t) M(t)$  définit la maintenabilité d'un équipement.

$F(t) = 1 - R(t)$  : ~~pp~~ probabilité de défaillance

Le coût de la maintenance et de la fiabilité dépend de la disponibilité de l'appareil et est représenté par la figure 6 ci-dessous :

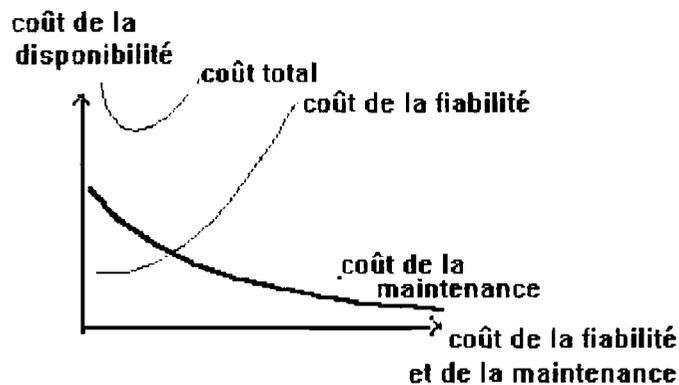


figure 6 : Coût de la fiabilité et de la maintenance en fonction de la disponibilité de l'appareil.

**La durabilité** est l'aptitude dont dispose un élément d'un équipement de conserver des qualités de service normales avant son remplacement.

**La défaillance** est définie comme toute circonstance imprévue qui se traduit par le fait qu'une installation ne fonctionne pas dans les limites de tolérances spécifiées pendant une durée qui présente une certaine importance pour l'exploitation.

## II-10- RELATION ENTRE LA FIABILITE, LA MAINTENABILITE ET LA DISPONIBILITE D'UN EQUIPEMENT

Il existe une formule mathématique qui lie la fiabilité, la maintenabilité et le coefficient de disponibilité d'un appareil :

$$A = \frac{m}{m + m_r} \quad (3)$$

A : coefficient de disponibilité de l'appareil,

m : durée moyenne bon fonctionnement,

$m_r$  : durée moyenne de la réparation

La formule (3) peut s'écrire :

$$A = \frac{1}{\left(1 + \frac{m_r}{m}\right)} \quad (4)$$

En dérivant (4) par rapport à "m", nous obtenons la formule (5):

$$\frac{dA}{dm} = \frac{m_r}{(m + m_r)^2} \quad (5)$$

A partir de la relation (5), nous déduisons la vitesse de croissance de disponibilité de l'appareil:

$$\frac{dA}{dm} = \frac{1}{m_r} \quad (6)$$

La figure 7 ci-dessous représente la disponibilité d'un équipement en fonction de la fiabilité et la maintenabilité :

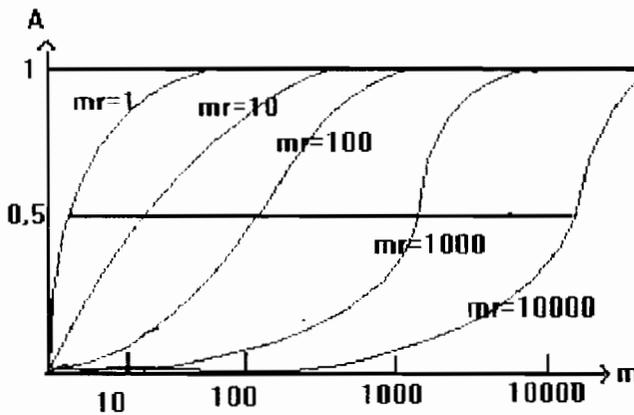


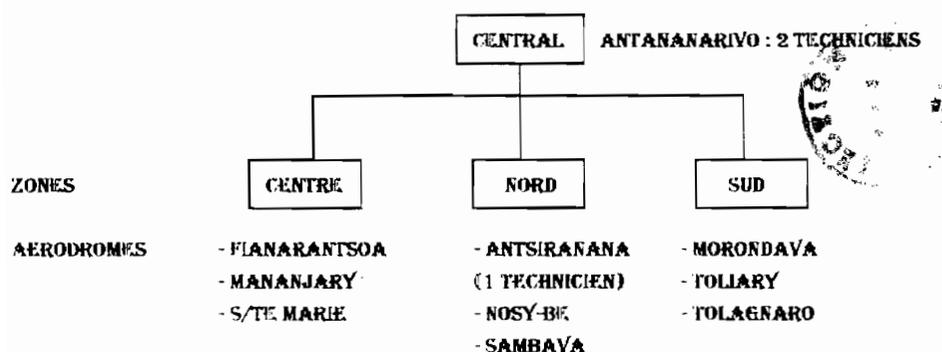
Figure 7: La disponibilité d'un appareil en fonction de sa fiabilité et maintenabilité .

## CHAPITRE III : CONSIGNES DE MAINTENANCE

### III-1- Situation actuelle de la maintenance des équipements radioélectriques de la navigation aérienne de la société ADEMA.

#### III-1-1- Les exploitants.

L'atelier radio ne dispose que de trois (3) techniciens pour assurer la maintenance des équipements radioélectriques de la navigation aérienne existants dans neuf (9) aérodromes gérés par l'ADEMA.



En plus, ces techniciens sont aussi chargés de résoudre les problèmes électriques et électroniques des aérogares (sonorisation, téléphone, etc..) . En fait, ils sont donc surchargés par leur tâches.

#### Remarque :

Chaque station dispose en outre d'un (1) commandant d'aérodrome et de deux (2) opérateurs de tour de contrôle, mais ils ne participent pas à la maintenance préventive systématique des équipements et se contentent d'informer le Service Central en cas d'anomalie ou de défaillance.

#### III-1-2- Principe de la maintenance

La maintenance de ces équipements radioélectriques est basée sur la maintenance corrective ou lucrative.

Si le technicien a un temps libre après le dépannage ou la réparation en station (cas d'une mission) , il profite de cette occasion pour effectuer la maintenance préventive systématique des autres équipements existants dans

l'aérodrome en question. (nettoyage, contrôle, visite,...) . Cette maintenance est donc occasionnelle.

### **III-1-3- Organisation de la maintenance**

Les aérodromes ne disposent plus du dossier technique du constructeur. Ce dossier doit être spécifique à chaque appareil.

Lors d'une mission, le technicien amène le document technique avec lui malgré le mauvais état de ce dossier. En plus, les données techniques sont insuffisants comme le plan de câblage, les consignes de maintenance...

il existe des cas où les causes probables d'une défaillance ne sont pas connues par le commandant d'aérodrome. La difficulté se repose donc sur les pièces de rechange à apporter par le technicien avant son départ pour une mission.

Les matériels de maintenance (fréquence-mètre, générateur HF,...) n'existent pas. Par conséquent, le technicien est obligé pendant son intervention de procéder à un tâtonnement ou de se fier au hasard, ce qui peut aggraver la panne et diminuer considérablement la disponibilité de l'équipement.

### **III-1-4- Les équipements radioélectriques**

Presque 80% des équipements gérés par l'ADEMA sont constitués par des lampes électroniques (Point à Point, NDB, E/R VHF de type Nardeux, et l'étage de puissance du BLU) . La technologie est donc très ancienne et le constructeur ne produit même plus certains tubes. Le problème d'approvisionnement de ces composants s'aggrave de plus en plus. (Cf chapitre IV)

Dans certains cas, le technicien est obligé d'effectuer des opérations d'adaptation entraînant une diminution considérable de la durée de vie de fonctionnement de l'équipement.

## **III-2- Apport sur la maintenance des équipements radioélectriques de la navigation aérienne**

### **III-2-1- Les exploitants**

Vu l'état critique de ces équipements et l'insuffisance du personnel chargé de la maintenance, la procédure de **recrutement** est incontournable.

Pour **chaque aérodrome**, il faut donc **un surveillant** et **un technicien**.

Le surveillant assure la maintenance du premier et second degré (Annexe 5) dans son aérodrome (maintenance préventive systématique) . En cas d'anomalie, le technicien de l'aérodrome prend immédiatement une décision pour que l'arrêt de fonctionnement de l'appareil soit minime. (maintenance corrective) (Cf chapitre IV)

Le nombre du personnel chargé de la maintenance des équipements radioélectriques pour chaque aérodrome se résume dans le tableau 5 ci-dessous :

ZONES	Nombre des exploitants de maintenance	
	SURVEILLANTS	TECHNICIENS
CENTRE	(3)	(3)
SUD	(3)	(3)
NORD	(3)	(3)

Tableau 5 : nombre du personnel de maintenance

### **III-2-2- Principe de la maintenance**

Pour assurer le fonctionnement correct et continu de ces équipements (fiabilité, disponibilité) , il faut mettre en oeuvre un programme de maintenance systématique.

Ce programme contient :

- les listes des travaux à effectuer (contrôle visuel, nettoyage, mesures,...) ,
- la périodicité de ces travaux (quotidiennes, mensuelles, trimestrielles, semestrielles) , et leurs conditions de réalisation (appareils hors service, appareil en service) ,
- les consignes et les instructions à suivre, avec les opérations y afférentes.
- la classification du personnel (premier, second et troisième degré) chargé de la maintenance. (Annexe 5)
- le principe de réglage qui doit être effectué après la réparation d'une défaillance ou après une anomalie constatée lors des mesures et contrôles.

Le but est d'augmenter la disponibilité et la durabilité de l'appareil, donc de minimiser la fréquentation d'une défaillance.

### **III-2-3- Organisation de la maintenance**

Chaque aérodrome doit avoir le dossier technique du constructeur de l'équipement existant dans la station. Il est recommandé de photocopier ce document technique dont le Service Central dispose.

Le matériel de maintenance (fréquence-mètre, générateur HF,...) doit exister dans le Service Central. En cas de besoin, le technicien de l'aérodrome contacte d'abord le Chef de Zone et ce dernier avise le Service Central.

Dans le but de rédiger un rapport d'intervention le plus clair que possible, les supports d'information de maintenance sont indispensables. Ils entraînent l'efficacité et la facilité de travail du personnel chargé de la maintenance. Ce sont des fiches de suivi de fonctionnement, spécifiques à chaque appareil.

#### **III-2-3-1- FICHE DE SUIVI (FS1) :**

C'est le **rapport journalier d'activité** effectué par le surveillant (maintenance du premier et second degré) et à observer par le technicien de l'aérodrome. Ce dernier prend immédiatement une décision relative aux anomalies constatées par le surveillant (maintenance corrective) .

Le surveillant devra donc tout y noter sur le fonctionnement de l'appareil (anomalies,...) et ses interventions (nettoyage, contrôle,...) .

Cette fiche est unique pour chaque appareil.

#### **III-2-3-2- FICHE DE SUIVI (FS2)**

Elle représente le **rapport mensuel d'activité** de chaque aérodrome et envoyée au Chef de Zone à chaque fin du mois. Elle contient les pannes constatées sur les équipements et les interventions correspondantes du technicien. Elle doit être en deux exemplaires dont le double est destiné au Service Central.

C'est donc le technicien de l'aérodrome qui doit la remplir après avoir vu la fiche FS1. (maintenance préventive systématique)

Cette fiche est unique pour chaque appareil. Elle permet de faire une analyse sur la fréquence de panne pour mieux gérer les stocks des composants nécessaires à la maintenance.

### **III-2-3-3- FICHE DE SUIVI (FS3)**

Cette fiche représente le rapport annuel d'activité de chaque zone effectué par le Chef de Zone, et envoyée au Service Central à chaque fin d'année.

Elle doit être unique pour chaque équipement. Elle contient le nombre et la durée de pannes (partielles ou totales) des appareils existants dans une Zone. La défaillance totale veut dire une cessation de l'aptitude d'un appareil à accomplir sa fonction requise, et la défaillance partielle correspond à une altération de l'aptitude d'un équipement à accomplir sa fonction requise.

La synthèse de cette fiche permet de minimiser le coût de la maintenance en gérant efficacement les stocks nécessaires pendant une période déterminée.

### **III-2-3-4- FICHE HISTORIQUE D'ENTRETIEN CORRECTIF (FHEC) :**

Après l'intervention du technicien (maintenance corrective), il doit remplir cette fiche en mentionnant la nature de pannes, les opérations effectuées, et ses observations. Cette fiche doit être en deux exemplaires et envoyées au Chef de Zone et au Service Central.

Une étude faite à partir de la FHEC permet de tirer des conclusions et de prendre des précautions pour assurer le bon fonctionnement de l'appareil.

### **III-2-3-5- FICHE HISTORIQUE DE MODIFICATION TECHNIQUE (FHMT) :**

Elle est utilisée pour stocker les informations relatives aux modifications techniques.

L'importance de cette fiche se rapporte plus particulièrement à la maintenance préventive de telle manière qu'une modification pourra entraîner des changements des paramètres à mesurer ou sur la valeur de ces paramètres ou sur les procédures d'entretien et la périodicité de celles-ci.

Elle doit être en deux exemplaires et envoyées au chef de Zone et au Service Central.

**AEROPORTS DE MADAGASCAR**  
**DIRECTION TECHNIQUE**  
**SERVICE DES EQUIPEMENTS ET MATERIELS**  
**ATELIER ELECTRONIQUE**

**RAPPORT JOURNALIER D'ACTIVITE : FSI**

Zone :

Appareil :

Centre régional :

Type :

Aérodrome :

Personnel : surveillant

DATE (1)	N / S (2)	HEURE DEBUT (3)	HEURE FIN (3)	OPERATIONS (4)	OBS ET SIGNATURE (5)

(1) : période d'intervention du surveillant (date/mois/année)

(2) : opérations sur l'appareil « Normal » ou « Secours ».

(3) : heure de début et fin des opérations

(4) : types des opérations : contrôle des voyants, test émission, vérification de l'antenne,...

(5) : observations et signature du surveillant. Les anomalies constatées doivent être mentionnées (voyants non allumés, émission inexistante ou réception faible,...)

**AEROPORTS DE MADAGASCAR**  
**DIRECTION TECHNIQUE**  
**SERVICE EQUIPEMENTS ET MATERIELS**  
**ATELIER ELECTRONIQUE**

**RAPPORT MENSUEL D'ACTIVITE : FS2**

Zone :

Mois :

Année :

Centre régional :

Aérodrome :

Personnel : technicien

APPAREIL (1)	ENS-S/ENS (2)	ANOMALIES (3)	NATURE d'INTERVENTION (4)	DEBUT D'INTER (5)	FIN D'INTER (5)	OBS et SIGNATURE (6)

(1) : type de l'appareil (exemple : Emetteur VHF, 50 W Nardeux)

(2) : ensemble (Normal ou Secours) ou sous-ensemble (étage fonctionnel : alimentation, final...) de l'appareil en panne.

(3) : anomalies constatées : voyants mal éclairés, réception très faible...

(4) : nature d'intervention : remplacement des composants, adaptation...

(5) : début et fin d'intervention : indique la date et l'heure de l'opération.

(6) : observation et signature du technicien.

**AEROPORTS DE MADAGASCAR  
 DIRECTION TECHNIQUE  
 SERVICE EQUIPEMENTS ET MATERIELS  
 ATELIER ELECTRONIQUE**

**RAPPORT ANNUEL D'ACTIVITE : FS3**

Zone :

Centre régional :

Date :                      Année :

Personnel : Chef de Zone

	APPAREIL :	TYPE :	
	NOMBRE DE PANNES		
AERODROMES	PARTIELLES (1)	TOTALES (1)	DUREE (2)

(1) Mettre en regard du chiffre le nom du mois de l' année (Ja, F, M, A, Ma, J, Ju, At, S, O, N, D )

(2) En jours

ZONES :

NORD (ANTSIRANANA, NOSY-BE, SAMBAVA)

SUD (MORONDAVA, TOLIARY, TOLAGNARO)

CENTRE (FIANARANTSOA, MANANJARY, S/TE MARIE)

**AEROPORTS DE MADAGASCAR  
DIRECTION TECHNIQUE  
SERVICE EQUIPEMENTS ET MATERIELS  
ATELIER ELECTRONIQUE**

**RAPPORT D'ENTRETIEN : FHEC**

Zone :

Centre régional :

Aérodrome :

Personnel : technicien

APPAREIL (1)	ENS/SENS (2)	DATE DEBUT (3)	NATURE DE PANNE (4)	INTERVENTIONS (5)	DATE FIN (3)	OBS et SIGN (6)

(1) : type de l'appareil en panne

(2) : ensemble (Normal ou Secours) ou sous-ensemble (étage fonctionnel) de l'appareil en panne

(3) : date de début et fin d'intervention

(4) : nature de la panne (panne d'origine mécanique : détérioration des contacts, broches mal fixées,... ; panne due à la défectuosité des composants : filament du tube coupé, court circuit des condensateurs,... ; panne causée par l'environnement : humidité, température,... ; panne due à une erreur de manipulation, panne due à l'utilisation abusive de l'appareil,...)

(5) : interventions effectuées : dépannage, réparation

(6) : observations et signature du technicien

**AEROPORTS DE MADAGASCAR**  
**DIRECTION TECHNIQUE**  
**SERVICE EQUIPEMENTS ET MATERIELS**  
**ATELIER ELECTRONIQUE**

**RAPPORT DE MODIFICATION : FHMT**

Zone :

Centre régional :

Aérodrome :

Personnel : technicien

APPAREIL (1)	ENS-S/ENS (2)	DATE (3)	DESCRIPTION DE MODIFICATION (4)	OBJECTIF (5)	DOCUMENTS MODIFIES (6)	OBS et SIGN (7)

(1) : type de l'appareil à modifier

(2) : ensemble (Normal ou Secours) ou sous-ensemble (étage fonctionnel) de l'appareil à modifier

(3) : date de modification

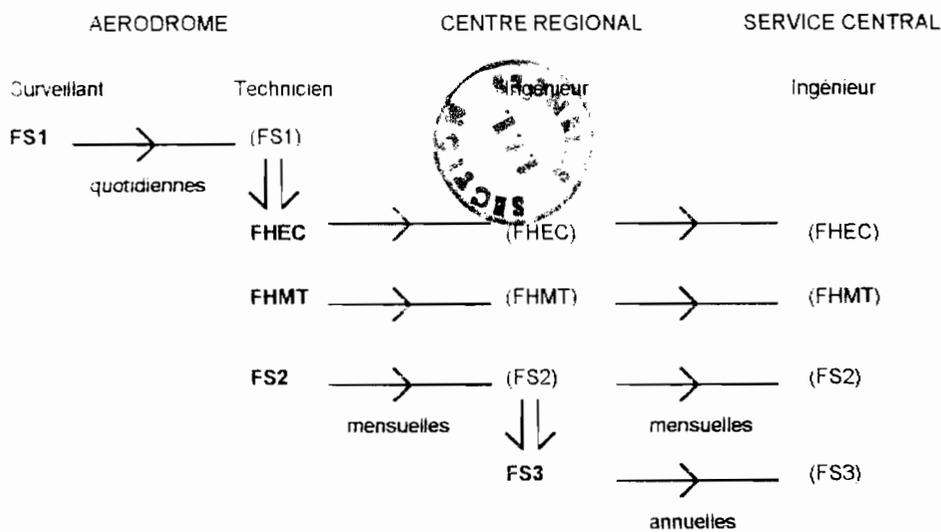
(4) : description de modification de l'appareil.

(5) : objectif : amélioration de la sensibilité, du gain de l'étage,...

(6) : indique les documents modifiés

(7) : observations et signature du technicien

### III-2-3-6- Mouvement des fiches



Le surveillant envoie la fiche FS1 au technicien. En cas d'anomalie, ce dernier doit remplir la fiche FHEC ou FHMT en plus du rapport d'activité mensuel (fiche FS2). En cas de problème majeur, le technicien avise le Chef du centre régional qui peut donner des recommandations pour que la période d'arrêt de fonctionnement des équipements soit minimale. La fiche FS3 contient le rapport annuel d'activité effectué par le chef de Zone. L'ingénieur central est chargé de la synthèse des différents rapports d'activité des trois centres régionaux de maintenance.

### III-2-4- Consignes générales de maintenance

Du fait de la similitude de principe de fonctionnement et les différents étages constitutifs de ces appareils de Radionavigation et Radiocommunications (annexes 1 et 2), nous pouvons généraliser les consignes de maintenance regroupant la maintenance préventive et la maintenance corrective.

Les consignes sont les plus souples que possibles, c'est-à-dire applicables aux équipements nouveaux (VOR, DME,...). La seule différence est due à la technologie utilisée, mais le principe à suivre est le même.

# **CONSIGNES GENERALES DE MAINTENANCE**

**F1 : Pour les SURVEILLANTS**

**F2 : Pour les TECHNICIENS**

## **CONSIGNES GENERALES DE MAINTENANCE (F1)**

Personnel : surveillant

### **QUOTIDIENNES :**

- Contrôle visuel de l'antenne : haubans cassés, câbles coupés ou pliés, obstacles imprévus. Inspection et contrôle de leur position (verticalité)
- Vérification de la lumière de balisage
- Vérification du dispositif d'alimentation
- Contrôle des voyants de l'appareil : HT, MT, EMISSION, CHAUFFAGE,... ainsi que le remplacement éventuel des fusibles (chauffages, HT, polarisation, ... )
- Contrôle de la position des commutateurs
- Contrôle de l'émission et/ou de la réception : mesure du courant d'antenne, vérification de la qualité d'écoute du récepteur en éliminant le silencieux.
- Basculer et reprendre le même contrôle
- Contrôle de l'heure de fonctionnement sur un cahier de suivi
- Propreté du local (mur, plancher)
- Propreté extérieure de l'appareil.

### **Moyens utilisés :**

- chiffons doux ou aspirateur si possible
- fiche de suivi (FS1)
- visuel
- appareil de mesure incorporé (galvanomètre)

### **MENSUELLES :**

#### **Nettoyage :**

- nettoyage et dépoussiérage de l'intérieur des châssis et armoire
- nettoyage des filtres à air (remplacement éventuel)
- nettoyage du feeder, des câbles...

#### **Vérification :**

- serrage des écrous.
- contrôle de toutes les connexions (câbles de raccordement, prises..)
- contrôle du basculement de l'appareil
- contrôle des circuits imprimés (cassure ou déformation)
- contrôle du bon fonctionnement de tous les circuits de commutation électromécanique (relais, contacteur,...)

#### Mesures :

- mesure de la tension d'alimentation, de la puissance, du courant de l'étage amplificateur final, de la modulation, de la HT, de l'oscillation, de la fréquence de travail,...

#### Moyens utilisés :

- galvanomètre incorporé
- fiche de mesures
- brosse souple
- boîte à clef

### **TRIMESTRIELLES :**

#### Graissage :

- graissage des coulisseaux des glissières, l'encliquetage des commutateurs et les éléments de manipulation mécanique, ainsi que les engrenages et les pignons.

#### Antenne :

- coaxial : nettoyage, resserrage, graissage au besoin.
- vérification de l'état de l'antenne
- vérification des plaquettes de connexion (cassure,...) , les isolateurs (cassures, corrosion...), mât et leur revêtement (peinture), fiches de raccordement.
- serrage des câbles, cosses, tendeurs
- vérification de la lumière de balisage
- vérification de la propreté de l'environnement immédiat, et de la solidité de la clôture.

## **CONSIGNES GENERALES DE MAINTENANCE (F2)**

**Personnel** : technicien

### **SEMESTRIELLES :**

- Visite de l'intérieur de l'appareil : nettoyage des composants et contrôle des supports des tubes, bobines, transformateurs,...
- Vérification de la dégradation des composants : traces de carbonisation sur les résistances ou bobines de relais, trace d'échauffement ou de surcharge (fuite sur le transformateur, self et condensateur de filtrage) .
- Changement systématique des lampes ou les composants apparemment détériorés et ceux connus de basse fiabilité

### **Vérification générale des antennes :**

- Vérification de la propreté de l'environnement immédiat et des caniveaux, de la solidité des organes de fixation, peinture des pylônes.
- Mesure du courant d'antenne
- Visite et contrôle de la cellule d'adaptation d'antenne (état, étanchéité)
- Correction de la verticalité de l'antenne

### **Moyens utilisés :**

- aspirateur
- wattmètre
- générateur HF
- pièces de rechanges
- visuel
- fréquencemètre
- graisse au silicone
- contrôleur universel
- mesure de champs

# REGLAGES

## **Périodicité :**

Après la réparation d'une défaillance ou après une anomalie constatée lors des mesures et contrôle.

## **Principe :**

- préréglage des condensateurs selon le tableau de réglage spécifique pour chaque appareil.
- réglage des différents modules (pilote à quartz, taux de modulation, circuit de protection, silencieux...) suivant les indications propres à chaque équipement.

## **III-2-5- Consignes particulières de maintenance**

Nous prenons deux exemples d'application plus détaillés (cas d'un émetteur VHF 50 W Nardeux T 110 et la radiobalise NDB Nardeux 300 W OM) pour montrer la souplesse des consignes générales de maintenance précédentes. Ces deux équipements sont constitués par des tubes électroniques (NDB) et des transistors (E VHF) .

### **III-2-5-1- Emetteur VHF NARDEUX, Type T 110, 50 W**

## **CONSIGNES PARTICULIERES DE MAINTENANCE**

### **Emetteur VHF :**

**F3 : Pour les SURVEILLANTS**

**F4 : Pour les TECHNICIENS**

### **Radiobalise NDB :**

**F5 : Pour les SURVEILLANTS**

**F6 : Pour les TECHNICIENS**

## CONSIGNES PARTICULIERES DE MAINTENANCE (F3)

Appareil : NARDEUX 50 W VHF

Type : T 110

Aérodrome :

Personnel : surveillant

### QUOTIDIENNES :

#### Test émission :

- faire fonctionner en « local » et alternativement en « normal » et « secours » (sans déconnecter la batterie s'il y a lieu, en utilisant le bouton « Normal/Réglage »)
  
- noter les mesures de courant et tension :
  - mettre le commutateur de mesures en position 6
  - l'aiguille du galvanomètre universel incorporé doit indiquer l'échelle 5 à 6,5/10 (l'échelle 10 correspond à 5 A) ce qui correspond à une valeur réelle de 2,5 à 3,25 A
  - mettre le commutateur de mesures en position 10
  - l'aiguille du galvanomètre doit indiquer l'échelle 21/10 (l'échelle 30 correspond à 30 V).
- faire fonctionner sur pupitre et alternativement en «normal» et «secours» sans notation de mesures.

#### Contrôle visuel :

- contrôler les voyants (alarme antenne, émission, alimentation)
- vérifier l'état des fusibles (batterie, secteur, protection du système de régulation)

#### Vérification :

- vérifier le chargeur (débit) et la batterie (tension, valeur électrolyte)
- vérifier le fonctionnement de l'ensemble sur batterie (secteur éliminé)
  - en local
  - en pupitre
- vérifier les connexions extérieures (fiches, prises, câbles, fusibles)
- changement d'ensemble

#### Propreté : (dépoussiérage)

- propreté du local
- propreté extérieur de l'appareil

#### Moyens utilisés :

- visuel, galvanomètre incorporé, FS1

## MENSUELLES :

### Appareil hors service

#### Nettoyage :

- dépeussier l'intérieur du châssis et l'armoire (baie)

#### Serrage et vérification :

- vérifier le serrage de l'écrou face avant et arrière des châssis ainsi que le serrage du porte-fusibles.
- vérifier le serrage des fiches de raccordements entre le tiroir émetteur et le feeder, le châssis alimentation et émetteur.
- vérifier les connexions des cartes enfichables
- vérifier l'état des câbles de raccordement

#### Mesures :

- relever toutes les mesures dans la fiche de mesures mensuelles . contrôler la tension d'alimentation (21 V), et la tension fournie par le driver HF (Q7) , la tension de sortie, la régulateur de modulation, la modulation.
  - contrôler les courants des différents étages : doubleur de fréquence (Ic), premier préamplificateur HF (Ic), driver HF (Ib, Ic), final HF (Ic).
  - contrôler la précision de la fréquence selon la station :
    - connecter la fréquencemètre VHF
    - lire la fréquence de l'oscillateur (stabilisée selon le quartz)

#### Moyens utilisés :

- fréquencemètre, visuel, galvanomètre incorporé, boîte à clef
- nécessaire de nettoyage : pinceau large et doux
- fiche de mesures

## TRIMESTRIELLES :

#### Vérification :

- Vérifier l'état du câble

#### Graissage :

- graisser le coulisse des châssis
- graisser les encliquetages du contacteur à 10 positions

#### Antenne :

- vérifier la fixation de l'antenne et les haubans
- contrôler le feeder (état global)

#### Moyens utilisés :

- Graisse, visuel, boîte à clef
- Pinceau ou compresseur, brosse soyeuse



**AEROPORTS DE MADAGASCAR  
DIRECTION TECHNIQUE  
SERVICE EQUIPEMENTS ET MATERIELS  
ATELIER ELECTRONIQUE**

**FICHE DE MESURES MENSUELLES**

**Appareil :** NARDEUX 50 W VHF (émetteur)

**Mois de :** \_\_\_\_\_ **Année :** \_\_\_\_\_

**Type :** T 110

**Date de mesures :** \_\_\_\_\_

**Aérodrome :** \_\_\_\_\_

POSITION DE MESURE	NATURE DE LA MESURE	CALIBRE et VALEUR de tension ou courant pour fin d'échelle		LECTURE en fonctionnement normal (1) chiffre de l'échelle		VALEUR REELLE CORRESPONDANTE			
		Emetteur	Normal	Secours	Emetteur	Normal	Emetteur	Normal	Secours
1	Ic de Q2 (doubleur de fréquence)	50 mA			7/10		35 mA		
2	Ic de Q4 (préampli HF)	200 mA			4/10		80 mA		
3	Ib de Q7 (driver HF)	200 mA			5/10		80 à 130 mA		
4	Tension fournie HF par Q7	N.C			5/10				
5	Ic de Q7 (driver HF)	2 A			4 à 5,5/10		0,8 à 1,1 A		
6	Ic de Q8-Q9 (final HF)	5 A			5 à 6,5/10		2,5 à 3,25 A		
7	Tension HF de sortie	N.C			5/10(2) (5)				
8	Modulation	--			5/10(3) (5)				
9	Contrôle régulateur-modulation	--			5/10 (4)				
10	Tension d'alimentation +21V	30 V			21/30		21 V		

NOTA : (1) valeur moyennes variant avec la fréquence d'activité du quartz (2) lecture possible après réglage convenable du «tarage porteuse» (3) après réglage convenable du «tarage porteuse» et pour modulation 100% (4) dévie avec la modulation, quand le régulateur est en action, peut être utilisé pour contrôle permanent de la modulation, en service normal (5) lecture possible en position «réglage» de S202.

NC : Non Calibré

**OBSERVATION :** \_\_\_\_\_

## **CONSIGNES PARTICULIERES DE MAINTENANCE (F4)**

**Appareil** : NARDEUX 50 W VHF

**Type** : T 110

**Aérodrome** :

**Personnel** : technicien

### **SEMESTRIELLES** :

- changement systématique des composants à risques et jugés non fiables
- revivification des performances globales de l'appareil (puissance, sensibilité,...) avec les appareils de mesures, et réglage en cas de fonctionnement hors tolérance

**Nettoyage** : (propreté interne)

- dépeussierage des composants : les lames des condensateurs variables et ajustables, la surface de contact des résistances variables, et surtout les composants supportant des potentiels élevés.
  - . mettre l'émetteur en "ligne"
  - . débrancher les tiroirs non sélectionnés et les sortir de la baie
  - . souffler les intérieurs de ceux-ci.
  - . remettre en place
  - . renouveler l'opération sur l'autre ensemble

**Vérifications** :

- contrôler les supports des tubes, bobines, condensateurs, transformateurs, et assurer que les isolateurs ne sont pas cassés.
- rechercher les traces d'échauffement ou de surcharge (fuite sur le transformateur, self, et condensateur de filtrage) ainsi que les traces de carbonisation sur les résistances ou bobines de relais.

**Moyens utilisés** :

- pinceaux, aspirateur, chiffons
- boîte à clef
- wattmètre
- composants de rechanges

# REGLAGES

## Périodicité :

Après la réparation d'une défaillance ou après une anomalie constatée lors des mesures et contrôle

## Principe :

### Réglage de la partie HF :

#### 1- Les petits étages (séparateur, doubleur de fréquence, premier préamplificateur HF) (Q1 à Q4, CV1 à CV5)

- effectuer tous les pré réglages (CV1 à CV18) du tableau de réglage.
- mettre à zéro le potentiomètre « sensibilité BF »
- mettre sur « réglage » l'inverseur « normal-réglage »
- mettre le potentiomètre « tarage porteuse » au chiffre repère 8.
- à l'intérieur du châssis, sur carte imprimée, mettre le cavalier sur R (douille rouge réunie à la douille blanche) .
- mettre l'émetteur sous tension.
- contrôler le 21 V régulée (commutateur de mesure en position 10, la tension est lue sur le galvanomètre incorporé)
- régler CV1 au maximum (commutateur de mesure en position 1, le galvanomètre indique une valeur de courant).
- régler CV2 au maximum (commutateur de mesure en position 2)
- régler CV3 au maximum (commutateur de mesure en position 2)
- régler CV4 au minimum (commutateur de mesure en position 2)

#### Indication :

Le minimum est obtenu lorsque la déviation du galvanomètre indique le chiffre 4/10. Il faut agir sur CV5 : quand CV5 est augmenté, la lecture au galvanomètre est diminuée (le minimum étant refait en agissant sur CV4) et réciproquement. Si CV5 est vissé au maximum, il n'y a pas de résultat, il faut ajouter un ou deux capacité additionnelles (cavalier CA1-CA2) :

- mettre l'émetteur « à l'arrêt »
- à l'intérieur du châssis, sur carte imprimée, mettre le cavalier sur N (douille bleue réunie à la douille blanche) .

#### 2- Les moyens étages : (deuxième préamplificateur HF) (Q5 à Q7, CV6 à CV14)

- mettre l'émetteur sous tension
- mettre le commutateur de mesure en position 3 et régler CV6 puis CV7 pour une grande déviation du galvanomètre.
- (\*) mettre le commutateur de mesure en position 4 et régler CV12 au maximum.

- (\*\*) mettre le commutateur de mesure en position 5 :
- Si le galvanomètre indique 5,5/10 ou proche, le réglage est terminé, si non, modifier la valeur de CV13 et CV14 (augmenter ou diminuer) , puis refaire les opérations (\*) et (\*\*).
- mettre l'émetteur à l'arrêt

### 3- Etages de puissance : (Q8-Q9, CV15 à CV18)

- mettre l'émetteur sous tension.
- mettre le commutateur de mesure en position 7 et régler CV15 au maximum.
- mettre le commutateur de mesure en position 6 et régler CV16 au maximum.
- (\*) mettre le commutateur de mesure en position 7 et régler CV17 au maximum.
- (\*\*) mettre le commutateur de mesure en position 6.
- Si le galvanomètre incorporé indique 6 à 6,5/10, le réglage est terminé, si non, modifier CV18 (augmenter ou diminuer) puis refaire les opérations (\*) et (\*\*) de la partie (3).

### Réglage de modulation :

- inverseur « ligne-micro local » sur une position convenable.
- régler le potentiomètre « tarage-porteuse » pour obtenir la lecture 5/10 au galvanomètre incorporé en position 7.
- régler le potentiomètre « sensibilité BF » pour obtenir les pointes de modulation de lecture 5/10 au galvanomètre en position 8.
- contrôler le régulateur de modulation, en position 9, le galvanomètre doit indiquer 0 à 2 environ dans les pointes de modulation, si non, retoucher le potentiomètre « sensibilité BF ».

### Remarque :

**Le tableau de réglage** ne permet qu'un préréglage approximatif. Il indique le nombre de tours ou fraction de tours dont on doit dévisser la commande des condensateurs variables (ceux-ci étant préalablement vissés à fond - capacité maximum)

**AEROPORTS DE MADAGASCAR  
DIRECTION TECHNIQUE  
SERVICE EQUIPEMENTS ET MATERIELS  
ATELIER ELECTRONIQUE**

**TABLEAU DE REGLAGE**

**Appareil :** NARDEUX 50 W VHF (émetteur)

**Type :** T 110

**Aérodrome :**

	108MHz	112MHz	116MHz	120MHz	124MHz	128MHz	132MHz	136MHz
CV1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2 1/4	2 1/2	2 3/4	2 3/4	3
CV2	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 3/4	3
CV3	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3
CV4	3 1/2	3 1/4	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 3/4	3 3/4
CV5	1 1/2	2 3/4	1	1 1/2	2 1/4	2	2 1/2	3
CA1(1)	--	--	*	*	*	--	--	--
CA2(1)	--	--	--	--	--	*	*	*
CV6	1/4	1/2	3/4	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4
CV7	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/4	2 1/2
CV8	1/4	3/4	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2
CV9	1 1/2	1 1/2	2	2	2 1/2	2 1/2	3	3
CV10	1	1 1/2	2	2	2 1/2	2 1/2	3	3
CV11	3 3/4	3 3/4	3 3/4	3 3/4	3 3/4	3 3/4	3 3/4	3 3/4
CV12	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3
CV13	1	1 1/2	2	2 1/2	2 1/2	2 3/4	3	2 1/2
CV14	1	1 1/2	2	2 1/2	2 1/2	2 3/4	3	2 1/2
CV15	3	3	3	3	3	3 1/4	3 1/2	3 1/2
CV16	2 3/4	4	5	5 1/2	6 1/4	7	7 1/2	8
CV17	1 3/4	2 1/4	2 1/2	2 1/2	2 3/4	2 3/4	3	3 1/4
CV18	9 1/2	9	8	8 1/2	8 1/2	9	9 1/2	9 1/2

(1) condensateurs, fixes à mettre en service par cavalier.

## III-2-5-2- Radiobalise NDB Nardeux, 300 W OM

AEROPORTS DE MADAGASCAR  
DIRECTION TECHNIQUE  
SERVICE EQUIPEMENTS ET MATERIELS  
ATELIER ELECTRONIQUE

### CONSIGNES DE MAINTENANCE (F5)

Appareil : RADIOBALISE NDB NARDEUX 300 W OM

Type : N 110

Aérodrome :

Personnel : surveillant



#### QUOTIDIENNES :

##### Contrôle émission :

- mettre le commutateur S401 en «local»
- après 5 mn, mettre le commutateur S406 sur service (normal)
- mettre le commutateur de mesures en position 4. Le galvanomètre incorporé doit indiquer le chiffre 7,6 ce qui correspond à la valeur réelle de 760 V.
- refaire les mêmes opérations avec le second ensemble
- repasser le premier ensemble et contrôler les disjoncteurs et fusibles
- vérifier l'état des isolateurs et des lignes

##### Contrôle visuel :

- contrôler les voyants (HT, émission, veille)

##### Nettoyage :

- rendre propre le local (mur, plancher)
- dépoussiérer l'extérieur de l'appareil

##### Vérification :

- vérifier la lumière de balisage de l'antenne

##### Moyens utilisés :

- galvanomètre incorporé
- visuel
- nécessaire de nettoyage : chiffons, éponge imbibée d'une solution détergente,...
- fiche de suivi (FS1)

## **MENSUELLES :**

### **Appareil hors service**

#### **Vérification :**

- vérifier les lampes et leur supports
- vérification de la mécanique des glissières et graissage éventuel
- vérifier l'état et le serrage des connexions, les câbles et bornes de raccordement

#### **Nettoyage :**

- nettoyer et dépoussiérer les parois intérieures de l'armoire
- nettoyer ou remplacer les filtres de climatiseur
- nettoyer le caniveau et câble de l'antenne (nettoyage éventuel des écrous)

#### **Moyens utilisés :**

- graisse
- visuel
- nécessaire de nettoyage
- boîte à clef

### **Appareil en service**

#### **Mesure et contrôle :** mesurer et noter les valeurs des tensions et courants.

- vérifier les différentes tensions d'alimentation (MT, HT, BF, tension de polarisation)
- mesurer les courants et tensions des tubes.
- vérifier le courant du grille de l'étage de puissance et de l'oscillateur
- vérifier le courant HF d'antenne

#### **Basculage :**

- vérifier la tension d'alimentation du circuit de basculage automatique (24 V)
- vérifier le basculage des deux unités et faire la même opération
- remettre en normal (délai de basculement environ 30 s)

#### **Antenne :**

- vérifier la sortie de l'antenne (serrage, écrou), feeder, isolateur
- visiter la cellule d'adaptation d'antenne, le transformateur et l'accessoire de balisage de l'antenne.

#### **Moyens utilisés :**

- visuel
- galvanomètre incorporé
- fiche de mesures

## **SEMESTRIELLES :**

#### **Antenne :**

- désherber l'environnement immédiat, et peinture éventuelle du pylône.

**AEROPORTS DE MADAGASCAR  
DIRECTION TECHNIQUE  
SERVICE EQUIPEMENTS ET MATERIELS  
ATELIER ELECTRONIQUE**

**FICHE DE MAINTENANCE MENSUELLE**

**Appareil :** RADIOBALISES NDB

**Type :** NARDEUX 300w OM, N110

**Aéroport de :**

**Mois de :**

**Date de mesure :**

**Année :**

Position du commutateur de mesure	Nature de la mesure	Calibre de la mesure (correspondant au chiffre 10 du galvanomètre)	Chiffre lu au galvanomètre, en moyenne, pour un fonctionnement normal	Valeur réelle correspondante de courant et de tension	Mesures effectuées
					Secours      Normal
1- BT	Tension auxiliaire ou BT	+50 V	4,6	23 V	
2- Polarisation	Tension négative régulée	-100 V	7,6	76 V	
3- MT	MT positive	+500 V	5	250 V	
4- HT	HT positive	+1000 V	7,6	760 V	
5- Oscillation (V1)	Courant grille de l'oscillatoire (E80F)	2 mA	0,7	0,14 mA	
6- Excitation (V101-102)	Courant grille de tubes de puissance (QE 08/200)	20 mA	7	14 mA	
7- Excitation	Tension aux bornes du relais K304 (valeur proportionnelle à la tension de sortie HF)	50 V	5,2	26 V	

**Observation :**

## CONSIGNES DE MAINTENANCE (F6)

**Appareil** : RADIOBALISE NDB NARDEUX 300 W OM

**Type** : N 110

**Aérodrome** :

**Personnel** : technicien

### **SEMESTRIELLES :**

**Nettoyage** : (nettoyage interne)

- dépoussiérer les composants
- éventuellement, pulvériser les connexions entre les châssis.

**Antenne** :

- contrôler la solidité et le serrage des organes de fixation
- contrôler la verticalité du mât
- contrôler les contacts électriques
- contrôler la tension des haubans
- reprendre les réglages

Remplacer systématiquement les lampes et composants à risques et de basse fiabilité.

Réverification des performances de l'appareil (puissance, sensibilité,...) et en cas d'anomalie, faire le réglage.

**Moyens utilisés** :

- charges
- wattmètre
- nécessaire de nettoyage
- lampes de rechanges
- bombe d'huile au silicone
- aspirateur
- pinceaux

## REGLAGES

### Périodicité :

Après la réparation d'une défaillance ou après une anomalie constatée lors des mesures et contrôle.

### Méthode de réglage :

- commutateur sur « arrêt - attente - manipulation en court circuit »
- mettre en place le quartz
- mettre en circuit certaines valeurs de capacité « anode » et « ligne » suivant l'indication du tableau de réglage.
- mettre le commutateur S406 sur « commande locale réglage ». le voyant « veille » s'éclaire. Attendre au moins une minute.
- mettre l'interrupteur S406 sur « service », le voyant « HT » s'éclaire, procéder aussitôt au réglage « accord »

### Principe :

- tourner la commande « accord » du circuit de façon à obtenir un minimum de courant anodique (ampèremètre «I anode») ; le voyant émission doit s'allumer.
- la valeur normale du courant anodique doit être de 0,73A (tolérance : 0,71 à 0,75A). Si on obtient une valeur trop forte, augmenter un peu la capacité côté ligne, ou diminuer côté anode (et réciproquement) ; après chaque modification de capacité, il est évidemment nécessaire de refaire l'accord au minimum de courant anodique.
- Vérifier les valeurs de tensions et courants lues au galvanomètre, mesures 1 à 7 (tableau de valeur normale)

## TABLEAU DE REGLAGE

**Appareil :** RADIOBALISE NDB NARDEUX 300 W OM

**Type :** N 110

Fréquences	Capacité «anode» C108 à C 114 (pF)	Capacité «ligne» C115 à C121 (pF)	Repère L103 ( n° du cadran )
240	11.500	10.750	110
260	9.500	8.750	104
280	8.000	7.250	101
300	7.000	6.375	100
320	6.250	5.625	100
340	5.750	5.000	101
360	5.250	4.500	104
400	4.500	3.750	115
440	4.000	3.250	128
480	3.500	2.750	140
520	3.125	2.500	150
560	2.625	2.250	156

# CHAPITRE IV : GESTION DE STOCKS ET DES RESSOURCES HUMAINES.

## IV-1- GESTION DE STOCKS.

### IV-1-1- Situation actuelle de la société ADEMA

#### IV-1-1-1- Problème de stocks

Dans le magasin central de stockage (Antananarivo), les pièces de rechange nécessaires pour le dépannage ou la réparation sont inexistantes. On peut dire que le magasin central a un stock zéro.

Le technicien est alors obligé de chercher lui-même les pièces de rechange en cas d'anomalie des équipements. ce qui tarde évidemment le temps d'intervention, et augmente par conséquent le temps d'arrêt de fonctionnement des appareils défectueux.

#### IV-1-1-2- Problème sur les équipements Radioélectriques de la navigation aérienne

Les équipements gérés par l'ADEMA sont très anciens donc conçus par l'ancienne technologie (tubes électroniques) . Il est très difficile de les maintenir. Ils se résument dans le tableau 6 ci-dessous :

DESIGNATION	QUALITE	TECHNOLOGIE	NOMBRE
E/R VHF	Vétuste	Transistors	02
		Lampes	07
BLU	Vétuste	Lampes et transistors	09
PEP	Vétuste	Lampes	09
NDB	Vétuste	Lampes	05
LOCATOR	Vétuste	Transistors	04

Tableau 6 : Inventaire des équipements Radioélectriques gérés par l'ADEMA

Les équipements à lampes qui sont majoritaires (80%), datent des années 1960. et les appareils constitués par des transistors datent des années 1974-1976.

Les organes fréquemment atteints par les défaillances sont les tubes électroniques et les transistors de puissance (environ 75% des pannes) (annexe 8)

### **IV-1-1-3- Problème d'approvisionnement**

Les lampes électroniques sont difficiles à trouver localement. On peut se procurer certains composants localement, mais leurs caractéristiques ne sont pas satisfaisantes (cas surtout des transistors de puissance) .

En général, la commande des composants à l'étranger demande un certain temps d'approvisionnement assez long.

#### **Exemples :**

- France : deux (2) à trois (3) mois
- USA : six (6) mois

### **IV-1-2- Localisation des stocks**

#### **IV-1-2-1- L'approvisionnement**

Localement, les tubes électroniques et les transistors de puissance sont de mauvaise qualité et assez chers.

#### **Exemples :**

Tube 6883b (final BLU) : 444.000 Fmg l'unité.

Tube 807 (préamplificateur ou séparateur du NDB et PEP) : 138.960 Fmg l'unité.

Transistor de puissance 2N1724 (Locator) : 286.550 Fmg l'unité.

La fréquentation de la panne est de 2 à 3 fois par an, c'est-à-dire que la durée de vie de ces composants est assez courte à cause de leurs fiabilités très faibles.

Soit  $q$ , le nombre des composants et  $P$  son prix unitaire. Le produit  $q.P$  donne le prix de pièces consommées. Si  $q$  est élevée, alors le coût d'achat est exorbitant.

En envisageant la commande des pièces de rechange à l'étranger dont les constructeurs sont : RCA, COSEM, TEXAS INSTRUMENT ; la fiabilité de ces composants est maximale. La durée de vie de ces composants peut atteindre plus de deux ans. Dans ce cas, le nombre des pièces à stocker pour une période déterminée est donc faible.

Le prix de pièces consommées est à peu près identique que précédemment, car  $q$  est faible mais au prix de pièces unitaire s'ajoute le frais d'approvisionnement.

Il est alors préférable de faire un approvisionnement en provenance de France (temps d'approvisionnement : 2 à 3 mois) , pour avoir une marge assez large sur la durée de vie de ces composants et pour éviter le nombre d'intervention très fréquent des exploitants.

#### **IV-1-2-2- Tableau de stockage**

Ce tableau de stockage ne contient que des tubes électroniques et des transistors de puissance que nous jugerons utiles pour assurer le fonctionnement en continu des appareils radioélectriques gérés par l'ADEMA.

Le stockage des composants passifs ne figure pas dans le tableau car ils sont faciles à procurer localement.

Les tubes sont prévus pour assurer la disponibilité des équipements pendant deux ans à cause de la vétusté des appareils qui peut diminuer la durée de vie de ces composants prévue par les constructeurs.

Pour les transistors, le stock que nous suggérons peut tenir 6 mois pour éviter le coût d'immobilisation en magasin. Lorsque la quantité optimal atteint  $1/3$  du stock initial, la commande des pièces de rechange est envisagée.

Soient « P » la probabilité de trouver la composante recherchée dans l'appareil. « F » la fréquence de panne par an, « n » le nombre de l'appareil existant, « t » la durée de stocks considérée. Le nombre de composant à stocker est :

$$N = P \times F \times t \times n$$

DESIGNATION	NOMBRE	CONSTRUCTEUR
<b>TUBES</b>		
807	30	RCA
DCG 4/1000	10	RCA
QQE 06/40	10	RCA
E80L	8	RCA
EL84	10	RCA
6BA6S	6	RCA
6AV6	10	RCA
E80CC	6	RCA
P600A	2	RCA
E80F	2	RCA
12AV7	8	RCA
6AG7	4	RCA
6883B	8	RCA
EF183	8	RCA
6AQ5	8	RCA
12AX7	8	RCA
<b>TRANSISTORS</b>		
2N5102	8	RCA
2N1711	4	COSEM
2N1046	4	Texas Instrument
2N1613	8	RCA
2N525	6	Texas Instrument
2N1724	6	Texas Instrument
2N1565	4	RCA
2N1617B	4	RCA
2N706A	8	RCA
2N174	4	RCA

Tableau 7 : Nombre des composants à stocker.

## IV-2- GESTION DES RESSOURCES HUMAINES

### IV-2-1 Situation actuelle

Pour assurer le bon fonctionnement des appareils radioélectriques de la navigation aérienne dans les 9 aérodromes gérés par l'ADEMA, l'atelier Radio ne dispose que de 3 techniciens selon le tableau 7 ci-dessous :

	ZONE		
	NORD	SUD	CENTRE
Techniciens	(1)	(0)	(2)

Tableau 8 : Inventaire du personnel chargé de la maintenance

Ces techniciens sont aussi chargés de résoudre les problèmes électriques et électroniques (sonorisation, téléphone,..) dans les aérogares, donc ils sont surchargés par leurs tâches.

L'effectif est donc très insuffisant surtout pendant la période cyclonique et la saison de pluies où la fréquentation de la panne est élevée.

### IV-2-2- Suggestions

Les principales tâches du personnel chargé de la maintenance des équipements radioélectriques varient suivant leur capacité :

#### - surveillant :

Il assure la maintenance de premier et second degré des équipements radioélectriques dans chaque station. Il doit suivre les consignes de maintenance propres à chaque appareil.

Capacité : Baccalauréat Technique, option électronique  
(ou BAE . Brevet d'Agent d'Exécution )

#### - technicien :

Il assure la mise en marche des appareils défectueux dans son aérodrome (dépannage, réparation), ainsi que la maintenance périodique et systématique de ces équipements. (mesures des performances globales de l'appareil, réglages, contrôle interne... ) . (maintenance du troisième degré) .

Capacité : Brevet Technique Supérieur (BTS , spécialité électronique).

### **- ingénieur :**

Il est le responsable du bon fonctionnement des appareils radioélectriques dans sa zone de responsabilité. C'est lui le Chef de Centre Régional de maintenance. Il est chargé :

- de l'organisation générale du centre de maintenance.
- de la préparation technique et administrative et de la bonne exécution des travaux de dépannage en station. (cas de panne dans les aérodromes dépendant de son centre).
- de la répartition et de la bonne exécution des travaux de dépannage en atelier.
- de la programmation des missions de maintenance périodique et de révisions générales dans les stations.
- de suivi des expéditions de matériels.
- de la concentration et de l'exploitation des compte rendus périodiques émanant des aérodromes de sa zone.

Il doit être le destinataire de tout message d'anomalies ou des pannes de matériels dans sa zone.

Capacité : ingénieur en télécommunications ou en électronique.

### **- ingénieur du Central :**

Il est chargé de la synthèse des différents rapports d'activité des trois centres régionaux de maintenance en vue d'établir annuellement une note de synthèse sur la maintenance et les statistiques de maintenance. Il doit faire une inspection périodique et inopinée avec les techniciens en vue de vérifier le bon accomplissement des tâches confiées aux différents CR.

Le Service Central doit être informé de toute activité des centres régionaux et consulté en cas de problème.

Dans l'immédiat, il faudrait procéder au recrutement de complément de personnel d'entretien pour assurer la disponibilité et la fiabilité des appareils actuels, pour que le coût de maintenance soit minime et le temps d'intervention assez court que possible.

Chaque aéroport doit avoir un Surveillant et un Technicien. Le surveillant assure la maintenance préventive systématique, le technicien est le responsable du bon fonctionnement de l'appareil. Ce dernier est chargé notamment de la concentration des compte rendus périodiques émanant des aéroports de sa zone et de l'organisation générale du centre de maintenance.

Le Service Central doit avoir aussi un Ingénieur pour mieux gérer le bon fonctionnement de l'organisation de la maintenance des équipements dans les aéroports.

En cas de problème majeur, le technicien attend une recommandation en provenance de l'Ingénieur du Service Central.

Le nombre du personnel que nous jugeons utile dans l'immédiat est représenté par le tableau 9 ci-dessous :



	Surveillant	Techniciens supérieurs	Ingénieurs
<b>CENTRAL</b>			01
<b>Zone Centre</b>			
FIANARANTSOA	01	01	
MANANJARY	01	01	
S/TE MARIE	01	01	
<b>Zone Sud</b>			
MORONDAVA	01	01	
TOLIARY	01	01	
TOLAGNARO	01	01	
<b>Zone Nord</b>			
ANTSIRANANA	01	01	
NOSY-BE	01	01	
SAMBAVA	01	01	

Tableau 9 : Nombre du personnel de maintenance

*Dès que le remplacement de certains équipements est lancé, c'est-à-dire que l'on entre dans le domaine d'une technologie nouvelle, il est indispensable de recruter un Ingénieur par Zone.*

Le tableau ci-dessous résume le nombre de personnel chargé de la maintenance des équipements radioélectriques de la navigation aérienne à long terme.

	Techniciens	Ingenieurs
CENTRAL		01
<b>Zone Centre</b>		<b>01</b>
FIANARANTSOA	01	
MANANJARY	01	
S/TE MARIE	01	
<b>Zone Sud</b>		<b>01</b>
MORONDAVA	01	
TOLIARY	01	
TOLAGNARO	01	
<b>Zone Nord</b>		<b>01</b>
ANTSIRANANA	01	
NOSY-BE	01	
SAMBAVA	01	

Tableau 10 : Nombre du personnel après l'acquisition des nouveaux appareils

**Remarques :**

- Les surveillants sont donc des contractuels (deux ans) .
- A l'acquisition des nouveaux appareils, les techniciens assurent la maintenance systématique et corrective de ces équipements.

## CONCLUSION

Pour que la SECURITE de la navigation aérienne soit maximale, l'entretien des équipements radioélectriques utilisés par l'aviation est très indispensable. Cette maintenance est indissociable de la gestion de stock des composants électroniques.

La nécessité de la maintenance est surtout d'éviter l'importation fréquente de nouveaux équipements.

En effet, grâce à l'évolution technologique, ces appareils deviennent assez chers même s'il y a concurrence des constructeurs.

Toutefois, ces équipements sont plus précis, plus légers, et ils consomment moins d'énergie. Ce qui n'empêche qu'il y ait des contraintes sur leur utilisation à Madagascar comme :

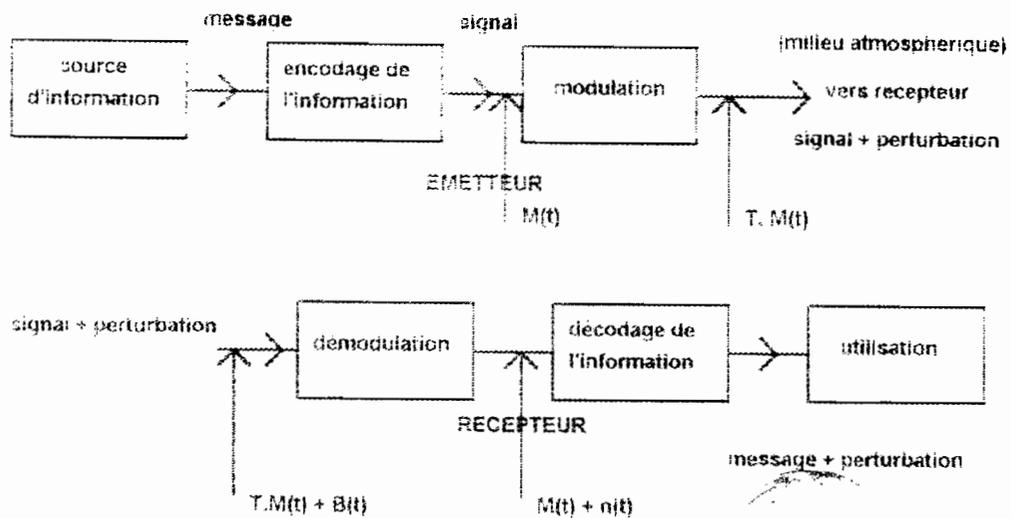
- la nécessité de former un personnel compétent,
- certains composants électroniques (surtout les circuits intégrés) ne supportent pas les conditions climatiques dans quelques régions de Madagascar.

En fait, la mise en place de ces moyens tient compte de la géographie de chaque région. Il est envisagé d'internationaliser certains aéroports gérés par la société ADEMA, ce qui demande une co-implantation des équipements existants, et quelques appareils comme le V.O.R, le DME, les balises du piste, l'I.L.S., etc...

Actuellement, l'essor technologique est basé sur la technique satellitaire, d'où la création du projet FANS [7] [9] [10]

## ANNEXE 1

### SCHEMA SYNOPTIQUE DU SYSTEME DE TELECOMMUNICATION



$M(t)$  : message mis en forme

$T.M(t)$  : transformation du signal.

$B(t)$  et  $n(t)$  : des bruits ou perturbations ( $B(t)$  : bruit atmosphérique)

**Émetteur :** L'émetteur a comme rôle principal de transmettre le signal utile ou message modulé vers le récepteur à l'aide du réseau hertzien (atmosphère)

**Encodage de l'information :** Il consiste à donner au message une forme susceptible d'être transmise (Exemple : forme discrète c'est-à-dire une suite de 0 et de 1) (transformation du signal en message)

**Modulation :** La modulation est un processus conduisant à modifier un ou plusieurs paramètres de la porteuse (amplitude, fréquence, phase), de façon à transmettre l'information.

**Récepteur :** Il restitue le message ou signal modulant à partir du champ électromagnétique rayonné par un émetteur.

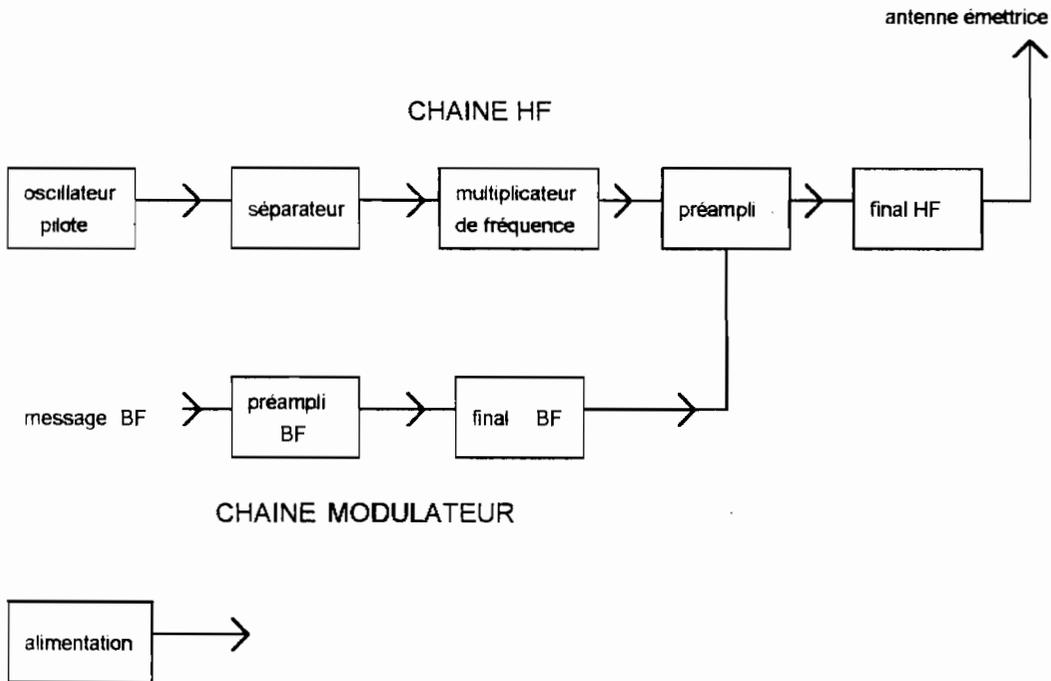
**Démodulation :** Elle consiste à extraire le signal utile de l'onde modulée.

**Décodage de l'information :** C'est l'opération inverse de l'encodage de l'information (transformation du signal en message)

## ANNEXE 2

### SCHEMA SYNOPTIQUE D'UN EMETTEUR

Le schéma synoptique d'un émetteur comprend une chaîne HF (Radio Fréquence) ou RF, et une chaîne modulateur.



Préampli : préamplificateur  
Ampli : amplificateur

#### La chaîne HF:

Elle produit et amplifie l'onde porteuse HF et est constituée par les différents étages suivants :

**Oscillateur pilote** : Cet étage génère l'onde HF dite « porteuse »

**Séparateur** : C'est un étage après l'oscillateur et constituant pour celui-ci une charge constante en vue d'améliorer la stabilité. Il joue le rôle d'adaptateur d'impédance.

**Multiplicateur de fréquence** : Il permet à partir d'une fréquence d'obtenir une fréquence multiple. Il joue aussi le rôle du séparateur.

**Préamplificateur** : il amplifie le signal modulé HF jusqu'à un niveau nécessaire à l'excitation de l'étage final de puissance

**Final HF** : Il amplifie le signal venant du préamplificateur.

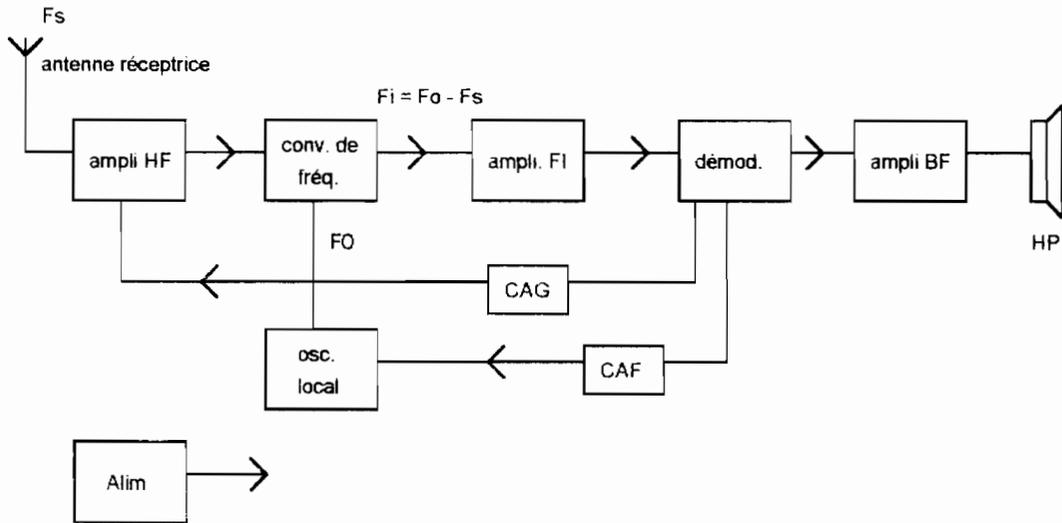
#### La chaîne modulateur :

La chaîne modulateur amplifie le message BF et réalise la modulation de l'onde porteuse.

**Préamplificateur BF** : Il amplifie le message jusqu'à un niveau nécessaire à l'excitation de l'étage final BF.

**Final BF** : Il amplifie le message venant du préamplificateur : BF

## SCHEMA SYNOPTIQUE D'UN RECEPTEUR



Ampli : amplificateur

Conv de fréq. : convertisseur de fréquence

Démod : démodulateur

Osc. Local : oscillateur local

HP : Haut Parleur

**Amplificateur HF** : il amplifie l'onde HF modulée reçue par l'antenne réceptrice.

**Oscillateur local** : il génère la fréquence d'hétérodynage  $F_0$ .

**Convertisseur de fréquence** : Il transforme la fréquence du signal  $F_s$  en une fréquence intermédiaire (FI) à partir de la fréquence d'hétérodynage  $F_0$ . Il permet une augmentation importante de la sélectivité, et des amplifications successives de la fréquence intermédiaire.

**Démodulateur** : (annexe 1).

**CAG** : Il compense la variation indésirable de l'amplitude de la tension d'entrée pour maintenir constant le gain des étages amplificateurs.

**CAF** : Il remet la fréquence d'écoute dans la limite nécessaire pour maintenir la fréquence intermédiaire fixe.

## SYSTEMES DE RADIONAVIGATION

**Principe de détermination de la position de l'avion par rapport à la station au sol:**

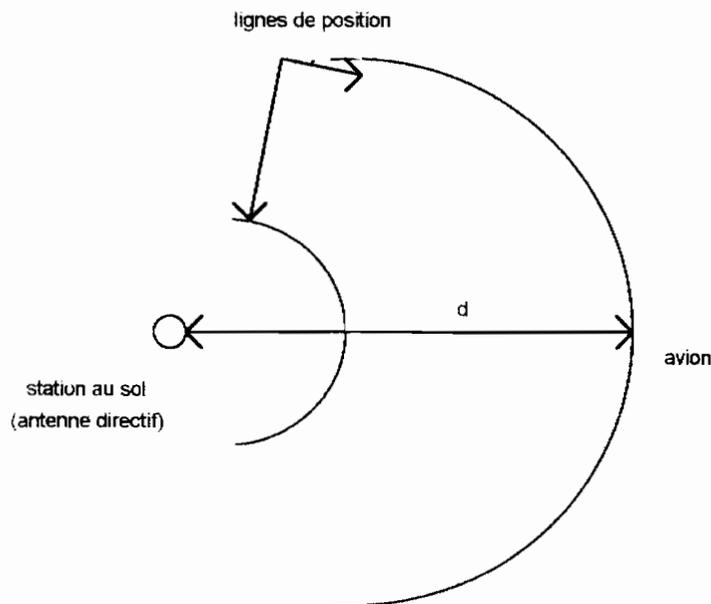
Les systèmes de radionavigation consistent à mesurer les temps de propagation ou les différences de temps de propagation des signaux radioélectriques :

**1- Système circulaire ou sphérique :**

Le temps de propagation des signaux aller-retour « t » donne la distance "d" entre la station au sol et l'avion.

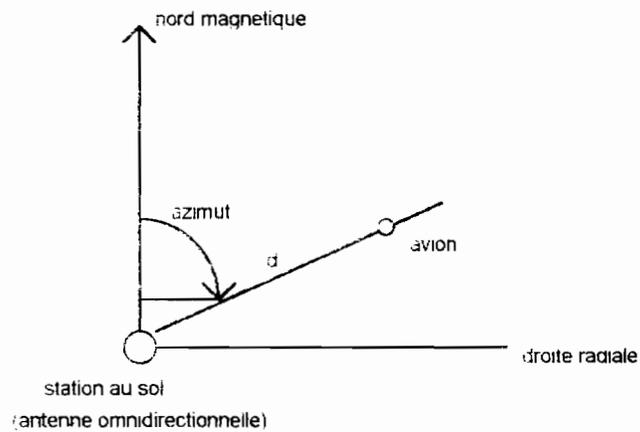
$$t = 2 \frac{d}{c}$$

c: vitesse de la lumière (300.000 km/s)

**Exemple d'application : DME****Remarque :**

La précision est fonction de la distance, mais indépendant de l'azimut.

## 2- Système angulaire ou radial :



Ce système est utilisé pour les moyennes, et courtes distances à l'approche et à l'atterrissage.

### Remarque :

La précision angulaire est indépendante de la distance tandis que la précision linéaire augmente quand la distance diminue.

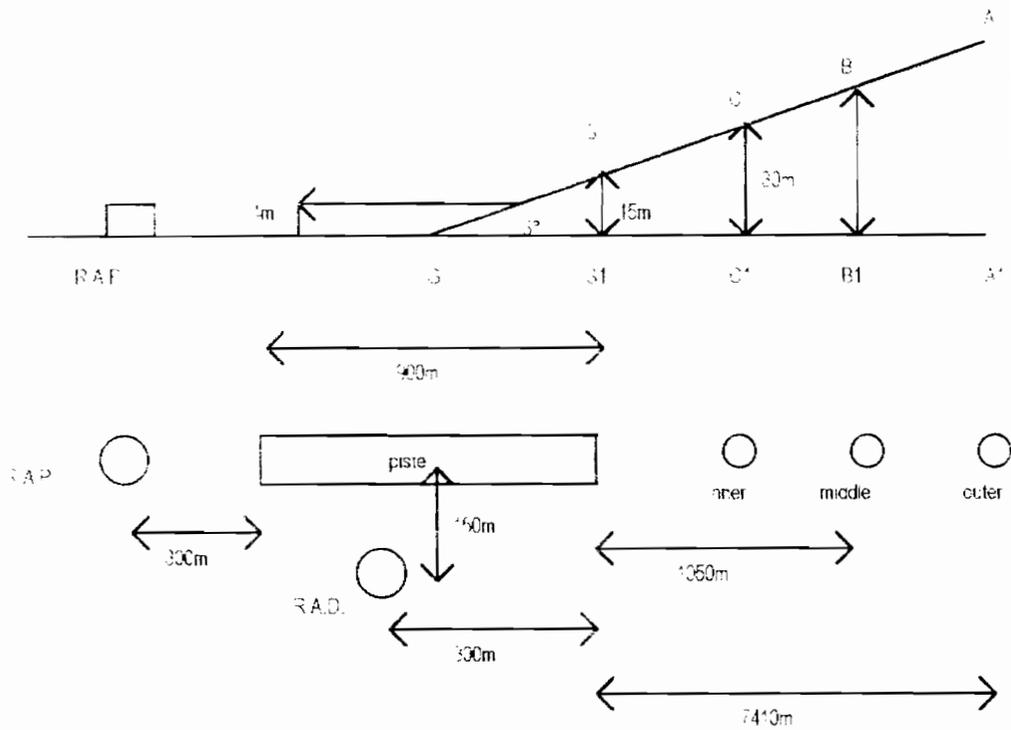
### Exemple d'application :

V.O.R.

N.D.B.

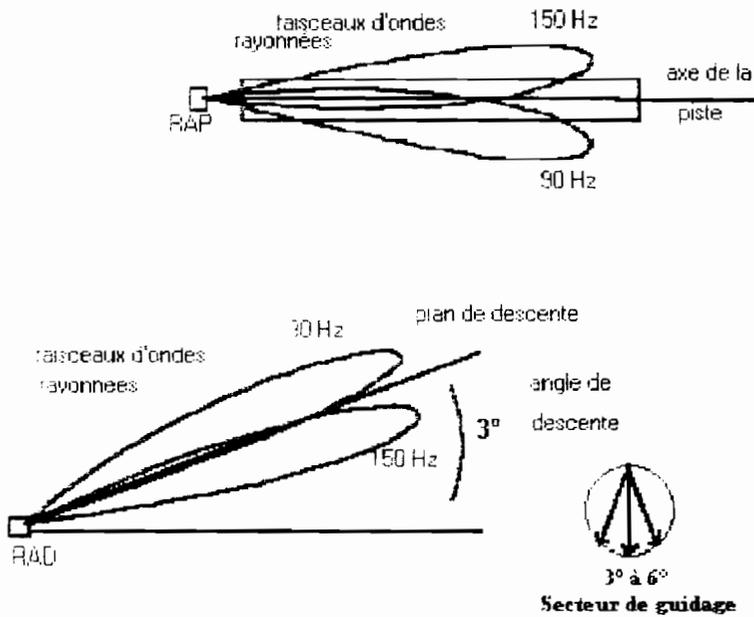
### ANNEXE 3a

#### DISPOSITION DU SYSTEME ILS



### ANNEXE 3b

#### Faisceaux d'ondes radioélectriques du RAP et RAD



## ANNEXE 4

### COMPARAISON ENTRE MAINTENANCE ET REMPLACEMENT

MAINTENANCE	
AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"><li>- réduction de la dépense à consentir dans l'immédiat</li><li>- maîtrise totale du fonctionnement de l'équipement</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- coût d'intervention élevé en cas de panne fréquente.</li><li>- performances des équipements exploités, généralement inférieures à celle des équipements plus récents</li><li>- difficulté sur la procuration des pièces de rechange</li></ul>

REPLACEMENT	
AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"><li>- utilisation d'un nouvel équipement plus performant et plus fiable.</li><li>- amélioration de la qualité de service</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- nécessité d'une formation d'un personnel chargé de la maintenance.</li><li>- importance du coût de nouveaux équipements</li></ul>

## ANNEXE 5

### LE DEGRE DE MAINTENANCE

#### PREMIER DEGRE :

Le personnel sera autorisé seulement à :

- nettoyer les équipements
- remplacer les fusibles de l'alimentation secteur, les lampes et cabochons des voyants
- remplacer un accessoire dont le fonctionnement est reconnu défectueux.

#### SECOND DEGRE :

C'est la tâche du personnel d'un niveau technique lui permettant de déceler, parmi les constituants de l'équipement, celui qui est défectueux, d'en effectuer l'échange et de vérifier que le fonctionnement de l'ensemble est redevenu satisfaisant.

Il n'intervient pas à l'intérieur mais peut remplacer (par échange standard) :

- le casque,
- les cordons de raccordement,
- les composants simples : pastille de combiné, fusible interne, bouton de commande....

#### TROISIEME DEGRE :

Pour le personnel dont le niveau technique lui permet d'intervenir à l'intérieur des équipements pour :

- localiser et déceler le sous ensemble, l'élément fonctionnel ou la carte imprimée enfichable défectueux,
- contrôler le bon fonctionnement de l'équipement après son intervention. (dépannage ou réparation)

#### QUATRIEME DEGRE :

C'est le rôle de l'atelier central, ou une station Thomson CSF par exemple, équipé en particulier de l'outillage et des appareils de mesure préconisés.

## ANNEXE 6

### THEORIE SUR LA MAINTENANCE D'UN EQUIPEMENT

Le problème de la **probabilité de maintenance**, comme étant un aspect d'organisation effective, efficace et scientifique de l'entretien dans l'exploitation de l'équipement, sera traité correctement dans un peu de cas. elle sera résolue empiriquement à l'aide des expériences acquises.

C'est possible de déterminer la **fonction de la fréquence de détérioration** ou de **dérèglement** en utilisant le procédé graphique du papier de la probabilité Weibull.

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} (t - t_0)^{\beta - 1} \exp\left(-\frac{t - t_0}{\theta}\right)^\beta$$

$\beta$  et  $\theta$  sont les paramètres de distribution de l'équipement

$\beta$  : facteur de forme qui dépend de la dimension de l'équipement ou du composant

$\theta$  : facteur de sollicitation électrique

$t_0$  : le moment de dérèglement

#### 1- La fiabilité d'un système R(t) :

Pour calculer la **fiabilité** d'un système, il faut poser les hypothèses simplificatrices suivantes :

\* Tous les composants suivent la distribution exponentielle

$$f(t) = \lambda \exp(-\lambda)t$$

$\lambda$  : fiabilité d'un composant ou coefficient de détérioration [./heure]

#### Exemples :

Résistance de HT, potentiomètre :  $\lambda_R = 1.10^{-6}/h$

Résistance bobinée dans un corps céramique :  $\lambda_R = 1.10^{-8}/h$

Diode varicap :  $\lambda_D = 1.10^{-6}/h$

Condensateur :  $\lambda_C = 1.10^{-6}/h$

- Les défections de n éléments sont des événements indépendants, la **probabilité résultante de bon fonctionnement** est le produit de probabilités de bon fonctionnement de ces éléments

$$R(t) = \prod_{j=1}^n p_j(t)$$

$P_j$  : probabilité de bon fonctionnement des composants

- La détérioration de n éléments ne conduit pas à la détérioration directe ou indirecte du système, dans ce cas, on peut écrire :

$$R(t) = \exp \left[ -t \sum_{j=1}^n \lambda_j \right]$$

Les valeurs  $\lambda_j$  pour les composants et pour les blocs doivent être connaître en régime normal.

En régime réel d'exploitation, différent du régime normal, en introduisant pour chaque élément, un coefficient de correction  $K_j$ , l'expression de la **fiabilité** devient :

$$R(t) = \exp \left[ -t \sum_{j=1}^n k_j \lambda_j \right]$$

$K_j$  dépend du mode d'exploitation de l'équipement

Remarque :

La valeur de la fiabilité des équipements dépend aussi **de facteurs climatiques, de facteurs liés au milieu chimique, thermique et mécanique.**

$$R(t) = f(t, T, M_{(T,m)})$$

## 2- Durée de vie d'un équipement.

Si nous nous référons seulement aux couches isolantes et à l'influence de la température nulle, la durée de vie, et l'étude de la loi générale de dégradation thermique d'un matériel isolant permet d'écrire :

$$f(R, T, t) = 0$$

$R = R(t)$  pour  $T = \text{constant}$

$T$  : Température

$t = t(T)$  pour  $R = \text{constant}$

La vitesse de modification des propriétés diélectriques est fonction de temps, à la température constante

$$-\frac{dR}{dt} = \alpha R$$

$$\ln R = \alpha R + \text{Constante}$$

si  $R = R_0$  au moment  $t = t_0$ , on peut écrire :

$$\frac{R}{R_0} = \exp(-\alpha)t$$

**La durée de vie limite** est donnée par :

$$t_{\text{lim}} = t_{i \text{ min}}(R) \quad \text{pour } R = R_{i \text{ min}}$$

## 3- Vitesse de dégradation d'un équipement

Comme un modèle de vieillissement, en prenant compte de réactions chimiques sur le diélectrique nous adaptons l'équation d'Arrhenius qui détermine la **vitesse de dégradation v** :

$$v = A \exp\left(-\frac{\Delta E}{KT}\right)$$

A : constante

$\Delta E$  : énergie d'activation d'une molécule nécessaire pour qu'elle entre dans la réaction

T : température (°K)

K : constante de Boltzmann

En tenant compte de la sollicitation électrique (exprimée par la fonction s), nous pourrions accepter la relation d'Eyring :

$$v = A_1 T^z \exp\left(\frac{b}{T}\right) \exp\left[s\left(c + \frac{d}{T}\right)\right]$$

où  $A_1$ , b, c, d sont des constantes

Si nous utilisons la relation d'Arrhenius pour les équipements électroniques où les sollicitations électriques sont petites, on peut écrire:

$$\alpha = \gamma \exp\left(-\frac{b}{T}\right)$$

d'où

$$\frac{R}{R_0} = \exp\left[(-\gamma)t \exp\left(-\frac{b}{T}\right)\right]$$

Cette relation représente la loi générale de dégradation thermique des isolants

Si la température est constante, on peut écrire :

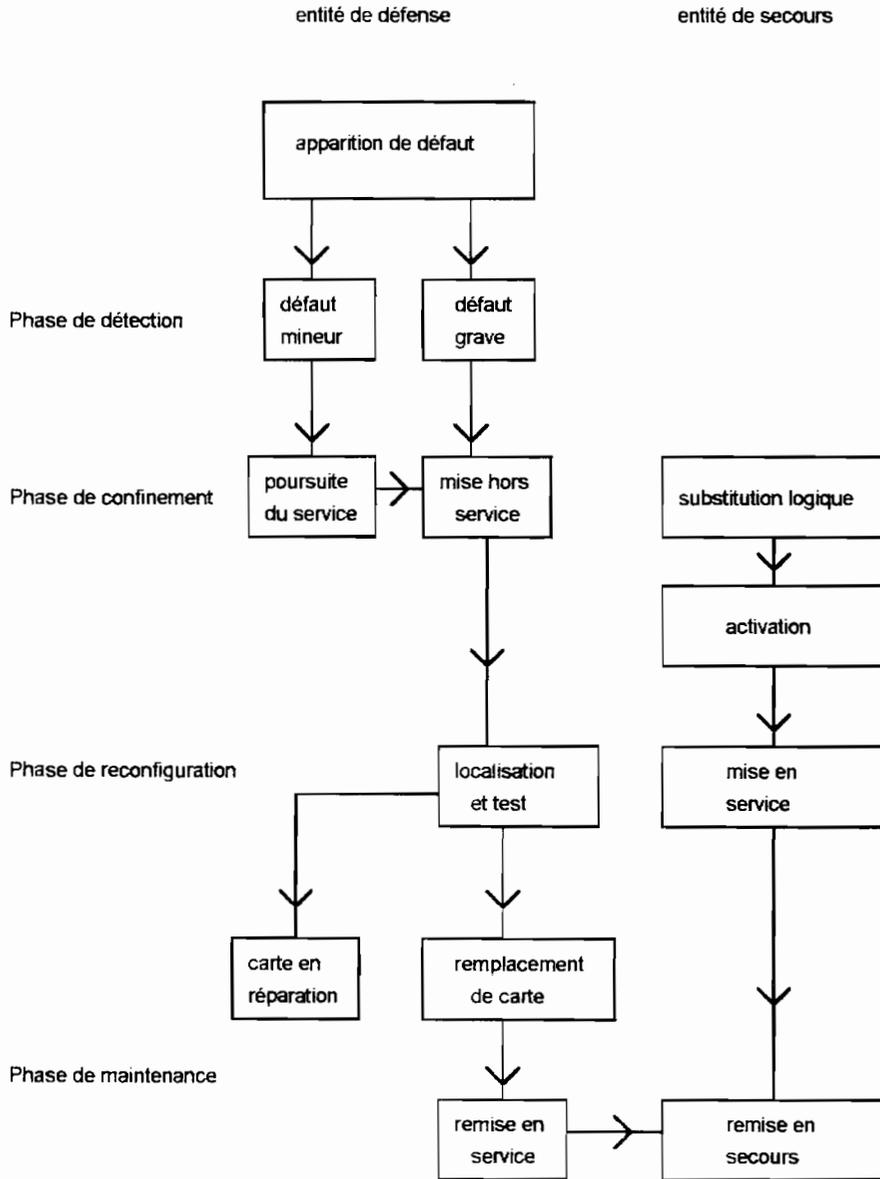
$$\ln\left(-\ln\frac{R}{R_0}\right) = \left(-\ln\gamma - \frac{b}{T}\right) + \ln t$$

Généralement pour les diélectrique,  $\left(\frac{R}{R_0}\right)_{\text{lim}} = 0,5$  ; la durée de vie limite est exprimée par :

$$t_{\text{lim}} = \left\{ \ln\left(-\ln\left(\frac{R}{R_0}\right)_{\text{lim}} - \ln\gamma\right) + \frac{b}{T} \right\}$$

# ANNEXE 7

## TRAITEMENT D'UNE DEFAILLANCE



## ANNEXE 8

### LES CAUSES PROBABLES DES DEFAILLANCES

(Exemple : final émetteur ; 75% des pannes)

Défauts	Causes probables	Maintenance
Mauvaise qualité de l'émission.	Finale d'émission en dérive par rapport à son temps de fonctionnement.	Vérifier les étages amonts Vérifier les composants délimitant le point de fonctionnement. Vérifier l'alimentation des composants amplifications de la finale d'émission.
Pas d'endurance d'émission.	Mauvaise qualité des pièces de rechanges. Défaut dans d'autres étages entraînant la destruction de la finale.	N'utiliser <del>que</del> des pièces de rechanges requises. Rechercher les défauts suivant les valeurs des tensions aux points test donnés
Pas d'émission.	Final d'émission claquée. Pas de signal assuré à la finale.	Vérifier les finales d'émission (lampes, transistors) et les remplacer.

## ANNEXE 9



## LES SIGLES AEROPORTUAIRES

CODE IATA	CODE OACI	AERODROMES
DIE	FMNA	Antsiranana
FTU	FMSD	Tolagnaro
MJN	FMNM	Mahajanga
MNJ	FMSM	Mananjary
MOQ	FMMV	Morondava
NOS	FMNN	Nosy-Be
SVB	FMNS	Sambava
SMS	FMMS	S/te Marie
TLE	FMST	Toliary
TMM	FMMT	Toamasina
TNR	FMMI	Ivato
WFI	FMSF	Fianarantsoa

FM Madagascar

S Sud (South)

N Nord (North)

M Centre (Middle)

**PROBLEMES SUR LES APPAREILS ELECTRONIQUES**

**Origines des pannes :**



**1-Origine mécanique :**

- détérioration des contacts, entraînant une coupure du circuit ou des parasites, ou une diminution de puissance.
- broches mal fixées.
- coupure dans un circuit (plaquette, cordon, câble)

**2-Origine composant :**

- tube : coupure de filament.
- transistor : diminution des performances; il ne supporte plus une certaine valeur de courant.
- résistance : claquage par échauffement ou augmentation brusque de courant.
- condensateur : court circuit ou non emmagasinement du courant.
- self et transformateur : rupture des spires, destruction des isolants.
- qualité des composants : le choix devrait être en fonction de la fiabilité.

**3-Cause environnementale :**

Condition climatique : température, humidité, salinité de l'air.

**4-Autres causes :**

- Les poussières et particules sur les broches ou circuits imprimés peuvent entraîner la création de courants de fuite ou de court circuit, surtout si la salinité de l'air est élevée.

- Utilisation abusive du matériel.

## ANNEXE 11

### Vocabulaires de Radionavigation

**Cap d'un avion** : c'est la position de l'avion de 0° à 360° par rapport au Nord Magnétique.

**Gisement (azimut)** : angle que fait l'avion (ligne de foi), avec la direction dans laquelle la balise est située.

**Goniométrie** : mesure radioélectrique de la direction de la propagation d'une onde électromagnétique. en pratique, la mesure de l'azimut de cette onde.

**Portée optique** : la réception des signaux est à distance d'autant plus grandes, que l'altitude sera plus élevée.

**Radial** : axe radioélectrique défini par l'angle qu'il fait avec le Nord Magnétique de la station.

**Radiobalise** : balise formée d'un poste radioémetteur permettant aux avions de repérer un point fixe connu, par radiogoniométrie.

**Radiocompas** : radiogoniomètre souvent automatique, permettant de guider l'avion par rapport aux directions de faisceau radioélectrique émis par radiophare.

**Radiogoniomètre** : appareil récepteur d'onde hertzien, permettant de repérer la direction de différents postes d'émission (fixes ou mobiles).

**Radionavigation** : mode de navigation dans lequel la position du mobile est déterminée au moyen d'appareils radioélectriques.

**Radiophare** : ensemble d'émetteur utilisé en radionavigation pour permettre à une station mobile de déterminer sa position ou sa direction par rapport à l'antenne de cet ensemble.

# BIBLIOGRAPHIE

- [1] - Alari C., "Instruments de Radionavigation", 5ème Edition, ENAC, 1990.
- [2] - Alari C., "Radionavigation", 1ère Edition, ENAC, 1972.
- [3] - Chameron J.C., "Notion d'I.L.S. à l'usage de non spécialiste", 2ème Edition, 1985.
- [4] - Fontollier Pierre-Gérard, "Traité d'électricité XVIII", "Système de télécommunication de l'école Polytechnique de Lausanne", publié sous la direction de Jacques Neirynek
- [5] - M. RAKOTONIRINA George et RAOLONA Andrianaivoson, «Informatisation de la maintenance des appareils électriques et électroniques», Mémoire de fin d'Etudes de l'ESPA Vontovorona, Filière Electronique et Télécommunication, Mars 1991.
- [6] - «PROJET TELECOM», Recueil des notes d'informations, Volume 1, Note n° 1 à 6, ASECNA, Décembre 1992.
- [7] - Colloque CNS/ATM Afrique et Europe, "Un objectif commun organisé par l'ASECNA avec la participation de la Commission des Communautés Européennes", DAKAR, 1 et 2 Juin 1995.
- [8] - Annexe 10. "Normes et pratiques recommandées internationales", 3ème Edition du volume 1. Juillet 1972.
- [9] - CNS/ATN Thomson.
- [10] - "Description du concept du futur dispositif de gestion du trafic aérien dans la région Europe".Publié par le bureau Europe de l'OACI, Juin 1989.
- [11] - Aéroport de Paris (centre d'information), Manuel d'application. "Principe de maintenance d'équipements aéroportuaires".
- [12] - Manuel d'instruction du service de l'aéronautique, "Organisation de la maintenance". 5ème Partie. Décembre 1973.
- [13] - Département électronique de l'ENAC, « RADIOCOMMUNICATIONS-PRINCIPES GENERAUX », Edition provisoire, ENAC, 1971

