

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



UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA

Faculté des sciences de l'ingénieur

Département d'Aéronautique



PROJET DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du **diplôme d'ingénieur d'état en Aéronautique**

Spécialité : Navigation Aérienne

Option : Installation

THEME

***DESCRIPTION, INSTALLATION ET MAINTENANCE DE DVOR 432
(Doppler VHF Omni Range)***

Encadré par :

Mr. BENOUARED Abdelhalim

Fait par :

Mr. LAHRECHE Salah

Année Universitaire : 2007/2008

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

Avant tous nous remercions **DIEU**, qui nous a donné du courage et de la volonté pour pouvoir accomplir ce modeste travail.

Nous tenons tout d'abord à remercier notre promoteur Mr Benouared Abdelhalim qui nous a guidés durant l'élaboration de ce travail.

Nous désirons remercier vivement les membres de jury, sans oublier tout le corps professoral de l'institut d'aéronautique de blida.

Nos remerciements vont aussi à tout ceux et celles qui ont participés de près ou de loin à l'élaboration du présent travail.

En fin, merci à tout nos proches, famille et copains qui ont également participés à leur manière à la réalisation de cette mémoire.

ملخص

الهدف من موضوعنا يتجسد في دراسة ووظيفة DVOR 432 و ثم تنفيذ مراحل تجهيزه و صيانتة . كما نتطرق إلى كيفية استعمال تقنيات الصيانة عن بعد من اجل تحديد و تصليح أي عطب لهذا النظام.

Résumé

L'objectif de notre sujet est de faire l'étude et le fonctionnement du DVOR 432, puis d'effectuer des procédures d'installation et de maintenance.

De même d'utiliser les techniques de maintenance à distance afin de prévoir et déterminer tout défaut du DVOR 432.

Summary

The objective of our subject is to make study and functioning of DVOR 432, then to perform procedures of installation and service.

Also to use the techniques of remote maintenance to envisage and determine any defect of DVOR 432.

Sommaire

Introduction générale.

Chapitre 1 : Notions sur les antennes de radionavigation.

1. Généralité.....	01
1.1. Définition et historique de la navigation.....	01
1.2. L'évolution des systèmes de navigation	02
1.3. Les antennes de radionavigation.	03
1.3.1. Notions sur les antennes	03
1.3.1.1. Principes de l'électromagnétisme	03
1.3.1.2. Rayonnement électromagnétique	04
1.3.2. Caractéristique des antennes	07
1.3.3. Les différents types d'antennes.....	07
1.4. Classification opérationnelle des aides à la radionavigation	09
1.4.1. Aides à grande distance ($D > 300\text{NM}$)	09
1.4.2. Aides à moyenne distance ($D < 300\text{NM}$)	09
1.4.3. Aides à courte distance, approche et atterrissage.....	09
1.5. Quelque type d'aides à la radionavigation.....	09
1.5.1. DME (distance measuring equipment).....	09
1.5.1.1. Introduction.....	09
1.5.1.2. Principe de fonctionnement du DME.....	10
1.5.1.3. Caractéristiques du système.....	12
1.5.2. VOR (VHF Omni Range).....	14
1.5.2.1. Introduction.....	14
1.5.2.2. Principe de fonctionnement.....	16
1.5.2.3. Composition de système VOR.....	17
1.5.2.4. Caractéristiques du système.....	21

Chapitre 2 : Description de système DVOR.

2.1. Introduction.....	23
2.2. Généralités sur l'effet Doppler.....	24
2.3. Présentation générale du système DVOR 432.....	24
2.4. Principe de fonctionnement.....	26

2.5. Spectre en fréquence du signal DVOR.....	28
2.6. Monitoring.....	29
2.7. Schéma synoptique générale.....	29
2.7.1. Description résumée.....	29
2.7.2. Introduire les différents étages.....	30
2.7.3. Etude et fonctionnement des modules.....	32
2.7.3.1. Module de l'émetteur.....	32
2.7.3.2. Module de moniteur.....	39
2.7.3.3. Module de duplexeur.....	41
2.7.3.4. Module d'ensemble de commutation d'antennes (ASU).....	42
2.7.3.5. Module d'interface de communication locale/à distance (LRCI).....	44
2.7.3.6. Modules d'alimentation électrique.....	47
2.7. Caractéristiques techniques du système.....	50

Chapitre 3 : Installation de système DVOR 432.

3.1. Exigences de l'installation.....	51
3.2. Etapes d'installation de système DVOR 432.....	52
3.2.1. Détermination du site d'implantation.....	52
3.2.2. Fondations de l'abri.....	54
3.2.3. Installation de l'abri conteneur.....	55
3.2.3.1. Abri conteneur DVOR (généralités).....	55
3.2.3.2. Transportation de l'abri conteneur.....	56
3.2.4. Installation du contrepoids des antennes (avec supports et cadre).....	56
3.2.5. Installation des antennes.....	57
3.2.5.1. Généralités.....	57
3.2.5.2. Levage des antennes sur le contrepoids.....	58
3.2.5.3. Installation d'antenne de la porteuse.....	58
3.2.5.4. Installation des antennes bandes latérales.....	58
3.2.6. Câblage des antennes.....	62
3.2.6.1. Parcours des câbles.....	62
3.2.6.2. Antenne de la porteuse.....	62
3.2.6.3. Antennes bandes latérales.....	63
3.2.7. Installation du dipôle de moniteur.....	65
3.2.8. Réglages préliminaires et alignement mécanique des antennes bandes latérales.....	66

3.2.9. Transformateur symétrique dissymétrique et d'adaptation.....	69
3.3. Installation de l'antenne DME avec DVOR.....	70

Chapitre 4 : Maintenance de DVOR 432.

4.1. Généralité.....	72
4.2. La maintenance assistée par ordinateur.....	72
4.2.1. Logiciel utilisateur ADRACS (Automatic Data Recording And Control Software).....	73
4.2.2. Logiciel de l'émetteur.....	73
4.2.3. Logiciel du moniteur.....	73
4.2.4. Logiciel LRCI.....	73
4.2.5. Configuration de la télé monitoring et télémaintenance (RMMC).....	74
4.2.6. Configuration du système	75
4.2.6.1. Contrôle à distance et état d'unité/d'équipement RCSE 443.....	75
4.2.6.2. Contrôle à distance du système RCMS 443.....	76
4.2.6.3. Local Communication Unit (LCU).....	77
4.2.6.4. Centre de télémaintenance RMC 443.....	77
4.2.7. L'organigramme de la maintenance assisté par ordinateur.....	78
4.2.8. Les interfaces du logiciel ADRACS.....	80
4.3. Maintenance programmée (préventive).....	87
4.3.1. Maintenance hebdomadaire.....	87
4.3.2. Maintenance mensuelle.....	88
4.3.3. Maintenance trimestrielle	89
4.3.4. Maintenance annuelle	90
4.4. Maintenance corrective.....	91
4.4.1. La recherche de défauts sur le DVOR 432.....	91
4.4.1.1. Fréquence de la porteuse incorrecte.....	92
4.4.1.2. Indication d'azimut incorrect.....	92
4.4.1.3. Défaut dans le moniteur.....	94
4.4.2. Réparation de défauts.....	94
4.4.2.1. Généralités.....	94
4.4.2.2. Correction d'un arrêt de processeur.....	94
4.5. Conclusion.....	98
Conclusion générale.....	99
Bibliographies.....	100

Liste des figures

Figure 1.1: La propagation d'onde électromagnétique.....	04
Figure 1.2 : Station VOR / DME.....	10
Figure 1.3: Schéma synoptique d'une station DME.....	11
Figure 1.4: Fréquence d'interrogation et de réponse des canaux DME.....	13
Figure 1.5: Principe de la navigation en route du VOR.....	14
Figure 1.6: Station VOR/DME.....	15
Figure 1.7: Le cône de silence.....	15
Figure 1.8: Schéma de principe	16
Figure 1.9 : Schéma d'une installation VOR.....	17
Figure 1.10: Schéma synoptique d'un émetteur VOR.....	18
Figure 1.11: Spectre de fréquence d'un VOR.....	18
Figure 1.12: Forme du signal VOR modulée amplitude à 30 Hz et 9960Hz.....	19
Figure 1.13: Schéma synoptique d'un récepteur VOR.....	21
Figure 2.1 : Principe de la navigation en route du DVOR.....	23
Figure 2.2 : Station DVOR/DME.....	24
Figure 2.3 : Schéma d'une installation DVOR.....	25
Figure 2.4 : Présentation du système DVOR.....	25
Figure 2.5 : Génération de la modulation de fréquence en fonction de la direction.....	27
Figure 2.6 : Commutation des antennes des bandes latérales dans le DVOR.....	28
Figure 2.7 : Spectre en fréquence du signal DVOR.....	28
Figure 2.8 : Forme du signal DVOR modulé en amplitude à 30 Hz et 9960 Hz.....	29
Figure 2.9 : Conception de base d'une installation DVOR 432.....	31
Figure 2.10 : Modules de l'émetteur du DVOR 432.....	32
Figure 2.11 : synoptique générale du synthétiseur VHF.....	33
Figure 2.12 : Synoptique générale du modulateur 110.....	34
Figure 2.13 : Schéma fonctionnel de l'amplificateur de la porteuse (CA-100C).....	35
Figure 2.14 : Synoptique du coupleur de commande (CCP-D).....	36
Figure 2.15 : Schéma fonctionnel de MSG-C.....	37
Figure 2.16 : Schéma fonctionnel de MSG-S.....	38
Figure 2.17 : Schéma fonctionnel de l'interface ASU (ASU-INT).....	39
Figure 2.18 : Synoptique du processeur de signaux du moniteur.....	41

Figure 2.19 : Schéma fonctionnel du Duplexeur RF (RFD1-VD).....	42
Figure 2.20 : Schéma fonctionnel de l'ensemble de commutation d'antennes (ASU).....	44
Figure 2.21 : Synoptique général LCP (Local Control Panel).....	45
Figure 2.22 : Schéma fonctionnel de l'alimentation électrique.....	49
Figure 3.1 : Critères généraux d'implantation du DVOR.....	53
Figure 3.2 : Fondations de l'abri DVOR.....	54
Figure 3.3 : Abri conteneur DVOR 10 pieds.....	55
Figure 3.4 : Abri standard, projection horizontale.....	55
Figure 3.5 : Levage correct avec un harnais de levage.....	56
Figure 3.6 : Supports et cadre, exemple d'installation.....	57
Figure 3.7 : Anneau d'antennes.....	57
Figure 3.8 : Equipement de levage pour l'installation des antennes DVOR.....	58
Figure 3.9 : Installation des tubes verticaux et point d'installation de l'antenne 1.....	59
Figure 3.10 : Sens d'installation du tube vertical et du dôme d'antenne.....	59
Figure 3.11 : Espacement des tubes verticaux des antennes bandes latérales.....	60
Figure 3.12 : Anneau d'antennes, antenne individuelle et tube vertical.....	61
Figure 3.13 : Installation des antennes DVOR.....	61
Figure 2.14 : Tube pour le guidage des câbles d'antennes.....	62
Figure 3.15 : Câblage de l'abri.....	63
Figure 3.16 : Diagramme de connexion des antennes bandes latérales.....	63
Figure 3.17 : Antenne bandes latérales avec module d'adaptation/de découplage sorti.....	64
Figure 3.18 : Câblage des antennes bandes latérales.....	65
Figure 3.19 : Représentation du site d'installation du dipôle de moniteur.....	65
Figure 3.20 : Mât avec dipôle du moniteur.....	66
Figure 3.21 . Condensateurs de réglage sur le dôme d'antenne.....	67
Figure 3.22 . Distance de séparation de plaque des condensateurs CA en fonction de la..... fréquence de fonctionnement.	68
Figure 3.23 : Alignement des antennes des bandes latérales grâce aux marqueurs de..... Gisement.	68
Figure 3.24 : Courbe de résistance du transformateur symétrique dissymétrique et..... d'adaptation.	69
Figure 3.25 : Réglage du condensateur de compensation CTr.....	70
Figure 3.26 : Disposition et installation de l'antenne DME.....	71
Figure 4.1 : Vue d'ensemble du logiciel de l'installation.....	72

Figure 4.2 : Aperçu de la structure du logiciel LCP.....	74
Figure 4.3 : Aperçu de RMMC.....	75
Figure 4.4 : Exemple de configuration: RCMS 443 pour deux ILS et.....	78
CVOR/DME/TACAN.	
Figure 4.5 : L'organigramme d'utilisation.....	79
Figure 4.6 : Démarrage du programme ADRACS après l'installation du logiciel sur.....	80
PC.	
Figure 4.7 : Fenêtre 'Main Status' du programme ADRACS.....	81
Figure 4.8 : Fenêtre 'Main Status' avec la fenêtre 'Enter Password'.....	81
Figure 4.9 : Fenêtre 'RC management' avec le menu 'File Transfer'. La fonction.....	82
'Copy File PC to RAM'.	
Figure 4.10 : Fonction Copy PC file to RAM sur la fenêtre 'RC Management'.....	82
Figure 4.11 : 'Fenêtre RC management' avec le menu 'File Transfer', la fonction.....	83
'Reset SITE'.	
Figure 4.12 : Fonction Date&Time REU sur la fenêtre 'RC Management'.....	83
Figure 4.13 : Fenêtre de démarrage 'Main Status'.....	84
Figure 4.14: Fenêtre 'Station Controlling: Detailed Station'.....	84
Figure 4.15: Menu Commands de la fenêtre 'station Controlling: Detailed.....	85
Status'.	
Figure 4.16: Menu Activities de la fenêtre 'Station Controlling: Fenêtre Detailed.....	85
Station'.	
Figure 4.17: Sous-menu actuel- MON- Measurements du menu Activities.....	86
Figure 4.19: Boutons-poussoirs et indications sur les modules MSP et MSG-C sur le....	97
bâti.	

Liste des tableaux

<i>Tableau 1.1</i> : Les différentes bandes de fréquence.....	06
<i>Tableau 1.2</i> : Classification des antennes.....	08
<i>Tableau 1.3</i> : Les caractéristiques du système DME.....	12
<i>Tableau 1.4</i> : Les fréquences des canaux utilisés dans système DME.....	12
<i>Tableau 1.5</i> : Les caractéristiques du système VOR.....	21
<i>Tableau 2.1</i> : Caractéristiques technique du DVOR.....	50
<i>Tableau 4.1</i> : Recherche des cellules défectueuses.....	88
<i>Tableau 4.2</i> : Recherche de défauts (fréquence de la porteuse incorrecte).....	92
<i>Tableau 4.3</i> : Recherche de défauts (indication d'azimut incorrecte).....	92
<i>Tableau 4.4</i> : Recherche de défauts au niveau du moniteur.....	94

LIST OF ABBREVIATIONS

A	Antenna.
AC	Alternating Current.
ACA	Analogical Carrier Amplifier (BITE signal).
ACC	Alternating Current Converter.
ADC	Analogical-Digital Converter.
ADRACS	Automatic Data Recording And Control System
AGC	Automatic Gain Control.
AM	Amplitude Modulation.
AMP	Amplifier.
ASC	Antenna Switch Control.
ASM	Antenna Switch Module.
ASU	Antenna Switching Unit.
ATC	Air Traffic Control.
ATM	Air Traffic Management
BCPS	Battery Charging Power Supply.
BIT (E)	Built-in Test (Equipment).
BSG-D	Blending Signal Generator.
CA	Carrier Amplifier.
CCA	Circuit Card Assembly.
CCP	Control Couple.
CDI	.Course Deviation Indicator.
CD-ROM	Compact Disc - Read Only Memory
CMOS	Complementary Metaloxide Semi-conductor.
CPU	Central Processing Unit
CSB	Carrier signal with Side Bands.
CW	Continuous Wave
DAC	Digital/Analogical Converter.
DC	Direct Current
DCC	DC-Converter.
DDM	Difference in Depth of Modulation.
DFT	Discrete Fourier Transformation
DIN	German industrial standard.

DME	Distance Measuring Equipment.
DSB	Double Side band.
DSP	Digital Signal Processing
DVOR	Doppler Very High Frequency Omnidirectional Radio Range.
EPROM	Erasable Programmable Read Only Memory.
FAA	Federal Aviation Administration.
FM	Frequency Modulation
ICAO	International Civil Aviation Organisation.
ILS	Instrument Landing System.
INC	Indication and Control.
INT	Interface Unit.
ISO	International Organization for Standardization.
LCC	Local Communication Control.
LCD	Liquid Crystal Display.
LCI	Local Control Interface.
LCP	Local Control Panel.
LCU	Local Communication Unit.
LED	Light Emitting Diode.
LG-A LLZ/GP	Localizer/Glide Path - Audio Generator
LG-M LLZ/GP	Localizer/Glide Path - Monitor Processor
LLZ/LOC	Localizer
LPF	Low Pass Filter.
LRCI	Local/Remote Communication Interface
LRU	Line Replaceable Unit
LSB	Lower Side band.
MLS	Microwave Landing System.
MOD	Modulation.
MODPA	Modulator/Power Amplifier.
MOD-SBB	Modulator Side band Blending.
MON	Monitor.
MSB	Most Significant Bit.
MSG	Modulation Signal Generator.
MSP	Monitor Signal Processor.
MUX	Multiplexer.

NAV	Navigation.
NAVAIDS	Navigational Aids.
NDB	Non-Directional radio Beacon.
NM	Nautical Mile
PC	Personal Computer
PLL	Phase Locked Loop.
PM	Phase Modulation.
PMC	Phase Monitor and Control.
PSN	Position.
PTT	Post Telephone and Telecommunications.
RAM	Random Access Memory.
RC	Remote Control.
RCMS	Remote Control Monitoring System.
RCSE	Remote Control and Status Equipment
RCSU	Remote Control Status Unit
REU	Remote Electronic Unit
RF	Radio Frequency
RMMC	Monitoring and Maintenance Configuration.
RWY	Runway.
SBA	Side band A.
SBB	Side band B.
SBO	Side band Only.
SW	Software
SYN	Synthesizer
TACAN	Tactical Air Navigation).
THR	Threshold.
TX	Transmitter.
USB	Upper Side band).
VCO	Voltage Controlled Oscillator.
VHF	Very High Frequency).
VOR	Very High Frequency Omnidirectional Radio Range.
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio.

Introduction générale :

De nos jours, le transport aérien se caractérise par une immense ampleur tout au niveau des passagers qu'au niveau du fret, ce qui a introduit une réduction sensible de l'espace aérien, surtout au niveau des espaces d'atterrissage. Si les équipements de radionavigation ne sont pas bien calibré ou présentent des anomalies (bruit de mesure, précision), elles peuvent engendrées des conséquences au niveau de la sécurité.

Ainsi la mise en place de DVOR s'avère incontournable pour gérer les espaces aériens avec le maximum de disponibilité d'équipements.

Notre projet rentre ce contexte ainsi de faire l'étude et l'installation du DVOR 432 d'une part, puis utiliser les nouvelles techniques de télémaintenance en utilisant le logiciel ADRACS à fin d'éviter le blocage imprévisible du système DVOR et prédire toute pannes susceptible d'arriver.

Notre étude est devisée en quatre principaux chapitres comme suit :

- Chapitre 1 : Dans ce chapitre, on va présenter les notions sur les antennes de radionavigation ainsi que l'évolution de la navigation aérienne.
- Chapitre 2 : Dans le second chapitre, on va donner une description détaillée du système DVOR 432.
- Chapitre 3 : Dans le troisième chapitre, on va aborder des étapes détaillées de l'installation de DVOR 432.
- Chapitre 4 : Dans ce dernier chapitre, on va étudier la maintenance de système DVOR 432.

Chapitre 1 :
Notions sur les antennes de la
navigation

1. Généralités :

1.1. Définition et historique de la navigation :

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

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

1.2. L'évolution des systèmes de navigation :

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

- **Première génération :**

Comme son nom l'indique, c'est le début de l'aviation en général et à cette époque, le pilote utilise ses facultés physiologiques (oreille, odora, vue) comme capteurs. Il avait comme instrument la GONIO et CHRONOMETRE.

- **Deuxième génération (les années 50) :**

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

- le coup d'exploitation.
- Fiabilité médiocre des instruments.

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

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

- Des systèmes et instruments.
- Transmission des données électroniques et hydromécaniques.

- **Quatrième génération (les années 80):**

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

1. Automatisation complète des systèmes.

2. Intégration totale de tous les systèmes de pilotage.

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

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

Le système TCAS, qui n'est autre qu'un système anti-collision entre (avion/avion) ou (avion/obstacle).Et on a vu aussi l'apparition du MLS, qui est un système d'aide a l'atterrissage. C'est un système récent qui a vu le jour en 1987, et qui doit remplacer son prédécesseur l'ILS.

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

1.3. Les antennes de radionavigation :

1.3.1. Notions sur les antennes :

1.3.1.1. Principes de l'électromagnétisme :

Un champ électrique variable produit un champ magnétique induit. De même, un champ magnétique variable produit un champ électrique induit. Cette relation entre le champ électrique et le champ magnétique produit une propagation d'onde électromagnétique transverses, dans laquelle des champs électrique et magnétique oscillants sont orientés l'un perpendiculaire à l'autre ainsi que par rapport à la direction de propagation .Les ondes électromagnétiques de radiofréquence (RF), dont les fréquences varient entre 10 kHz à 100 GHz, peuvent être produites par des électrons libres oscillant constamment dans un matériau conducteur. Les ondes électromagnétiques de fréquences supérieures, telles que la lumière infrarouge, la lumière ultraviolette, la lumière visible, les rayons X et les rayons gamma, résultent de l'excitation thermique d'électrons orbitaux (chaleur) ou de changements d'état quantique aux niveaux atomique et nucléaire. La Terre est exposée continuellement à l'énergie électromagnétique du soleil, qui confère une puissance d'environ 1 400 W (W/m²) à la haute atmosphère, puissance qui se trouve affaiblie à environ 220 W/m² au niveau de la mer.

Les ondes électromagnétiques dans le spectre RF sont utilisées pour transmettre de l'information analogique et numérique. Cette information est normalement codée par la modulation des caractéristiques de fréquence, d'amplitude ou de phase de l'onde porteuse. Certains signaux RF, tels que ceux qui sont produits par les radars, sont pulsés pour permettre de mesurer la distance entre l'émetteur et la cible. Les avions modernes émettent et reçoivent des signaux RF passant dans l'atmosphère et font des liaisons avec des stations au sol pour déterminer les différents paramètres d'un objet volant. Les antennes sont conçues pour recevoir l'énergie RF dans des gammes de fréquences particulières et pour amener cette énergie RF aux récepteurs radio ou radar à bord de l'avion. Les radios des avions sont conçues pour fonctionner à des fréquences attribuées conformément aux allocations nationales et internationales du spectre RF. Ces allocations ont été élaborées pour garantir que les sources RF à grande puissance ne brouilleront pas les radios et radars des avions.

1.3.1.2. Rayonnement électromagnétique :

A. Présentation :

Une onde EM est constituée d'un champ électrique E et d'un champ magnétique H . Dans le vide, ces deux champs sont orthogonaux et transverses (perpendiculaires à la direction de propagation): c'est une onde TEM (Transverse Electromagnétique). (**Figure 1.1**).

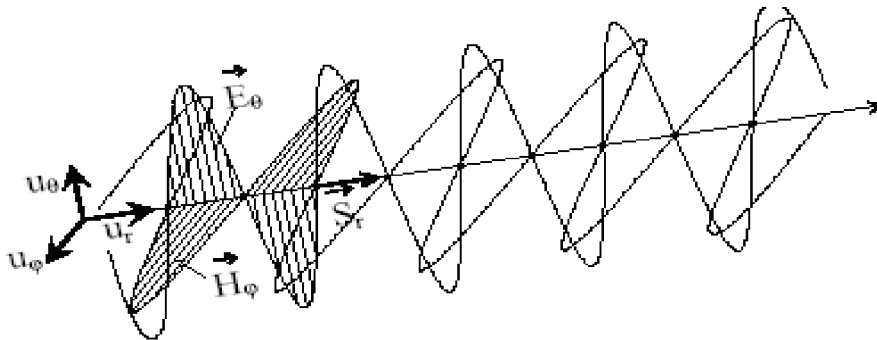


Figure 1.1: La propagation d'onde électromagnétique.

On a :

$$\begin{array}{ll} \text{Cas général} & \text{Dans le vide} \\ \vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}^* & \vec{S} = \vec{E} \times \vec{H} \end{array} \quad (1)$$

$$\vec{E} = \vec{Z} \times \vec{H} \quad |\vec{E}| = Z_0 \cdot |\vec{H}| \quad \text{avec } Z_0 = \frac{|\vec{E}|}{|\vec{H}|} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \cong 376.7 \Omega \quad (2)$$

$$|\vec{E}| = c \cdot |\vec{B}| \quad \text{avec } c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \epsilon_0}} \cong 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \quad (3)$$

Tel que:

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

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

B. Génération d'onde :

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

- a. par des courants, représentés vectoriellement par une densité de courant (**J**) en A/m². C'est le cas des antennes filaires.
- b. par une ouverture dans un volume où règne un champ EM, par exemple l'extrémité ouverte d'un guide d'onde. C'est le principe des antennes paraboliques.

C. Classification des ondes électromagnétiques :

Le tableau 1.1 résume la classification admise des ondes radioélectriques ainsi que quelques domaines d'application :

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

Tableau 1.1 : Les différentes bandes de fréquence.

1.3.2. Caractéristiques des antennes :

Les antennes sont caractérisées par:

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

1.3.3. Les différents types d'antennes :

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

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

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

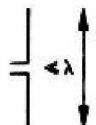
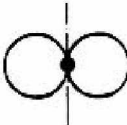
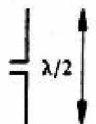
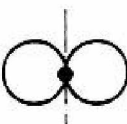
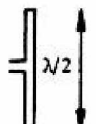
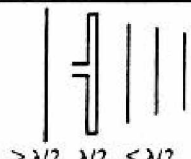

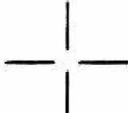
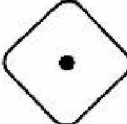


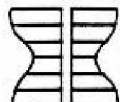

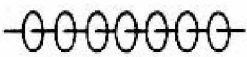
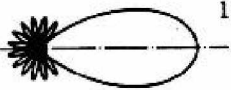
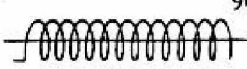
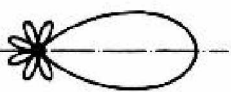
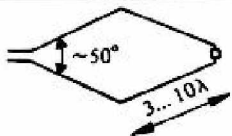

Type	Forme	Diagramme de rayonnement	Gain	Utilisation
Dipôle (ou doublet de Hertz)			1,5 (1,8 dB)	Ondes longues moyennes et courtes
Dipôle quart d'onde			1,64 (2,1 dB)	Ondes ultra-courtes
Dipôle $\lambda/4$ replié				
Yagi			8 ... 9 dB	Réception OUC (TV) (bande étroite)
Tourniquet			$\sim 70 \Omega$	Emission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

Tableau 1.2 : Classification des antennes.

1.4. Classification opérationnelle des aides à la radionavigation :

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

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

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

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

1.4.3. Aides à courte distance, approche et atterrissage :

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

1.5. Quelques types d'aides à la radionavigation :

1.5.1. DME (distance measuring equipment):

1.5.1.1. Introduction:

Le **DME** a été défini par l'OACI (Annexe 10) comme un système d'aide à la radionavigation avec une couverture omnidirectionnel à courte et moyenne distance. Est un équipement comprenant une station au sol (transpondeur) et un équipement de bord (récepteur) permettant de mesurer à tout instant la distance oblique entre l'avion et la station. Il est toujours associé au VOR installé dans le même site, permet de déterminer la direction et la distance, et est défini comme système VOR/DME, qui permet de donner les coordonnées polaires de l'avion par rapport au repère dont l'origine sont les deux stations.



Figure 1.2 : Station VOR / DME.

1.5.1.2. Principe de fonctionnement du DME :

Le principe de fonctionnement se fait par interrogations–réponses. L'émetteur de bord interroge la station sol en lui envoyant des paires d'impulsions UHF répétées irrégulièrement que la station sol renvoie sur une autre fréquence avec un retard fixe de $50\mu\text{s}$. Le récepteur de bord mesure le temps aller-retour des impulsions et en déduit la distance D par la formule suivante :

$$D = c.t / 2 \quad (4)$$

- c: la vitesse de la lumière,
- t: le temps aller-retour auquel on a retranché le retard fixe de $50\mu\text{s}$.

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

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

réponse déterminé entre la réception de chaque paire d'impulsion d'interrogation et la transmission de la réponse correspondante.

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

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

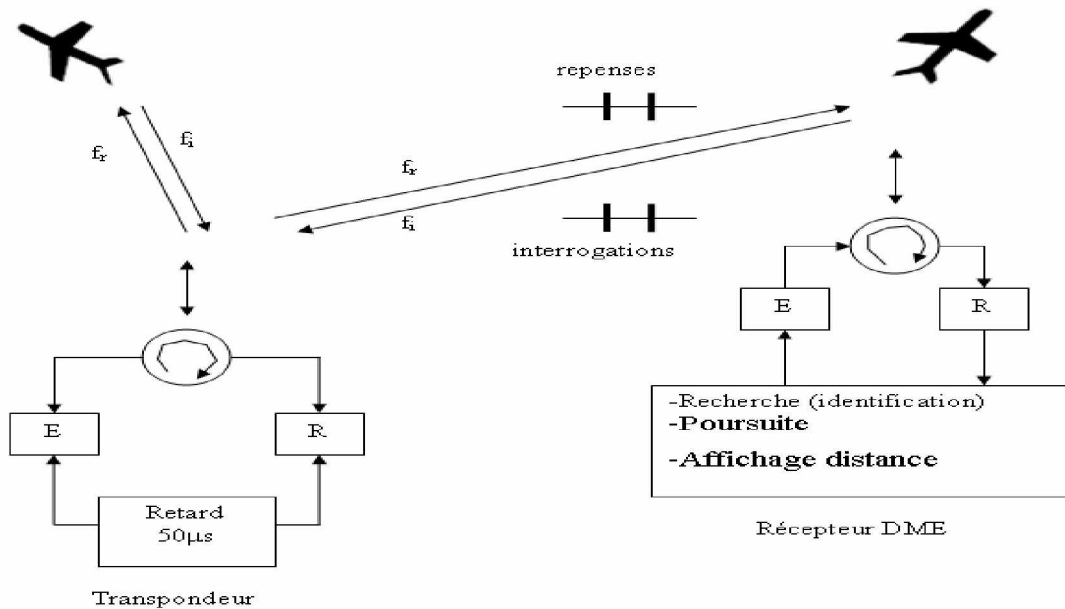


Figure 1.3 : Schéma synoptique d'une station DME.

Ce système est constitué de :

a- Station au sol : elle comprend :

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

b- Équipement de bord :

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

1.5.1.3. Caractéristiques du système :

On donne le tableau (1.3) qui résume les caractéristiques du système de mesure de distance DME :

Paramètre	Observation
Couverture	Limitée par la portée optique et dépend de l'altitude de vol de l'avion.
Capacité de trafic	Gère un trafic avec une capacité de pic jusqu'à 200 avions.
Précision	0.12 NM +0.05% de la distance, de zéro à 65 NM. et ± 0.17 NM +0.05% de la distance au delà des 65 NM.
Retard systématique	Pour le minimiser le DME au lieu de transmettre des impulsions uniques, il doit transmettre toujours des paires d'impulsions chaque paire est composée de deux impulsions de forme Gaussienne d'une durée de 3.5 μ s dont l'espacement dépend du mode de canal sélectionné.

Tableau 1.3 : Les caractéristiques du système DME.

La figure (1.4) résume la relation entre la fréquence d'interrogation et de réponse des canaux DME :

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

Tableau 1.4 : Les fréquences des canaux utilisés dans système **DME**.

Le schéma (1.4) qui convient résume la relation entre ces fréquences et le canal de transmission utilisé (X ou Y) :

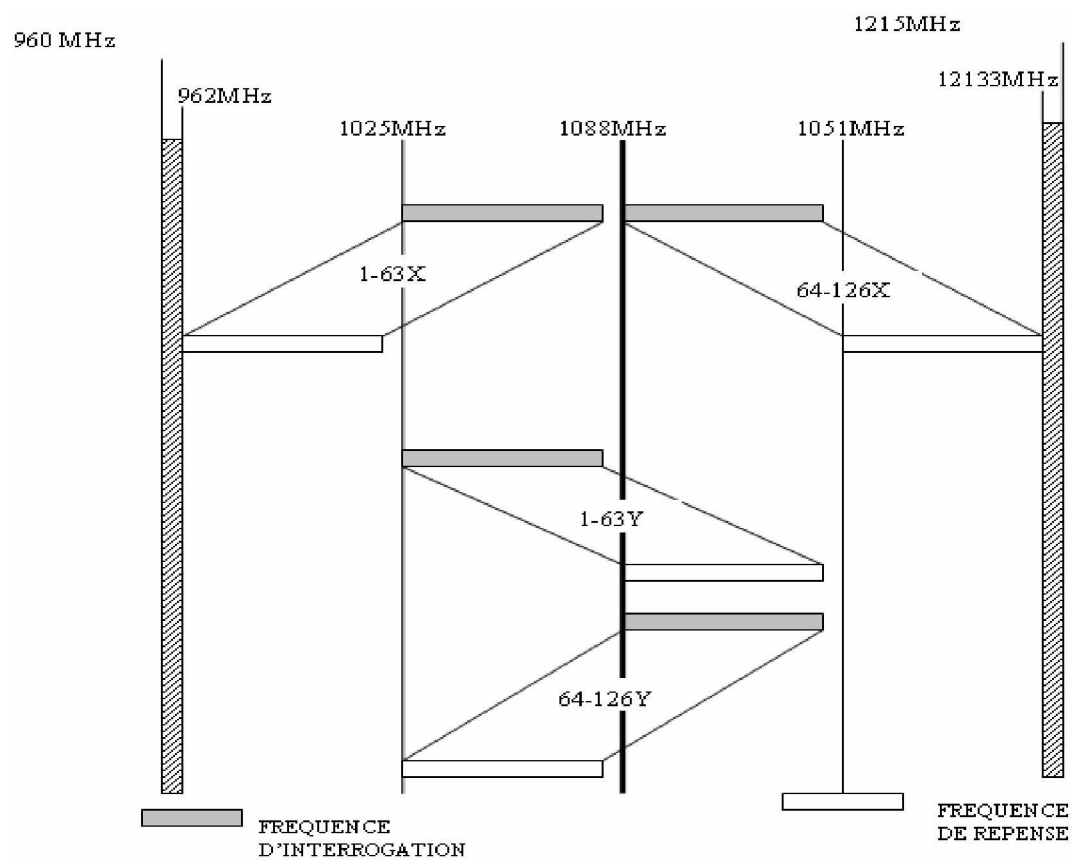


Figure 1.4 : Fréquence d'interrogation et de réponse des canaux DME.

1.5.2. VOR (VHF Omni Range) :

1.5.2.1. Introduction :

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

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

Le VOR sert pour le balisage des routes aériennes comme le montre la figure (1.5) :

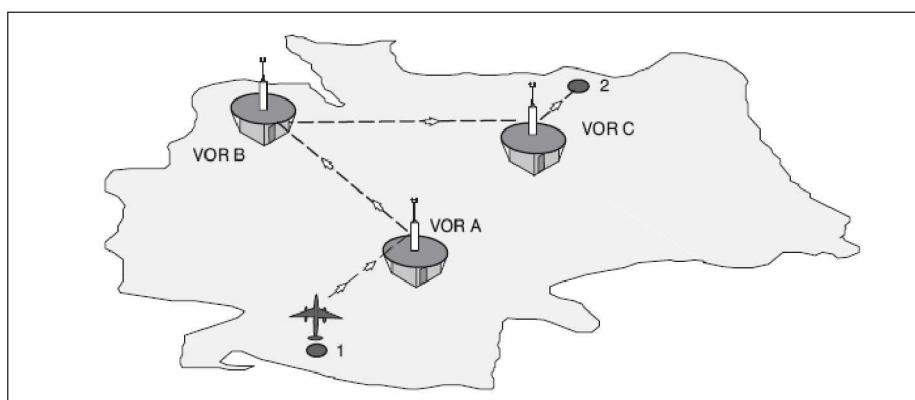


Figure 1.5 : Principe de la navigation en route du VOR.

La figure (1.6) montre un exemple d'une station VOR utilisée dans la navigation :

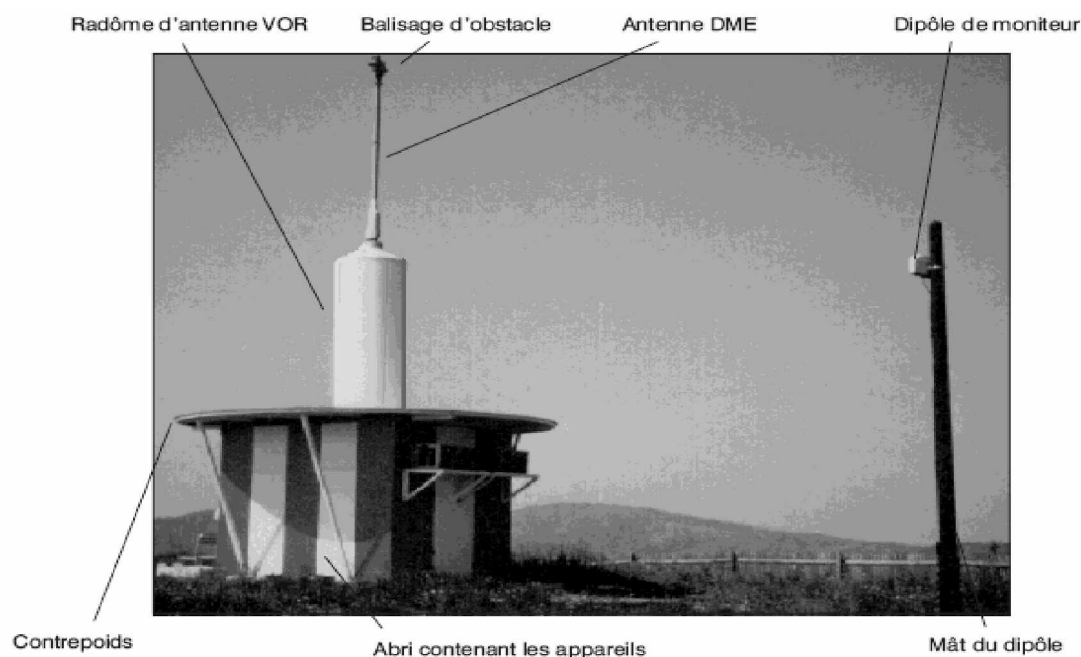


Figure 1.6 : Station VOR/DME.

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

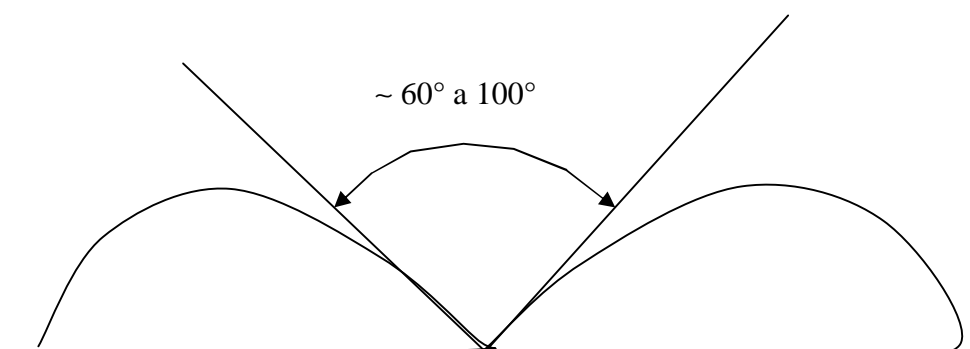


Figure 1.7 : Le cône de silence.

Comme le montre la figure (1.7), le cône de silence à une ouverture de 60° à 100° à la vertical de la station, ce qui correspond approximativement à une zone d'incertitude d'une minute de vol pour un avion volant à 30000ft avec une vitesse de 450Kt.

1.5.2.2. Principe de fonctionnement :

Le réseau de trafic aérien actuel se caractérise par un certain nombre de station VOR au sol fonctionnant dans la gamme de fréquence de 108 à 118 MHz et ayant une portée allant jusqu'à 300 Km. Le signal RF émis par un VOR est modulé par deux ondes sinusoïdales de 30 Hz. Celles ci ont une position de phase donnée l'une par rapport à l'autre qui dépend de la direction dans laquelle le signal est reçu. Le rapport de phase est identique à l'angle géographique entre le nord et la direction de l'avion par rapport à la balise au sol (azimut). L'une des deux oscillations à 30 Hz est totalement indépendante de l'azimut (30 références), alors que le rapport de phase entre la seconde oscillation à 30 Hz et le signal de référence varie avec l'azimut (signal variable)(voir figure 1.8).

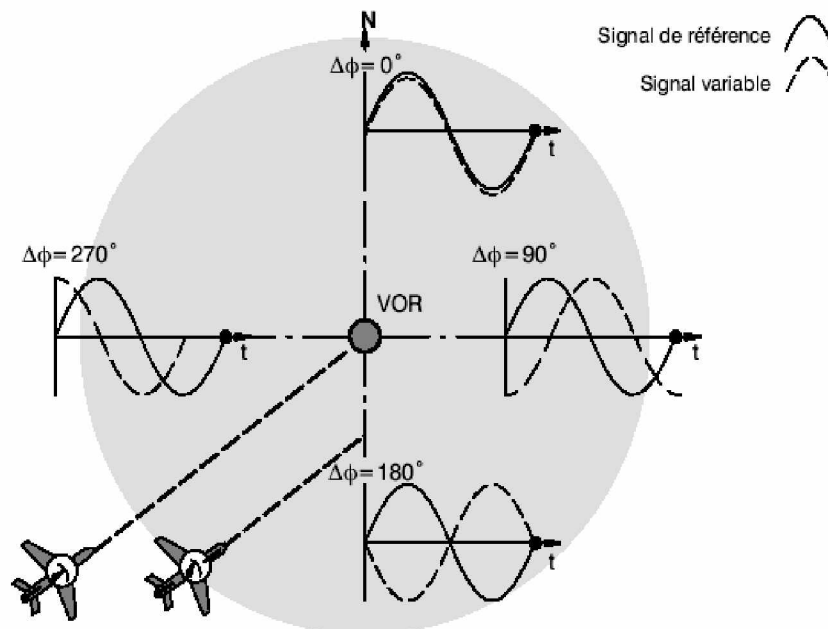


Figure 1.8 : Schéma de principe.

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

Le signal variable est émis par deux dipôles croisés. Les dipôles croisés reçoivent des signaux Bandes Latérales en caractérisés par une différence de phase de 90° dans l'enveloppe.

Les deux signaux à 30Hz ne diffèrent que par leur phase, on ne peut pas donc les transmettre aux moyens du même type de modulation (sauf utilisation de deux porteuses décalées) puisqu'il ne serait pas possible de le séparer au niveau du récepteur.

1.5.2.3. Composition de système VOR :

Le système VOR est constitué par :

A. Station au sol (émetteur) :(voir figure 1.9)

- Bâti émetteur avec émetteur, moniteur et alimentation électrique.
- Une antenne fixe (polarisation horizontale).
- Deux antennes tournantes à 30tr/s.
- Un (ou plusieurs) moniteur de champ.

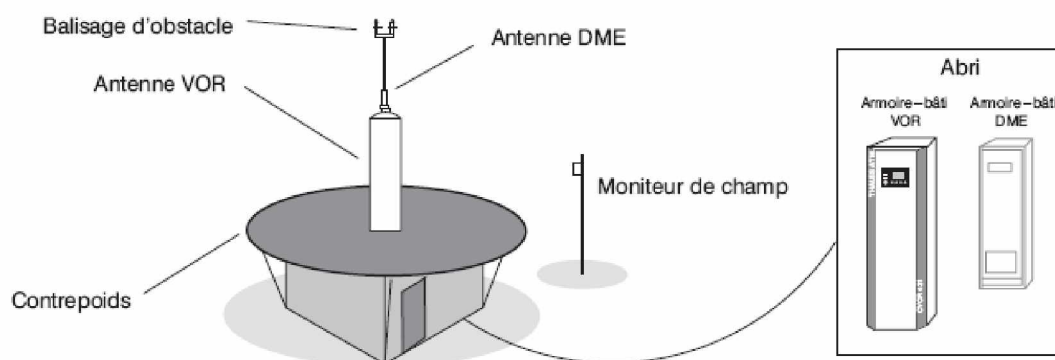


Figure 1.9 : Schéma d'une installation VOR.

B. Installation de bord (récepteur) :

- Une antenne.
- Un récepteur VHF.
- Un indicateur radio-magnétique.
- Une boîte de commande.
- Indicateurs d'écart Droite/Gauche : RMI, HSI, écran cathodique.

1.5.2.3.1. Station au sol (émetteur) :

1.5.2.3.1.1. Schéma synoptique :

D'après la figure (1.10), l'émetteur VOR constitue de plusieurs étages :

- Modulateur FM.
- Modulateur AM.
- Codage morse.
- Générateurs des signaux.

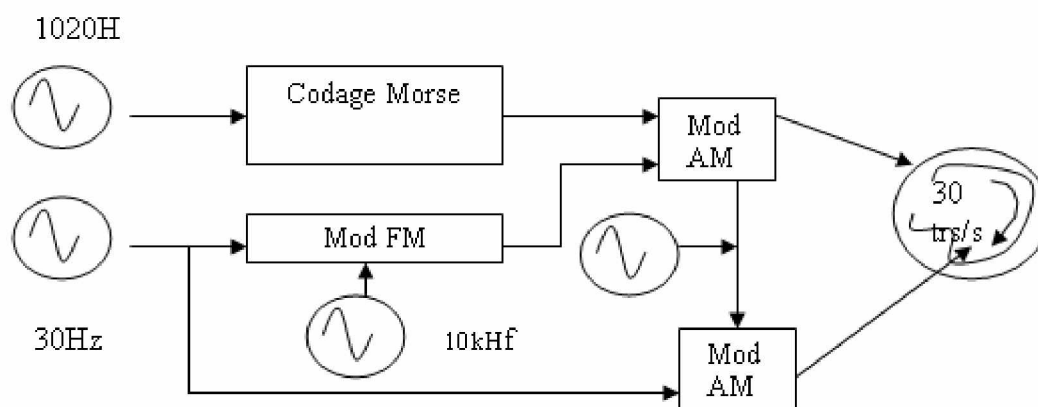


Figure 1.10 : Schéma synoptique d'un émetteur VOR.

1.5.2.3.1.2. Spectre en fréquence du signal VOR :

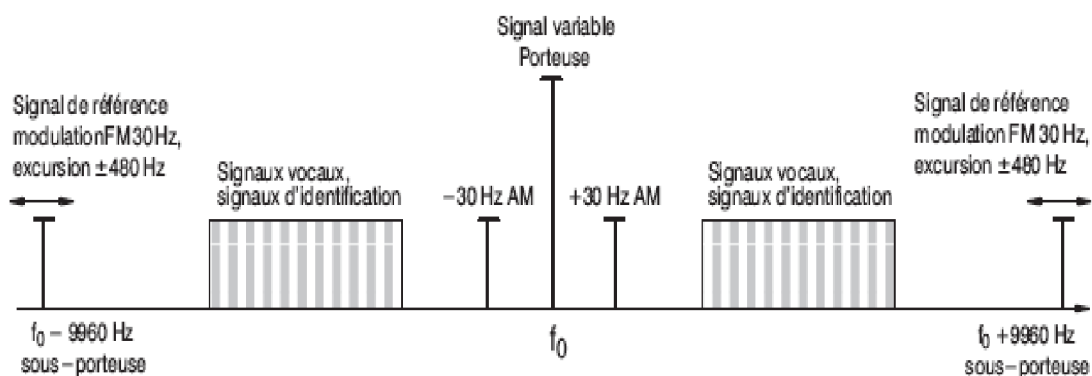


Figure 1.11 : Spectre en fréquence du signal VOR.

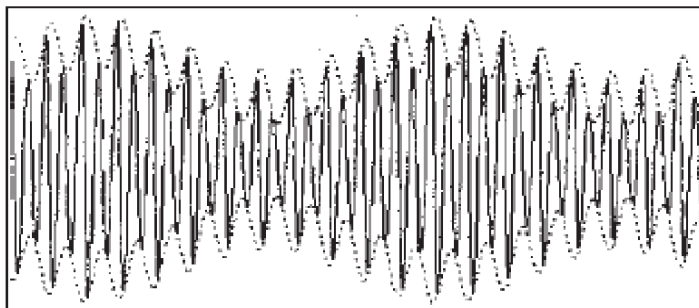


Figure 1.12 : Forme du signal VOR modulé en amplitude à 30 Hz et 9960Hz.

1.5.2.3.1.3. Expressions des signaux rayonnés :

a. Expression de la sous porteuse modulée en fréquence par 30 Hz Ref :

Fréquence instantanée $f(t)$, fréquence nominale f , excursion de fréquence Δf autour de f , et pulsation du signal modulant Ω sont liés par la relation :

$$f(t) = f + \Delta f \cdot \cos \Omega t \quad (5)$$

Avec $\Delta f = n \cdot F$

$n=16$, valeur fixée par l'OACI, $F=30$ Hz, on a donc :

$$f(t) = 9960 + 480 \cdot \cos \Omega t \quad (6)$$

Par ailleurs l'expression générale du signal sous porteuse est celle d'un signal modulé en fréquence :

$$e(t) = E_b \cos(\psi(t)) \quad (7)$$

$$\omega(t) = \frac{d\psi}{dt} \quad \text{avec} \quad \omega(t) = \omega + \Delta\omega \cdot \cos \Omega t.$$

On a :

$$\psi(t) = \int_0^t \omega(u) \cdot du = \int_0^t (\omega + \Delta\omega \cdot \cos \Omega u) du$$

$$\psi(t) = \omega \cdot t + \frac{\Delta\omega}{\Omega} \sin \Omega t \quad (8)$$

Avec $n = \frac{\Delta\omega}{\Omega} = \frac{\Delta f}{F}$ on a :

$$e_0(t) = E_b \cos(\omega t + n \cdot \sin \Omega t) \quad (9)$$

$$- \omega = 2\pi \cdot 9960$$

$$- \Omega = 2\pi \cdot 30$$

b. Expression de la porteuse VHF modulée en amplitude par la sous porteuse :

Avec $e_1(t) = (E_p + \mu(t)) \cos \omega t$, l'expression générale d'un signal modulé en amplitude et $\mu(t) = e_0(t)$, il vient :

$$e_1(t) = (E_p + E_b \cos(\omega t + n \sin \Omega t)) \cos \omega t \quad (10)$$

$$e_1(t) = E_p \cos \omega t \left(1 + \frac{E_b}{E_p} \cos(\omega t + n \sin \Omega t)\right) \quad (11)$$

$\frac{E_b}{E_p}$ est le taux de modulation $= m = 0.3$.

c. Expression de la porteuse VHF modulée par la sous porteuse, l'indicatif et la phonie :

Chaque VOR est obligatoirement caractérisé par un indicatif de 3 lettres au maximum, codé en morse et transmis en A2, c'est-à-dire en modulant en amplitude la porteuse, au rythme du code, par une fréquence de 1020 Hz.

En outre, le VOR, est utilisable aussi pour la transmission d'un certain nombre d'information (Météo, Notam, Vent, Piste en service, etc....) au moyen d'une bande phonie (300,3000 Hz) modulant elle-même aussi en amplitude la porteuse.

$$E_p(t) = E_p \cos \omega t (1 + m \cos(\omega t + n \sin \Omega t) + m_1 \cos(\omega_{1020} t) + m_2 \cos(\omega_{3000} t)) \quad (12)$$

- $m = 0,3$, $m_2 = 0,3$, $m_1 = 0,1$ (absence de phonie) ou $m_1 = 0,05$ (présence de phonie).

- $\omega_{1020} = 2\pi \cdot 1020$, $\omega_{3000} = 2\pi \cdot 3000$ (3000).

d. Expression de la porteuse VHF modulée en amplitude par 30 Hz VAR :

$$e_2(t) = E_p (1 + m \cos(\Omega t - \alpha)) \cos \omega t \quad (13)$$

1.5.2.3.2. Installation de bord (récepteur):

A bord, après réception, démodulation, séparation, on obtient le 30 Hz Ref et 30 Hz VAR. dans une direction α , ils sont de la forme :

$$e_{30 \text{ Ref}} = \cos(\Omega t) \quad (14)$$

$$e_{30 \text{ VAR}} = \cos(\Omega t - \alpha) \quad (15)$$

Avec α = azimut.

1.5.2.3.2.1. Schéma synoptique du récepteur VOR :

D'après la figure (1.13), le récepteur est composé de plusieurs étages qui ont pour rôle de décoder les informations émises, et en fonction de la position de l'aéronef de déduire le " α ", pour les affiche au niveau de HSI.

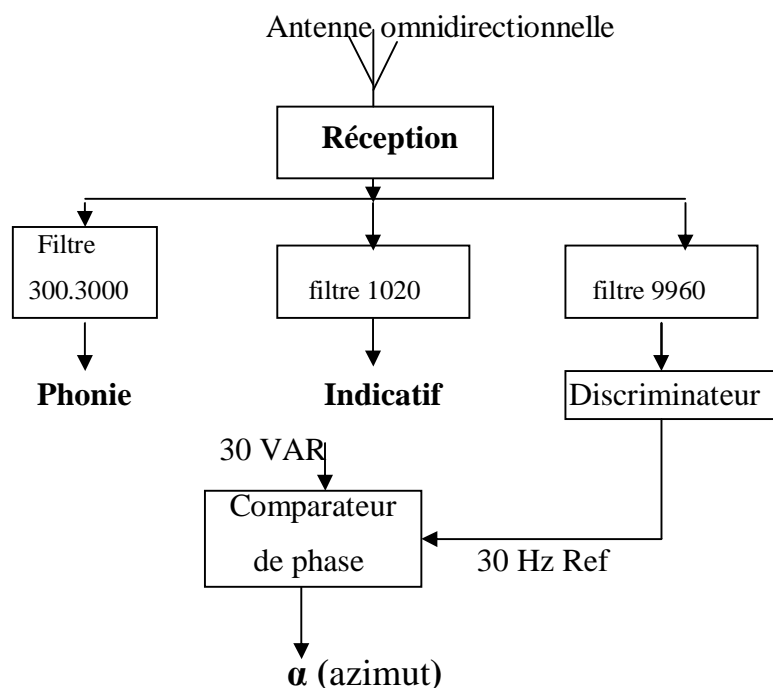


Figure 1.13 : Schéma synoptique d'un récepteur VOR.

1.5.2.4. Caractéristiques du système :

On peut les résumer dans le tableau (1.5) :

Paramètre	Observation
Identification	L'identification se fait par un signal morse (2 ou 3 lettres) modulé à 1020Hz et répété au moins une fois toute les 30 secondes.
Performance	Puissance : 200w, portée : 200NM à 40000ft.
précision	La précision est de l'ordre de $\pm 2.5^\circ$.

Tableau 1.5 : Les caractéristiques du système VOR.

Remarque :**- Avantages :**

- C'est un appareil **VHF** qui n'est pas donc influencé par les parasites atmosphériques.
- Les indications sont visuelles et continues, donc directement exploitables par le pilote.
- Associé à un **DME** (appareil donnant la distance d'une station).

-Inconvénients :

- Portée optique.
- Implantation de l'émetteur au sol : nécessite l'utilisation d'un terrain plat sans obstacles jusqu'à 500 m de la station (sensibilité aux trajectoires multiples liées aux phénomènes de réflexion dus aux objets, proches et distants, interrompant le trajet des ondes, tels que les arbres, les fils électriques, les bâtiments et les montagnes....).

Chapitre 2 :
Description de système DVOR 432

2.1. Introduction :

Le DVOR (Doppler Very high frequency Omni Range) est un système d'aide à la radionavigation préconisé par l'OACI et reconnu internationalement pour le guidage des avions à courte et moyenne distance. Il peut être commandé et surveillé à distance.

L'équipement de radionavigation DVOR est un dérivé du VOR conventionnel. Grâce à l'utilisation de l'effet Doppler et à son système d'antennes, il est capable de produire un signal d'azimut plus précis. On utilise les installations de radionavigation DVOR principalement dans les cas où les conditions géographiques sont difficiles.

Le principe selon lequel fonctionne le DVOR repose sur la mesure de l'angle de phase de deux signaux à 30 Hz émis par la station. Un signal de 30 Hz (signal de référence) est émis avec la même phase dans toutes les directions. Pour le second signal à 30 Hz (signal variable), sa phase est en rapport avec le premier signal et qui donne l'azimut.

Le DVOR fournit au pilote les informations suivantes par l'intermédiaire du récepteur du VOR installé dans l'avion :

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

A l'aide du DVOR le pilote l'utilise pour tracer la route à suivre (voir figure 2.1).

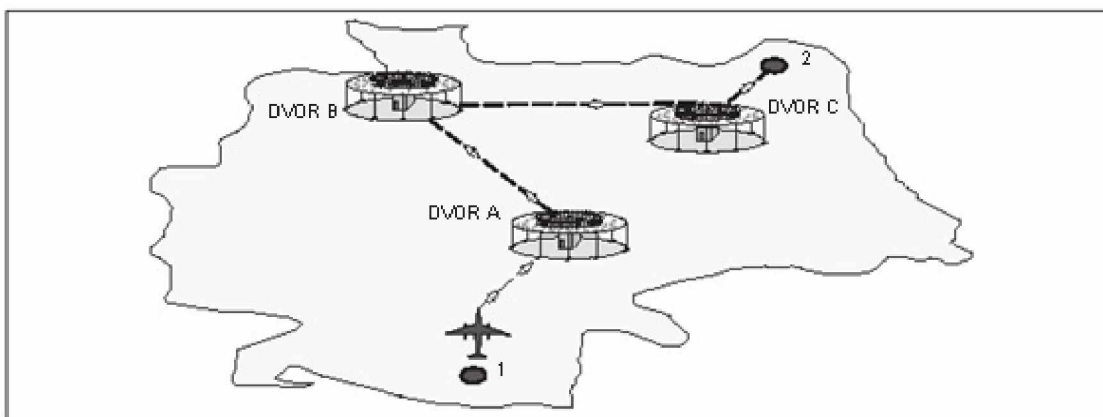


Figure 2.1 : Principe de la navigation en route du DVOR.

La figure (2.2) montre un exemple d'une station DVOR utilisée dans la navigation.



Figure 2.2 : Station DVOR/DME.

2.2. Généralités sur l'effet Doppler :

L'effet Doppler est le décalage de fréquence d'une onde entre la mesure à l'émission et la mesure à la réception lorsque la distance entre l'émetteur et le récepteur varie au cours du temps. Cet effet fut présenté par Christian Doppler en 1842, et confirmé sur les sons par le chercheur néerlandais Christoph Hendrick Diederik Buys Ballot, et fut également proposé par Hippolyte Fizeau pour les ondes électromagnétiques en 1848.

Cet effet est utilisé pour mesurer une vitesse par exemple celle d'une voiture (Radar de contrôle routier), Il est d'une grande importance dans la navigation aérienne, car il permet de déterminer directement la vitesse d'approche ou d'éloignement des objets.

2.3. Présentation générale du système DVOR 432 :

La figure (2.4) nous montre le synoptique du système DVOR, il est constituée des éléments et accessoires suivants :

- Bâti émetteur avec émetteur, moniteur et alimentation électrique/chargeur de batterie.
- Bâti contenant l'ensemble de commutation d'antennes (ASU), les modules ASU et alimentation électrique/chargeur de batterie.
- Alimentation de secours (batterie au plomb 48 V).

Ces éléments de l'installation sont logés dans un abri.

- Système d'antennes : Le système d'antennes du DVOR comprend 51 antennes, installées sur un contrepois (voir figure 2.3).
- Dipôle de moniteur.
- Mise à la terre.

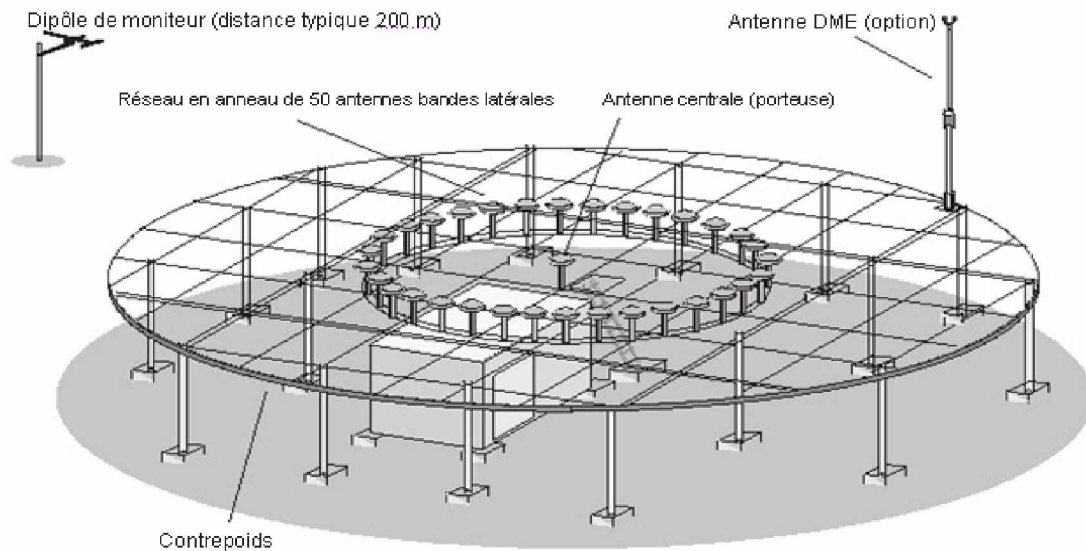
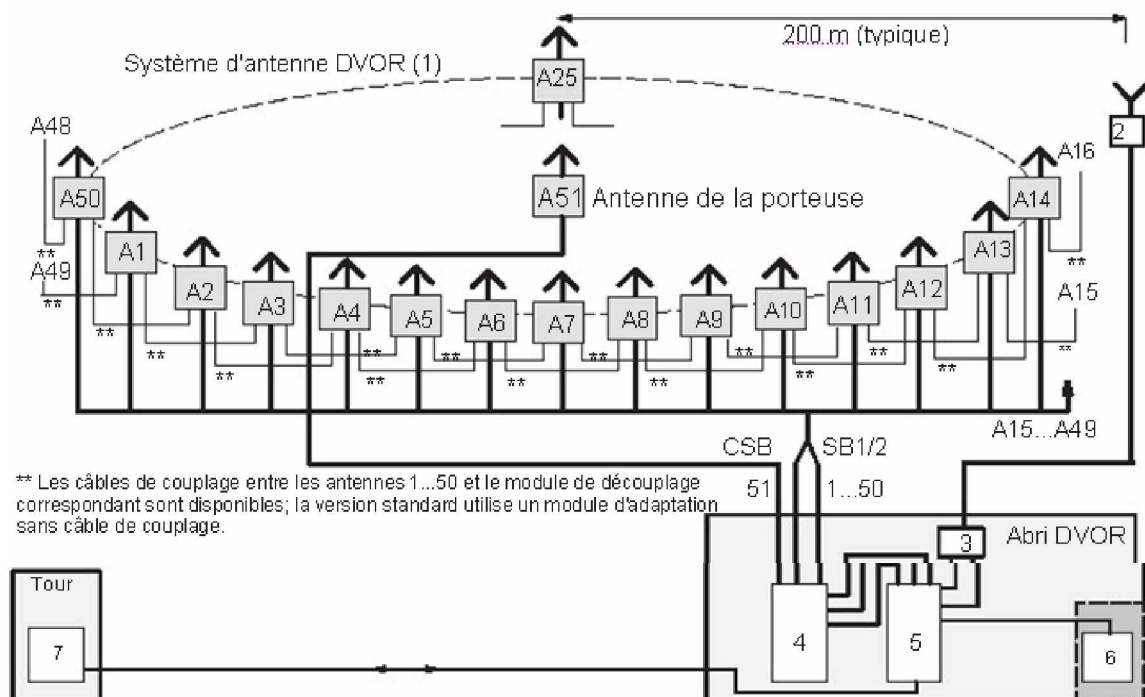


Figure 2.3 : Schéma d'une installation DVOR.



- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1. Système d'antenne : 50 antennes bandes latérales, 1 antenne de la porteuse | 5. Baie émetteur DVOR |
| 2. Dipôle moniteur de champ semi-proche (1 ou 2) | 6. Batterie alimentation de secours |
| 3. Diviseur (utilisé avec 1 dipôle moniteur) | 7. Ensemble de télécontrôle |
| 4. Ensemble de commutation d'antennes (ASU) | |

Figure 2.4 : Présentation du système DVOR 432.

2.4. Principe de fonctionnement :

Le principe selon lequel fonctionne le DVOR repose sur la mesure de l'angle de phase de deux signaux à 30 Hz émis par la station. Un signal de 30 Hz (signal de référence) est émis avec la même phase dans toutes les directions. Pour le second signal à 30 Hz (signal variable), sa phase est en rapport avec le premier signal et qui donne l'azimut (voir figure 1.8).

- Le 30 Hz Ref module la porteuse f_0 en amplitude (taux de modulation : 30 %).
- La sous porteuse ($f=9960$ Hz) module en amplitude la porteuse VHF et grâce à l'effet Doppler la sous porteuse modulée en fréquence par le 30Hz VAR (excursion : ± 480).
- Les deux signaux à 30Hz ne diffèrent que par leur phase, donc on ne peut pas les transmettre au moyen du même type de modulation (sauf utilisation de deux porteuses décalées) puisqu'il ne serait pas possible de les séparer au niveau du récepteur.

La figure (2.5) montre la génération de la modulation de fréquence en fonction de la direction, à l'aide de l'effet Doppler. Si l'antenne omnidirectionnelle **A** tourne mécaniquement dans le sens trigonométrique, la fréquence mesurée par les deux observateurs **B1** et **B2** sera augmentée ou diminuée en fonction de l'effet Doppler (à condition que le diamètre « **D** » soit négligeable par rapport à la distance entre les observateurs et le système), selon que l'antenne se rapproche des observateurs ou s'en éloigne. Le changement de fréquence Δf est fonction de la vitesse de rotation, de la fréquence de rotation f_n , du diamètre « **D** » de l'orbite et de la longueur d'onde moyenne émise λ_0 . La relation s'exprime de la façon suivante:

$$\Delta f = \pi \cdot (D/\lambda_0) \cdot f_n \quad (16)$$

Si l'antenne **A** commence son orbite au point 1 et continue en passant par les points 2, 3 et 4, les fréquences reçues par les deux observateurs **B1** et **B2** changeront en fonction du temps. Si un signal de référence, à la même fréquence, est émis en même temps par une antenne centrale omnidirectionnelle **M**, l'angle de phase entre le signal de référence (de l'antenne **M**) et la fréquence variable (de l'antenne **A**) sera proportionnel à l'azimut (position de l'observateur), c'est-à-dire que la position de phase du signal **M** par rapport au signal **A** est fonction de l'azimut. Le point de référence c'est le nord magnétique (point 1), là où les deux signaux sont en phase.

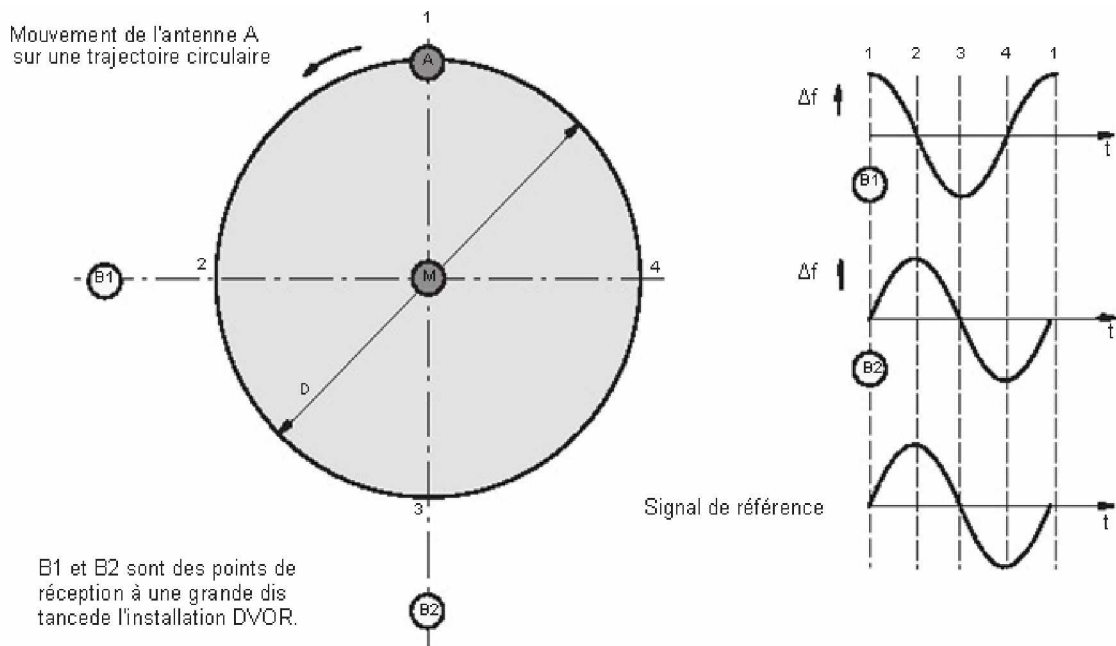


Figure 2.5 : Génération de la modulation de fréquence en fonction de la direction.

Le mouvement circulaire des signaux de bandes latérales à une fréquence de rotation à 30 Hz est mieux réalisé par des moyens électroniques. On installe donc à cet effet 50 antennes simples, fixes et équidistantes. Elles sont alimentées de façon séquentielle par l'intermédiaire d'un ensemble de commutation d'antennes, si l'antenne de bande latérale tourne à une fréquence de 30 Hz, l'effet Doppler modulera en fréquence la sous porteuse en fonction de l'azimut. L'information qui dépend de l'azimut est contenue dans la phase de la modulation de fréquence. La phase de référence du signal de porteuse modulée en amplitude à 30 Hz est émise par une seule antenne au centre de contrepois.

Le récepteur installé à bord de l'avion n'a aucun moyen de déterminer si le signal reçu provient d'une station au sol VOR ou DVOR

Si l'on utilise la méthode de double bande latérale (f_0+f_1 et f_0-f_1), les deux bandes latérales dont les points focaux de rayonnement tournent dans la même direction sont émises par des antennes opposées l'une par rapport à l'autre sur la trajectoire circulaire. Pour obtenir cet effet, l'ensemble de commutation d'antennes active l'antenne bande latérale 1 avec la bande latérale supérieure (f_0+9960 Hz) et l'antenne bande latérale 26 avec la bande latérale inférieure (f_0-9960 Hz) simultanément (Figure 2.6a). Lorsque les antennes 1 et 26 atteignent leur pic de rayonnement, les antennes adjacentes 2 et 27 sont activées. Dès que ces dernières atteignent leur pic de rayonnement, la bande latérale supérieure de l'antenne 1 est commutée sur la 3 et simultanément, la bande latérale inférieure de l'antenne 26 est commutée sur la 28

(Figure 2.6b). Cette méthode d'activation des antennes bande latérale ainsi que la modulation des signaux de bande latérale permettent d'obtenir une rotation continue, presque régulière des points focaux de rayonnement des bandes latérales supérieure et inférieure.

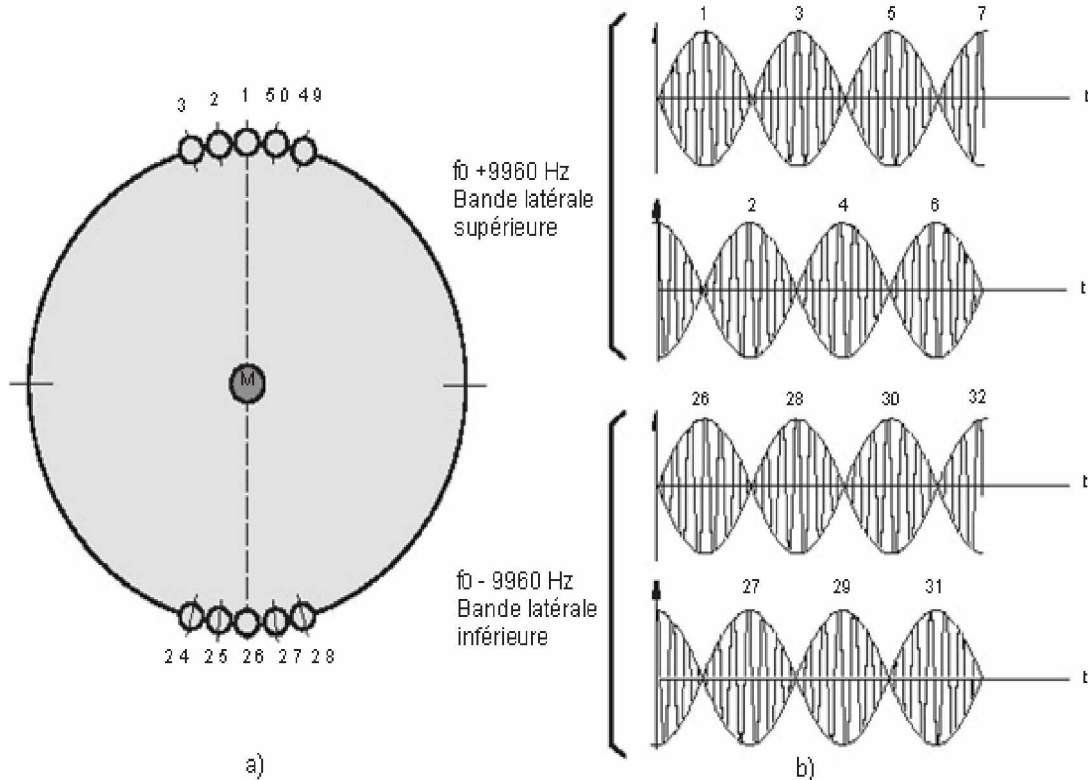


Figure (2.6a).

Figure (2.6b).

Figure 2.6 : Commutation des antennes des bandes latérales dans le DVOR.

2.5. Spectre en fréquence du signal DVOR :

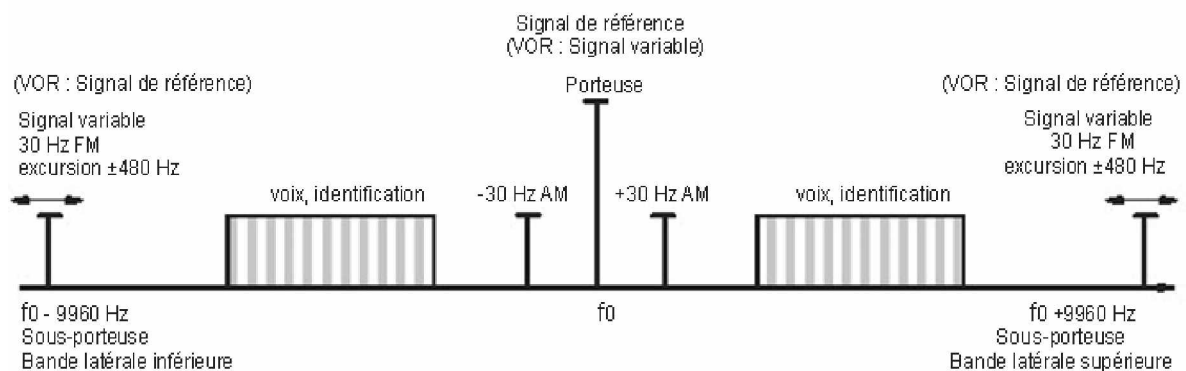


Figure 2.7 : Spectre en fréquence du signal DVOR.

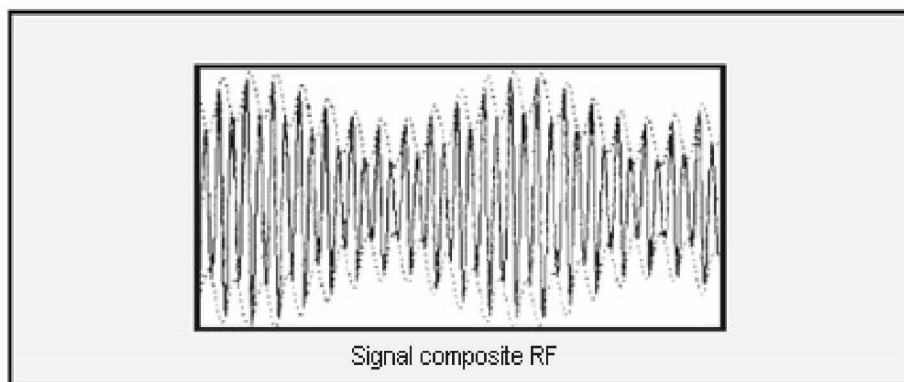


Figure 2.8 : Forme du signal DVOR modulé en amplitude à 30 Hz et 9960 Hz.

2.6. Monitoring :

Selon l'annexe 10 de l'OACI, il est impératif de vérifier en permanence si le signal émis est correct au moyen d'un système de moniteurs fonctionnant de manière indépendante. Dans le cas du DVOR, cette surveillance du signal est effectuée au moyen d'un ou de deux moniteurs; les composants du signal sont obtenus par l'intermédiaire de circuits de couplage intégrés à l'équipement et de un (ou deux) dipôle(s) de moniteur puis sont transférés vers le moniteur.

Le traitement du signal du moniteur est effectué par un processeur de signal, et qu'il compare les valeurs réelles avec les valeurs de consigne. Toute déviation par rapport aux valeurs nominales dépassant les seuils de tolérance spécifiés, le moniteur déclenche une alarme et une commutation automatique sur l'émetteur de secours ou bien de provoquer l'arrêt du système.

2.7. Schéma synoptique générale :

2.7.1. Description générale :

La Figure (2.9) montre le principe de construction d'une installation DVOR. L'émetteur et le moniteur sont en double exemplaire, chacun des moniteurs surveille les deux émetteurs. Chaque émetteur se compose d'un étage RF dans lequel la fréquence de la porteuse est générée, modulée et amplifiée et du générateur de signaux de modulation commandé par un microprocesseur qui génère numériquement les signaux de modulation.

Chaque émetteur possède sa propre alimentation électrique. Lorsqu'un émetteur tombe en panne, le second reste apte à fonctionner. Le duplexeur RF transmet le signal d'un émetteur aux antennes par l'intermédiaire de l'ensemble de commutation d'antennes.

Le moniteur se compose du processeur de signaux du moniteur qui garantit l'émission correcte du signal, il analyse les signaux des capteurs internes et des dipôles de champ. Les signaux RF sélectionnés sont amplifiés à un niveau fixe, démodulés, filtrés puis convertis en valeurs unitaires numériques. Lorsque les valeurs limites sont dépassées, le moniteur intervertit les émetteurs ou les met hors circuit. Les résultats sont sortis localement ou à distance (Remote), au moyen d'un PC connecté équipé de logiciels adéquats (ADRACS).

Les moniteurs échangent des signaux d'état et en cas de panne de l'un des moniteurs, le moniteur intact prend immédiatement les décisions, sans attendre une réaction de l'autre. Cela permet de garantir une réaction rapide et correcte des moniteurs dans toutes les circonstances, même en cas de panne de l'un d'entre eux.

Le bloc d'alimentation et le dispositif de recharge de la batterie (BCPS) fournissent la tension d'alimentation continue (48 V). Le BCPS peut être branché sur une tension d'entrée réseau nominale comprise entre 115 VAC et 230 VAC. Une batterie de secours branchée en parallèle assure une alimentation électrique sans interruption.

Pour notre cas, le DVOR 432 est composé de plusieurs étages :

1. Deux émetteurs.
2. Deux moniteurs.
3. Duplexeur.
4. Ensemble de commutation d'antennes.
5. Interface de communication locale/à distance.
6. Alimentation et recharge de batterie.
7. Batterie de secours 48V.

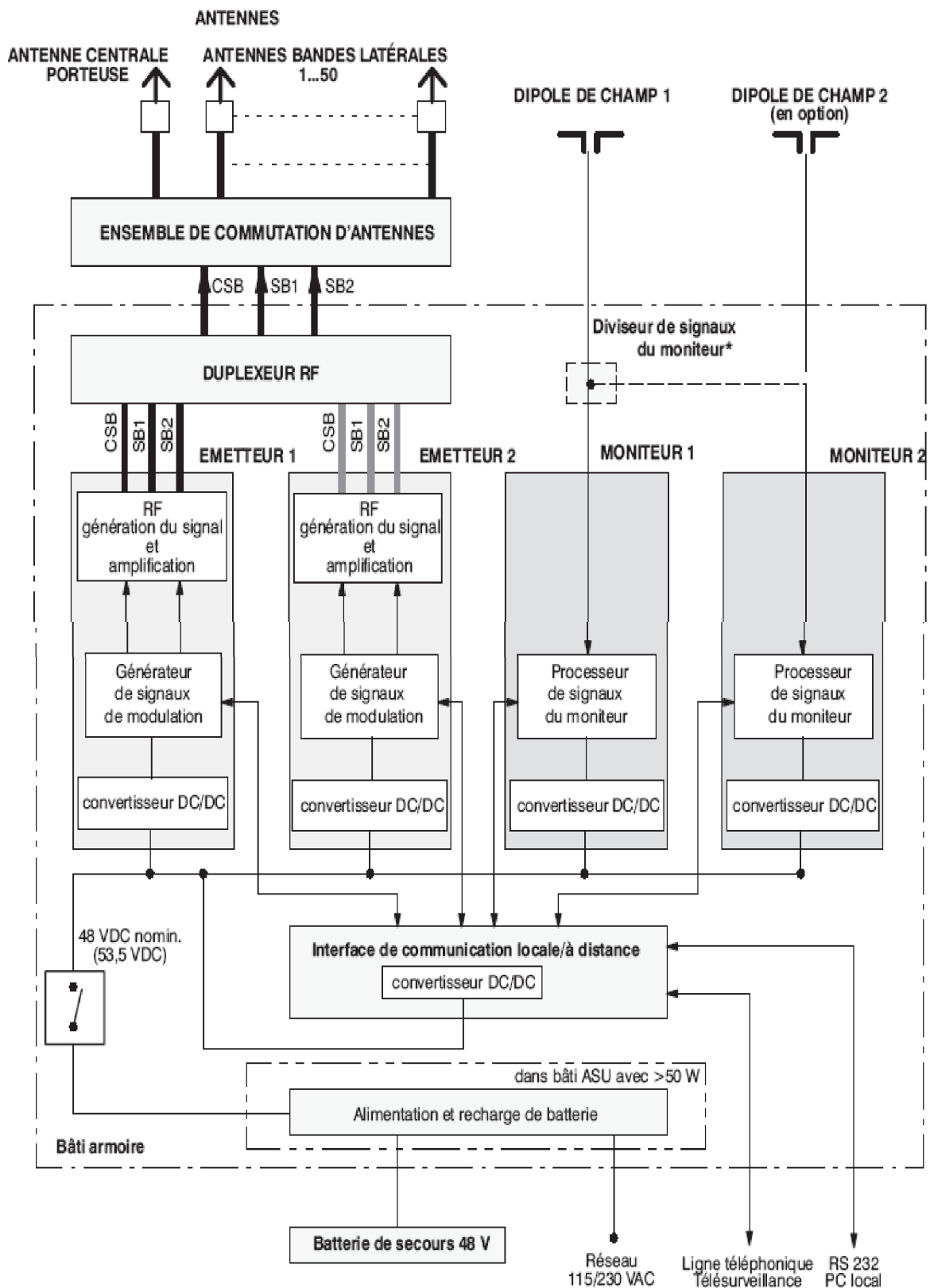


Figure 2.9 : Conception de base d'une installation DVOR 432

2.7.3. Etude et fonctionnement des modules :

2.7.3.1. Module de l'émetteur :

L'élément émetteur du DVOR avec sa fonction « Génération des signaux RF et amplification RF » est constitué des modules suivants :

- Synthétiseur (SYN-D).
- Modulateur pour la porteuse (1x) (MOD-110).
- Amplificateur de la porteuse CA-100C.
- Modulateurs pour bandes latérales (2x) (MOD-110).
- Coupleur de commande (CCP-D).
- Interface ASU (ASU-INT).
- Générateur des signaux de modulation (signal) (MSG-S).
- Générateur des signaux de modulation (commande) (MSG-C).

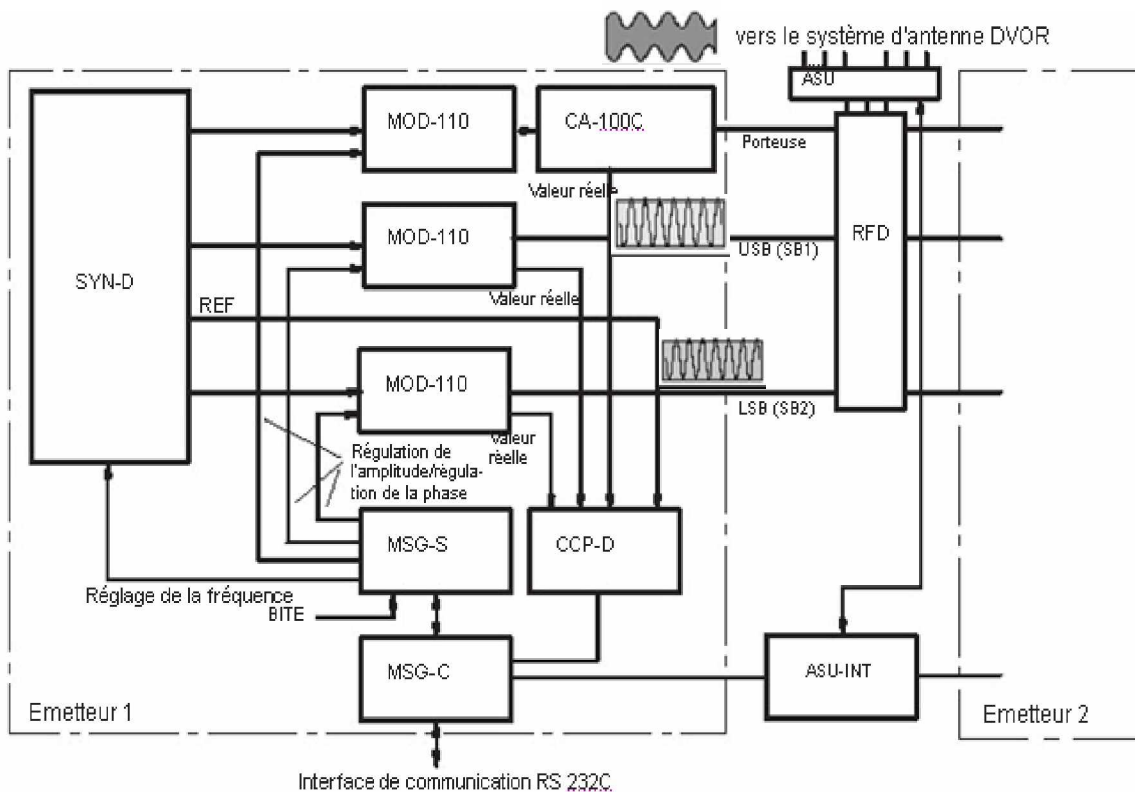


Figure 2.10 : Modules de l'émetteur du DVOR.

2.7.3.1.1. Synthétiseur (SYN-D) :

Comme le montre la figure (2.11), il est constitué principalement par :

- Oscillateur de référence.
- Circuit de commande et VCO pour f_0 .
- Circuit de commande et VCO pour f_1 ($f_0 + 9960$ Hz).
- Circuit de commande et VCO pour f_2 ($f_0 - 9960$ Hz).
- Coupleur de phase entre les VCO.
- Boucle de régulation de phase, Etages de sortie et système de surveillance.

Le synthétiseur fournit les signaux à fréquence de base RF f_0 , f_1 et f_2 , nécessaires à l'alimentation des modulateurs pour la porteuse (CSB) et les bandes latérales (USB, LSB) et un signal de référence (REF) nécessaire à l'alimentation de coupleur de commande.

Un oscillateur commandé par tension (VCO) génère les canaux de fréquence du DVOR avec un écart de fréquence de 50 kHz. Deux VCO supplémentaires sont bouclés en phase à la porteuse afin de générer les fréquences de USB et LSB.

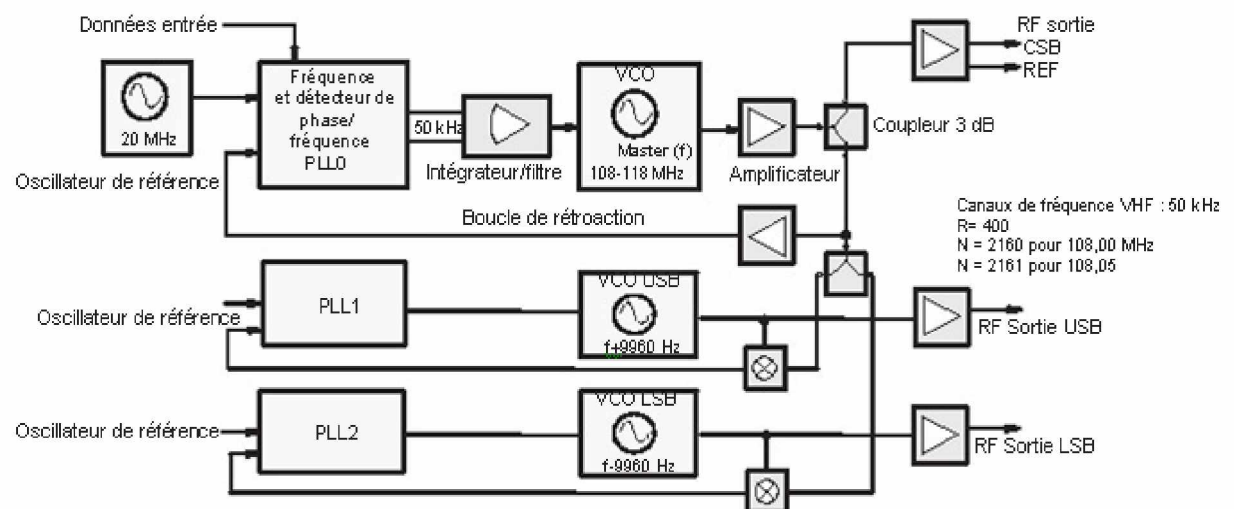


Figure 2.11 : Synoptique générale du synthétiseur VHF.

2.7.3.1.2. Modulateur (MOD-110) :

Comme le montre la figure (2.12), il est constitué principalement par :

- Mélangeur permettant de commander l'inversion de la phase.
- Décaleur de phase (à 2 étages) permettant de décaler la phase analogique commandée.
- Etages du préamplificateur (25 dB).
- Etages de modulation pour la commande des enveloppantes.
- Amplificateur de sortie permettant d'atteindre la puissance de sortie spécifiée de 30 W.

- Coupleur bidirectionnel permettant de découpler le composant direct et inverse du signal.

Les modulateurs sont des amplificateurs RF modulables dans la gamme de fréquence comprise 108 et 118 MHz. Ils sont employés soit comme modulateur/émetteur de porteuse soit comme modulateur/émetteur de bandes latérales.

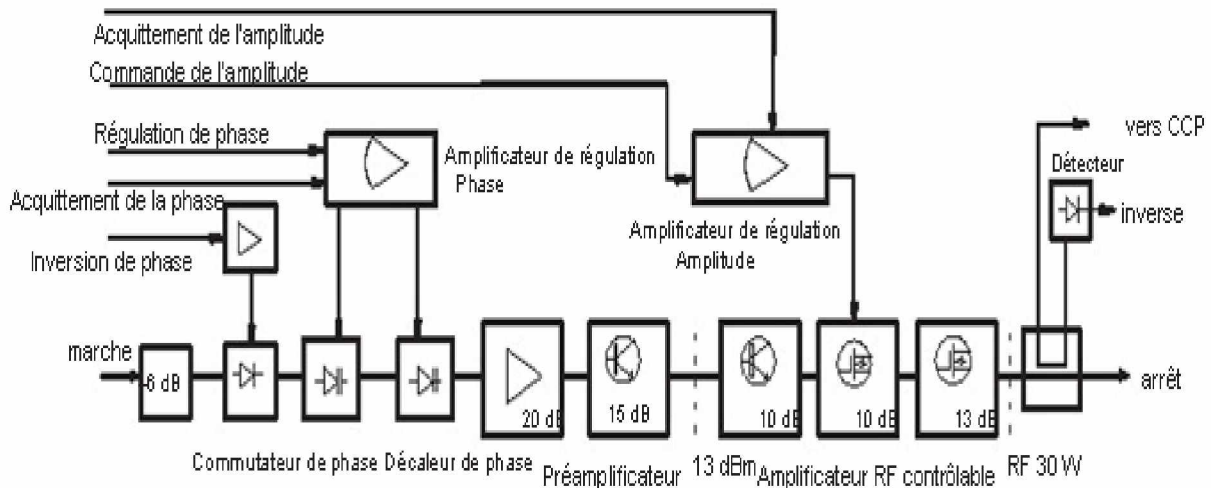


Figure 2.12 : Synoptique générale du modulateur 110.

2.7.3.1.3. Amplificateur de la porteuse (CA-100C) :

Le CA-100C est un amplificateur de puissance RF à un seul étage pour la gamme de fréquences comprise entre 108 et 118 MHz ayant une puissance de sortie de 100 W. Le modulateur de porteuse MOD-110 fonctionne comme pilote et fournit la tension de commande qui est conduite au moyen d'un filtre de manière symétrique et sur les transistors de puissance FET V1A/V1B. Le signal amplifié est adapté au moyen d'un filtre sur une conduite asymétrique et transmise au coupleur 30 dB de sortie (voir figure 2.13).

Les transistors FET sont montés sur un dissipateur de chaleur dont la température est surveillée par R24. Chaque conduite d'alimentation 28 V vers le FET est protégée par un fusible soudé (F1/F2).

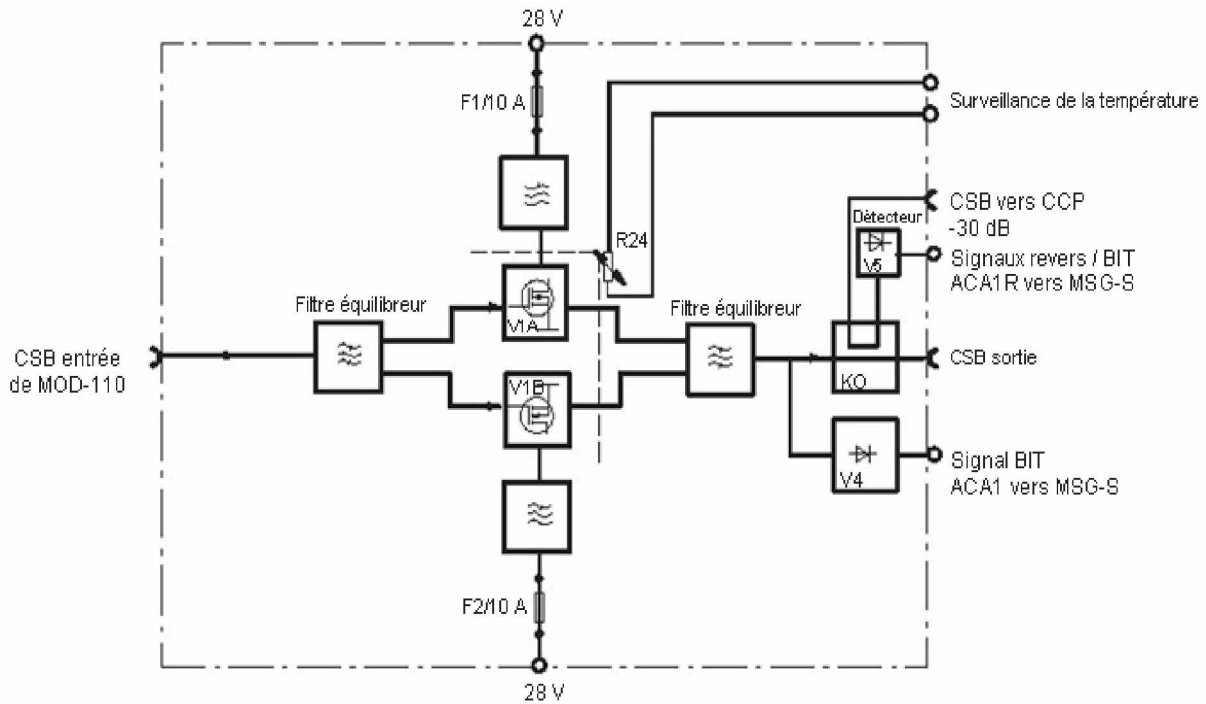


Figure 2.13 : Schéma fonctionnel de l'amplificateur de la porteuse (CA-100C).

2.7.3.1.4. Coupleur de commande (CCP-D) :

Le coupleur de commande du DVOR a pour fonction de démoduler les enveloppantes des signaux RF de porteuse et des bandes latérales et de saisir la phase RF du signal de la porteuse.

Pour les circuits de régulation analogiques, le signal de la porteuse est réparti sur la démodulation d'amplitude exacte et le détecteur de phase. Le circuit de régulation de la phase se sert du fait que seuls les signaux en quadrature au niveau des entrées (LO, RF) du mélangeur fournissent 0 volt (voir figure 2.14).

Les signaux bande latérale RF CW actuels sont modulés et employés pour réguler la puissance de sortie de bande latérale.

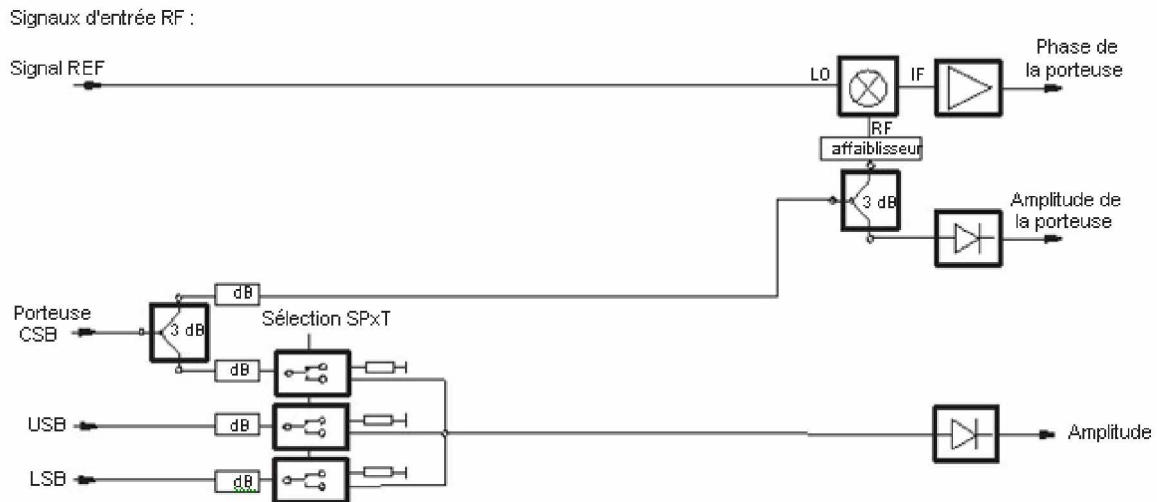


Figure 2.14 : Synoptique générale du coupleur de commande (CCP-D).

2.7.3.1.5. Générateur des signaux de modulation MSG :

Le générateur de signaux de modulation est constitué principalement par le MSG-C et le MSG-S. Il génère et commande les signaux de l'émetteur.

a. Générateur des signaux de modulation (commande) MSG-C :

Le MSG-C est conçu pour la commande et la régulation de tous les déroulements dans l'émetteur, la régulation des enveloppantes de modulation de bande latérale et des phases RF des bandes latérales, tandis que le MSG-S prend en charge le conditionnement des signaux de modulation des émetteurs de porteuse et de bandes latérales. Dans les installations qui émettent un code d'identification (ILS-LLZ, CVOR, DVOR), l'unité centrale génère également le signal pour la manipulation de ce signal à 1020 Hz. Le MSG-C reçoit un microprocesseur 80C186 comme « contrôleur intégré » équipé des périphériques nécessaires aux diverses exigences. Il est connecté au panneau de commande locale (LCP) via une interface sérielle. Cette interface permet de régler les paramètres d'émission (voir figure 2.15).

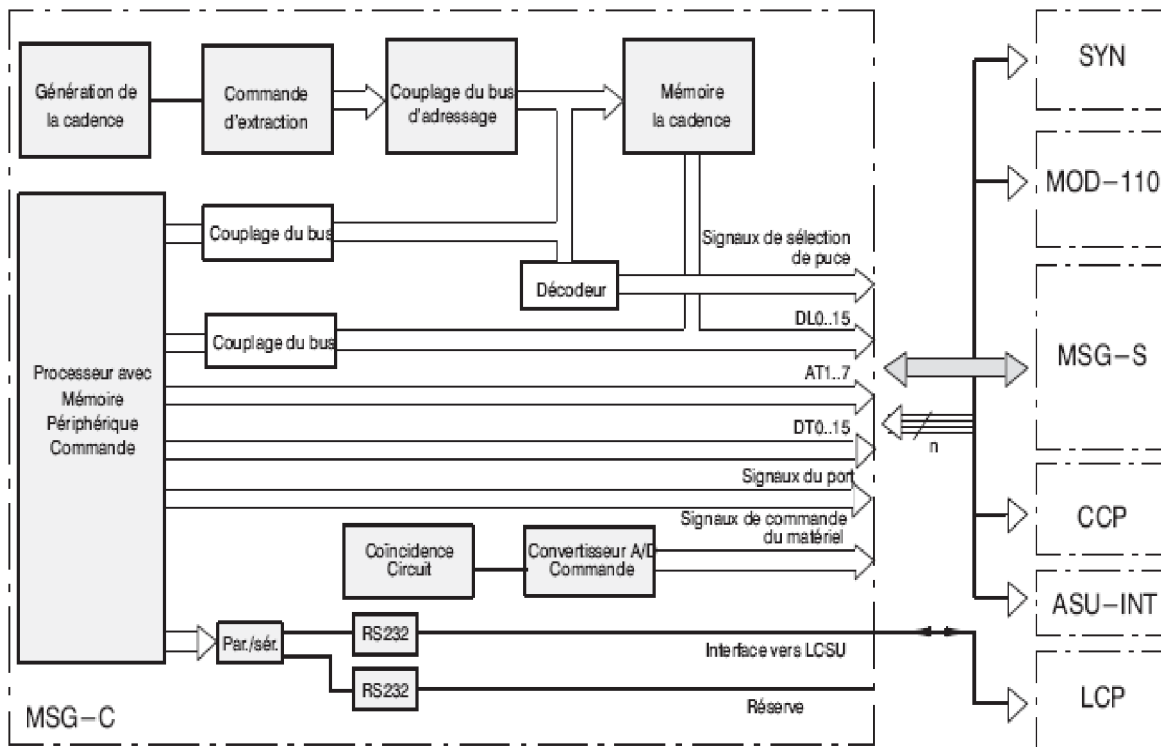


Figure 2.15 : Schéma fonctionnel de MSG-C.

b. Générateur des signaux de modulation (signal) MSG-S :

Il a pour tâche de produire des signaux de modulation pour le modulateur de porteuse et pour les émetteurs des bandes latérales. Il travaille avec le MSG-C :

- Lors de l'initialisation.
- Lors de la vérification périodique du taux de modulation et de la puissance.
- Lors de la régulation des signaux de modulation des bandes latérales (amplitude et phase). Ceci implique un échange de données dans les deux sens.

D'après la figure (2.16), les signaux de modulation conditionnés dans le MSG-S sont transmis aux différents modulateurs. Par l'intermédiaire du coupleur de commande (CCP), le MSG-S reçoit les signaux pour la mesure de l'amplitude et de la phase et les transmet au MSG-C. Le MSG-C fournit les signaux de commande pour la mesure des valeurs réelles de l'amplitude et de la phase.

Les principales fonctions du MSG-S sont :

- Génération et commande de signaux d'identification : génération de la tonalité d'identification de 1020 Hz et de sa modulation avec le code du générateur de signaux d'identification ainsi que le signal vocal de l'amplificateur vocal.

- Conditionnement des signaux de modulation des bandes latérales (amplitude, signe, phase).

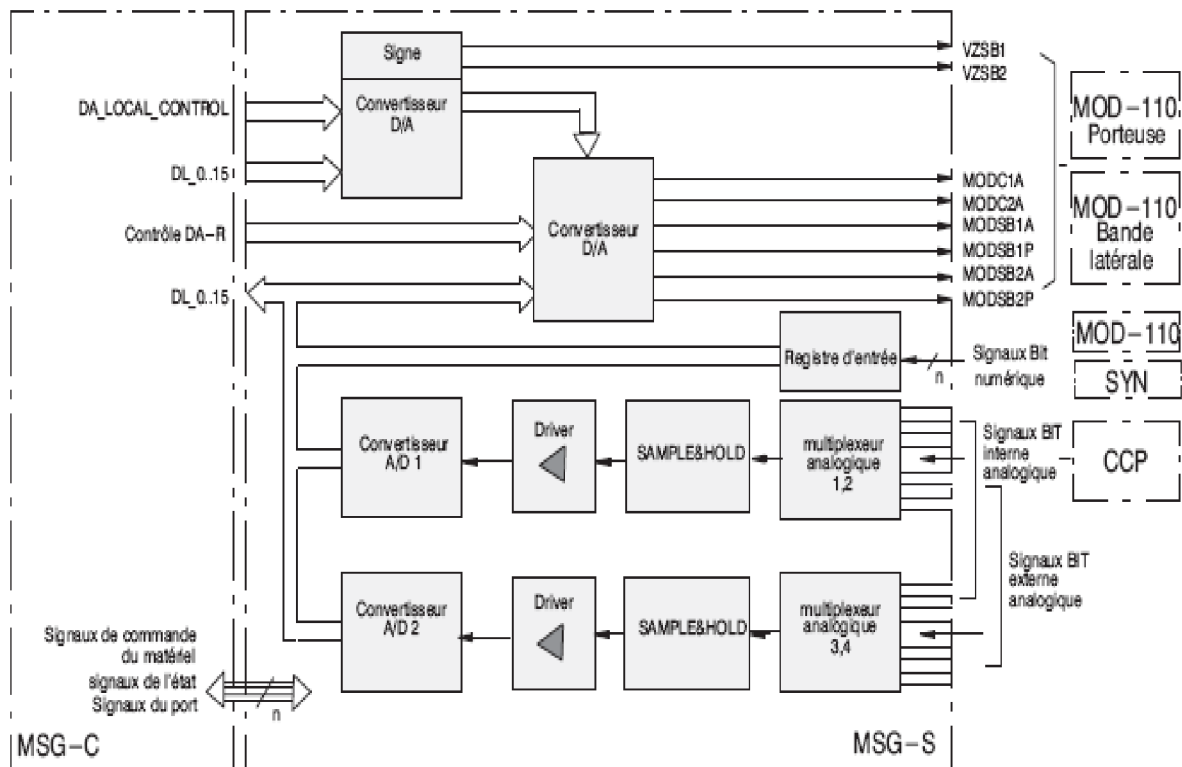


Figure 2.16 : Schéma fonctionnel de MSG-S.

2.7.3.1.6. Interface ASU (ASU-INT) :

L'interface ASU assure l'échange de données entre l'émetteur du DVOR et l'ASU. Les données échangées via cette interface incluent les informations pour l'ASU et les informations pour le transfert des valeurs de phase mesurées pour SB1 et SB2 par rapport à la porteuse après avoir été numérisées dans le BSG-D (Blending Signal Generator) et les signaux BITE.

L'interface ASU comprend un bloc multiplexeur (D1...D4) et des pilotes d'interface (D8...D11) employés pour connecter les lignes de commande de l'ASU. Dans le sens opposé, l'ASU fournit les valeurs de phase mesurées au processeur du moniteur (MSP-VD) par l'intermédiaire de récepteurs V.24 (D5/6). Un décodeur connecté détecte quand le moniteur actif (autrement dit le moniteur dont l'émetteur est actuellement commuté vers l'antenne) reçoit une valeur de phase en provenance de l'ASU (voir figure 2.17)

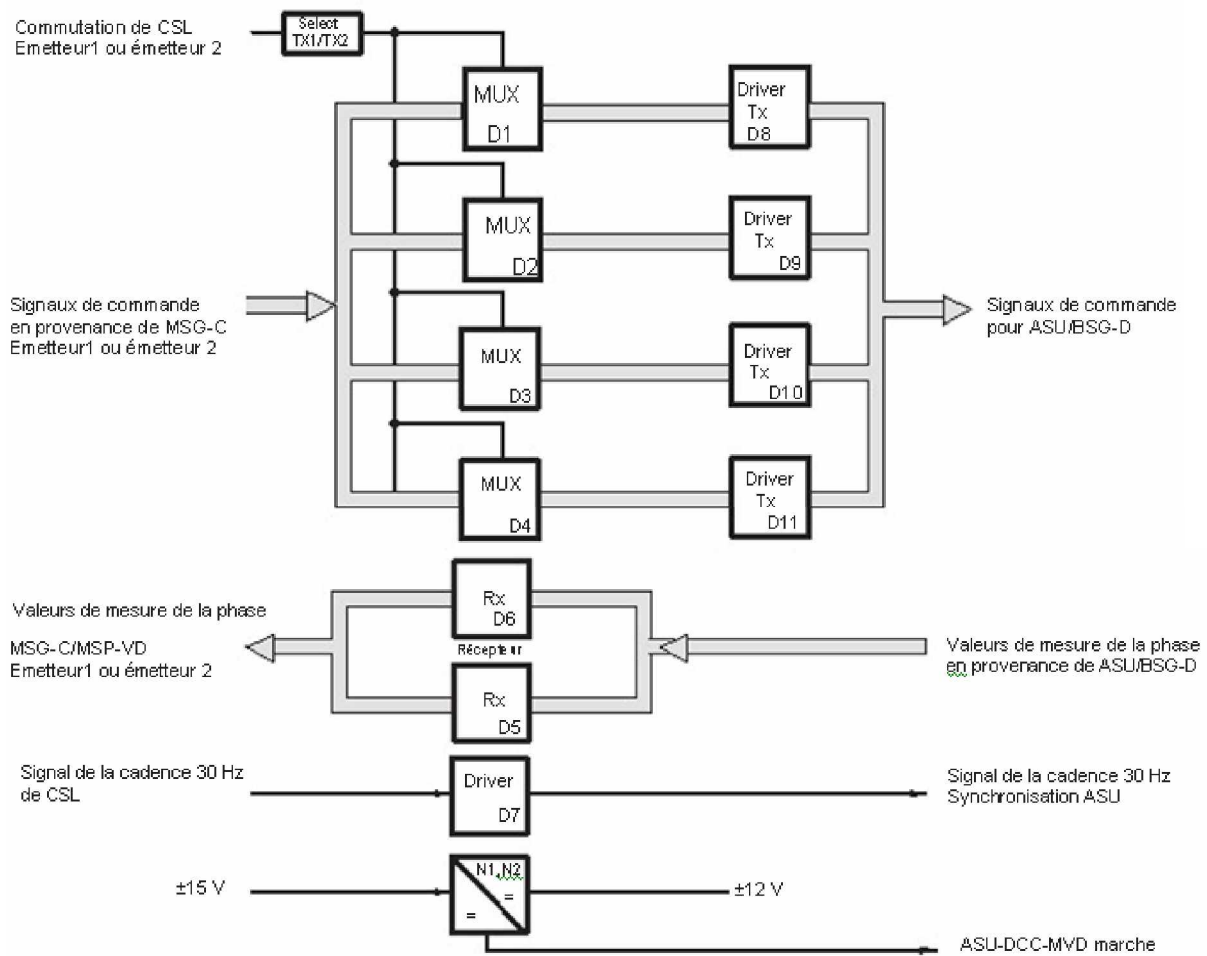


Figure 2.17 : Schéma fonctionnel de l'interface ASU (ASU-INT).

2.7.3.2. Module de moniteur :

Il est constitué par le module de processeur de signaux du moniteur (MSP-VD) (voir figure 1.18).

Les paramètres à surveiller par ce module sont les suivants :

- Azimut.
- Taux de modulation d'amplitude de 30 Hz AM.
- Taux de modulation d'amplitude de 9960 Hz AM.
- Excursion de fréquence de 30 Hz FM.
- Niveau de la porteuse.
- Disponibilité et exactitude du code de la tonalité d'identification Morse.
- Fréquence de la porteuse.
- Rayonnement de toutes les antennes bandes latérales.

- Processeur de signaux du moniteur (MSP-VD) :

Comme le montre la figure (2.18), il est constitué principalement par :

- Un filtre passe-bas 150 Hz (pour les composants DC et 30 Hz).
- Un filtre passe-haut 10 kHz avec modulateur de crêtes (pour le taux de modulation 9960 Hz).
- Un filtre 10 kHz avec démodulateur FM 30 Hz (pour 30 Hz FM (signal de référence)).
- Un filtre 1020 Hz avec démodulateur de crêtes (pour la tonalité d'identification (ID)).
- Un filtre passe-bas 60 Hz.
- Un microprocesseur 80c186.

Le signal reçu de l'antenne du moniteur est dirigé, via un filtre passe-bande RF (108 à 118 MHz) vers un amplificateur doté d'un affaiblisseur commandé par processeur. Cet amplificateur augmente le niveau RF à 6 dBm. Le signal composé du DVOR est démodulé dans un modulateur de précision. Le signal d'identification de 1020 Hz est extrait dans le filtre passe-bande puis redressé et conduit jusqu'au discriminateur de niveau d'identification afin de garantir que les valeurs de seuils spécifiées ne soient pas dépassées. Une sortie de bascule qui est ensuite interrogée par le processeur du moniteur est placée à chaque passage de pause d'identification à codage d'identification (1020 Hz). Après l'interrogation, le processeur replace cette bascule en position initiale. Lorsqu'aucun signal d'identification correct n'est disponible, la bascule n'est pas placée et l'alarme d'identification s'affiche.

Tous les autres signaux transmis par le MUX 1 sont amplifiés et filtrés dans l'étage de conditionnement AF avant d'être exploités puis traités. La sortie de MUX2 est amenée à un filtre passe-bas 60 Hz qui supprime les interférences à haute fréquence du signal du démodulateur FM et le signal du redresseur de la sous-porteuse 9960 Hz (9960 Hz et harmonique). Les autres canaux du MUX3 sont affectés aux signaux BIT du convertisseur DC. La sortie de MUX3 fournit les signaux sélectionnés par l'ordinateur à un circuit échantillonneur -bloqueur et à un convertisseur A/D.

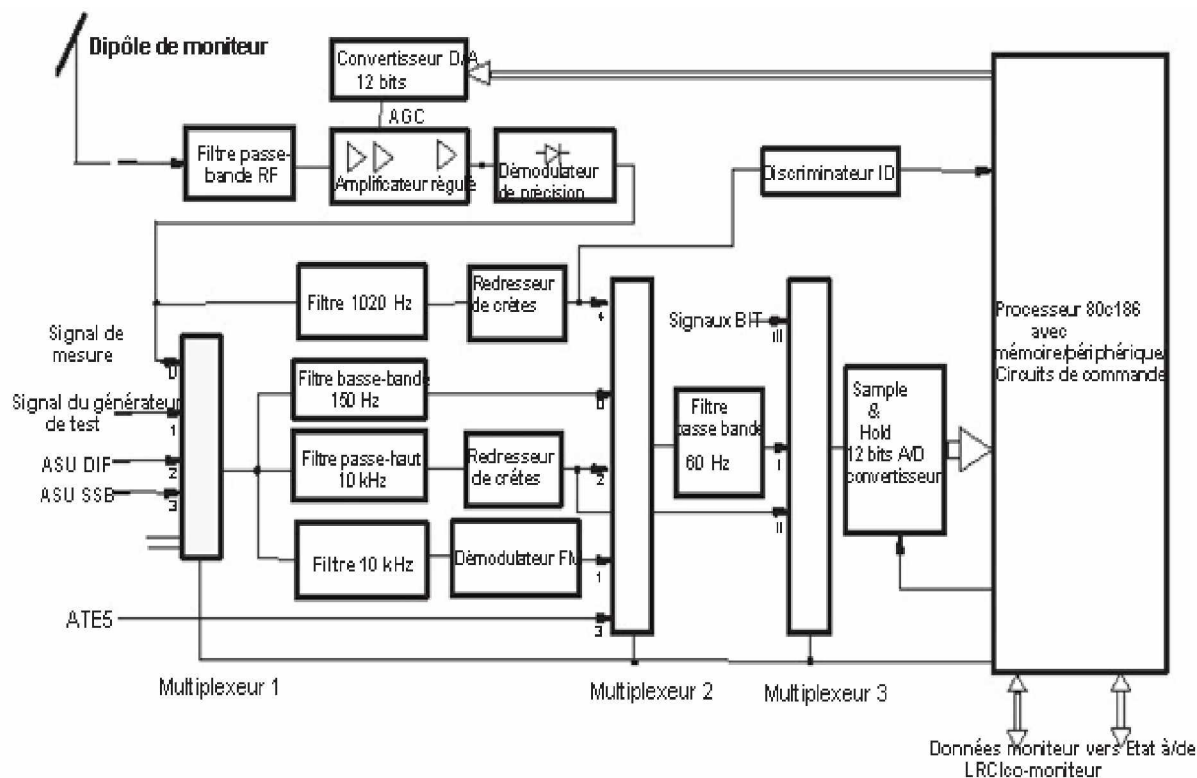


Figure 2.18 : Concept du processeur de signaux du moniteur.

2.7.3.3. Module de duplexeur :

Comme le montre la figure (2.19), il est principalement constitué par :

- 3 relais de commutation d'antenne coaxiaux.
- 3 filtres harmoniques (passe-bas).
- Résistances de charge fictive.

La répartition des signaux RF au niveau de l'ensemble de commutation d'antennes s'effectue directement par l'intermédiaire des duplexeurs RF discrets RFD1-VD (CSB) et RFD2-D (SB1/2).

Les éléments du duplexeur RF permettent de commuter le système d'antennes sur l'émetteur 1 ou l'émetteur 2. Les signaux de l'émetteur branché sur les antennes avec les relais de commutation coaxiaux K1 (CSB) et K1/K2 (SB1, SB2) traversent chacun un filtre d'harmoniques et parviennent au système d'antenne par l'intermédiaire de l'ensemble de commutation d'antennes. Les harmoniques des signaux respectifs sont filtrés avec les filtres 1, 2 et 3. L'émetteur en service mais non commuté sur l'antenne fonctionne sur charge artificielle. Les signaux de commutation en provenance du processeur de signaux de moniteur (MSP-VD) influencent les relais K1 (CSB) et K1/K2 (SB1, SB2). La position du relais est signalée par le CSL (logique de commande et de sélection) du MSP-VD.

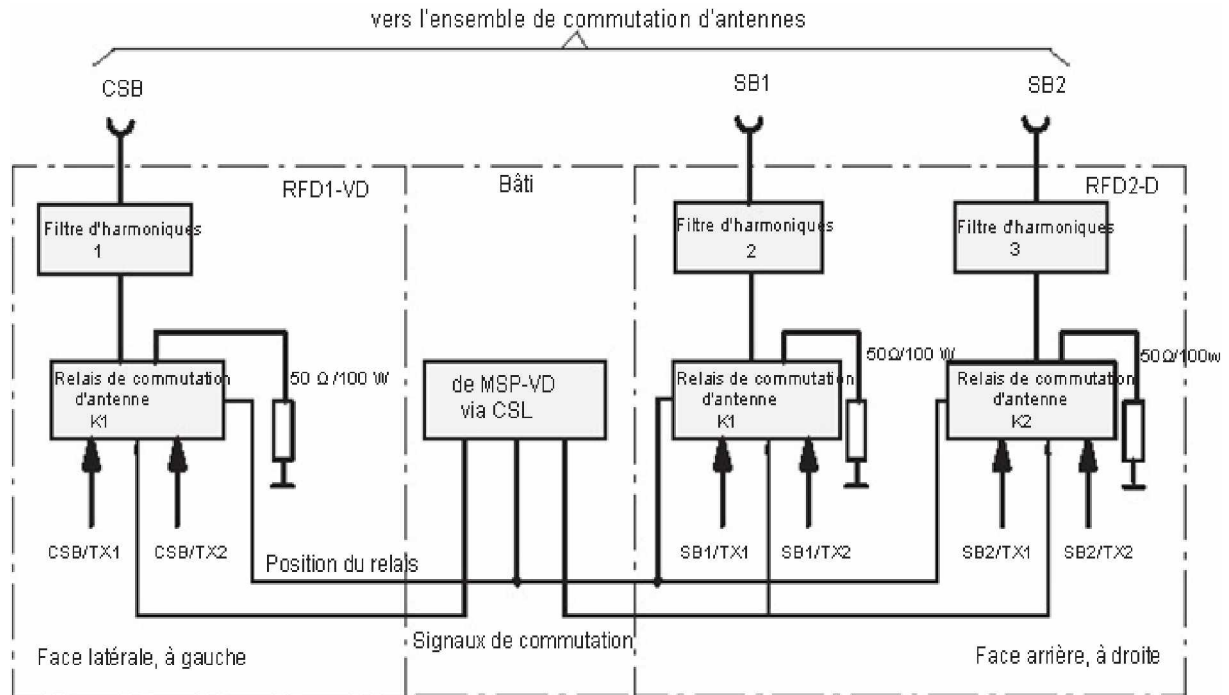


Figure 2.19 : Schéma fonctionnel du Duplexeur RF (RFD1-VD).

2.7.3.4. Module d'ensemble de commutation d'antennes (ASU) :

Comme le montre la figure (2.20), il est constitué des modules suivants :

- Moniteur de phase et commande (PMC-D).
- Modulateur de transition des bandes latérales (MOD-SBB).
- Commutateur d'antennes de commande (ASC-D).
- Générateur de signaux de transition (BSG-D).
- Module de commutateur d'antennes (ASM-D).
- Convertisseur DC (DCC-MVD).

La modulation de la transition des signaux de bandes latérales et la commande de commutation d'antennes sont implémentées par l'ensemble de commutation d'antennes (ASU) du DVOR. Le traitement du signal de l'ASU a pour tâche de préparer les signaux CW (Continuous Wave) USB et LSB de manière à obtenir le signal nécessaire pour alimenter les antennes bande latérales paires et impaires.

Des modules de commutateur d'antennes sont employés pour commuter le signal de transition bande latérale vers les antennes bandes latérales. La fonction de transition est elle-même optimisée pour une transition douce et un minimum de modulation parasite sur la modulation d'amplitude à 9960 Hz.

Par souci de simplification, les fonctions de transition complexes choisies seront définies ici comme des ondes de forme sinusoïdale et cosinusoidale (cos et sin). Par rapport à une bande latérale (LSB par exemple), la transition cosinus est employée pour les antennes impaires et la transition sinus pour les antennes paires. La commutation vers la seconde antenne est activée au minimum de la fonction de transition. Des modules commutateur d'antennes (ASM) à construction modulaire sous une forme des commutateurs sont employés afin de commuter les signaux RF vers les 50 antennes bandes latérales. Quatre ASM sont employés pour le multiplexage des signaux USB et LSB. Cinq ASM pour les antennes bandes latérales paires et cinq autres ASM pour les antennes bandes latérales impaires, ils sont connectés aux aériens via les câbles d'alimentation. Les signaux USB de transition sinus et les signaux LSB de transition cosinus proviennent des antennes bandes latérales impaires. Les signaux USB de transition cosinus et les signaux LSB de transition sinus proviennent des antennes bandes latérales paires. L'antenne de la porteuse au centre de l'anneau porte le numéro 51 (A51). Des diodes PIN sont employées afin de moduler les signaux bandes latérales de manière à maintenir constant le taux d'ondulation VSWR (Voltage Standing Wave Radio) à une impédance d'entrée et de sortie de 50Ω .

Le moniteur de phase et commande (PMC D) est employé pour extraire la différence de phase RF. En raison du nombre des antennes des bandes latérales (2 fois 25), il faut une cadence de commutation de 750 Hz, qui est générée sur le circuit imprimé du commutateur d'antennes de commande (ASC D). Chaque module ASM-D reçoit ses instructions de commutation de l'ASC D. Les instructions de commutation générées par des compteurs de fréquence sur l'ASC D sont synchronisées grâce à un signal 30 Hz provenant du MSG de l'émetteur actif et sont synchronisées avec la modulation d'amplitude à 30 Hz sur le signal de la porteuse.

Les ondes de transition (sin/cos) générées numériquement pour le MOD-SBB sont produites sur le circuit imprimé du générateur de signaux de transition (BSG). La fonction de transition est chargée dans une EPROM dont la lecture est commandée par un compteur de fréquence.

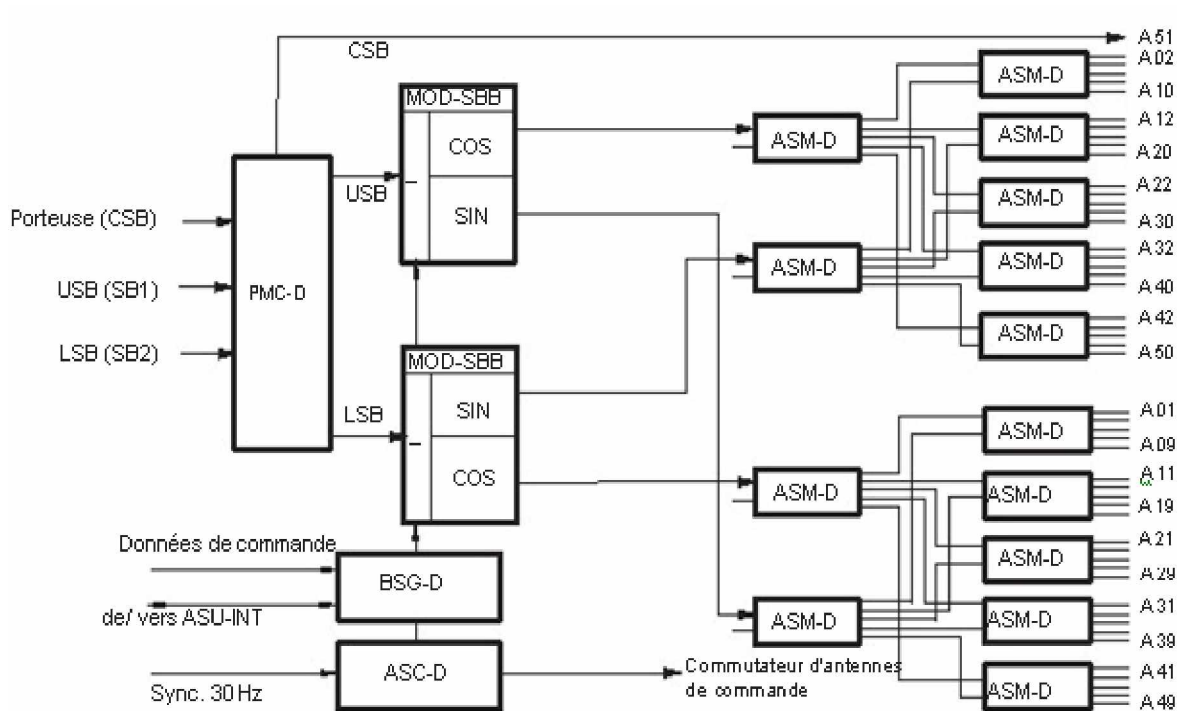


Figure 2.20 : Schéma fonctionnel de l'ensemble de commutation d'antennes (ASU).

2.7.3.5. Module d'interface de communication locale/à distance (LRCI) :

L'interface de communication locale et à distance (LRCI) est le point focal pour la communication entre les différents groupes fonctionnels, le panneau de commande locale (LCP) est une télécommande, et également utilisé pour différents services (entrée de signaux vocaux, les données météo transmises par la tour de contrôle, etc.). L'unité LRCI se compose des modules suivants:

- Panneau de commande locale (LCP).
- Modem pour ligne spécialisée (LGM1200MD).
- Modem pour ligne commutée (LGM 28.8).
- Amplificateur vocal (VAM).

Chaque installation contient un panneau LCP qui commande les fonctions LRCI. En plus des interfaces sérielles pour la communication avec le processeur du moniteur et de l'émetteur (MSP-VD et MSG-C), elle dispose d'une interface RS232 pour le branchement de la commande locale sur un PC avec le logiciel ADRACS et sert à la communication vers le site éloigné par l'intermédiaire des modems.

2.7.3.5.7. Panneau de commande locale (LCP) :

Le panneau LCP se compose de deux cartes séparées (voir figure 2.21) :

- Carte d'unité centrale de commande locale (LC-CPU).
- Interface de commande locale (LCI).

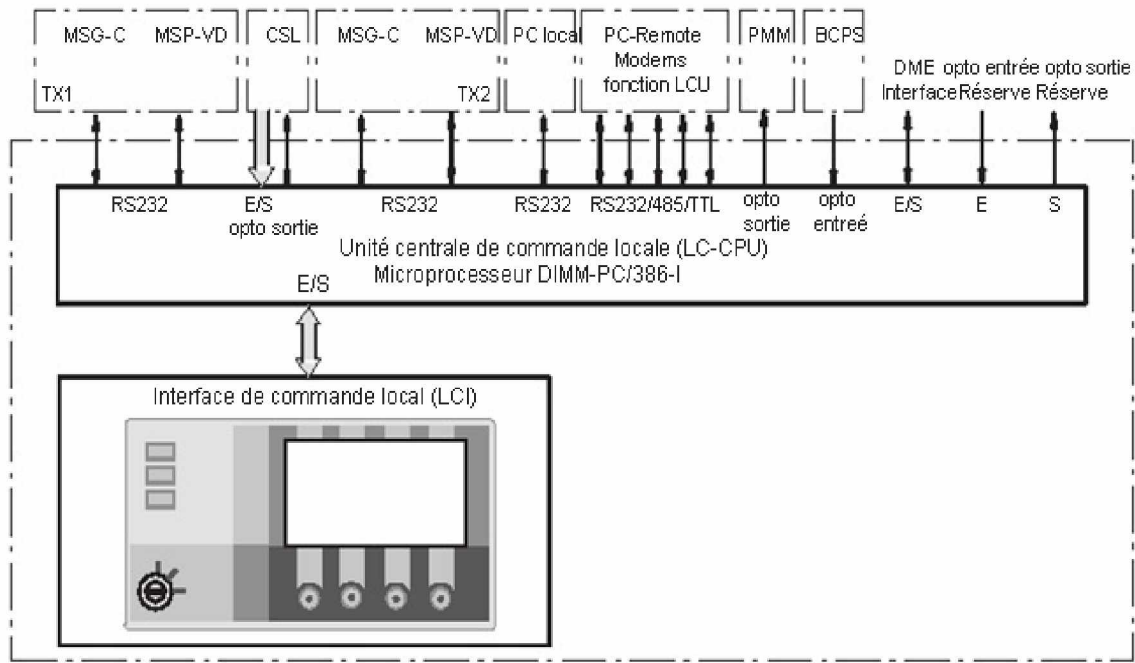


Figure 2.21: Synoptique générale du LCP (Local Control Panel).

a. Carte d'unité centrale de commande locale (LC-CPU) :

L'unité LC-CPU et son processeur représentent le centre de commutation entre le côté opérateur (local ou à distance) et les quatre sous-systèmes de la version doublée du système Navais (deux moniteurs et deux émetteurs). Ses fonctions les plus importantes sont les suivantes:

- Commande la communication entre les différents groupes fonctionnels.
- Commande du déroulement.
- Commande d'affichage locale et commande locale.
- Fonctions télécommandées.
- Mesure et surveillance de la batterie.

b. Interface de commande locale (LCI) :

L'interface de commande locale (LCI) est l'interface local avec l'opérateur. Il comporte des champs d'indication, pour l'affichage de l'état local principal, ainsi qu'une section d'affichage à cristaux liquides (LCD) qui est utilisée pour des fonctions de commande et d'indication permettant à l'utilisateur d'exécuter localement les fonctions les plus importantes et d'appeler les données de mesure de l'émetteur et du moniteur. L'écran graphique LCD peut afficher jusqu'à 16 lignes de 40 caractères maxi. L'écran LCD est monté à fleur sur la porte frontale.

2.7.3.5.2. Modem pour ligne spécialisée (LGM 1200MD) :

Le LGM 1200MD est un modem universel semi-duplex pour ligne permanente. La vitesse de transmission s'élève à 1200 ou 600 bits/s. Le LGM 1200MD (MD=Multi-drop) est optimisé pour le fonctionnement sur les lignes à deux fils avec la procédure de ligne partagée. Plusieurs modems sont alors commandés à partir d'une station de contrôle par l'intermédiaire d'une seule ligne (fonctionnement en polling).

2.7.3.5.3. Modem pour ligne commutée (LGM 28.8) :

Les modems LGM 28.8 sont des modems à grande vitesse conçus pour le fonctionnement en duplex et supportant toutes les procédures usuelles de modulation duplex. Ils fonctionnent soit de manière asynchrone, soit de manière synchrone conformément à la technique de transmission selon CCITT (Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique): V.34, V.32bis, V.32, V.22bis, V.22 et V.21 qui ont implémenté les protocoles de protection des données selon V.42 et MNP4. Une compression des données permettant d'accélérer la vitesse de transmission est effectuée selon V.42bis et MNP5. Ces techniques permettent d'effectuer une transmission quasiment sans erreurs entre deux consommateurs (DEE). En fonction de la technique, la vitesse de transmission peut s'élever jusqu'à 38400 bauds (autobaud) en mode V.42bis et mode AT-Mode/reliable Mode. Avec les mêmes vitesses de transmission, les modems peuvent également communiquer les modems d'autres constructeurs dans la mesure où ils fonctionnent conformément aux recommandations CCITT V.22 et V.22bis.

2.7.5.3.4. Amplificateur vocal (VAM) :

L'amplificateur vocal est disponible en option. Il ne peut être utilisé que dans des versions à 100 W. La tâche de ce module consiste à préparer les signaux vocaux provenant de la tour de contrôle par l'intermédiaire d'une ligne téléphonique à 2 fils de manière à ce qu'ils puissent être transmis sur le modulateur de porteuse de l'émetteur par l'intermédiaire du générateur de signaux de modulation (MSG-S).

2.7.3.6. Modules d'alimentation électrique :

Comme le montre la figure (2.23), il est constitué principalement par :

- Sept convertisseurs :

- Convertisseur DC +28 V/11 A +15 V/2,5 A, -15 V/1 A, +5 V/3 A (DCC-MV), émetteur 1.
- Convertisseur DC +28 V/14 A (DCC-28), émetteur 1.
- Convertisseur DC +28 V/11 A +15 V/2,5 A, -15 V/1 A, +5 V/3 A (DCC-MV), émetteur 2.
- Convertisseur DC +28 V/14 A (DCC-28), émetteur 2.
- Convertisseur DC +5.1 V/1,2 A (DCC-3-05/module 1), moniteur 1.
- Convertisseur DC +5.1 V/1,2 A (DCC-3-05/module 2), moniteur 2.
- Convertisseur DC +5.1 V/5 A (DCC-3-05/module 3), LRCI et CSL.

- Module de gestion d'alimentation (PMM).

- Convertisseur AC/DC (ACC-54).

On utilise en général le réseau 230 V (AC) afin d'alimenter l'installation DVOR en courant. Un fonctionnement sans interruption doit être garanti en cas de panne du secteur, celui-ci est assuré par une batterie d'alimentation de secours. Le réseau 230 V alimente le bloc d'alimentation BCPS (Battery Charging Power Supply) qui alimente lui même l'installation avec une tension continue et maintient la charge de la batterie de secours branchée en parallèle. La tension de sortie est normalement de 54 V (DC) (11 A maxi) par tiroir. Les tiroirs sont branchés en parallèle qu'il est nécessaire afin de faire fonctionner l'installation, mais également afin de pouvoir charger simultanément la batterie de secours dans un délai approprié. Lorsque l'un des tiroirs tombe en panne, les autres continuent à fonctionner sans perturbation.

Le BCPS fournit la tension d'alimentation au PMM (Power Management Module) qui est utilisée pour mettre en service ou hors service aussi bien l'équipement NAV tout entier que

les deux émetteurs (TX1 et TX2), soit individuellement soit ensemble. Les interrupteurs du PMM servent simultanément de protection contre les surintensités. Il existe en outre une surveillance de tension sur le module CSL qui coupe totalement les appareils consommateurs par l'intermédiaire du PMM en cas de baisse de la tension de la batterie au-dessous de 43 V afin d'éviter l'endommagement de celle-ci provoqué par une décharge profonde. En aval du PMM, les convertisseurs DCC-3-05, DCC-MV et DCC28 (100 W uniquement) assurent l'alimentation en tension des émetteurs, moniteurs et des modules LRCI et CSL. A partir des 54 V nominaux (43 ... 62 V), ils génèrent les tensions individuelles exactes de 5 V, ± 15 V et de 28 V. Les transformateurs de tension continue sont conçus comme régulateurs de commutation. Ils possèdent une limitation de courant, un déclenchement à maximum de tension et une surveillance interne. La CSL qui est équipée d'un convertisseur de tension continue (± 12 V) est alimentée avec la tension nominale de 54 V directement derrière le PMM. Un dispositif de mesure du courant de la batterie et l'installation est également installé sur le module CSL.

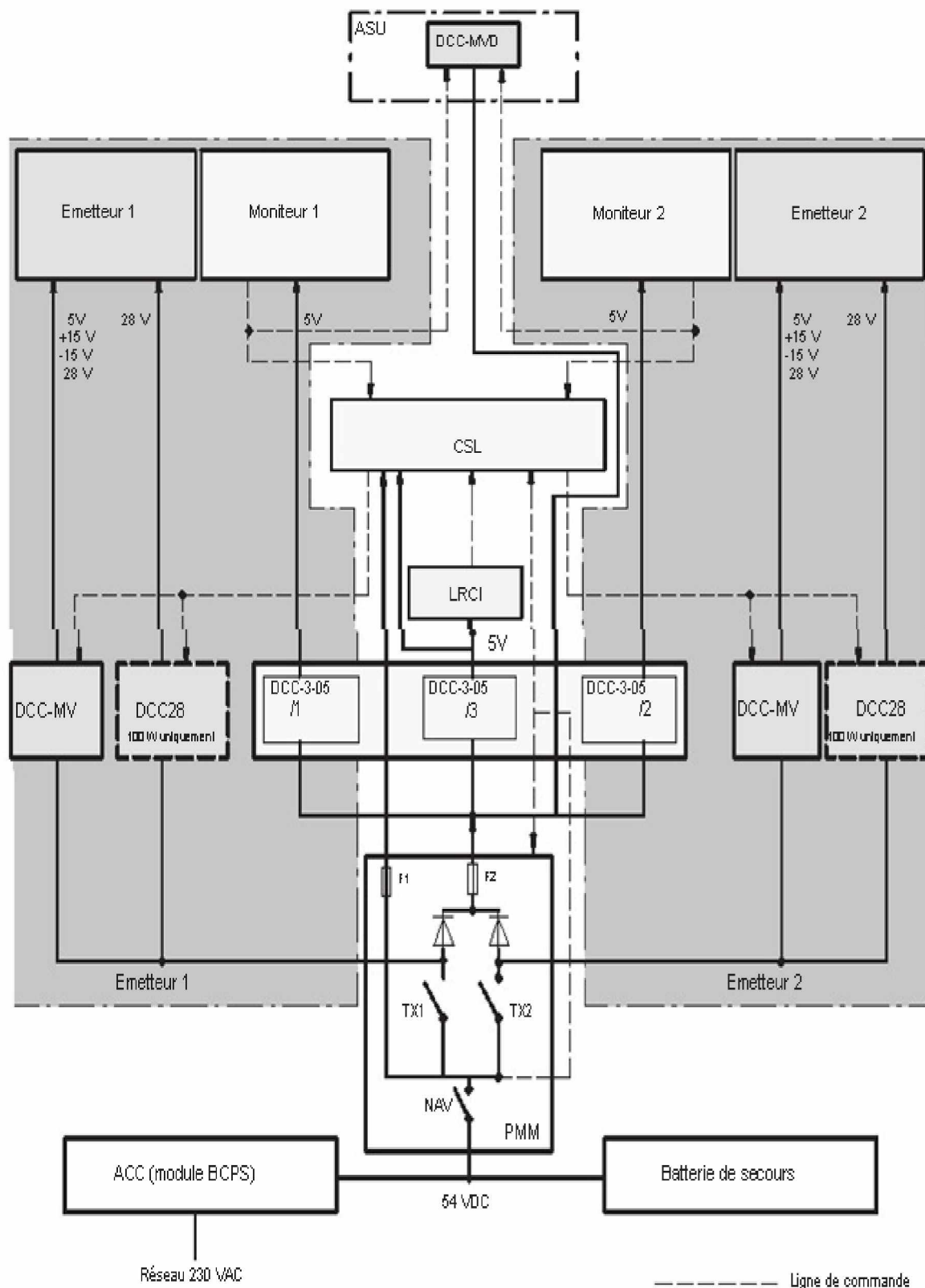


Figure 2.22 : Schéma fonctionnel de l'alimentation électrique.

2.7. Caractéristiques techniques du système :

Le système est conforme aux recommandations Télécommunications aéronautiques de l'OACI, annexe 10, Volume 1, 1ère Partie, 5ème éd. juillet 96 et amendements. Il est conforme aux exigences relatives aux systèmes à doubles bandes latérales avec 50 antennes à bandes latérales et 1 antenne de la porteuse (voir tableau 2.1)

Paramètres	Observations
-Précision azimut	-Meilleure que $\pm 1^\circ$; mesurée sur un sol plat avec une élévation de 3° et une distance de 300m.
-Stabilité azimut	-Meilleure que $\pm 0,5^\circ$, mesurée sur le moniteur.
-Puissance consommée	- 841 W (DVOR 100 W).
-Portée	-Distance oblique en fonction de la puissance de l'émetteur et de la hauteur du contrepoids d'antenne au-dessus du sol (3,0 à 10,0 m).
-Alimentation électrique	- Entrée AC (115 à 230 VAC, 48...64 Hz). -Entrée DC (43...62 V)
-Température ambiante	- $-10^0 \dots +50^\circ\text{C}$ (crêtes brèves jusqu'à 55°C).
- Humidité relative	- 95 % maxi (-10 à $+35^\circ\text{C}$) ; 60 % maxi ($>35^\circ\text{C}$)
-Pression atmosphérique	- jusqu'à 10 000 pieds (3 000 m).

Tableau 2.1 : Caractéristiques technique du DVOR.

Chapitre 3 :

Installation Du système DVOR 432

3.1. Exigences de l'installation :

a. Mesures de sécurité :

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

b. Règles générales :

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

- Pour manipuler des batteries, portez des lunettes protectrices et des gants de sécurité.
- Portez des chaussures robustes, des gants de sécurité, et des casques de protection.
- Installez les échafaudages ou les tréteaux de manière solide, essayez-les toujours avant de les utiliser.
- Avant de réaliser des travaux sur l'alimentation, retirez les fusibles.
- Lorsque vous travaillez sur des sites de construction, enlevez les bijoux tels que des chaînes ou des bagues surtout lorsque vous utilisez des appareils électriques.
- Toute personne travaillant sur le site d'installation doit savoir où se trouve :
 - La trousse des premiers secours.
 - Les numéros de téléphone du médecin des accidents et de l'ophtalmologiste le plus proche.
 - L'extincteur d'incendie.
 - Les zones dangereuses se trouvant sur l'itinéraire de leur lieu de travail, ou sur le lieu de travail même.

c. Mesures de sécurité contre les dommages causés par les animaux :

L'intégrité de l'installation doit être contrôlée pour détecter les trous et les fentes suite à l'installation des antennes. Nous vous recommandons de colmater de manière adéquate les trous dans lesquels de petits animaux, comme des souris ou des putois, pourraient pénétrer. En l'absence de personnel, verrouillez la porte de l'abri.

d. Exigences concernant l'équipement :

- N'enlevez pas les sous-groupes s'ils sont sous tension. Il en résulterait des dégâts irréparables et le bâti de l'émetteur ne pourrait plus être mis en route correctement.
- Ne mettez jamais l'installation sous tension avec un bâti non relié à la terre.

e. Exigences concernant le personnel :

Il faut quatre personnes pour le montage de l'abri. Afin de mettre les antennes sur le contrepoids, deux personnes sont nécessaires, en plus du grutier, pour les travaux de montage. Il vaut toutefois mieux prévoir 4 personnes pour l'ensemble des opérations de montage, de manière à disposer d'un monteur de réserve en cas d'imprévu. Lorsque l'antenne est posée sur le toit avec des moyens improvisés et sans grue automotrice, il faut absolument 4 personnes, voire cinq pour faciliter le travail. Le chef de l'équipe d'installation doit être un ingénieur, un technicien, ou un contremaître qualifié.

3.2. Etapes d'installation de système DVOR 432 :

1. Détermination du site d'implantation.
2. Fondations de l'abri.
3. Transportation et installation de l'abri conteneur.
4. Montage du contrepoids des antennes (avec support et cadre)
5. Installation des antennes :
 - a. Installation d'antenne de la porteuse
 - b. Installation des antennes bandes latérales :
6. Câblage des antennes :
 - a. Antennes bandes latérales.
 - b. Antenne de la porteuse.
7. Installation du dipôle de moniteur.
8. Réglages préliminaires et alignement mécanique des antennes bandes latérales.
9. Adaptation des antennes.

3.2.1. Détermination du site d'implantation :

La zone dans laquelle la station DVOR devra être installée sera déterminée par l'autorité chargée de l'aviation civile compétente selon les règlements internationaux de la navigation aérienne. En règle générale, l'utilisateur dispose d'une marge de manœuvre suffisante à l'intérieur de la zone retenue, choisir un emplacement susceptible de garantir des conditions de diffusion optimales, en fonction de la topographie du terrain (voir figure 3.1). Cet emplacement sera déterminé par une visite du site à laquelle un géomètre doit absolument participer. Après définition du site d'implantation de DVOR, les points de montage doivent être fixés avec précision. Cette opération peut s'effectuer par un relevé

topographique ou bien, si l'on dispose d'un récepteur satellite, les points de montage pourront être déterminés avec une grande précision par repérage au moyen d'un satellite.

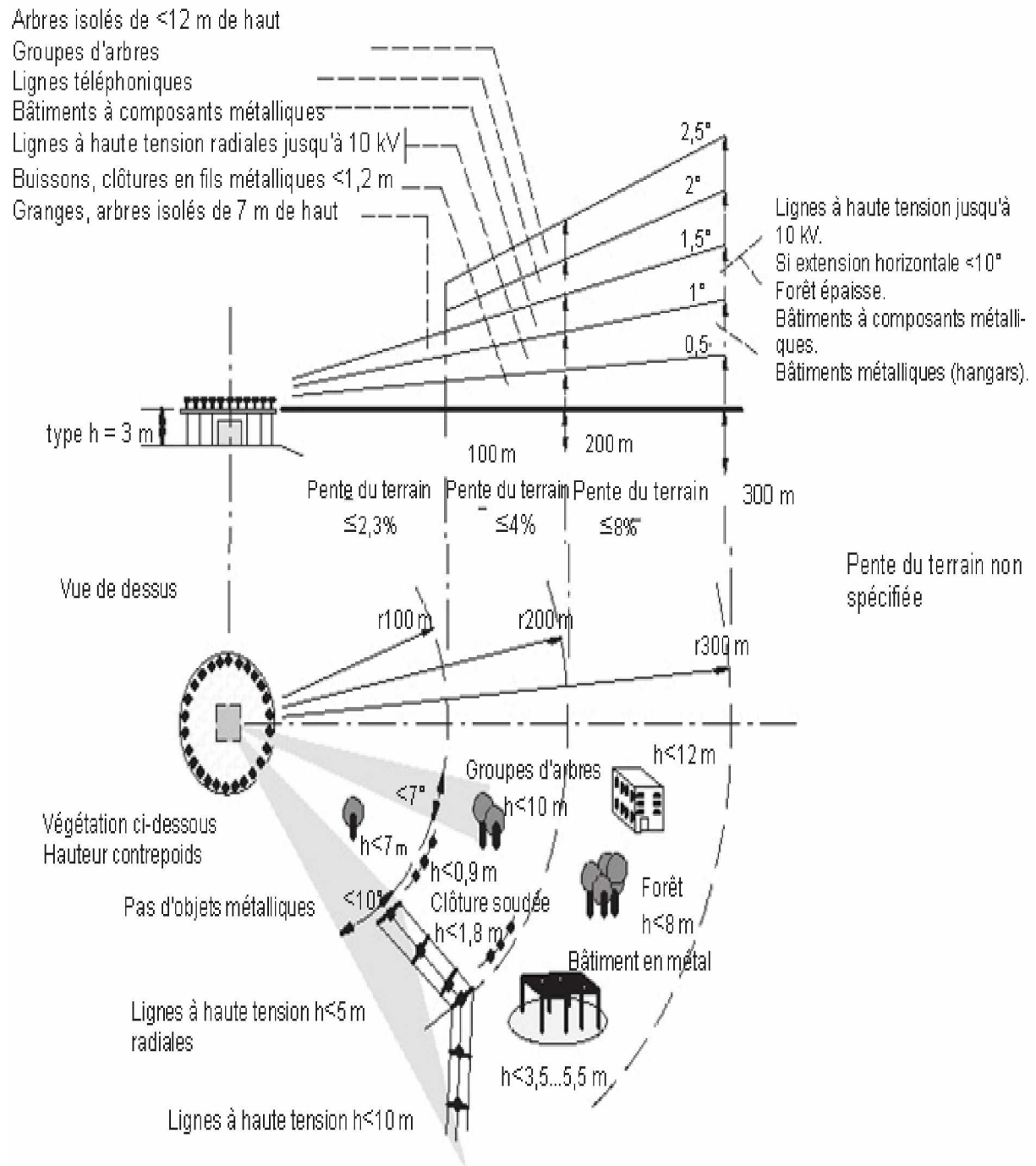


Figure 3.1 : Critères généraux d'implantation du DVOR.

3.2.2. Fondations de l'abri :

La figure (3.2) représente les fondations de l'abri d'une hauteur de 3m, 5m, 7m, 10m.

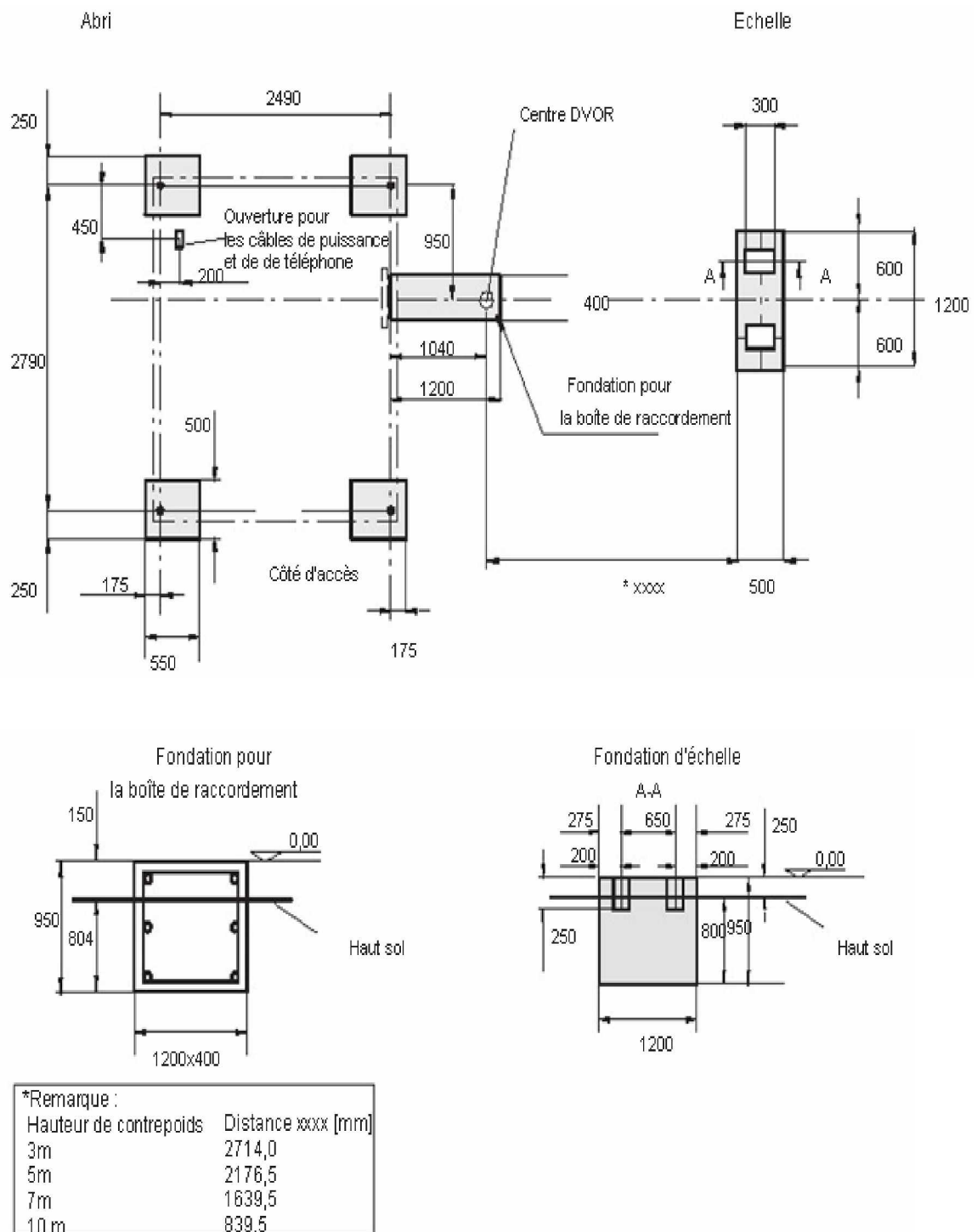


Figure 3.2 : Fondations de l'abri DVOR.

3.2.3. Installation de l'abri conteneur :

3.2.3.1. Abri conteneur DVOR (généralités) :

L'équipement Navais peut être livré déjà installé dans un abri standard 10 pieds. Pour être conforme aux exigences, l'abri est basé sur la définition des normes ISO/DIN relatives aux conteneurs de transport. L'abri est constitué d'une charpente autoporteuse en acier résistant aux déformations avec huit angles ISO et des parois fabriquées en panneaux de trois couches (dimensions de conteneurs standard) (voir figure 3.3, figure 3.4)

Pendant l'installation, l'abri doit être placé sur les fondations de sorte que la porte soit orientée conformément au relevé topographique et aux plans de projet. L'abri est ancré aux quatre blocs de fondation à l'aide d'équerres ISO et de boulons de verrouillage. Les câbles de l'alimentation électrique (secteur) et du signal entrent par des ouvertures dans le sol de l'abri.

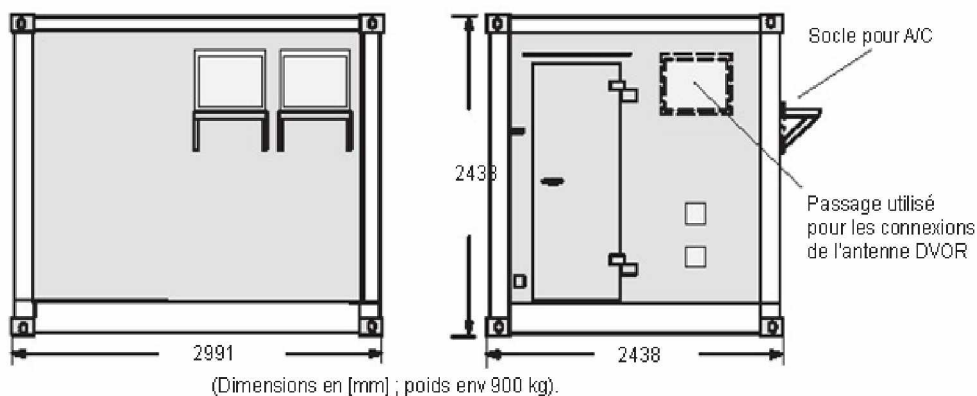


Figure 3.3 : Abri conteneur DVOR 10 pieds

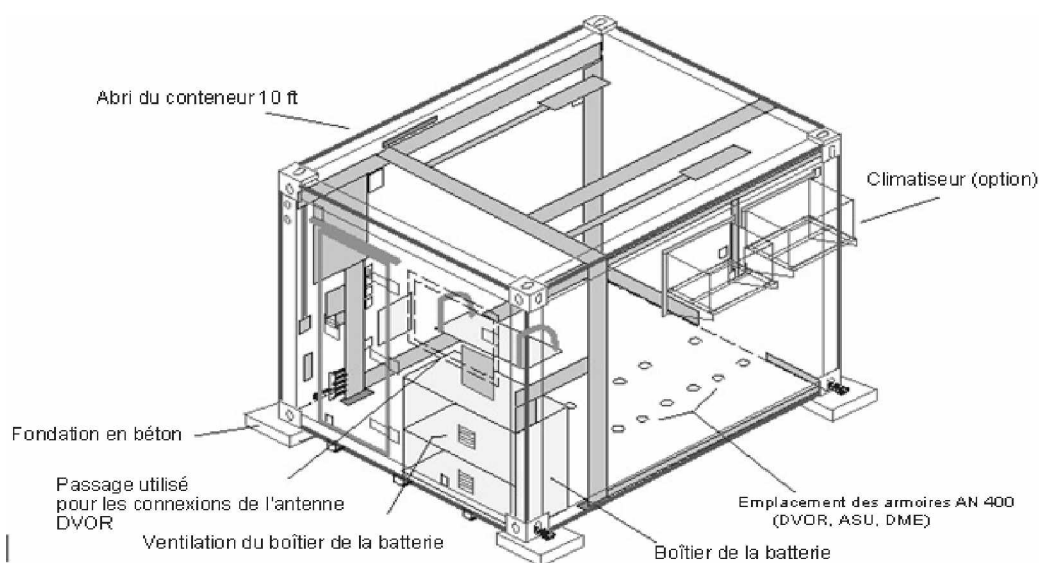


Figure 3.4 : Abri standard, projection horizontale.

3.2.3.2. Transportation de l'abri conteneur :

Lors du transport avec une grue ou un hélicoptère, assurez-vous que l'angle entre le harnais de levage et la caisse est au moins de 60° (voir figure 3.5).

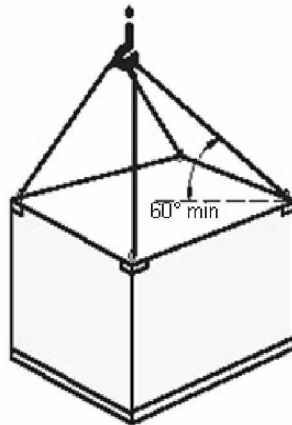


Figure 3.5 : Levage correct avec un harnais de levage.

3.2.4. Installation du contrepoids des antennes (avec supports et cadre) :

Le contrepoids d'antennes existe dans des versions de 3, 5, 7 ou 10 m de haut. La structure est conçue pour une vitesse de vent maximum de 200 Km/h (en fonctionnement: jusqu'à 160 Km/h). Toutes les pièces autres que les conduits de câble RF en plastique situés sous la plate-forme sont en acier galvanisé à chaud.

Le cadre (**Figure 3.6**) est constitué d'une structure à douze côtés d'un diamètre de 30 m. Elle comporte 24 points de support. Les supports sont disposés en deux cercles de diamètre 13,5 m et 24 m. 4 x 4 supports principaux sont fixés entre eux au moyen de renforts supplémentaires. Les supports ronds ont un diamètre de 120 mm et les parois ont une épaisseur de 3 mm. Les 51 feeders d'antennes sont acheminés jusqu'à une poutre en U au centre du contrepoids et amenés par l'intermédiaire d'une boîte de raccordement vers les cosses à souder à l'intérieur de l'abri. L'abri est situé directement à côté de la boîte de raccordement, à un mètre du centre.

Le plateau sert non seulement de contrepoids électrique, mais aussi de structure de support pour l'anneau sur lequel sont boulonnées les 50 antennes bande latérale. L'antenne porteuse centrale est aussi fixée au plateau. L'anneau d'antennes a un diamètre de 13,5 m. Afin de faciliter son transport, il est subdivisé en 12 éléments séparés. Chacun de ces éléments est constitué de deux poutres courbes en U de 65 mm, soudées ensemble à des intervalles égaux de 170 mm. Les faces intérieures profilées sont toujours installées face à face. La trappe d'accès rabattable, qui est accessible au moyen d'une échelle, est située à 6 m du centre. Toute la plate-forme du contrepoids est recouverte d'un grillage en acier galvanisé à chaud de 6 mm,

ayant une maille de 100 x 100 [mm]. Les éléments de grillage sont boulonnés ensemble et munis de dispositifs de prise à intervalles de 300 mm.

On utilise des supports en U pour les fixer aux poutres d'acier. Les éléments de grillage sont fixés aux poutres à l'aide de bandes d'acier plates sur le bord extérieur de la plate-forme.



Figure 3.6 : Supports et cadre, exemple d'installation.

3.2.5. Installation des antennes :

3.2.5.1. Généralités :

a. Support pour antenne de la porteuse (centre du contrepoids) :

Le support pour le montage de l'antenne centrale a été installé au centre du contrepoids. Déviation autorisée du centre : ± 150 mm.

b. Anneau des antennes bandes latérales :

L'anneau d'antennes a été installé sur le contrepoids. Le rayon mesuré au niveau de l'anneau interne est de 6623 mm (voir figure 3.7).

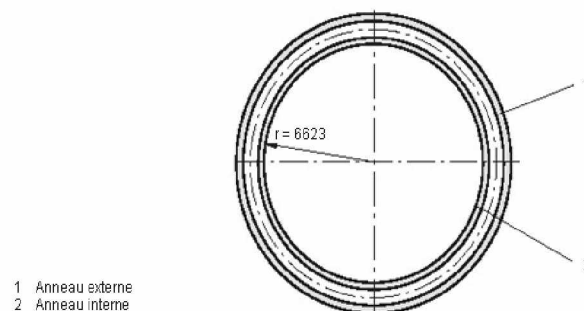


Figure 3.7 : Anneau d'antennes.

3.2.5.2. Levage des antennes sur le contrepoids :

Les antennes DVOR comprenant le dôme d'antenne, le module de découplage et le tube vertical (installé) sont soulevés avec leur emballage au-dessus le bord extérieur et sur le contrepoids. Pour cela, il est recommandé d'utiliser une grue de levage, un chevalet avec un bras pivotant (voir figure 3.8).

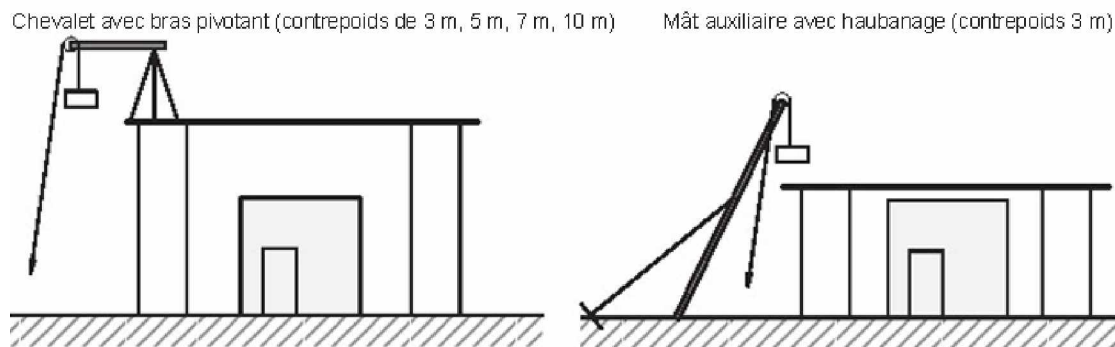


Figure 3.8 : Equipement de levage pour l'installation des antennes DVOR.

3.2.5.3. Installation d'antenne de la porteuse :

- Déterminez le centre du contrepoids par rapport à l'anneau des antennes bandes latérales.
- Installez le tube vertical de l'antenne de la porteuse à ce niveau puis alignez ce dernier à l'aide d'un niveau à bulle (si nécessaire, équilibrez avec des rondelles, etc.) et fixez ce dernier.
- Montez l'antenne de la porteuse avec la protection sur le tube vertical et bloquez-la avec des vis appropriées.

3.2.5.4. Installation des antennes bandes latérales :

- Installez tout d'abord l'antenne 1. Le point d'installation de cette antenne doit être sélectionné à l'aide d'une boussole. En effet, il doit être installé de manière à être approximativement aligné vers le nord par rapport à l'antenne centrale (Figure 3.9). Notez le point d'installation sur l'anneau d'antennes. Installez le tube vertical 1 à cet endroit puis alignez ce dernier perpendiculairement à l'aide d'un niveau à bulle (si nécessaire, utilisez des rondelles ou équivalents pour équilibrer). Le tube vertical doit être installé de sorte que le trou d'installation pour le module de découplage se trouve sur la gauche par rapport à l'antenne centrale. Fixez le tube vertical à l'anneau d'antennes à l'aide d'une plaque de serrage et de 2 vis (Figure 3.10). Fixez toutes les fixations du tube vertical à l'anneau externe (Figure 3.11).

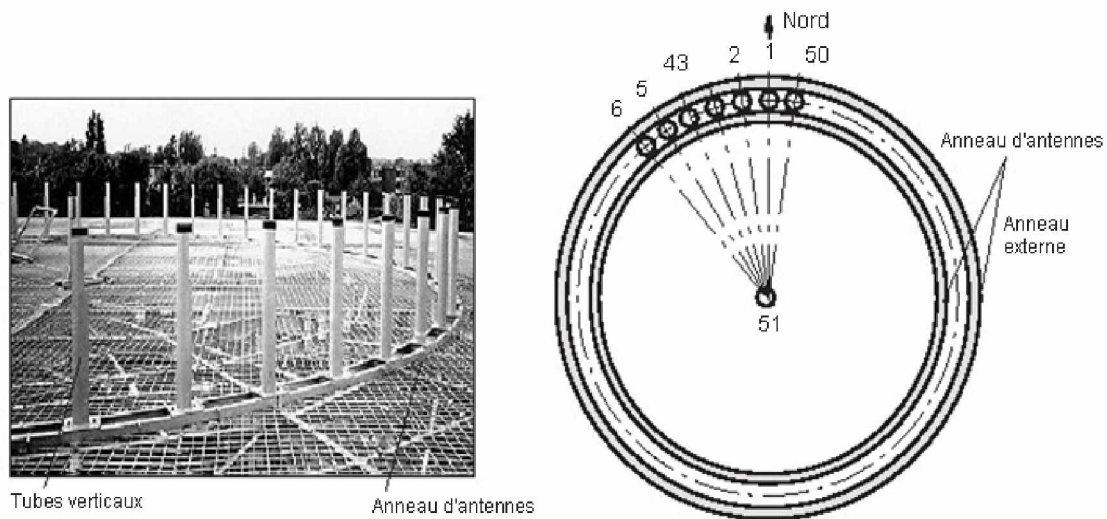


Figure 3.9 : Installation des tubes verticaux et point d'installation de l'antenne 1.

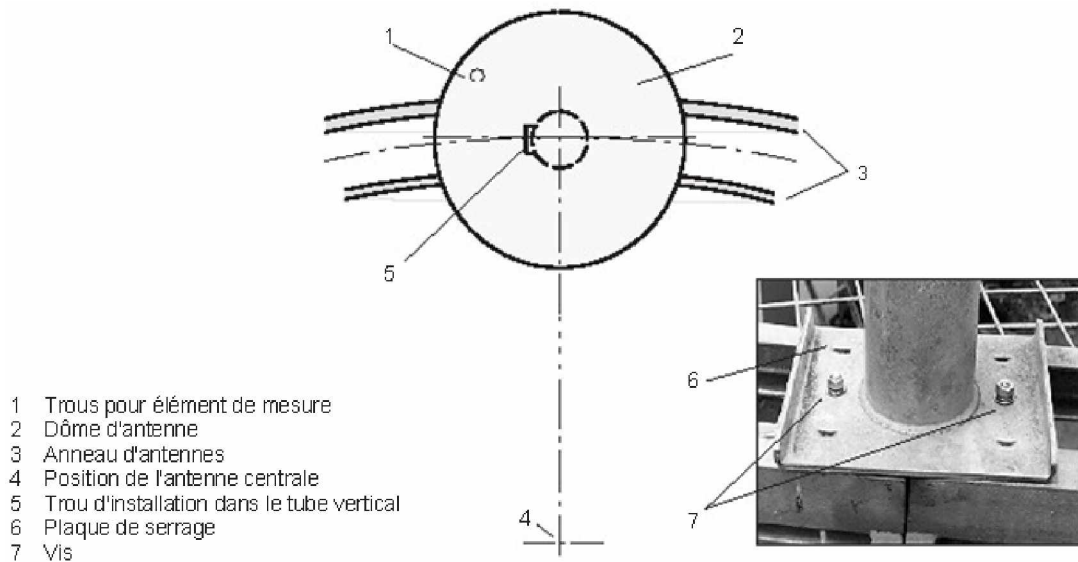


Figure 3.10 : Sens d'installation du tube vertical et du dôme d'antenne.

Installez l'antenne 2 de la même manière que l'antenne 1 à la gauche de cette dernière (par rapport à l'antenne centrale) de sorte que, avec un tube vertical de diamètre 127 m, la distance entre le bord extérieur du tube 1 et le bord extérieur du tube 2 soit égale à 720 mm (Figure 3.11). Cette distance peut être réglée dans le sens trigonométrique d'antenne à antenne à l'aide de moyens improvisés (une baguette en bois coupée à la longueur par exemple).

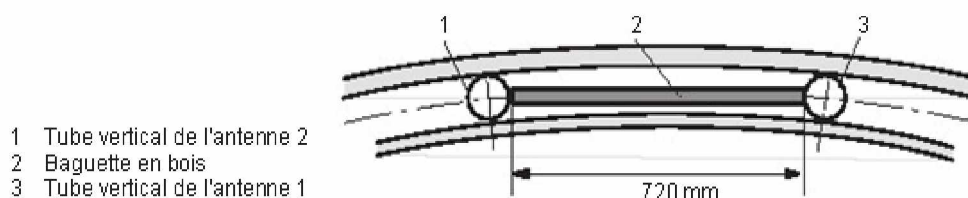


Figure 3.11 : Espacement des tubes verticaux des antennes bandes latérales.

REMARQUE : 720 mm est une dimension standard qui peut varier dans la pratique en fonction des chaînes de tolérance au sein de l'anneau d'antennes et des tubes verticaux. Dans de tels cas, une déviation positive ou négative par rapport à la dimension standard de 720mm est mesurée entre l'antenne 50 et l'antenne 1. Cette dimension (déviations de 720mm) doit être divisée par 50 pour calculer un nouveau jeu. Les tubes verticaux ensuite réajustés avec une nouvelle baguette en bois au cours d'une seconde procédure. Chaque tube vertical ajusté doit également être aligné avec précision à l'aide d'un niveau à bulle.

Les crochets (Figure 3.12/5) des deux côtés de l'anneau d'antennes retenant une couche de matage d'acier de construction doivent être ajustés si nécessaire pour être fixés solidement. Les crochets permettent une connexion électrique adéquate.

Un alignement précis et soigneux de l'antenne simplifie considérablement le travail du technicien chargé de la mise en service. Une déviation max. de 3 mm entre l'antenne 50 et l'antenne 1 par rapport à la dimension standard correcte peut être tolérée. Une antenne bandes latérales (avec protection) doit être à présent montée sur chaque tube vertical. Dans un premier temps, la section inférieure des dômes d'antennes doit être fixée uniquement au tube vertical à l'aide de 3 vis et des trous oblongs (Figure 3.12/6).

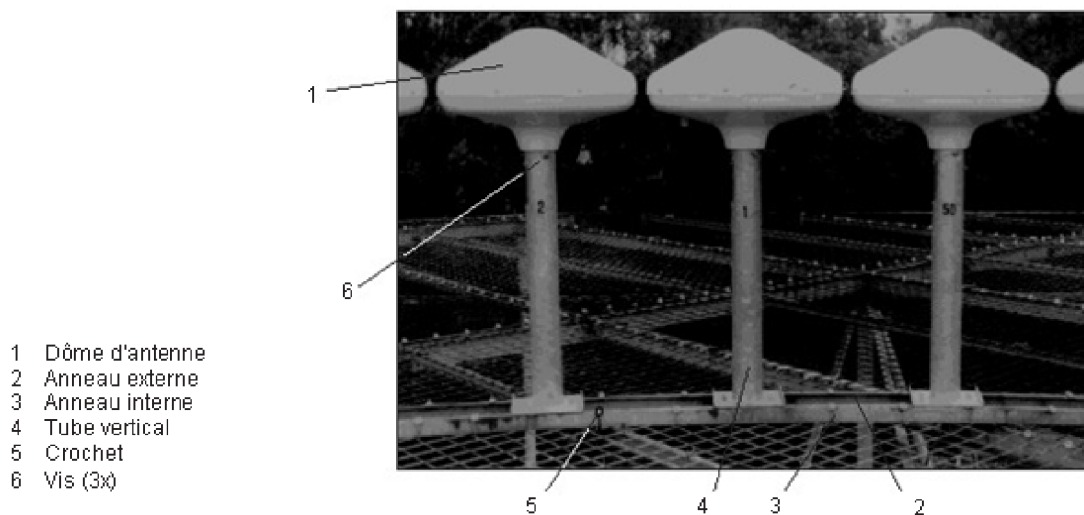


Figure 3.12 : Anneau d'antennes, antenne individuelle et tube vertical.

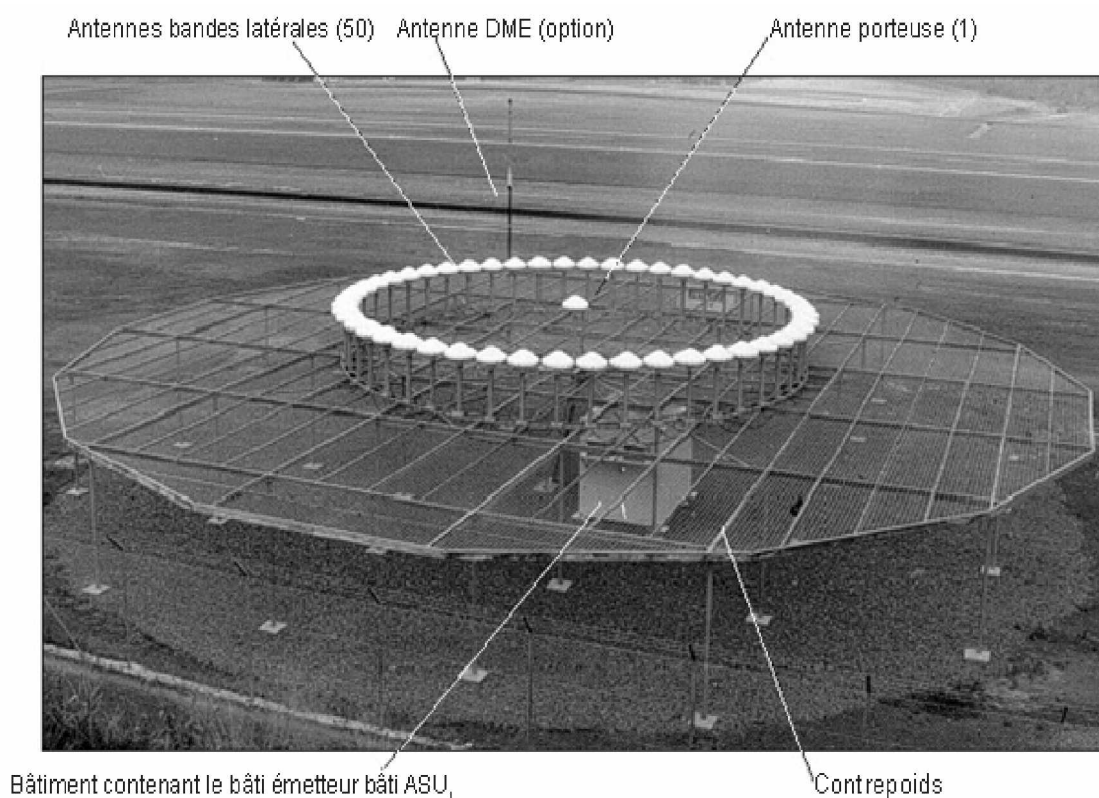


Figure 3.13 : Installation des antennes DVOR.

3.2.6. Câblage des antennes :

3.2.6.1. Parcours des câbles :

16 tubes en plastique ou en acier ont été installés sur la partie inférieure du contrepoids pour les parcours de câbles des antennes bandes latérales vers le centre du contrepoids. Un tube supplémentaire est utilisé si l'antenne d'un DME co-implanté doit être installée.

Les câbles entre les antennes et l'ouverture dans la paroi de l'abri sont marqués de 1 à 51 aux deux extrémités par des marqueurs de câbles.

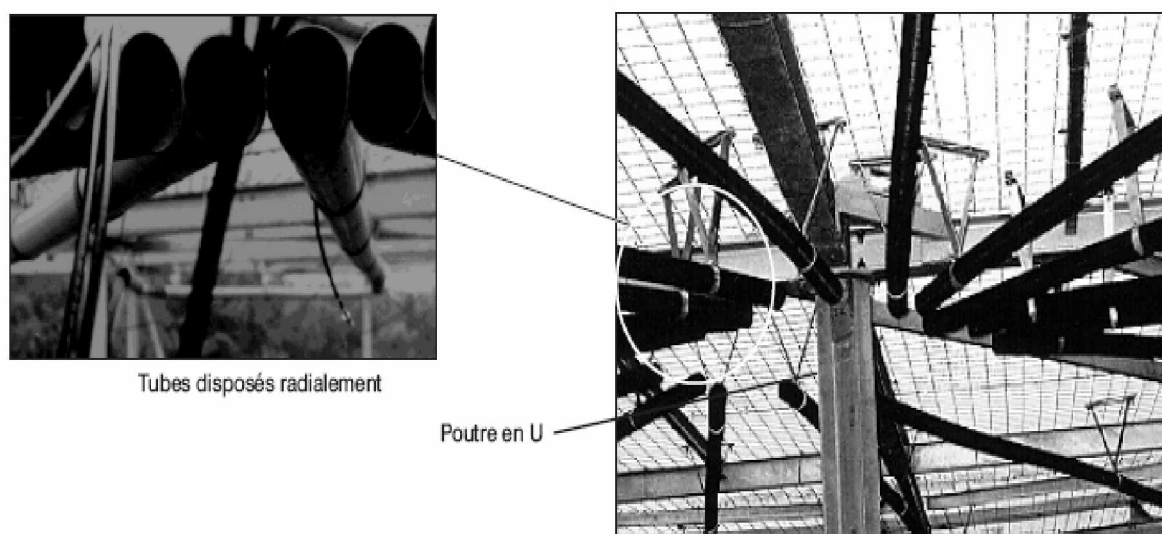


Figure 2.14 : Tube pour le guidage des câbles d'antennes.

3.2.6.2. Antenne de la porteuse :

- Faites glisser le câble RF (51) sur le tube vertical à partir du bas.
- Raccordez le connecteur coaxial à la prise de connexion de l'antenne et fixez le tout avec l'écrou union.
- Alimentez l'autre extrémité du câble via le conduit de câbles et la poutre en U (Figure 3.15) du contrepoids à l'abri via la boîte de raccordement.
- Réduisez les contraintes du câble sous le tube vertical avec des colliers de câble résistants aux UV.

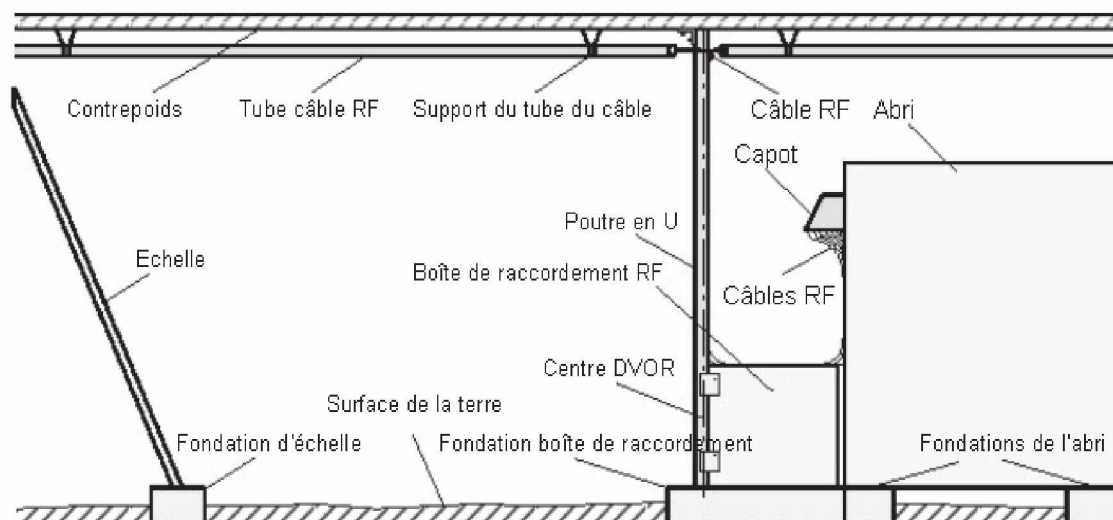


Figure 3.15 : Câblage de l'abri.

3.2.6.3. Antennes bandes latérales :

Les antennes doivent être interconnectées avec des câbles RF comme suit : antenne 1 à 3, antenne 3 à 5, 2 à 4, 4 à 6, etc., (Figure 3.16). Les câbles RF doivent être retirés par le trou d'installation dans le tube vertical et raccordés aux connexions coaxiales sur le côté du module de découplage (Figure 3.17).

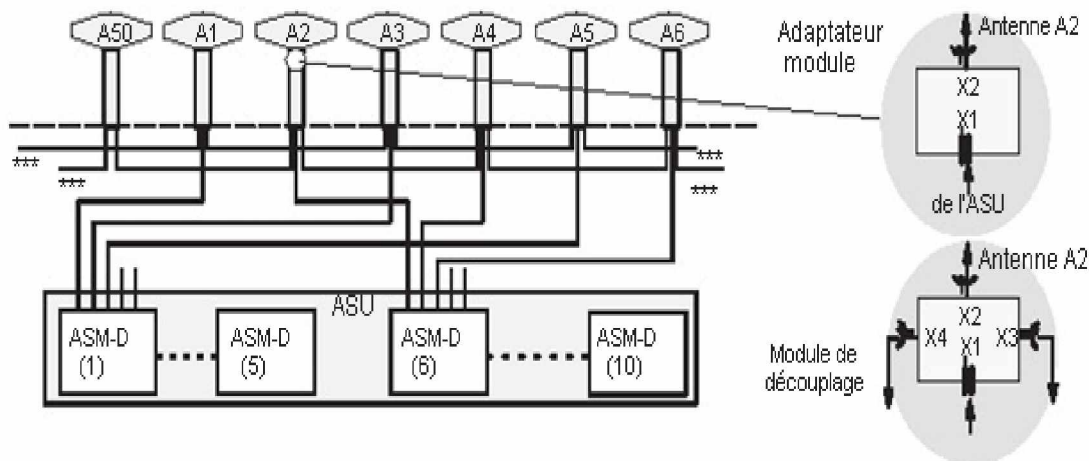


Figure 3.16 : Diagramme de connexion des antennes bandes latérales.

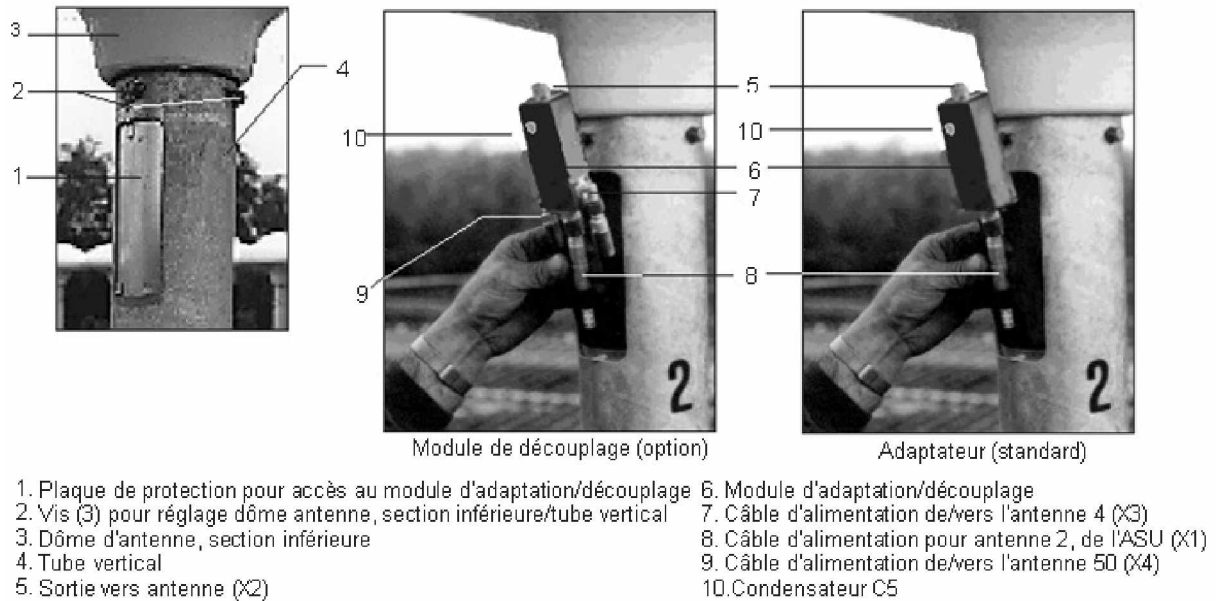


Figure 3.17 : Antenne bande latérale avec module d'adaptation/de découplage de sorti.

Les câbles d'alimentation doivent être amenés par les tubes montés sous le contre poids vers le centre, puis via la poutre en U et la boîte de raccordement jusqu'à l'abri (Figure 3.15). Les longueurs de câble excessives sont éliminées dans une boîte de raccordement au niveau de l'extrémité inférieure de la poutre en U. Jusqu'à 4 câbles d'alimentation peuvent être combinés et amenés via un tube simple. Le câblage RF des antennes bandes latérales individuelles vers l'abri doit être installé de sorte que, par exemple, le câble de la connexion centrale du module d'adaptation/de découplage (Figure 3.17) de l'antenne 2 soit amené vers le terminal 2 de l'accès de paroi coaxial de l'abri. Lorsque les câbles sont raccordés, le module d'adaptation/de découplage est vissé au terminal d'antenne via le trou d'installation long dans le tube vertical (figure 3.18). Lorsque les connexions vissées ont été réalisées, le trou d'installation dans le tube vertical doit être fermé par le capot. Soulagez les câbles sous le tube vertical à l'aide de colliers de câble résistants aux UV. Lorsque les câbles ont été tirés dans les tubes sous le contre poids, leurs extrémités doivent être scellées à l'aide du matériel d'emballage pour les sections d'antennes pour éviter que des oiseaux ne fassent leur nid dans les tubes.

Au niveau de l'abri, les câbles d'alimentation doivent être posés de sorte à former une boucle suffisamment large pour éviter toute infiltration d'eau de pluie le long des câbles ainsi que le contact entre l'eau et les connexions vissées coaxiales dans l'accès au niveau de la paroi. Les boucles de câble doivent être protégées par un capot approprié.

1. Module d'adaptation/de découplage.
- 1a. Connecteurs latéraux, module de découplage uniquement.
2. Tube vertical.
3. Matage acier de construction.
4. Tube.
5. Collier de câble résistant aux UV.
6. Câbles de couplage utilisés avec module de découplage uniquement.

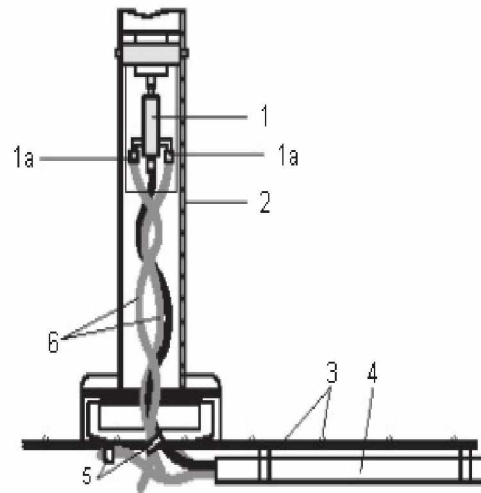


Figure 3.18 : Câblage des antennes des bandes latérales.

3.2.7. Installation du dipôle de moniteur :

Comme le montre la figure (3.19), le dipôle du monitor est monté sur un mât, situé à une hauteur de 1,3 m au-dessus du contrepoids d'antenne. Il doit être installé à une distance comprise entre 180 et 200 m du centre du contrepoids. Il est généralement installé au nord magnétique. Le câble d'alimentation est acheminé via une tranchée pour câbles vers le boîtier DVOR.

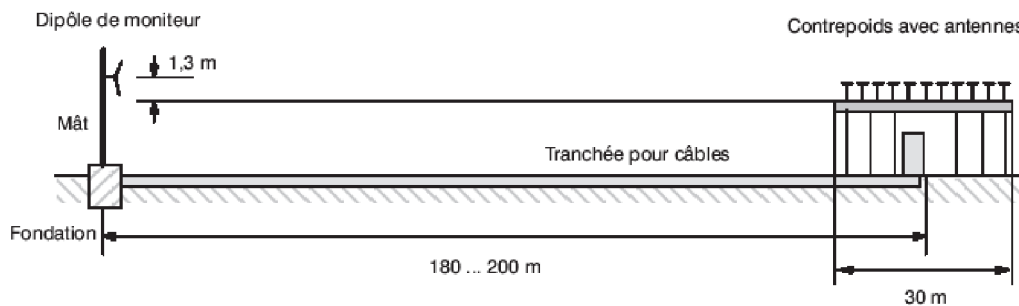


Figure 3.19 : Représentation du site d'installation du dipôle de moniteur.

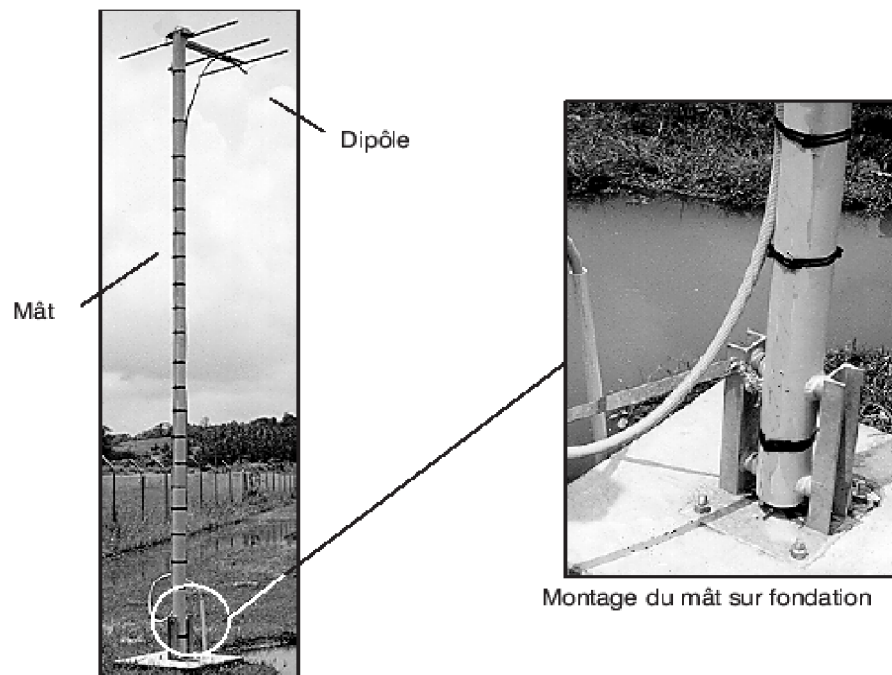


Figure 3.20 : Mât avec dipôle du moniteur.

3.2.8. Réglages préliminaires et alignement mécanique des antennes bandes latérales :

- Procédez avec un soin particulier lors du retrait des capots des antennes des bandes latérales afin d'éviter toute infiltration de pluie dans la section inférieure de l'antenne.
- Retirez le capot de l'antenne de la porteuse (antenne centrale) fixé avec 8 vis auto-taraudeuses, à tête ronde en acier inoxydable 3 x 32 mm.
- Prenez le tube rectangulaire et la goupille des accessoires d'installation et installez-les au centre de l'antenne de la porteuse. La goupille doit être utilisée pour les gisements lors de l'alignement des 50 antennes bandes latérales.
- Retirez le capot de l'une des antennes bandes latérales (antenne 1 par exemple).
- Préréglez les deux condensateurs de réglage (Figure 3.21) de chaque antenne, avec chacun, 2 plaques ajustables à l'aide d'une tige filetée et fixés avec un contre-écrou. Les plaques doivent être approximativement symétriques entre les éléments d'antenne et espacées comme cela est représenté sur la figure 3.22 (pour 113 MHz, par exemple 6,7 mm). Cet espacement peut être réglé facilement, si un foret hélicoïdal double est utilisé comme calibre. Les contre-écrous doivent être serrés après le réglage.

- Desserrez les trois boulons de montage pour la section inférieure/le tube vertical de l'antenne et déplacez la section inférieure de l'antenne légèrement vers la gauche et la droite sur le tube vertical selon les trous oblongs dans le tube vertical.
- A l'aide du tube rectangulaire (figure 3.23), alignez les différentes antennes bandes latérales depuis l'extérieur de l'anneau d'installation via les vues du pointeur (montées en haut de la partie inférieure de l'antenne) vers la goupille (marqueur de gisement) montée au centre de l'antenne centrale. Les 3 vis (pour la fixation de la section inférieure de l'antenne sur le tube vertical) doivent être serrées après le réglage. Les gisements doivent être pris plusieurs fois si nécessaire par rapport à l'antenne centrale, et le réglage répété. Lorsque la section inférieure de l'antenne a été fixée au tube vertical, le capot doit être installé. Les 8 vis auto-taraudeuses pour la fixation du capot doivent être vissées à moitié environ car d'autres calibrages peuvent être nécessaires lors de la mise en service.
- près ces opérations, ou dans le cas où, elles ne sont pas nécessaires, fixez le capot avec les 8 vis).

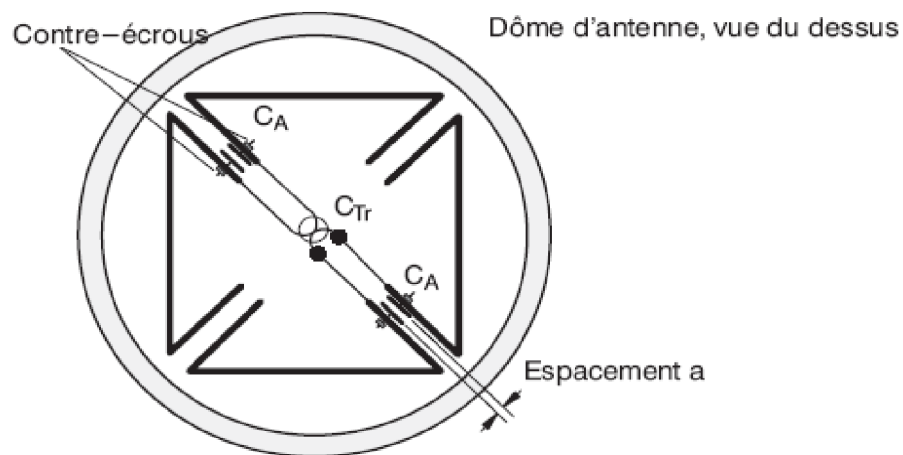


Figure 3.21 : Condensateurs de réglage sur le dôme d'antenne.

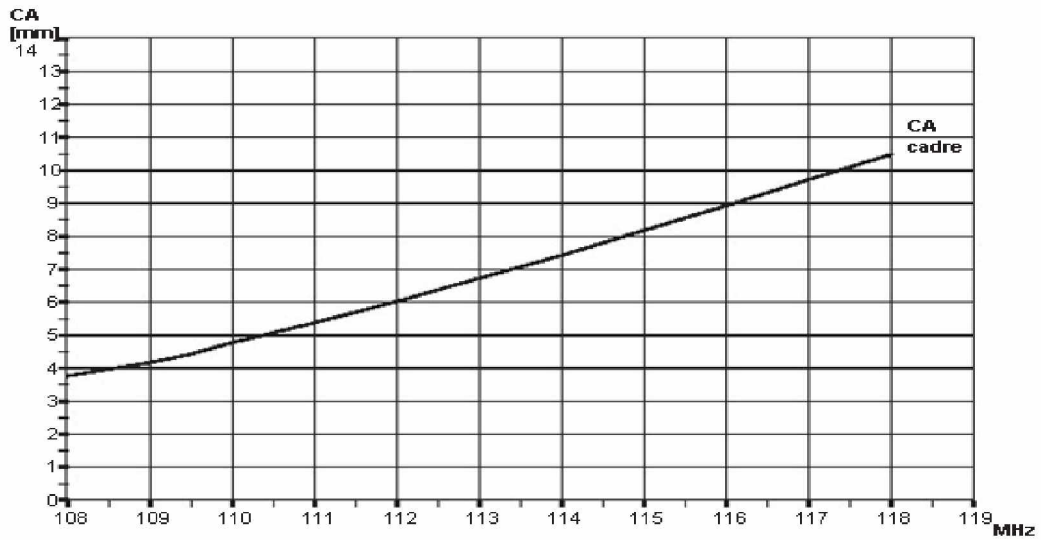


Figure 3.22 : Distance de séparation de plaque des condensateurs CA en fonction de la fréquence de fonctionnement.

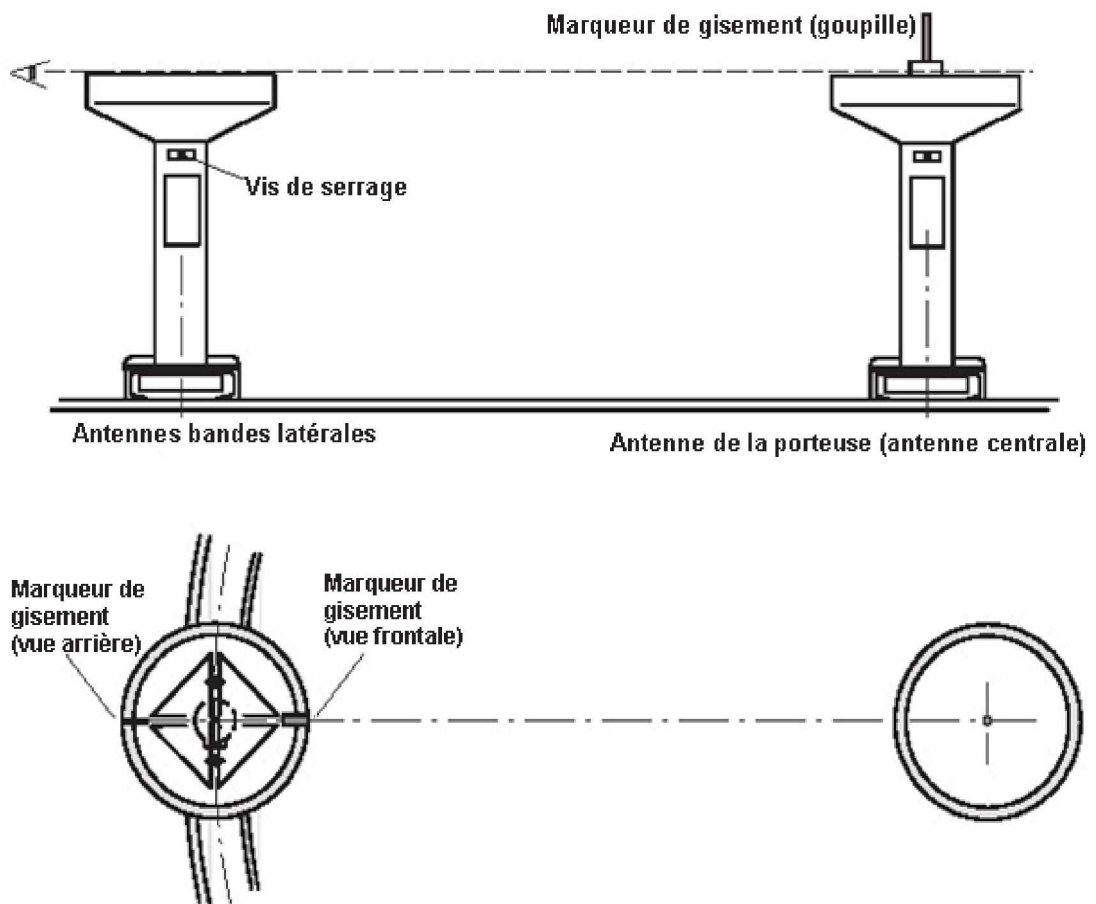


Figure 3.23 : Alignement des antennes des bandes latérales grâce aux marqueurs de gisement.

3.2.9. Transformateur symétrique dissymétrique et d'adaptation :

Le transformateur symétrique dissymétrique et d'adaptation (Figure 3.24/Z) est situé dans la section inférieure du dôme d'antenne. Il comprend un tube avec 2 câbles coaxiaux connectés inversement ($Z=50\Omega$). Cela a automatiquement pour résultat une condition équilibrée (Figure 3.24).

Si les câbles dans ce circuit sont terminés aux deux extrémités avec Z , le transformateur sera à bande large et indépendant de la longueur à l'intérieur des limites ($\lambda/8$). La résistance de la boucle fournie est transformée à la résistance d'entrée $Z=50\Omega$ souhaitée en sélectionnant les longueurs adéquates pour les deux câbles. Le trimmer en tube de verre (Figure 3.24/ C_{Tr}) sur l'entrée de câble du transformateur permet une transformation parallèle supplémentaire.

Il est possible de régler de manière optimale l'adaptation pour chaque fréquence entre 108 et 118 MHz, en ajustant l'espacement des plaques de condensateur (Figure 3.24/CA) et le trimmer en tube de verre C_{Tr} . Régler CA comme sur la Figure 3.22 et C_{Tr} comme sur la Figure 3.25 devrait normalement permettre de répondre à l'exigence d'un affaiblissement de l'écho de ≥ 26 dB. Le câble coaxial court de longueur fixe (90°), monté en amont du transformateur symétrique dissymétrique et d'adaptation, est amené vers le module de découplage accessible à travers le trou de l'installation dans le tube vertical (Figure 3.17/6).

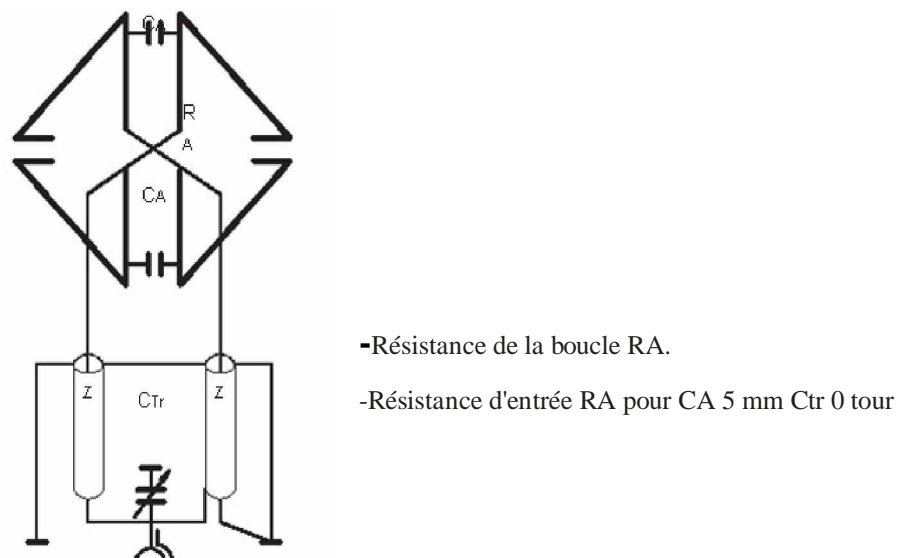


Figure 3.24 : Courbe de résistance du transformateur symétrique dissymétrique et d'adaptation.

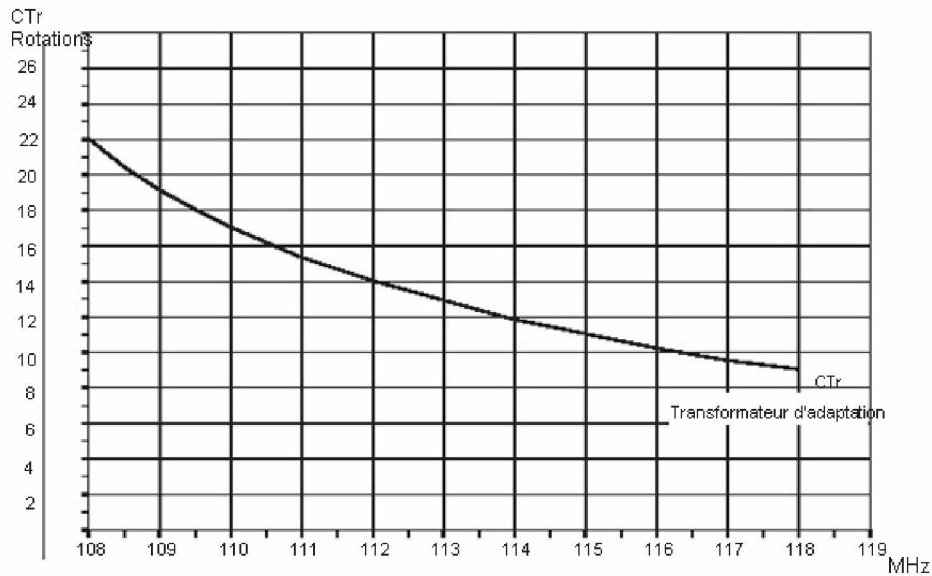


Figure 3.25 : Réglage du condensateur de compensation CTr.

3.3. Installation de l'antenne DME avec DVOR :

Comme le montre la figure (3.28), l'antenne DME est montée sur un mât, installé verticalement sur un support et sur le bord du contrepoids. Un feu d'obstacle est monté sur le haut du mât. Un tube supplémentaire sous le contrepoids permet de guider les câbles d'antenne DME vers le centre du contrepoids et dans l'abri.

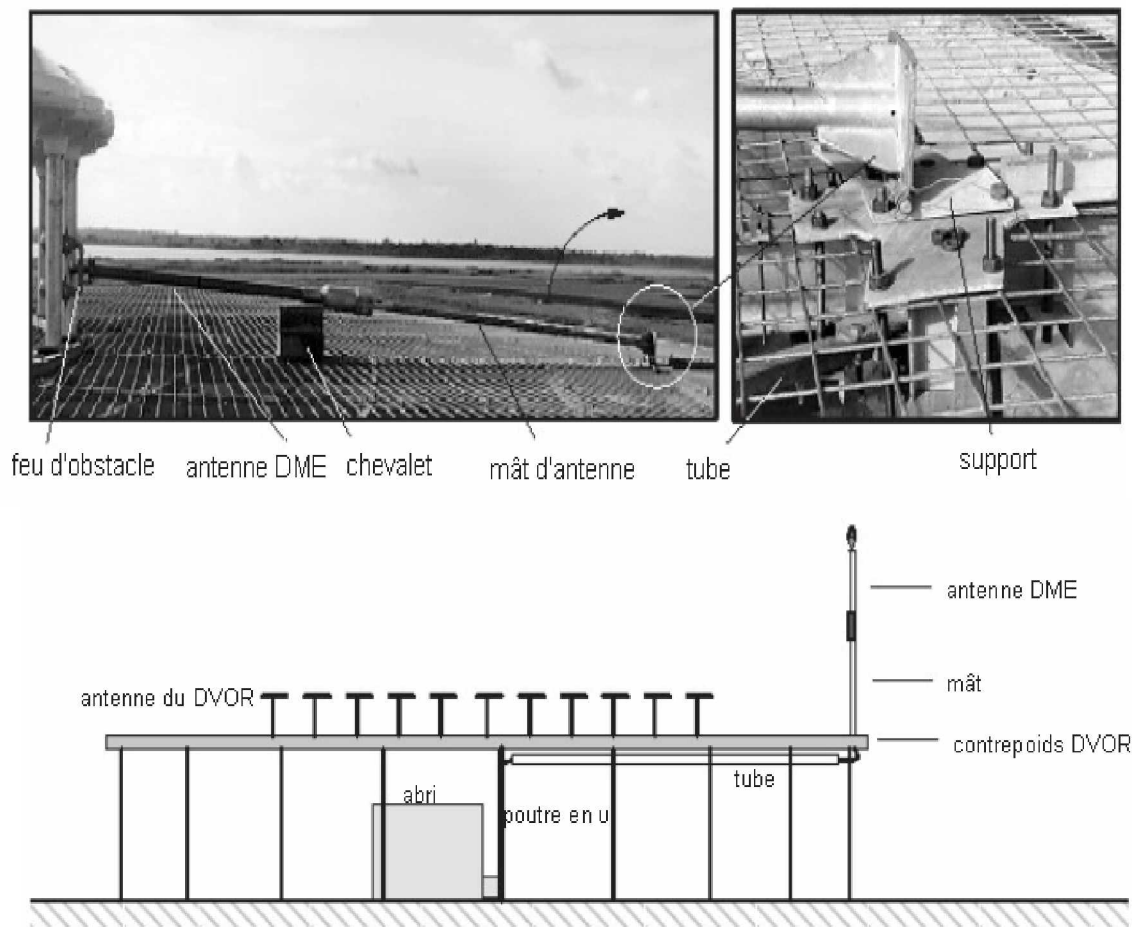


Figure 3.26 : Disposition et installation de l'antenne DME.

Chapitre 4 :
Maintenance De DVOR 432

4.1. Généralité :

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

En général, il y a deux types de maintenance :

- **Maintenance programmée (préventive) :** Le but de cette maintenance est de faire une prévention pour empêcher la panne.
- **Maintenance corrective :** Le but de cette maintenance est d'intervenir pour réparer la panne.

On peut distinguer plusieurs types de maintenance tel que :

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

4.2. La maintenance assistée par ordinateur :

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

- **Module 1** (Logiciel utilisateur ADRACS).
- **Module 2** (Logiciel émetteur).
- **Module 3** (Logiciel moniteur).
- **Module 4** (Logiciel LRCI, LCP).

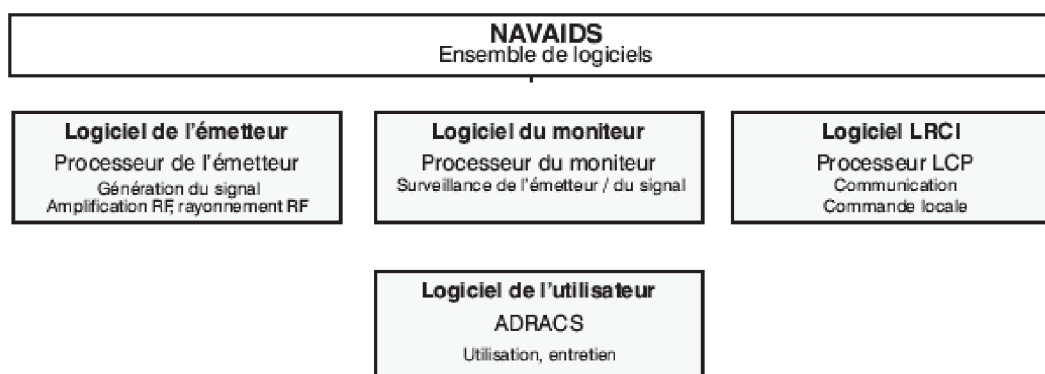


Figure 4.1 : Vue d'ensemble du logiciel de l'installation.

4.2.1. Logiciel utilisateur ADRACS (Automatic Data Recording And Control Software):

La plus grande partie du logiciel qui contrôle DVOR 432 est transparente pour l'utilisateur. L'utilisateur contrôle, évalue et entretient le système via le logiciel utilisateur ADRACS qui se rapproche du logiciel intégré dans les plaquettes de circuits imprimés (CCA) dans le système lui-même. Les programmes intégrés contrôlent l'émetteur et le moniteur et fournissent à l'utilisateur les informations concernant ADRACS pour la vérification de l'état et la maintenance.

ADRACS est une interface Windows d'utilisation facile pour la surveillance à distance et le contrôle de DVOR 432. L'accès et le contrôle sont limités par un mot de passe et le contrôle complet est réservé aux opérateurs de haut niveau dans le mode de maintenance. Le mode de maintenance comprend l'isolation des défauts, l'enregistrement et le rétablissement des paramètres, l'enregistrement des données (pour l'analyse de la tendance), l'évaluation de l'historique et un affichage des données techniques configurable et guidé par menu.

4.2.2. Logiciel de l'émetteur :

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

4.2.3. Logiciel du moniteur :

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

4.2.4. Logiciel LRCI :

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

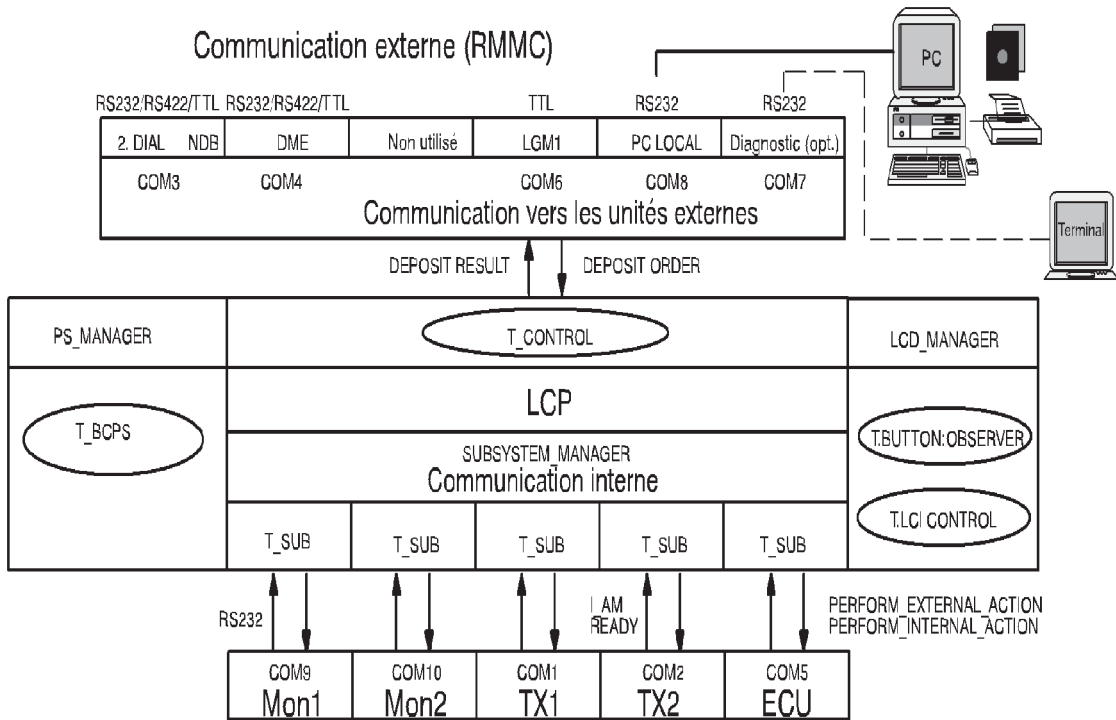


Figure 4.2 : Aperçu de la structure du logiciel LCP.

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

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

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

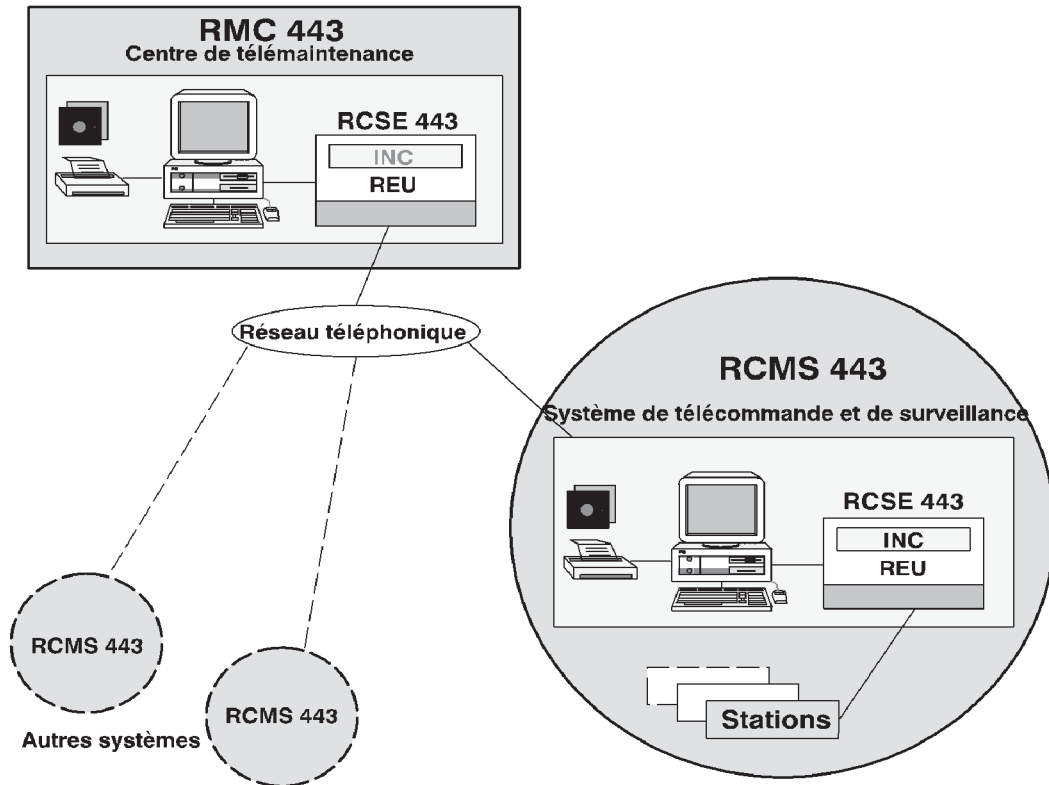


Figure 4.3 : Aperçu de RMMC.

4.2.6. Configuration du système :

4.2.6.1. Contrôle à distance et état d'unité/d'équipement RCSE 443 :

La RCSE (Remote Control and Status Equipment) est une unité électronique à distance (REU: Remote Electronic Unit) disposant d'un champ de télécommande et d'affichage (INC). Elle peut être employée comme simple télécommande intégrale. Le INC affiche l'état individuel jusqu'à huit sous-stations au moyen des champs de DEL suivants :

ALARM, WARNING, NORMAL, DATA COMMunication et MAINTENance.

Un changement d'état fait retentir un signal d'alarme. Chaque station peut être sélectionnée au moyen d'une touche afin d'exécuter les fonctions de commande EQUIPMENT ON/OFF et CHANGE OVER et d'afficher les messages d'avertissement spéciaux. Il est également possible d'afficher des messages d'état identiques par l'intermédiaire d'une unité optionnelle d'état à distance éloignée (RSU: Remote Status Unit). Un autre affichage d'état est fourni par l'unité de tour de contrôle (CTU : Control Tower Unit). Il est cependant limité aux affichages de l'état de service NORMAL, WARNING et ALARME de maximum huit stations NAV. Il est possible

de régler la luminosité des tableaux lumineux afin de répondre aux exigences en matière d'éclairage dans la tour. Le CTU peut être complété au moyen d'un sélecteur de piste (RWY-SELECT) qui active une direction de raliement sur les installations ILS et commute la direction inverse sur charge fictive. En outre, l'état global (OPERATIONAL, DEGRADED et SHUT DOWN) ainsi que la disponibilité (ENABLE) en service à l'avion comme aide d'atterrissage est affiché.

4.2.6.2. Contrôle à distance du système RCMS 443 :

Les fonctions RMMC entretien, analyse d'erreurs et documentation sont aménagées en branchant un système PC sur la RCSE et en installant le logiciel d'application RCMS et RMS sur le PC. L'autre nomenclature reflète la définition prescrite par la FAA (Federal Aviation Administration) qui prévoit qu'un système RMS puisse en permanence directement accéder aux données des installations de navigation pour l'entretien par l'intermédiaire de lignes téléphoniques et qu'il puisse être exploité indépendamment du système de télécommande RCSE. Contrairement à cela, le RCMS emploie les mêmes voies de communication pour les fonctions d'entretien ainsi que pour la surveillance et la commande à distance. Les fonctions suivantes sont disponibles:

- Affichage d'état du système de chaque installation branchée.
- Affichage permanent d'état global de tous les systèmes.
- Affichage permanent de la date et de l'heure.
- Affichage détaillé d'état du système sélectionné.
- Interrogation, affichage et réglage des paramètres du système.
- Interrogation des valeurs mesurées internes (BIT).
- Surveillance permanente des paramètres.

(Impression lorsque les valeurs limites programmées sont atteintes ou que l'interrogation périodique est atteinte).

- Protection par mot de passe à 5 niveaux.
- Configuration du système de télétransmission.
- Chargement et sauvegarde des paramètres de service.
- Fonction journal de bord, mémoire de l'historique des états et des alarmes.
- Sélection des données pour l'impression.

4.2.6.3. Local Communication Unit (LCU) :

La LCU se compose d'une REU (Remote control Electronic Unit) qui est équipée conformément aux exigences spécifiques de la station NAV. Elle sert comme interface au réseau téléphonique public pour les appareils branchés ainsi que comme point de connexion commun du terminal de service (ordinateur portable) lors de la première mise en service et de l'entretien.

4.2.6.4. Centre de télémaintenance RMC 443 :

Lorsqu'un centre d'entretien est programmé, il est alors possible de brancher plusieurs systèmes de télécommande sur une REU centrale par l'intermédiaire des lignes sélectives. Un champ de commande (INC) affiche en permanence l'état global de tous les systèmes de télécommande en réseau.

Chaque changement d'état provoque un établissement automatique de la communication de la LCU ou de la RCSE vers la centrale compétente ainsi que la transmission de toutes les informations actuelles afférentes au état. En outre, il est possible d'aménager des interrogations périodiques pour les emplacements régionaux.

Afin de pouvoir réaliser des diagnostics détaillés, la centrale dispose également toutes les possibilités d'échange de données avec les systèmes en réseau. La communication s'effectue soit directement par l'intermédiaire de connexions sélectives pour les installations de navigation en route soit par l'intermédiaire des télécommandes RCSE des différents terrains d'aviation pour toutes les sous-stations ILS.

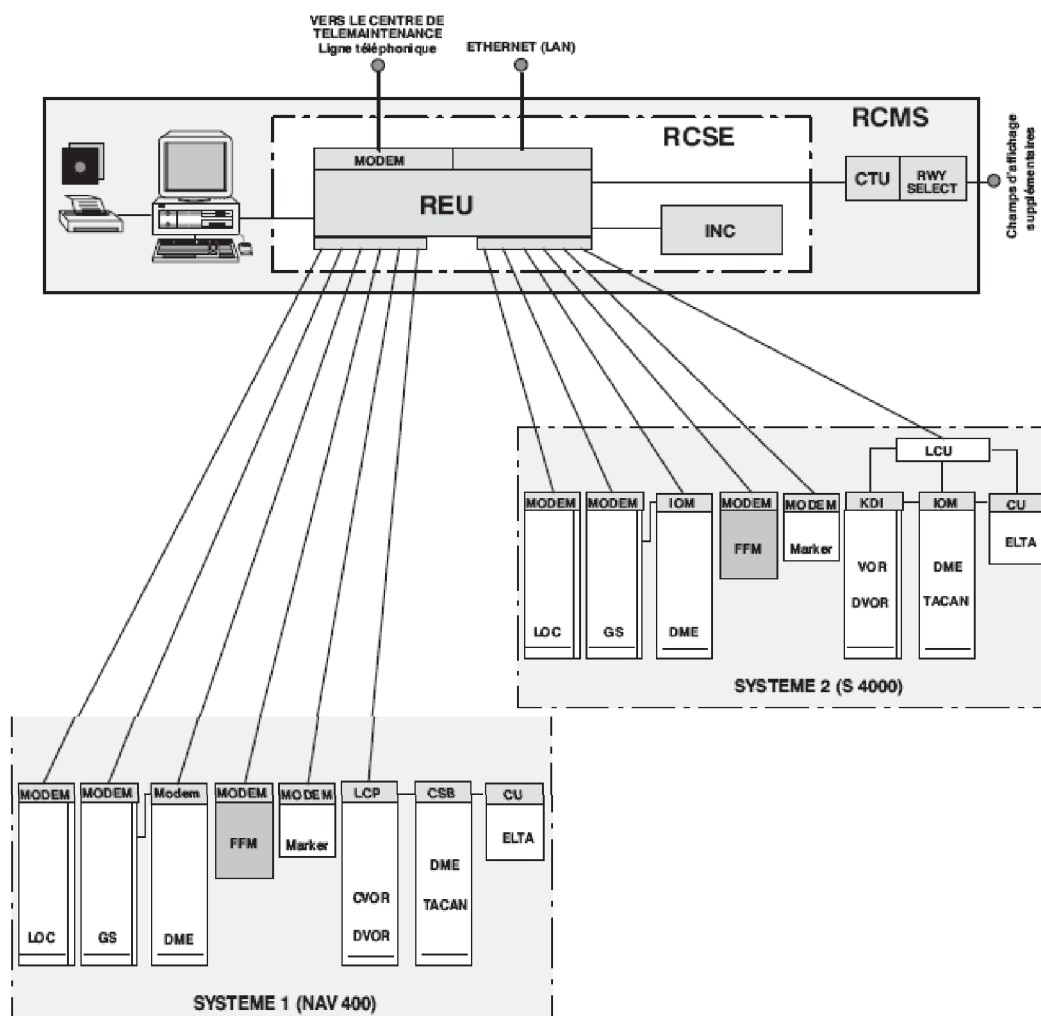


Figure 4.4 : Exemple de configuration: RCMS 443 pour deux ILS et CVOR/DME/TACAN.

4.2.7. L'organigramme de la maintenance assisté par ordinateur :

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

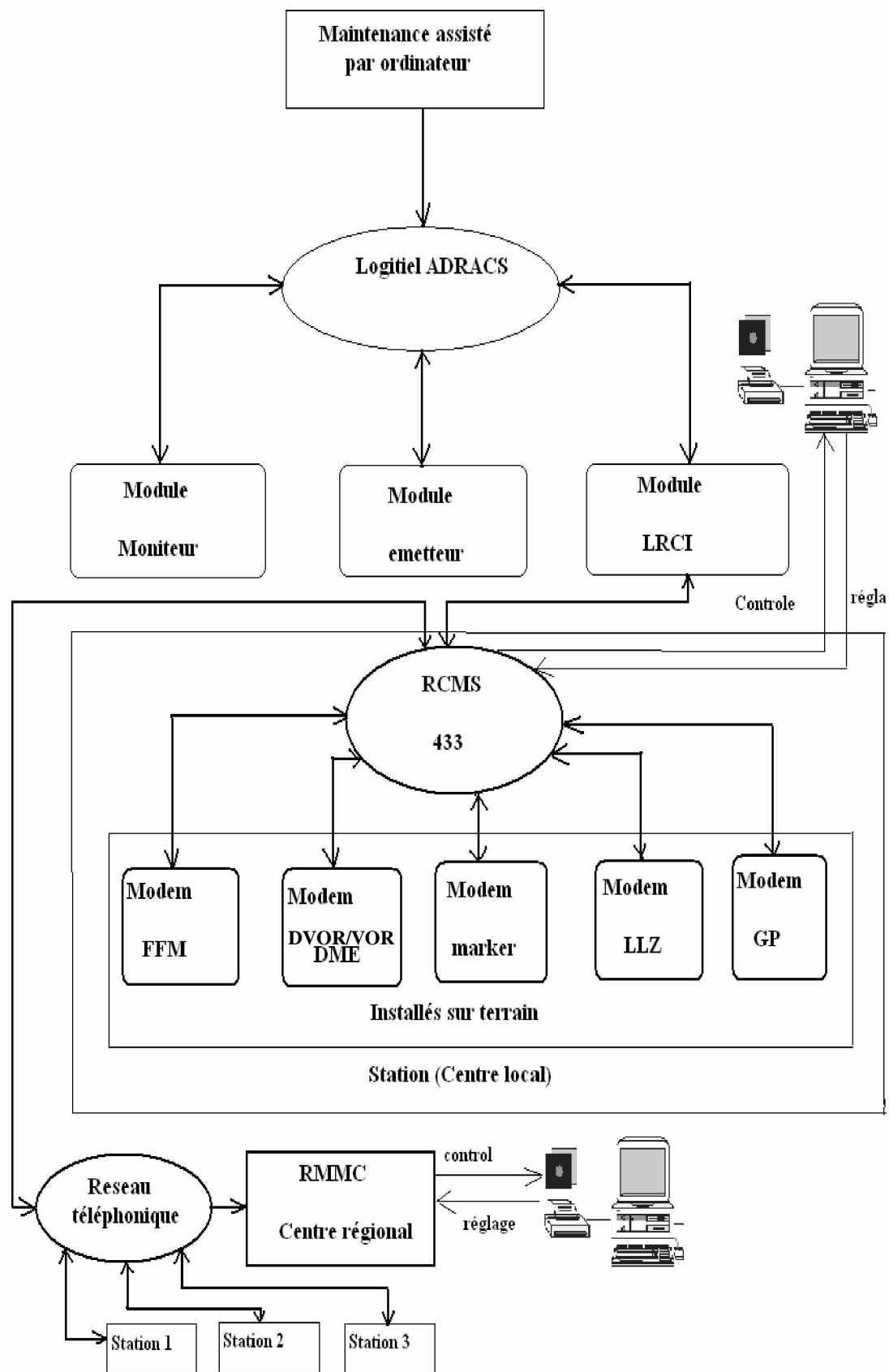


Figure 4.5 : L'organigramme d'utilisation.

4.2.8. Les interfaces du logiciel ADRACS :

On a choisi l'interface ADRACS pour le DVOR 431 et le CVOR 431 :

Ø Les étapes à suivre :

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

a) Démarrez le PC et démarrez WINDOWS.

b) Cliquez sur le bouton 'Start', sélectionnez 'Programs', le groupe de programmes 'Adracs Remote Controlling', le programme 'Adracs Remote Controlling Software'.

La fenêtre 'Adracs - Select Configuration' s'affiche (Figure 4.6).

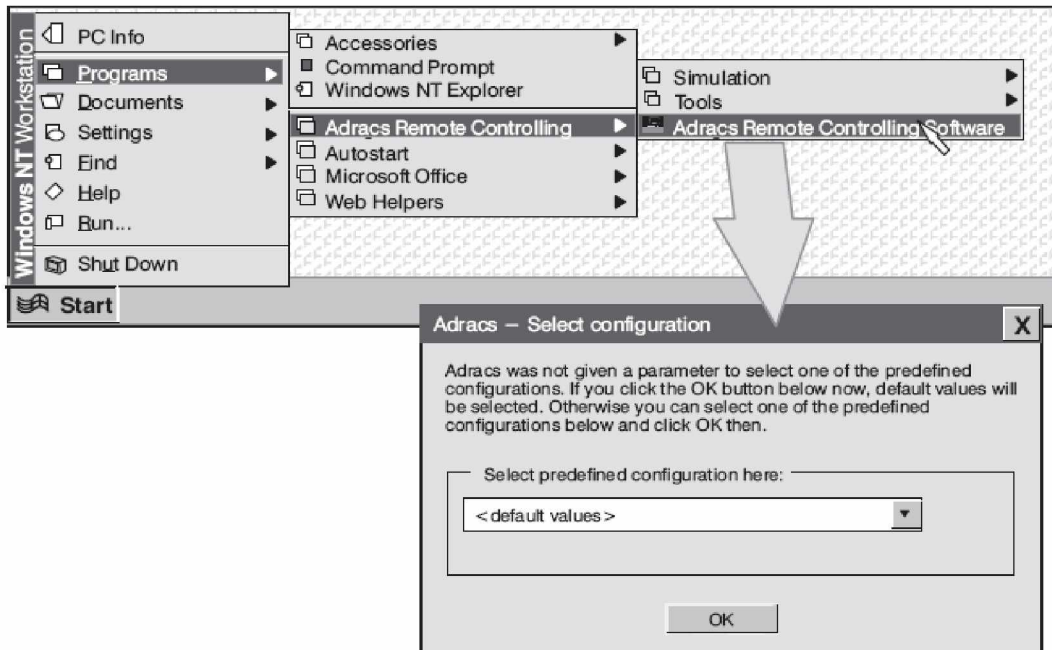


Figure 4.6 : Démarrage du programme ADRACS après l'installation du logiciel sur PC.

c) Cliquez sur le type de configuration 'STANDARD' ou sur le type de configuration prédéfini et confirmez en appuyant sur le bouton OK. La fenêtre 'Main Status d'ADRACS' s'affiche.

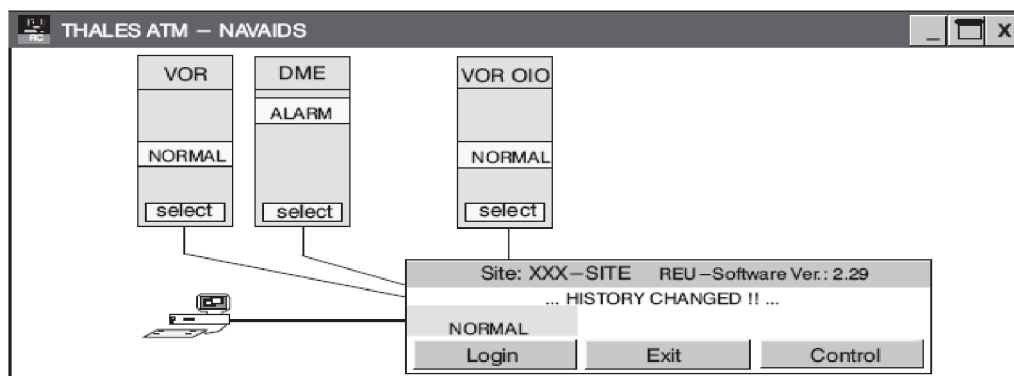


Figure 4.7 : Fenêtre 'Main Status' du programme ADRACS.

d) Cliquez sur le bouton login. La fenêtre 'Enter Password' s'ouvre. Appuyez sur le bouton OK pour confirmer "User1, Level 5" (Figure 4.8).

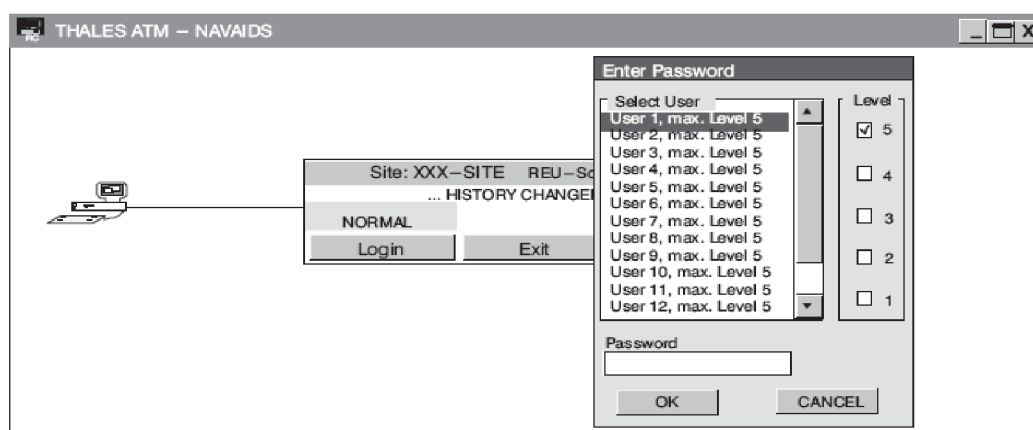


Figure 4.8 : Fenêtre 'Main Status' avec la fenêtre 'Enter Password'.

e) Cliquez sur le bouton 'Control' sur la fenêtre 'Main Status'. La fenêtre 'RC Management' s'affiche (Figure 4.9).

f) Cliquez sur le menu déroulant 'File Transfer'. Sélectionnez la commande 'Copy PC file to RAM' (Figure 4.9).

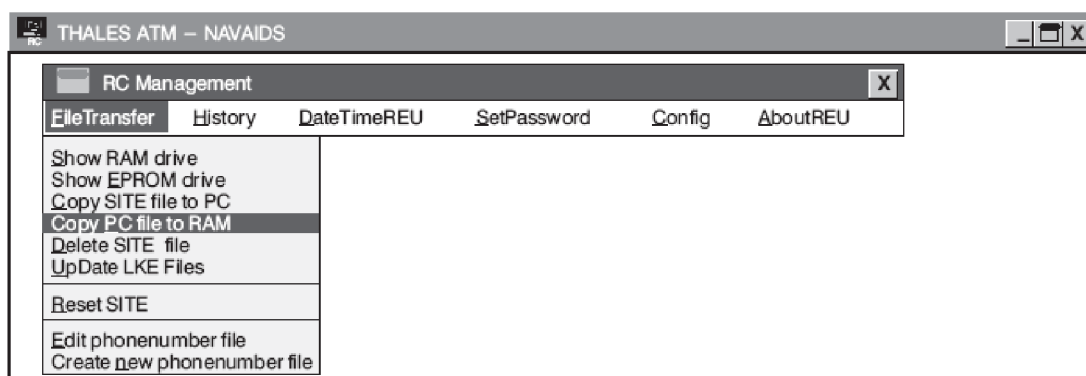


Figure 4.9 : Fenêtre ‘RC management’ avec le menu ‘File Transfer’. La fonction ‘Copy File PC to RAM’.

g) Copiez les fichiers de configuration (*.sit, *.lke, *.ptt, *.oio) du PC sur le répertoire de site, en appuyant simultanément sur les touches SHIFT/CTRL (sélection multiple) (Figure 4.10).

NOTE : Les fichiers *.sit définit les stations connectées à l’unité REU et transmettant des informations sur leur état. Ces stations peuvent alors être commandées par le programme d’application ADRACS. Les fichiers *.oio définissent la connexion de l’équipement ‘Non-Thlès’ à l’unité REU. Les fichiers *.ptt définissent les numéros de téléphone des stations connectées par des modems de ligne commutée.

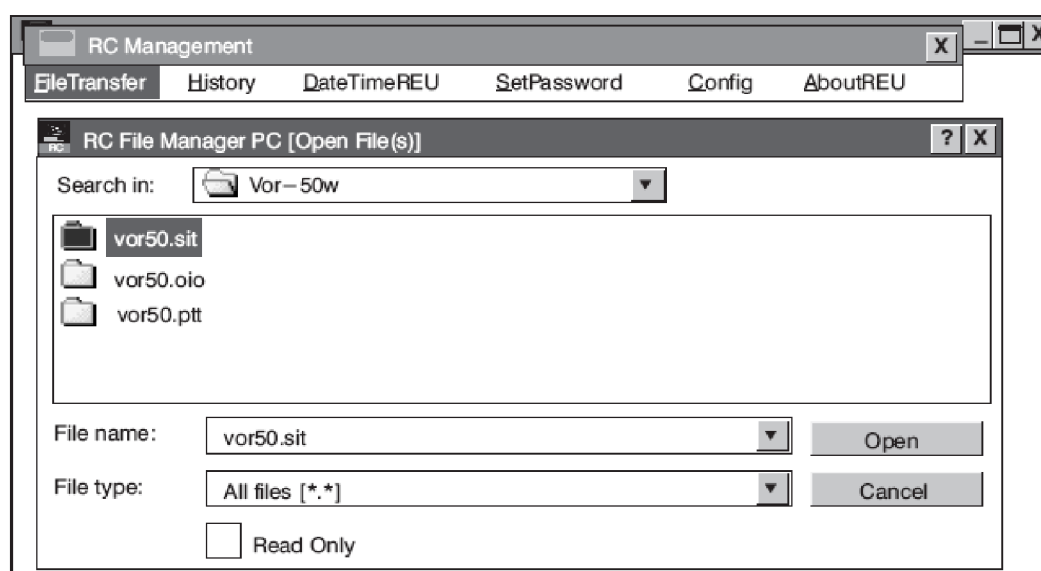


Figure 4.10 : Fonction Copy PC file to RAM sur la fenêtre ‘RC Management’.

h) Cliquez sur la commande 'Reset Site' du menu 'File Transfer' pour activer les fichiers et les données chargés (Figure 4.11).

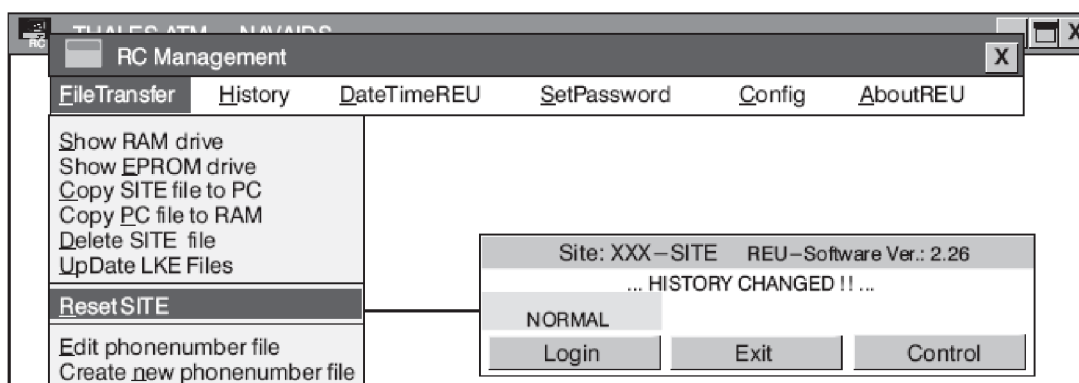


Figure 4.11 : 'Fenêtre RC management' avec le menu 'File Transfer', la fonction 'Reset SITE'.

i) Redémarrez ADRACS. Enregistrez-vous par Login.

k) Cliquez sur le bouton 'Control' sur la fenêtre 'Main Status'.

l) Sélectionnez 'Date&TimeREU' sur la fenêtre 'RC Management'. Saisissez la date et l'heure sur la fenêtre 'Date&Time REU' et confirmez en appuyant sur le bouton 'Set New'. Fermez la fenêtre 'Date&Time REU' (Figure 4.12).

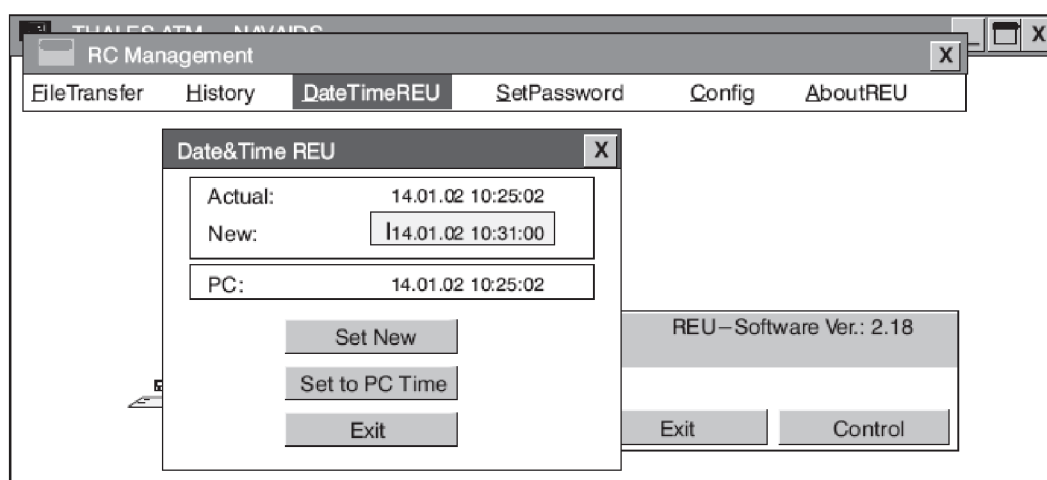


Figure 4.12 : Fonction Date&Time REU sur la fenêtre 'RC Management'.

B. Entrée de données de configuration de la station :

- a) Démarrez le logiciel ‘Adracs Remote Controlling’.
- b) Exécutez la procédure de connexion sur le PC.

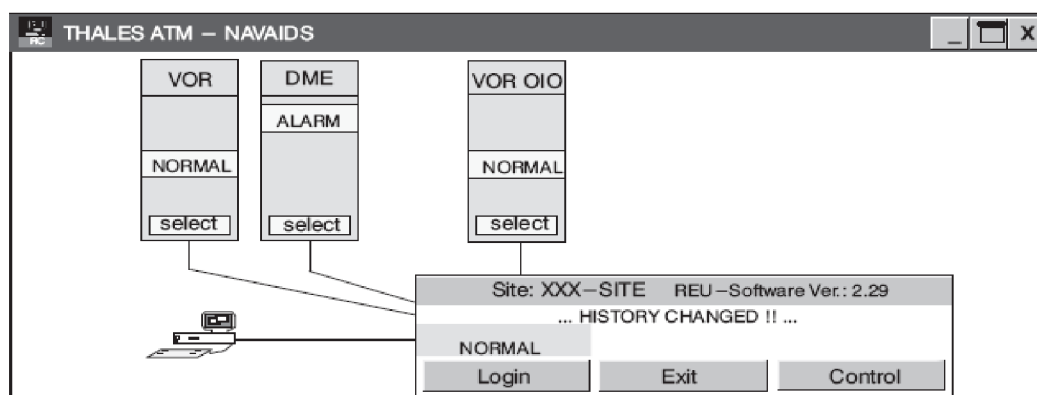


Figure 4.13 : Fenêtre de démarrage ‘Main Status’.

- c) Cliquez sur bouton sur l'écran select du champ d'état CVOR. La fenêtre 'Detailed Status' apparaît (Figure 4.14).

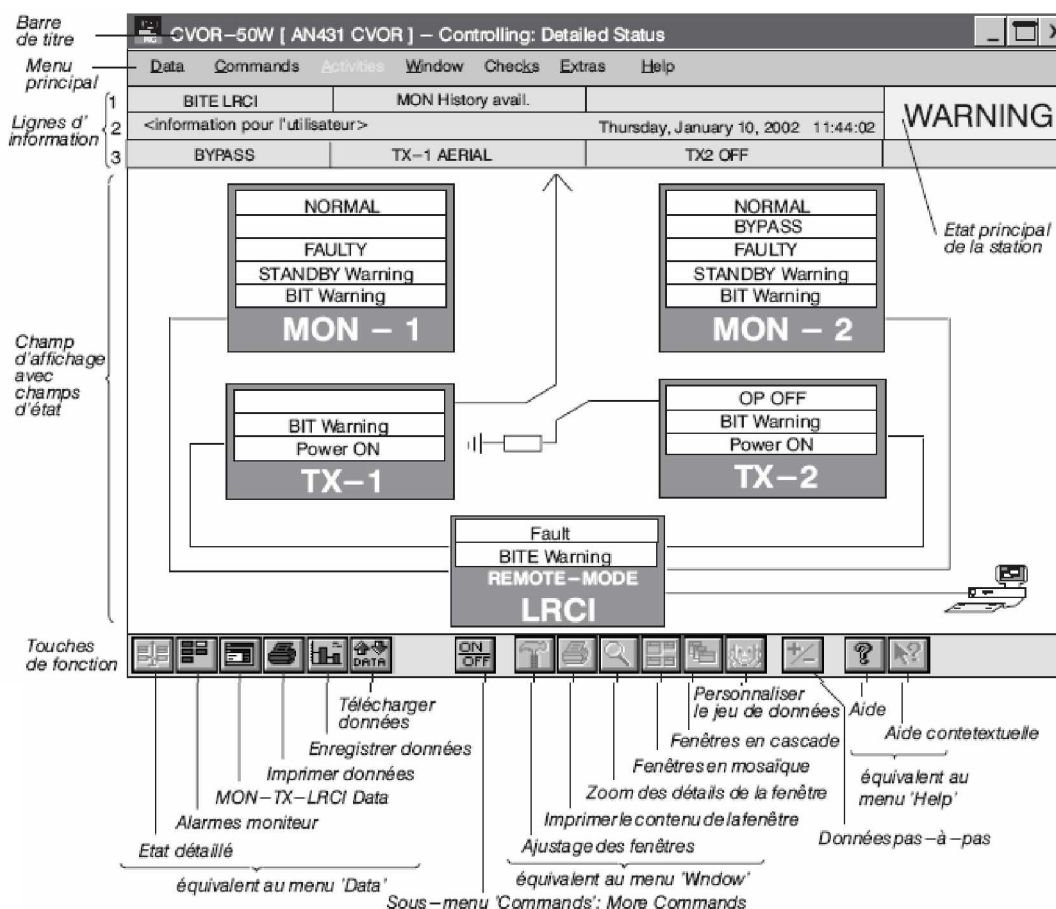


Figure 4.14 : Fenêtre ‘Station Controlling: Detailed Station’.

d) Sélectionnez menu Commands. Cliquez sur commande ‘Switch both TX ON’ et ‘Set both MON Bypass ON’ (Figure 4.15).

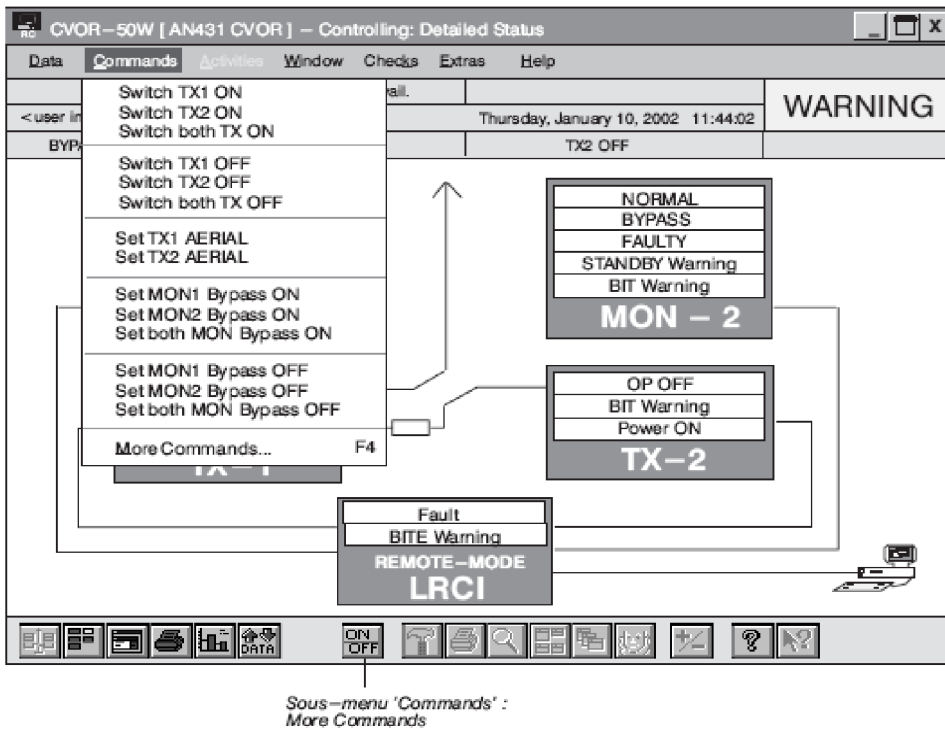


Figure 4.15 : Menu Commands de la fenêtre ‘station Controlling: Detailed Status’.

e) Sélectionnez menu Activités sur menu principal et sélectionnez marque d'activités 'Configuration' (Figure 4.16).

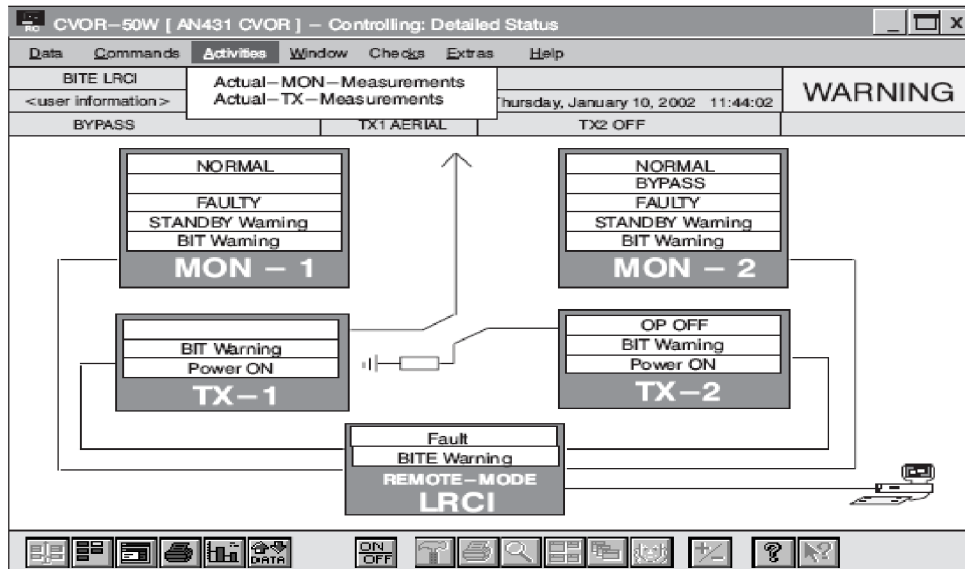


Figure 4.16 : Menu Activités de la fenêtre ‘Station Controlling : Fenêtre Detailed Station’.

- f) Saisissez le type de station, la fréquence de station et l'identité en code morse pour les deux émetteurs et moniteurs sur les fenêtres 'TX1/2 et MON1/2' (Figure 4.17)
- g) Vérifiez que le mode de canal unique sur la fenêtre 'MON1/2 est off.
- h) Sélectionnez le menu Commands. Cliquez sur la commande 'Switch both TX OFF'

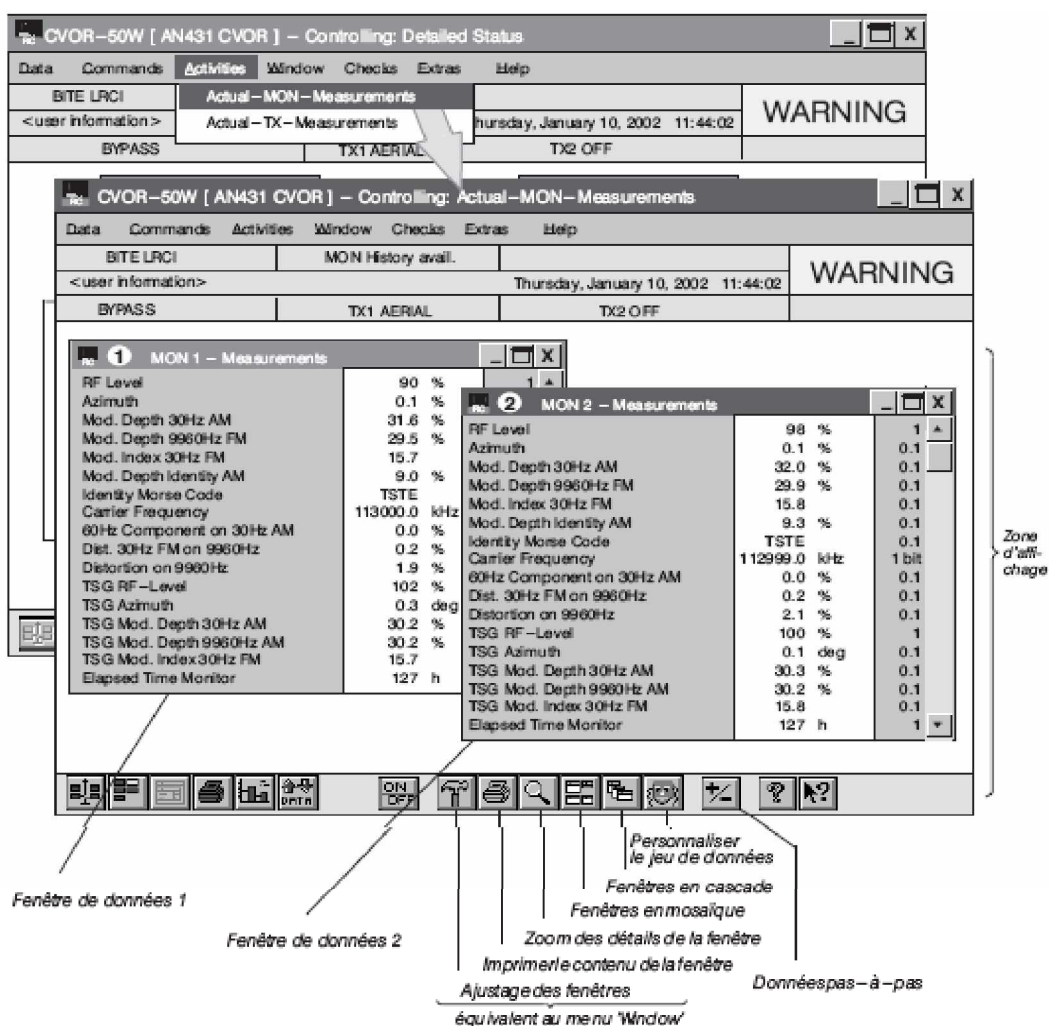


Figure 4.17 : Sous-menu actuel- MON- Measurements du menu Activites.

4.3. Maintenance programmée (préventive) :

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

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

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

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

- Un PC (PC portable ou standard utilisé pour la maintenance locale équipée des logiciels NAV AIDS 400).
- Un kit Test pour la mesure de champ.
- Des multimètres, des câbles RF, des adaptateurs, un oscilloscope et un wattmètre.
- Un élément de découplage.
- Un dipôle de champ portatif.
- Equipements de maintenance de la batterie (acidimètre : pour indiquer le niveau d'acide, siphon à acide, seringue pour acide, aréomètre, thermomètre, entonnoir).

4.3.1. Maintenance hebdomadaire :

- Vérifiez l'état du système et procédez à un contrôle visuel de la structure et des antennes.
- Vérifiez la fréquence et l'indicatif de la station de l'émetteur principale.
- Vérifiez les valeurs de réglage des deux émetteurs et moniteurs.
- Contrôle des dommages : Un contrôle visuel de l'intégrité des éléments suivants sur le système est nécessaire :
 - Abri et équipement.
 - Contrepoids.
 - Installation d'antennes (dômes d'antennes et les câbles).

- Dipôle du moniteur, mât du moniteur et câble.
- Feux d'obstacles.
- Clôture autour de la station.
- Bonne fixation de toutes les connexions par câble RF (interne et externe).
- Bonne fixation de toutes les pièces mécaniques (vis et écrous).

4.3.2. Maintenance mensuelle :

En plus des travaux hebdomadaires on ajoute :

- Contrôle de la tension de la batterie de secours :

La tension de la batterie est surveillée par le groupe d'émetteur LCR. Toutefois, il est recommandé de mesurer la tension de la batterie afin de vérifier sa puissance. La tension mesurée correspond à celle entre les plaques à bornes de BAT1 ou BAT2 contre GND (BAT0). La valeur demi-tension devrait faire exactement la moitié de la valeur totale. En cas de déséquilibre, un défaut est signalé. Plus le processus de vieillissement d'une cellule est avancé, plus la déviation du rapport de 2:1 de la demi-tension mesurée augmente. Si la déviation du rapport de tensions 2:1 est minimale, la batterie peut être maintenue en service même s'il devrait être tenu sous surveillance. Si la déviation est supérieure (à partir de quelques dixièmes de volt), mesurer chaque cellule sous charge afin de déterminer laquelle est faible. Remplacer la cellule concernée par une cellule neuve sans délais. La moitié de la batterie à examiner se détermine comme suit :

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

Tableau 4.1: Recherche des cellules défectueuses.

4.3.3. Maintenance trimestrielle :

En plus des travaux mensuels on ajoute :

- Vérifiez les paramètres de tous les deux émetteurs et moniteurs.
- Vérifiez la puissance de sortie.
- Vérifiez le système de commande à distance (affaiblissement en ligne).
- Vérifiez le fonctionnement des batteries en simulant une panne d'alimentation :

-L'alimentation utilisée pour le système DVOR est normalement le secteur 230 VAC. Une alimentation d'urgence doit être fournie par une batterie afin que le fonctionnement ne soit pas interrompu en cas de panne de l'alimentation du secteur.

- Nettoyer soigneusement tout l'équipement :

- **Abri :**

- Nettoyez la baie de l'émetteur et la baie du bloc d'alimentation contenant les accumulateurs à l'aide de brosses, de chiffons et d'un aspirateur.

-N'utilisez pas de balai dans le coffre d'émetteur, nettoyez à l'aide d'un aspirateur.

-Lavez le plancher régulièrement une fois tous les 6 mois.

-Ajoutez juste de petites quantités de produits détersifs à l'eau utilisée pour le nettoyage; n'utilisez pas de produits agressifs.

-Evitez les produits de lavage du sol car ceux-ci ont le même effet qu'un diélectrique et favorisent la formation de charges électrostatiques.

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

-Inspectez de temps en temps les filtres à air des ventilateurs et de la climatisation, les orifices d'aération ou le système de conditionnement d'air dans l'abri en fonction du volume de saleté qui s'accumule à un endroit particulier.

-Remplacez les filtres par des filtres neufs avant que ceux-ci ne soient colmatés.

-S'il n'y a pas de filtre neuf disponible, battez le filtre sale (comme mesure exceptionnelle) pour enlever les saletés afin de le réutiliser. En revanche, ne réutilisez pas des filtres endommagés.

-En cas de gel d'une unité de conditionnement d'air, arrêtez-la pour qu'elle se dégivre. Observez les instructions de maintenance du fabricant.

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

○ **Bâti émetteur :**

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

○ **Procédure de nettoyage:**

- Imbibez légèrement un morceau de tissu avec l'un des liquides mentionnés ci-dessus et essuyez le panneau. Le dépoussiérage des sous-groupes ne devrait être effectué qu'en liaison avec la dépose du sous-groupe concerné lorsque cette mesure s'avère nécessaire pour d'autres raisons. Et même, les sous- groupes ne devraient être dépoussiérés que lorsque de la poussière peut être détectée de visu.

- Utilisez toujours une brosse douce et, le cas échéant, un aspirateur pour enlever les couches de poussière sur les sous-groupes.

- Lors d'une telle opération, le strict respect des mesures de précaution sur les semi-conducteurs sensibles à la tension est fondamental.

○ **Antennes et contrepoids :**

Le contrepoids, les câbles RF, les câbles de terre et leurs branchements, ainsi que les antennes doivent être soumis à une détection visuelle de la corrosion et des fissures, selon une périodicité correspondant aux conditions climatiques locales. En cas de fortes chutes de neige, éliminer la neige du contrepoids des antennes. Prévenir la sécurité aérienne avant de monter sur le contrepoids.

Informez le contrôleur aérien avant l'inspection de l'antenne. Normalement, les antennes ne sont pas en marches pendant l'inspection.

4.3.4. Maintenance annuelle :

En plus des travaux trimestriels on ajoute :

- Vérifiez la polarisation.
- Vérifiez la fréquence de porteuse.

- Effectuez une lecture mémoire complète de tous les paramètres.

4.4. Maintenance corrective :

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

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

- Déplacez la souris dans le champ TRANSMITTER, MONITOR ou LCP, un pointeur MORE apparaît.
- Cliquez deux fois ensuite, pour obtenir plus d'informations au sujet de l'émetteur, du moniteur ou du LCP. Les résultats BIT sont alors affichés et peuvent être interprétés ou imprimés.

4.4.1. La recherche de défauts sur le DVOR 432 :

Les tableaux suivants (figure 4.2, figure 4.3, figure 4.4) contiennent une liste des défauts typiques qui peuvent se produire sur une installation DVOR. Les tableaux comprennent 5 colonnes: Etape, défaut, A à C. Pour exécuter la recherche de défauts sur la base des tableaux suivants, commencer par la colonne gauche et procéder de gauche à droite, en allant de A, B à C, puis à partir de la colonne suivante de A à C, si nécessaire.

On donne quelques exemples sur la recherche des défauts.

4.4.1.1. Fréquence de la porteuse incorrecte :

Etape	Défaut	A	B	C
1.1	L'un des moniteurs est correct, l'autre incorrect	Cherchez le défaut dans le moniteur incorrect et passez au point 3.1.		
1.2	Les deux Moniteurs affichent des valeurs de fréquence incorrectes.	La fréquence entrée est-elle correcte ? La fréquence de la porteuse est-elle correcte ?	Ajustements TX1/2 : Fréquence de l'émetteur ? Mesure MON-1 : Fréquence de l'émetteur ? Bande latérale supérieure (SB1) ? Bande latérale inférieure (SB2) ?	Remplacez le synthétiseur si la fréquence de la porteuse ajustée et mesurée dévie de plus de 1,2 kHz. Les fréquences de la porteuse latérale ne peuvent pas dévier de la fréquence de la porteuse de plus de 10 kHz±0,2 kHz. Sinon, remplacez le synthétiseur.

Tableau 4.2 : Etapes de recherche de défauts (fréquence de la porteuse incorrecte).

4.4.1.2. Indication d'azimut incorrect :

Etape	Défaut	A	B	C
2.1	L'un des moniteurs est correct, l'autre incorrect	Cherchez le défaut dans le moniteur incorrect et passez au point 3.1.		
2.2	Les deux moniteurs affichent des valeurs incorrectes.	Vérifiez les valeurs suivantes sur les deux moniteurs : Ajustements TX1/2 : L'alignement d'azimut est-il réglé correctement ? Mesure MON-1/2 : - Mod. Depth 9960 Hz AM 30 ±2 % ? - Mod. Index 30 Hz FM 16 ±2 % ? - Mod. Depth 30 Hz AM 30 ±2 % ?	La puissance et la phase de bande latérale sont-elles ok ? La commande de phase fonctionne-t-elle ? Ajustages TX1/2 ASU : Démarrage antenne pas-à-pas Mesure TX1/2 : Fréquence MSG 30 Hz TX1/2 BITE ASU : 30_Hz_SYNC : valeur d'origine ? TX1/2 BITE ASU : 750_Hz_SYNC : valeur d'origine ? La modulation de la porteuse est-elle ok ?	Doit être OFF. Si ≠ 30 Hz, remplacez MSG-C Contrôlez BSG-D et ASC-D dans ASU.

Tableau 4.3 : Etapes de recherche de défauts (indication d'azimut incorrecte).

4.4.1.3. Défaut dans le moniteur :

On suppose que le défaut se situe dans le moniteur. Vu que les deux moniteurs sont indépendants l'un de l'autre, seul un moniteur affichera le défaut.

Le tableau (4.4) résume les étapes de recherche de défauts au niveau de moniteur.

Etape	Défaut	A	B	C
3.1	Contrôle de statut au moyen des DELs	La troisième LED du haut est constamment allumée (lampe LIVE) sur le MSP-VD. La troisième LED du haut est sombre ou s'allume avec de brèves interruptions sur le MSP-VD.	Le processeur calcule: Fonctionnement correct Le processeur ne calcule pas. Chaque interruption signale un défaut du processeur.	Tenter de réinitialiser. Lorsque le processeur s'immobilise à nouveau, le MSP-VD est défectueux. Remplacez-le.
		La seconde LED du haut s'allume à intervalles brefs sur le MSP-VD. La seconde LED du haut reste constamment sombre sur le MSP-VD.	La LCP interroge le moniteur: Fonctionnement correct. La LCP n'interroge pas le moniteur ou l'émetteur ne reçoit pas les données.	1) Remplacez le MSP VD 2) Remplacez la LCP
		La LED du haut s'allume à intervalles courts sur le MSP-VD. La LED du haut reste constamment sombre sur le MSP-VD.	L'émetteur envoie des données à la LCP. L'émetteur ne répond pas aux interrogations de la LCP.	Le MSP-VD est défectueux, remplacez-le.
		La LED inférieure signale la tonalité d'identification.	La LED est claire lorsque la tonalité d'identification à 1020 Hz est présente.	
3.2	Vérification au moyen du générateur de test	Le générateur de test sur CSL génère des signaux de navigation normaux par pas de 45° de l'azimut ainsi qu'un signal sans modulation à 30 Hz et un sans sous-porteuse à 9960 Hz. L'interrupteur à codage hexadécimal sur CSL permet de régler le canal correspondant et de l'envoyer au moniteur à la place du signal RF démodulé.	Mesure MON-1/2: - TSG RF-Level - TSG Azimuth - TSG Mod.Depth 30Hz AM - TSG Mod.Depth 9960Hz AM - TSG Mod. Index 30Hz FM Lorsqu'un ou plusieurs de ces signaux présentent le même défaut que sur l'émetteur, le MSP-VD est défectueux. Avant de remplacer le MSP-VD, vérifiez l'étalonnage de la valeur incorrectement affichée.	Le module MSP-VD contient l'ensemble du traitement et de l'exploitation du signal. En cas de défaut, remplacez le MSP-VD. Calibrer le nouveau MSP-VD.
3.3	Vérification du branchement RF de MSP-VD	Tous les signaux TSG sont correctement affichés mais le moniteur affiche des signaux erronés de l'émetteur.	Branchement RF: le filtre de bande, l'amplificateur TSG, le réglage AGC et le démodulateur ne sont pas utilisés par les signaux TSG. Ces défauts ne sont pas constatables par l'intermédiaire de TSG. Modifiez la valeur AGC jusqu'à ce que RF-Level se situe sur 100 ±5 %.	Lorsque ce niveau n'est pas réglable sur 100 % ou seulement au prix d'une déviation considérable de AGC, cela signifie que MSP est défectueux; remplacez MSP et réglez-le à nouveau.

Etape	Défaut 3 'suite'	A	B	C
3.4	Les deux MSP-VD présentent le même défaut selon 3.2.		Les modules peuvent avoir été endommagés par la foudre, par ex.	Remplacez les deux MSP-VD.
3.5	L'indicatif ne s'affiche pas	Le second moniteur est-il en parfait état ? Lorsque le taux de modulation de l'indicatif est supérieur à 4 %, la DEL verte inférieure doit signaler la tonalité d'identification.	Un moniteur est en bon état. Le second moniteur ne reconnaît pas l'indicatif.	Le MSP correspondant est défectueux et devra être remplacé.
3.6	Un moniteur affiche une fréquence porteuse incorrecte	Le moniteur mesure une fréquence incorrecte des deux émetteurs ou affiche 0 kHz.	MSP-VD défectueux.	Remplacez MSP-VD
		Les deux moniteurs mesurent correctement la fréquence d'un émetteur, mais incorrectement celle de l'autre.	Fréquence erronée mais $f \neq 0$ Fréquence égale à 0 ou 0,1KHz	Synthétiseur défectueux Synthétiseur défectueux ou câble plat 64 pôles détaché de BP-C, connecteur X71/TX1 (X72/TX2) vers BP-T (connecteur X70) défectueux ou détaché.

Tableau 4.4 : Etapes de recherche de défauts au niveau du moniteur.

4.4.2. Réparation de défauts :

4.4.2.1. Généralités :

La réparation comprend les mesures permettant de remettre une installation en panne le plus rapidement possible en état de marche. Une installation en panne se répare en remplaçant le module défectueux. Les modules défectueux peuvent être envoyés au fabricant afin d'être réparés.

4.4.2.2. Correction d'un arrêt de processeur :

La déconnexion de modules sous tension ou des charges électrostatiques transmises au bâti par des personnes peuvent entraîner un arrêt de processeur. Cette situation est toujours due à une erreur de commande. Il est conseillé de rechercher les causes du défaut dès qu'il se manifeste, sachant que les causes peuvent, en principe, être les suivantes:

- Mise à la terre insuffisante du bâti.
- Revêtement de sol inadapté et (ou) mal entretenu.
- Non-respect de la réglementation afférente à la tenue vestimentaire par le personnel.

- Comportement inadéquat du personnel en raison du manque d'information.

Toutes les causes reconnues doivent immédiatement être éliminées au moyen de mesures appropriées afin que leurs conséquences ne puissent plus reproduire. En cas d'arrêt de processeur, il faut distinguer entre une panne de processeur de l'émetteur et une panne de processeur du moniteur. Tant le comportement de l'installation que les mesures à prendre diffèrent sur ces deux processeurs.

a. Panne au niveau du processeur de l'émetteur :

Lorsque les voyants du système s'allument de manière aléatoire et s'éteignent ensuite rapidement, sans interprétation possible, ceci signifie que le processeur a temporairement perdu sa synchronisation suite à une impulsion perturbatrice, mais qu'il a réussi à reprendre son fonctionnement normal.

Lorsque des incidents de ce type se produisent plusieurs fois, il faut en rechercher les causes. Si l'arrêt du processeur entraîne la défaillance de l'émetteur, ceci est affiché par TX1 ou TX2 WARNING par le panneau LCP (voir figure 2.21).

Remède:

- Ouvrez la porte frontale du bâti (voir figure 4.19).
- La lampe Live du CPU (Central Processing Unit) doit être allumée sur le module MSG-C (Modulation Signal Generator).
- Lorsque la lampe Live s'est éteinte, appuyez sur la touche reset située sur MSP-C (Monitor Signal Processor).
- Refermez la porte.
- Effectuez l'ouverture de session (dans le logiciel ADRACS) et saisissez le mot de passe dans la mesure où d'autres instructions doivent être saisies. Le cas contraire, cela n'est pas indispensable.

Le système est ensuite à nouveau complètement opérationnel.

b. Panne au niveau du processeur du moniteur :

Le LCP affiche les messages MON1 FAULTY ou MON2 FAULTY sur son écran LCD (Liquid Crystal Display) (voir figure 2.21), en raison de la défaillance du processeur. Lorsque les deux processeurs tombent en panne, les émetteurs se mettent hors circuit.

Remède:

- Ouvrez la porte frontale du bâti.
- La lampe Live du CPU doit être allumée sur le module MSP.
- Lorsque la lampe Live s'est éteinte, appuyez sur la touche reset située sur MSP.
- Refermez la porte.
- Effectuez l'ouverture de session (dans logiciel ADRACS) et saisissez le mot de passe dans la mesure où d'autres instructions doivent être saisies, le cas contraire, cela n'est pas indispensable.

Le système est ensuite à nouveau complètement opérationnel.

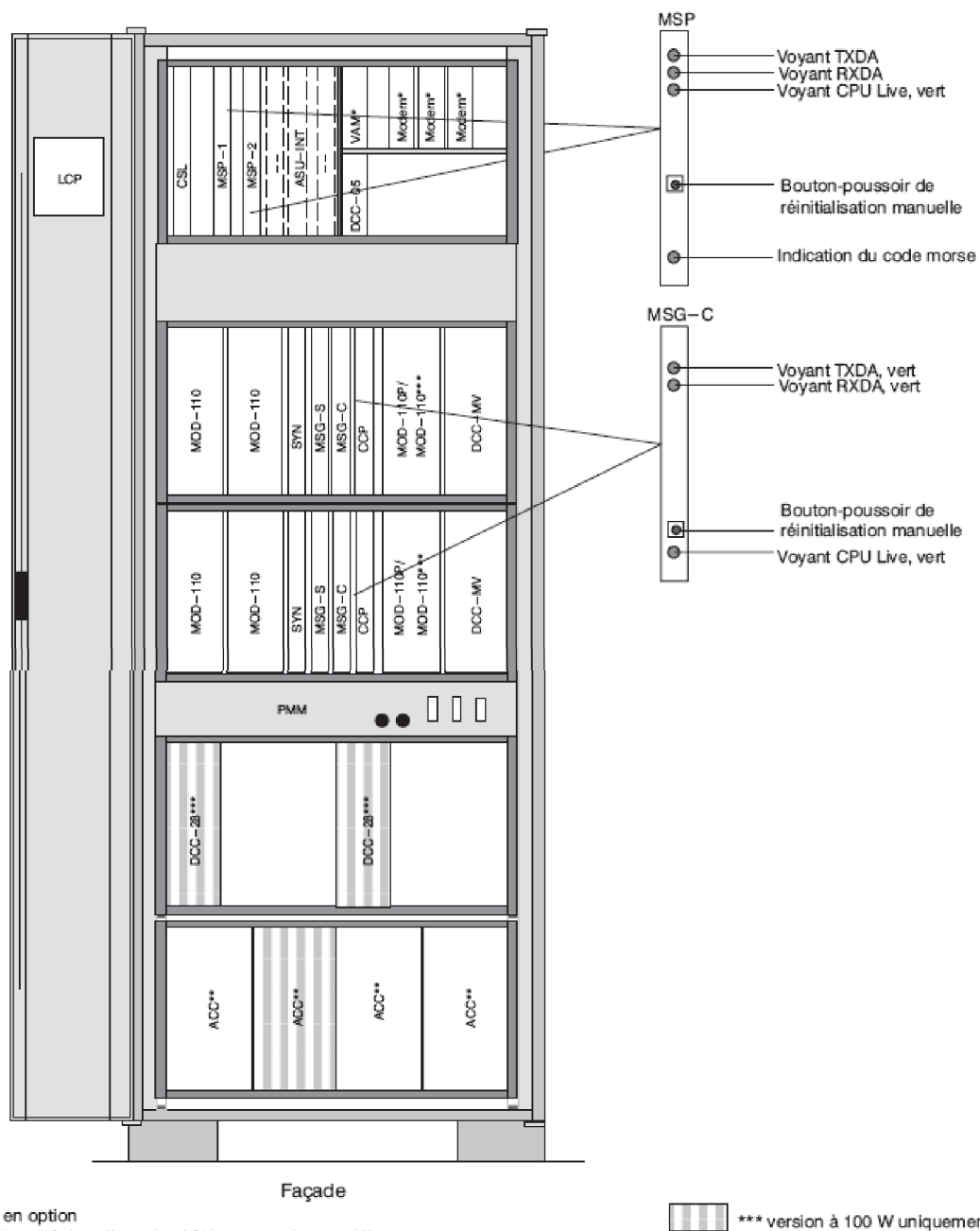


Figure 4.19 : Boutons-poussoirs et indications sur les modules MSP et MSG-C sur le bâti.

4.5. Conclusion :

Malgré la complexité du système DVOR432, les outils d'aides à la maintenance offrent une souplesse de dépannage et de réglage des défauts, pour cela il faut avoir une très bonne connaissance sur la manipulation du logiciel ADRACS, pour cela au niveau des labos de maintenance, on exige une qualification sur la fonction de ce logiciel.

Conclusion générale :

Cette étude nous a permis dans un premier lieu d'avoir une idée sur les différents aides à la radionavigation. Pour notre étude on a étudié le système DVOR 432, ce dernier est utilisé dans le cas où les conditions géographiques sont difficiles. L'étude détaillée et son principe de fonctionnement ont contribué à la bonne compréhension du système, De plus, on a vu aussi comment fait l'installation de ce système et les normes qu'on doit respecter pendant l'installation.

L'étude détaillée de la maintenance de DVOR 432, nous a aussi permis de mieux comprendre les différentes opérations effectuées pendant la maintenance, et surtout par l'utilisation du logiciel ADRACS, on a pu apprendre à manipuler ce logiciel pour effectuer des ajustements et des vérifications à distance. Cette technique présente aussi une grande facilité dans la recherche des pannes ce qui diminue énormément le risque de panne majeur qui peut engendrer l'arrêt du système.

Finalement, l'étude que nous avons faite sur le système DVOR 432, nous a permis d'avoir une idée sur l'évolutions technologique et électronique de l'équipements de radionavigation, qui ne cesse de progresser à tout moment

Bibliographies :

1. Les livres :

- [1]. Ch. GICQUEL. Le V.O.R, Ecole National de l'Aviation Civil, 1973.
- [2]. Département Electronique de l'ENAC. V.O.R Tome II, 1983.

2. Les CD :

- [3]. Manuel Technique DVOR 432 (Thales) Tome 1 et Tome 2.

3. Les sites :

- [4]. www.Thalesgroupe.com
- [5]. www.icao.int
- [6]. www.ere.com.tr/hava_trafik_en.html
- [7]. http://fr.wikipedia.org/wiki/Effet_Doppler-Fizeau
- [8]. <http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/meca/doppler.html>