

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR**  
**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**Université Saad Dahleb - Blida**  
**Institut d'aéronautique et des études spatiales**  
**Département : Navigation Aérienne**



023/019  
EX2

**Mémoire De Fin De Cycle**  
**En Vue De L'obtention Du Diplôme De Master**  
**Option : Exploitation Aeronautique**

**THÈME:**

**Implémentation d'un système de  
surveillance PSR au niveau de l'Aérodrome  
d'Oran**

Préparer par :

Mlle Guenzet Zbida

Promoteur :

M Lagha Mohand

Encadreur :

M Guelmaoui Abderezak

## **Remerciements**

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance, ma gratitude et mon respect à mon Promoteur de mémoire Monsieur Lagha et mon Encadreur Monsieur Guelmaoui. Je les remercie vivement de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, Ingénieurs de l'ENNA, Contrôleurs Aériens d'Oran et toutes les personnes qui par leurs cours, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté à me rencontrer et répondre à mes questions durant mes travaux de réalisation de ce mémoire.

Je remercie mes très chers parents, qui ont toujours été là pour moi, « Vous avez tout sacrifié pour votre enfant n'épargnant ni santé ni efforts. Vous m'avez donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Je vous suis et serai toujours redevable d'une éducation dont je suis fier ».

Enfin, je remercie tous mes Ami(e)s pour leurs sincère amitié, leur présence dans les durs moments passés, leurs encouragements et leurs confiances.

À toutes les personnes qui ont croisé mon chemin et l'ont marqué d'une manière ou d'une autre, je leurs présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

# Résumé

---

## Résumé en Français

La circulation des aéronefs autour d'un aéroport s'inscrit dans un contexte dynamique qui exige l'interprétation continue d'informations de la part des pilotes et des contrôleurs. A partir de cette interprétation, le contrôleur se construit une représentation de la situation qui lui permet d'anticiper les évolutions du trafic et de planifier des actions. Cependant, les intervenants peuvent avoir des représentations différentes de la réalité qui peuvent conduire à une défaillance dans la sécurité aérienne.

Face à la variété, la densité et la complexité du trafic évoluant dans la circulation d'aéroport, au niveau de l'aéroport Ahmed Ben Bella d'Oran ; les systèmes déjà disponibles pour prévenir les situations dangereuses demeurent limités. Pour y remédier on a abordé dans notre sujet l'implémentation du Radar Primaire et ce que cela apportera au contrôle de la circulation aérienne au niveau de la TMA d'Oran en générale et au niveau du contrôle d'approche et du control d'aéroport en particulier, en passant à au control et guidage radar au lieu des procédures classique employées actuellement. Permettant par cela une meilleure fluidité du trafic tout en prévenant la sécurité de la circulation aérienne.

## Abstract in English

The circulation of the aircraft around an aerodrome falls under a dynamic context which requires a continues interpretation of an informations between the pilots and controllers. From this interpretation, the controller builds a representation of the situation which enables him to anticipate the evolutions of the traffic and to plan actions. However, the controller can have representations different from reality which can lead to a failure in air safety.

The density and the complexity of the traffic evolving in the circulation of aerodrome Ahmed Ben Bella/Oran; than the systems already available to prevent the dangerous situations remain limited. Why we chooses in our subject to propose the implementation of the Primary Radar PSR and what that will bring to the air traffic control to the Oran's TMA in general and to the approach's control and the aerodrome's control in particular, while passing to the control and guidance radar instead of the classical procedures currently employed.

## Résumé

Allowing by that a better traffic circulation while preventing the security of the air traffic.

### ملخص بالعربية

حركة الطائرات حول مطار أحمد بن بلة وأهران يشهد سياقاً ديناميكياً يتطلب الحنكة والتفسير المستمر للمعلومات بين طيبات المراقبة الجوية والطيارين. من هذا التفسير المراقب الجوي يبني لنفسه تمثيلاً للحالة التي في حوزته غرض استباق التطورات وتخطيط لاتخاذ الإجراءات اللازمة في كل الحالات المحتملة. غير أن عدم تواجد تمثيل حقيقي وفوري عبر شاشة المراقبة يمكن أن يؤدي إلى تمثيل مختلف لواقع الحالة مما قد ينتج عنه اختلال في سلامة الرحلات الجوية.

لمواجهة كثافة وتعقد حركة المرور الجوية للمطارات على مستوى مطار أحمد بن بلة وأهران؛ يشهد نظام المراقبة الجوية المطبق حالياً عدة اختلالات، أدت إلى اكتظاظ في سعة احتواء حركة الطائرات وخلق أوضاع خطيرة على الملاحة الجوية. لمعالجة هذه الاختلالات، تطرقنا في موضوعنا إلى زرع نظام الرادار الماسح PSR لما سيحققه من تنظيم شامل وفعال لحركة المرور الجوي على مستوى المنطقة الجوية لأهران عموماً، وعلى مستوى مطار أحمد بن بلة خاصة، وذلك بالانتقال إلى المراقبة بالرادار بدلاً من الإجراءات التقليدية المستخدمة حالياً. ناتجاً عن ذلك أفضل تدفق لحركة المرور الجوي، اخذة في نفس الوقت بعين الاعتبار لسلامة وأمن الملاحة الجوية.

# Table des matières

---

**Remerciements**

**Résumé**

**Tableau des abréviations**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

<b>Introduction générale .....</b>	<b>01</b>
<b>Chapitre 1 : L'établissement d'accueil.....</b>	<b>03</b>
1.1 Introduction.....	03
1.2 ENNA.....	03
1.2.1 Historique.....	03
1.2.2 Missions.....	04
1.2.3 Organisation.....	05
1.2.4. Projets en cours.....	06
1.2.5 Contacts.....	07
1.3 L'aérodrome Ahmed Ben Bella d'Oran.....	07
1.3.1 Les parties principales de l'aéroport d'Oran.....	09
1.3.2 Les obstacles de l'aérodrome.....	10
1.3.3 Les systèmes d'aides de radionavigation et d'atterrissage.....	11
1.3.3 La Direction de la Sécurité Aérienne d'Oran (DSA).....	13
1.3.4 Statistiques du trafic pour l'aérodrome d'Oran.....	13
1.4 Conclusion.....	16
<b>Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar.....</b>	<b>17</b>
2.1 Introduction.....	17
2.2 Généralités sur la surveillance.....	17
2.2.1 Les informations recherchées reliés à l'avion.....	19
2.2.2 La classification de la surveillance.....	19
A. Selon le type d'exploitation.....	19
B. Selon la fonction.....	21
2.2.3 Normes et exigences.....	22

## Table des matières

A. Besoins opérationnels.....	22
A.1 Couverture radar requise.....	22
B. Données de surveillance radar requises.....	24
C. Disponibilité des données radar de surveillance requise.....	25
2.3 Emploi de systèmes de surveillance ATS dans le contrôle d'approche radar.....	26
2.3.1 Dispositions générales .....	26
2.3.2 Procédures d'approche finale.....	29
A. Approche au radar de surveillance.....	29
B. Approche radar de précision .....	30
2.4 Emploi de systèmes de surveillance ATS dans le contrôle d'aérodrome.....	34
2.4.1 Fonctions.....	34
A. dispositions générales.....	35
B. Fonctions.....	35
C. Identification Des Aéronefs.....	36
2.5 Installations d'enregistrement et de reproduction .....	36
2.6 Conclusion.....	37
<b>Chapitre 3 : Radar .....</b>	<b>38</b>
3.2 Historique .....	39
3.4 Principe élémentaire.....	41
3.5 Equation RADAR.....	42
3.6 Surface équivalente RADAR (SER) .....	43
3.6.1 Equation de la SER.....	44
3.7 Fréquences RADAR.....	44
3.7.1 Deux règles simples des bandes de fréquence RADAR.....	45
3.8 Classification des systèmes radars.....	45
3.8.1 Radars imageurs / Radars non imageurs.....	46
3.9 Radar Secondaire.....	46
3.9.1 Principe fondamental du radar secondaire.....	47
3.9.2 Modes.....	48
3.9.3 Evolution du radar secondaire avec le Mode-S.....	48

## Table des matières

---

3.9.4 Utilisation des informations Mode-S.....	48
3.10 Principes de Coopération, Dépendance.....	49
3.10.1 Surveillance non coopérative Indépendante.....	49
3.10.2 Surveillance Coopérative Indépendante.....	49
3.10.3 Surveillance Coopérative Dépendante.....	49
3.11 ADS-B.....	50
3.12 ADS-C.....	51
3.13 Radars primaires.....	52
3.13.1 Radars à impulsions.....	52
3.13.2 Radars à onde continue.....	52
3.13.3 Radars à onde continue non modulée.....	53
3.13.4 Radars à onde continue modulée.....	53
3.13.5 Radars bi-statiques.....	53
3.14 Classification des Radar par usage.....	54
3.15 Principaux types de radars primaires utilisés en ATC.....	54
3.15.1 Radar «en route» ou PSR bande L.....	54
3.15.2 Radar d'approche de précision (PAR).....	55
3.15.3 Radars de surveillance aérienne (ASR).....	56
3.15.4 Radar de surface (SMR).....	56
3.16 Comparaison entre Radar primaire et radar secondaire (côté exploitation).....	57
3.16 Conclusion.....	58
<b>Chapitre 4 : Implémentation d'un système de surveillance et contrôle PSR.....</b>	<b>59</b>
4.1 Introduction.....	59
4.2 Localisation de l'aérodrome d'Oran.....	59
4.3 Les moyens de D'aide à l'atterrissage et surveillance actuels de l'aérodrome d'Oran...	60
4.3 Situation de contrôle d'approche actuelle de l'aérodrome d'Oran/Ahmed Ben Bella...	61
4.3.1 La zone de responsabilité du contrôle d'approche.....	61
4.3.2 Les services rendus par le contrôle d'approche.....	61

## Table des matières

4.3.2 Les services rendus par le contrôle d'approche.....	61
4.3.4 La séquence d'approche.....	62
4.3.5 Priorité à l'atterrissage.....	63
4.3.6 Transfère du contrôle d'approche au contrôle d'aérodrome.....	63
4.4 Besoin opérationnels de surveillance au niveau de l'Ad d'Oran.....	64
4.4.1 Les besoins des autorités de l'aviation civile.....	64
4.4.2 Les besoins des compagnies.....	64
4.4.3 Les besoins des contrôleurs aériens.....	64
4.5 Implémentation d'un système de surveillance PSR sur l'AD d'Oran .....	65
4.5.1 Le PSR implanter sur l'Ad d'Oran.....	65
A. Les performances du Indra PSR.....	65
B. Caractéristiques opérationnels du Radar Indra.....	66
4.6 Simulation de la couverture Radar Primaire au niveau d'Oran.....	66
4.6 Le changement imposer dans contrôle de la CA après l'implémentation du PSR.....	70
4.7 Formation et Qualification du personnel sur l'exploitation du PSR.....	70
4.7.1 Personnel Technique.....	71
4.7.2 Contrôleurs.....	71
4.8 Le contrôle d'approche Radar.....	72
4.09 Les avantages de l'implémentation du RADAR primaire sur l'Ad d'Oran.....	72
4.10 Conclusion.....	72
<b>Conclusion Général.....</b>	<b>74</b>

### Liste des annexes

**Annexe 1 : Configuration de l'AD d'Oran**

**Annexe 2 : Carte de croisière**

**Annexe 3 : Carte des départs normalisés au instruments**

**Annexe 4 : Radar Indra**

### Références



## Table

Abréviation	Signification (Anglais)	Signification (Français)
AD	Aerodrome	Aérodrome
AFTN	Aeronautical fixed telecommunication network	Réseau du service fixe des télécommunications aéronautiques
ATIS	Automatic terminal information service	Service automatique d'information de région terminale
ATS	Air traffic services	Services de la circulation aérienne
ARP	Aerodrome reference point	Point de référence d'aérodrome
ATC	Air traffic control (in general)	Contrôle de la circulation aérienne (en général)
CAT	Category	Catégorie
CTA	Control area	Région de contrôle
CTR	Control zone	Zone de contrôle
D	Danger area (followed by identification)	Zone dangereuse (suivie de son identification)
DA	Decision altitude	Altitude de décision
FIR	Flight information region	Région d'information de vol
FIS	Flight information service	Service d'information de vol (FR: également secteur d'information de vol)
FL	Flight level	Niveau de vol
FLT	Flight	Vol
GP	Glide path	Alignement de descente
IFR	Instrument flight rules	Règles de vol aux instruments
LOC	Local or locally or location or located	Localement ou emplacement ou situé
MSA	Minimum sector altitude	Altitude minimale de secteur
QFE	Atmospheric pressure at aerodrome elevation (or at runway threshold)	Pression atmosphérique à l'altitude de l'aérodrome (ou au seuil de piste)
QFU	Magnetic orientation of runway	Direction magnétique de la piste
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance - Broadcast	Surveillance Dépendante Automatique - mode Diffusion
ADS-C	Automatic Dependent Surveillance - Contract	Surveillance Dépendante Automatique - mode Contrat
DF	DownLink Format	Format de liaison descendante
FMS	Flight Management System	Système de Gestion du vol
ICAO	International Civil Aviation Organisation	Organisation Internationale de l'Aviation Civile
ILS	Instrument landing System	Système d'atterrissage aux Instruments
PAR	Precision Approach Radar	Radar d'Approche de Précision
PSR	Primary Surveillance Radar	Radar de surveillance Primaire
SMR	Surface Movement Radar	Radar de détection des mouvements de surface
SSR	Secondary Surveillance Radar	Radar de surveillance Secondaire
TCAS	Traffic Collision & Avoidance System	Système d'anti-collision et d'Évitement
MTD	Moving Target Detector	Decteur de Cible en mouvement
VOR	VHF omnidirectional radio range	Radiophare omnidirectionnel VHF
DME	Distance measuring equipment	Dispositif de mesure de distance
DAOO	/	Code OACI de l'aérodrome d'Oran

## Liste des figures

---

<b>Figure 1.1</b> : L'organigramme de l'ENNA.....	05
<b>Figure 1.2</b> : Maquette de l'aéroport d'Oran avec la nouvelle aérogare.....	08
<b>Figure 1.3</b> : Plan masse de DAOO.....	08
<b>Figure 1.4</b> : Le chantier de construction de la nouvelle tour de contrôle d'Oran 25Mai2017.....	08
<b>Figure 1.5</b> : VOR/DME.....	11
<b>Figure 1.6</b> : à droite–ILS CAT2/ à gauche–DME-P.....	12
<b>Figure 1.7</b> : GP .....	12
<b>Figure 1.8</b> : Les 10 antennes du Loc.....	12
<b>Figure 1.9</b> : Graphe des statistiques de nombre de mouvements pour l'aérodrome d'Oran pour la période Janvier 2016 - Juillet 2017.....	15
<b>Figure 2.1</b> : Organigramme de Gestion du trafic aérien ATM.....	17
<b>Figure 2.2</b> : Principe globale de la surveillance aérienne.....	17
<b>Figure 2.3</b> : Subdivision des services de la CA.....	18
<b>Figure 2.4</b> : Subdivision des services de contrôle.....	18
<b>Figure 2.5</b> : Chaîne de surveillance civile.....	21
<b>Figure 3.1</b> : le principe élémentaire du Radar.....	41
<b>Figure 3.2</b> : Chaîne radar élémentaire.....	42
<b>Figure 3.3</b> : Principe Elémentaire.....	42
<b>Figure 3.4</b> : SER en mode mono-statique.....	43
<b>Figure 3.5</b> : SER en mode bi-statique.....	43
<b>Figure 3.6</b> : Recommandations OTAN et OACI Pour les radars de surveillance aérienne.....	45
<b>Figure 3.7</b> : Organigramme des systèmes radar.....	46

## Liste des figures

---

<b>Figure 3.8 : Fonction d'un radar secondaire.....</b>	<b>47</b>
<b>Figure 3.9 : Interrogation d'un SSR.....</b>	<b>47</b>
<b>Figure 3.10 : Repense (replies) du transpondeur.....</b>	<b>47</b>
<b>Figure 3.11 : Format d'interrogation.....</b>	<b>48</b>
<b>Figure 3.12 : Format repense.....</b>	<b>48</b>
<b>Figure 3.13 : démentant les systèmes de surveillance ; Independent/Dépendant ; Coopérative/Non-Coopérative.....</b>	<b>50</b>
<b>Figure 3.14 : Coups au but, Plots, Pistes.....</b>	<b>50</b>
<b>Figure 3.15 : Principe de fonctionnement de l'ADS-B.....</b>	<b>51</b>
<b>Figure 3.16 : Fonctionnement de l'ADS-C.....</b>	<b>52</b>
<b>Figure 3.17 : Classification des radars par usage.....</b>	<b>54</b>
<b>Figure 3.18 : PSR bande L.....</b>	<b>55</b>
<b>Figure 3.19 : Radar d'approche de précision.....</b>	<b>55</b>
<b>Figure 3.20 : Radar de surveillance aérienne.....</b>	<b>56</b>
<b>Figure 3.21 : Radar de surface.....</b>	<b>57</b>
<b>Figure 4.1 : La description des zones de couverture radar primaire et radars secondaires sur la fire d'Alger.....</b>	<b>60</b>
<b>Figure 4.2 : Le Indra PSR.....</b>	<b>65</b>
<b>Figure 4.3 : Saisie des données en JavaScript dans l'API Google.....</b>	<b>67</b>
<b>Figure 4.4 : Couverture radar PSR niveau FL20.....</b>	<b>68</b>
<b>Figure 4.5 : Couverture radar PSR niveau FL50.....</b>	<b>68</b>
<b>Figure 4.6 : Couverture radar PSR niveau FL100.....</b>	<b>68</b>
<b>Figure 4.7 : Couverture radar PSR niveau FL200.....</b>	<b>69</b>
<b>Figure 4.8 : Couverture radar PSR niveau FL500.....</b>	<b>69</b>

## Liste des figures

---

<b>Figure 4.9 : Couverture PSR (Bleu) et couverture SSR (Rouge).....</b>	<b>69</b>
<b>Figure 4.10 : Saisie des données dynamiques en JavaScript dans l'API Google.....</b>	<b>70</b>

## Liste des tableaux

---

<b>Tableau 1.1 : Le système de guidage et de contrôle des mouvements à la surface et balisage.....</b>	<b>10</b>
<b>Tableau 1.2 : Les obstacles de l'aérodrome d'Oran pour les aires de manœuvres à vue et d'aérodrome.....</b>	<b>10</b>
<b>Tableau 1.3 : Les obstacles d'aérodrome d'Oran pour l'aire d'approche.....</b>	<b>11</b>
<b>Tableau 1.4 : les systèmes d'aides de radionavigation et d'atterrissage.....</b>	<b>11</b>
<b>Tableau 1.5 : Statistiques des mouvements du trafic aérien de l'ad d'Oran, pour la période de Janvier 2016 à Juillet 2017.....</b>	<b>13</b>
<b>Tableau 2.1 : Caractéristiques des systèmes de surveillance coopératifs.....</b>	<b>20</b>
<b>Tableau 2.2 : Caractéristiques des systèmes de surveillance non-coopératifs....</b>	<b>21</b>
<b>Tableau 2.3 : Exigences opérationnelles et moyens de surveillance.....</b>	<b>22</b>
<b>Tableau 3.1. : Valeurs typiques moyennes (en bande S).....</b>	<b>44</b>
<b>Tableau 4.1 : La classification de l'espaces aérien d'Oran.....</b>	<b>59</b>



## Introduction générale

---

Le trafic aérien mondial ne cesse de croître : il est passé de quelques millions de passagers en 1950 à 3,3 milliards en 2014, la barre du milliard de passagers ayant été franchie en 1987. L'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (ICAO) estime que le nombre de passagers aériens atteindra les 6 milliards d'ici 2030.

Et cela va de soit au niveau de la Fire d'Alger, l'Etablissement National de la Navigation Aérienne (ENNA) a noté 216 101 mouvements en 2015 et 237 040 mouvements au cour de l'année 2016, remarquant ainsi un taux de croissance du trafic de 9,7% dans l'intervalle de juste une année.

Cette augmentation du trafic se reflète sur les grands aéroports internationaux du pays, et qui dit augmentation du trafic dit plus de risques d'atteintes à sa sécurité.

Cela à susciter notre intérêt et on a choisi de nous pencher sur la question de la sécurité du trafic aérien donc nous avons pris l'aéroport Ahmed Ben Bella d'Oran comme exemple, car ce dernier est classé le second grand aéroport national, côté densité de trafic aérien devancé juste par l'aéroport d'Alger/Houari Boumadienne

Après un séjour de stage au niveau de l'Aéroport d'Oran, qui nous a permis de récolter un certain nombres d'informations opérationnels et infrastructurelles que le premier chapitre qui suivra cette introduction résumera.

Nous avons remarqué les énormes efforts que les services de la CA fournissaient afin de maintenir la sécurité des vols malgré la positions critiques et les moyens de surveillance limités misent à leurs dispositions.

Cela a suscité en nous les interrogations suivantes :

- Quelle est le ou les services de la CA qui ont le plus d'influence pour remédier aux situations de saturations d'espace et sa sécurité ?
- Quel est le moyen que le service en vigueur exige être le plus adéquat en capacité et coût à être placer sur le site ?
- Quelle serait la meilleur façon d'exploitation de ce moyen par les services de la CA pour une meilleure efficacité ?

## Introduction générale

---

Et pour conclure « Quelles sont modifications d'exploitations existantes au niveau des ATS qui devraient être changées et les avantages que cette démarche aura ? »

En rependant à chacune de ces questions on aura clôturé un chapitre jusqu'à en arriver à la dernière qui résumera notre projet.



# Chapitre 1 : L'établissement d'accueil

---

## 1.1 Introduction :

Dans ce premier chapitre nous allons présenter l'établissement et ses activités ainsi que l'aérodrome et ses caractéristiques, où notre étude a eu lieu, ainsi que les directions de l'ENNA responsables de la réalisation de ce projet.

## 1.2 ENNA<sup>1</sup> :

L'ENNA, (l'Établissement national de la navigation aérienne) est un établissement Public à caractère industriel et commercial (EPIC), sous tutelle du Ministère des Travaux Publics et des Transports, est dirigé par un directeur général et administré par un Conseil d'Administration.

C'est l'administration chargée de l'exploitation et de la sécurité du transport aérien. En outre, il assure les services de la circulation aérienne au départ, à l'arrivée et en route des vols sur les aérodromes algériens et dans l'espace aérien national ainsi qu'en méditerranée, d'une façon générale dans les zones que lui a confiées l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale OACI.

Il prend en charge les opérations de renouvellement et de mise en conformité des instruments de la radionavigation. Au nom de l'état.

Ses actions prioritaires : la sécurité des vols, la régularité des vols avec un coût maîtrisé de ses services. La qualité du service public de sécurité rendu à ses clients, usagers et partenaires, en Algérie comme à l'international, repose et continuera à reposer essentiellement sur la compétence personnelle sur le sens de l'engagement collectif des agents opérationnels, managers, ingénieurs, agents administratifs

### 1.2.1 Historique :

Depuis l'indépendance, cinq organismes ont été chargés de la gestion, de l'exploitation et du développement de la navigation aérienne en Algérie : OGSA, ONAM, ENEMA, ENESA, ENNA.

---

<sup>1</sup> <https://www.enna.dz/>

## Chapitre 1 : L'établissement d'accueil

---

De 1962 à 1968 c'est l'Organisation de Gestion et de Sécurité Aéronautique (OGSA), organisme Algéro-Français, qui a géré l'ensemble des services d'Exploitation de l'Aviation Civile en Algérie.

Le 1 Janvier 1968, l'OGSA a été remplacé par l'Office de la Navigation Aérienne et de la Météorologie (ONAM). Ce dernier a été remplacé, en 1969, par l'Etablissement National pour l'Exploitation Météorologique et Aéronautique (ENEMA) qui a géré la navigation aérienne jusqu'à 1983.

En 1975, les activités de météorologie ont été transférées à l'Office National de Météorologie créé le 29 Avril 1975, sous forme d'Etablissement Public à caractère administratif.

Le décret N°83.311 du 07/05/1983 a réaménagé les structures de L'ENEMA et modifié sa dénomination pour devenir ENESA « Entreprise Nationale d'Exploitation et de Sécurité Aéronautique » avec statut d'entreprise nationale à caractère économique.

Afin de clarifier les attributions de l'ENESA, il a été procédé aux réaménagements de ses statuts ainsi qu'au changement de dénomination en « ENNA » par décret exécutif N° 91-149 du 18 mai 1991.

### **1.2.2 Missions :**

Conformément au décret exécutif N° 91-149 du 18 mai 1991 portant réaménagement des statuts de l'Entreprise Nationale d'Exploitation et de Sécurité Aéronautiques (E.N.E.S.A.) et dénomination nouvelle : Établissement National de la Navigation Aérienne, l'ENNA est un Établissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC) placé sous la tutelle du Ministère des Transports.

Ses principales missions sont :

- Assurer le service public de la sécurité de la navigation aérienne pour le compte et au nom de l'État ;
- Mettre en œuvre la politique nationale dans ce domaine, en coordination avec les autorités concernées et les institutions intéressées ;

## Chapitre 1 : L'établissement d'accueil

- Assurer la sécurité de la navigation aérienne dans l'espace aérien national ou relevant de la compétence de l'Algérie ainsi que sur et aux abords des aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique ;
- Veiller au respect de la réglementation des procédures et des normes techniques relatives à la circulation aérienne, et l'implantation des aérodromes, aux installations et équipements relevant de sa mission ;
- Assurer l'exploitation technique des aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique ;
- Assurer la concentration, diffusion ou retransmission au plan national et international des messages d'intérêt aéronautique ou météorologique.

### 1.2.3 Organisation :

L'Etablissement National de la Navigation Aérienne est structuré comme suit:

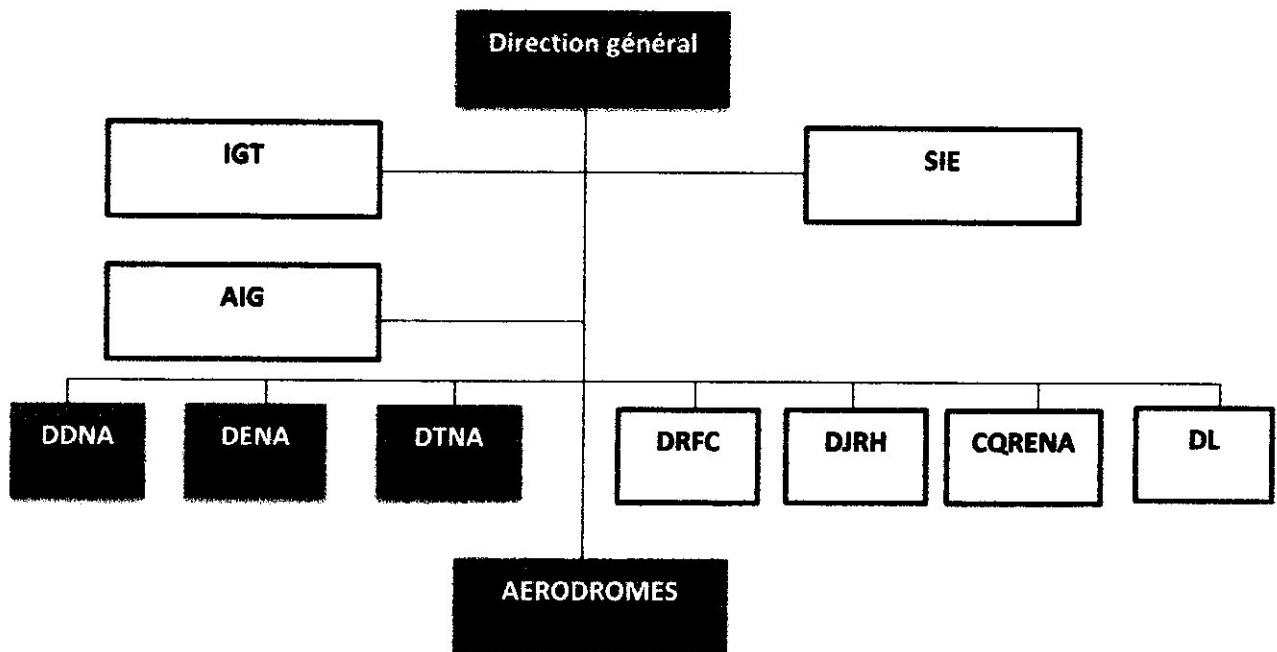


Figure 1.1 : L'organigramme de l'ENNA

DDNA : Direction du Développement de la Navigation Aérienne.

DENA : Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne.

DTNA : Direction Technique de la Navigation Aérienne.

DRFC : Direction des Ressources des Finances et de la Comptabilité.

## Chapitre 1 : L'établissement d'accueil

---

DJRH : Direction Juridique et des Ressources Humaines.

CQRENA : Centre de Qualification, de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne.

DL : Direction de la Logistique.

IGT : Inspection Générale Technique

AIG : Audit Interne de Gestion

SIE : Sûreté Interne de l'Etablissement

AERODROMES (25 Aérodrômes nationaux et 11 Aérodrômes internationaux.) :  
Directions de la Sécurité Aéronautique.

Parmi les 11 sous-directions ; quatre d'entre elles en ont contribué à la réalisation de ce travail :

- DDNA : en fournissant les statistiques du trafic pour l'aérodrome d'Oran.
- DENA : en fournissant la documentation (AIP de l'AD d'ORAN –Avril2017)
- DTNA : en fournissant les informations sur le PSR qu'on prévoit d'implanter au niveau d'Oran.
- Aérodrome Ahmed Ben Bella d'Oran : par sa DSA « Direction de la Sécurité Aérienne » ; cette dernière a permis que le stage sur le terrain soit le plus enrichissant possible pour le thème traité.
- CQRENA : en présentant les types de formations et qualifications auxquels les contrôleurs aériens et autres ingénieurs étaient soumis pour bien mener leurs travail et taches qui leurs sont associer.

### 1.2.4. Projets en cours :

Sur concours définitif (Opérations Planifiées) dont :

- Développement de la gestion de l'espace aérien Algérien (PDGEA);

## Chapitre 1 : L'établissement d'accueil

---

- Réalisation de tours de contrôle : Alger, Oran, Constantine, Ghardaïa, Tamanrasset. - Projet d'électrification de la nouvelle aérogare et du salon d'honneur et parking avion de l'aéroport d'Alger ;
- Etudes, fourniture, installation (12) systèmes d'atterrissage aux instruments ILS.

### 1.2.5 Contacts :

- Direction Générale : Adresse : 1 Avenue de l'indépendance - BP383 - Alger.

Tél : +(213) 23 51 53 69      Fax : +(213) 23 51 51 99

Email : [dgenna@enna-dz.com](mailto:dgenna@enna-dz.com) / [dgenna@enna.dz](mailto:dgenna@enna.dz)

- SIA : Service d'Information Aéronautique : [www.sia-enna.dz](http://www.sia-enna.dz).

### 1.3 L'aérodrome Ahmed Ben Bella d'Oran:

L'aéroport international Oran Es-Senia est un aéroport civil international créé en 1987, et géré par EGSA. Le 16 avril 2012, le président de la République algérienne Abdelaziz Bouteflika a annoncé la publication d'un décret renommant l'aéroport d'Oran « Aéroport international d'Oran Ahmed Ben Bella » en hommage au premier président de la République Ahmed Ben Bella décédé le 11 avril 2012. Cette aérodrome est situé à 12 Km au sud de la ville d'Oran et à 65 Km de Sidi Bel Abbès.

Cet aéroport est considéré comme le second important aéroport d'Algérie après celui d'Alger Houari Boumediène, et depuis le début de l'année 2013, il se voit investie par les travaux d'extension menaient par l'EGSA d'Oran.

Cette nouvelle aérogare dont la structure de béton, s'étalant sur une superficie globale de plus de 43.000 m<sup>2</sup> dont 15.000 m<sup>2</sup> bâtis, sera mise en service de la nouvelle aérogare se fera en mars 2018.

## Chapitre 1 : L'établissement d'accueil

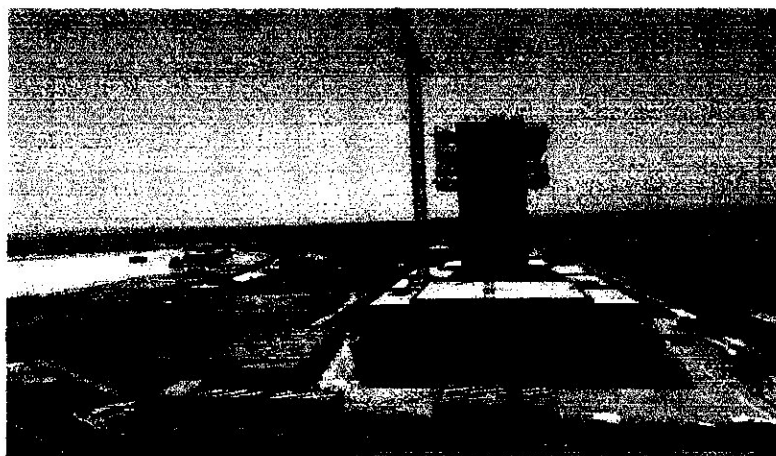


**Figure 1.2 :** Maquette de l'aéroport d'Oran avec la nouvelle aérogare



**Figure 1.3 :** Plan masse de DAOO

Une nouvelle tour de contrôle aussi va voir le jour au niveau de l'aérodrome d'Oran, sa construction est prise en charge par l'ENNA qui prévoit son exploitation pour la fin de l'année 2017.



**Figure 1.4 :** Le chantier de construction de la nouvelle tour de contrôle d'Oran

25Mai2017

## Chapitre 1 : L'établissement d'accueil

---

Les coordonnées générales de l'aéroport d'Es-Senia d'Oran (Ahmed Ben Bella) sont représentées comme suit :

- Ouvert tous les jours 24h/24h, situé à dix minutes au sud d'Oran et à 50 minutes de Sidi Bel Abbès.
- Nom de l'aérodrome : Oran / Ahmed Ben Bella
- Code IATA : ORN
- Code OACI : DAOO
- Pays : Algérie
- Ville desservie : 31000 Es-Senia/Oran
- Type d'aéroport : civil
- Gestionnaire : EGSA
- URL : [www.egsaoran.com](http://www.egsaoran.com)
- Altitude : 91 m
- Température : 32° C
- Tel : 041-59-10-31 à 40
- Latitude : 36°41 N
- Longitude : 03°12 E
- Types de trafic autorisés : IFR/VFR
  
- Coordonnées du point de référence et emplacement de l'aérodrome : 353738N 0003641W Situé à 507 mètres du THR 25R et dans l'axe de RWY 25R.
  
- Catégorie de l'aérodrome pour la lutte contre l'incendie : CAT 9.

### 1.3.1 Les parties principales de l'aéroport d'Oran :

L'aéroport d'Oran se constitue en général de quatre parties principales :

- L'aérogare
  - Aérogare des passagers
  - Chapiteaux domestique (nationale) ;
  - Aérogare internationale
  - Aérogare de fret

## Chapitre 1 : L'établissement d'accueil

### ➤ L'aérodrome :

- Aire de mouvement :
- Aire de mouvement :
  - Aire de trafic
  - Aire de manœuvre

Les installations d'aide à la navigation :

- Le balisage

**Tableau 1.1 : Le système de guidage et de contrôle des mouvements a la surface et balisage<sup>2</sup>**

	<i>Panneaux d'identification des postes de stationnement d'aéronef</i>	Numéros d'identification des postes de stationnement
1	<i>Lignes de guidage TWY</i>	Oui.
	<i>Système de guidage visuel aux postes de stationnement des aéronefs.</i>	Oui.
2	<i>Balisage des RWY et TWY</i>	RWY 07L/25R : Feux de bord RWY, Feux de seuils, Feux d'extrémité de piste. RWY 07R/25L : Feux de bord RWY, Feux de seuils, Feux d'extrémité de piste. Feux de bord TWY.
	<i>Marquage des RWY et TWY</i>	RWY07L/25R et RWY07R/25L : Marques axiales RWY, Marques numéros d'identification RWY, Marques de seuils, Marques zone d'impact. Marques de bord TWY.
3	<i>Barres d'arrêt</i>	Néant
4	<i>Observations</i>	Néant

### 1.3.2 Les obstacles de l'aérodrome :

**Tableau 1.2 : Les obstacles de l'aérodrome d'Oran pour les aires de manœuvres à vue et d'aérodrome<sup>2</sup>**

<i>Aires de manœuvres à vue et aérodrome</i>			<i>Observations</i>
2			3
<i>Type d'obstacles Hauteur Marquage et balisage lumineux</i>			<i>Coordonnées</i>
<i>Type d'obstacle</i>	<i>Hauteur</i>	<i>Marque et balisage lumineux</i>	
a			b
Antenne	30 M	Balisé de jour	353744N 0003619W
Château d'eau	ALT : 120 M	Balisé de jour	
Antenne GP 25L	18 M ALT : 108 M	Balisé de jour	353728.3N 0003652.0W

<sup>2</sup> SIA Algérie. AIP Algérie. Partie aérodrome. 06 Avril 2017



# Chapitre 1 : L'établissement d'accueil

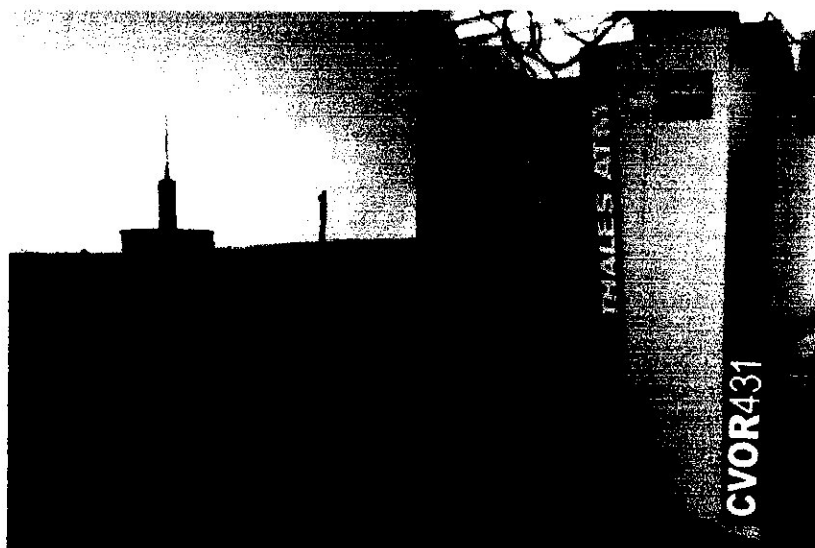
**Tableau 1.3 : Les obstacles d'aérodrome d'Oran pour l'aire d'approche<sup>2</sup>**

Aires d'approche et de décollage				
1				
PISTE ou Aire concernée	Type d'obstacles Hauteur Marquage et balisage lumineux			Coordonnées
	Type d'obstacle	Hauteur	Marquage et balisage lumineux	
a	b			c
RWY 07L	Ligne HT	ALT: 136 M	Non balisé	

### 1.3.3 Les systèmes d'aides de radionavigation et d'atterrissage :

**Tableau 1.4 : les systèmes d'aides de radionavigation et d'atterrissage<sup>2</sup>**

Type d'aide CAT d'ILS/MLS (pour VOR/ILS/MLS indiquer déclinaison)	Identification	Fréquences	Heures de fonctionnement	Coordonnées de l'emplacement de l'antenne d'émission	Altitude de l'antenne d'émission DME	Observations
1	2	3	4	5	6	7
VOR/DME (1°W 2005)	ORA	114 Mhz CH 87 X	H 24	353645.53N 0003917.96W		
LLZ25L/ILS CAT II (1°W 2005)	OR	109.9 Mhz	H 24	353647.0N 0003837.9W		Il est situé à QDR248° et à 290M du THR07R.
GP 25L		333.8 Mhz	H 24	353728.3N 0003652.0W		Il est situé à 347M en amont du THR25L et à 140M à droite de l'axe de piste 25L.
DME-P	OR	CH 36X	H 24	353728.3N 0003652.0W		Co-implanté avec GP 25L
L	OO	265 KHz	H24	353913.68N 0003156.15W		
L	ON	415 KHz	H 24	354252.56N 0002104.95W		



**Figure 1.5 : VOR/DME**

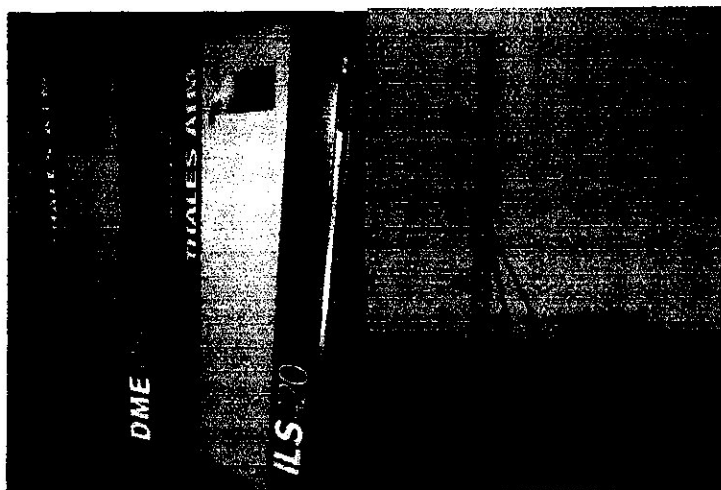


Figure 1.6 : à droite—ILS CAT2/ à gauche—DME-P

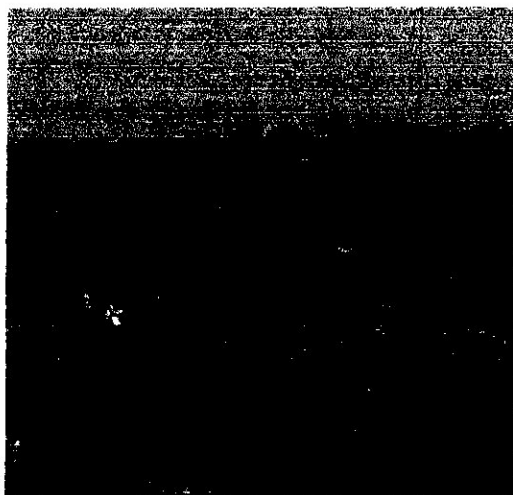


Figure 1.7 : GP



Figure 1.8 : Les 10 antennes du Loc

## Chapitre 1 : L'établissement d'accueil

---

### 1.3.3 La Direction de la Sécurité Aérienne d'Oran (DSA):

La DSA est l'organisme représentant l'ENNA au niveau de l'aérodrome d'Oran, elle est en charge de l'installation, de la maintenance des moyens de radionavigations et de surveillance ainsi que toutes les infrastructures de la navigation aérienne et les infrastructures de sécurité.

- Les infrastructures de la navigation aérienne :
  - La tour de contrôle : fréquences 118.1Mhz et 119.7Mhz(s).
  - Le contrôle d'approche : fréquences 128.2Mhz et 121.1Mhz (s).
  - Le bureau de piste, notamment pour la réception des plans de vol, et le bureau d'information aéronautique, ces deux bureaux étant à la disposition des équipages et des agents d'exploitation des compagnies aériennes.
- Les infrastructures de sécurité :
  - Le service de lutte contre les incendies de catégorie 9.
  - Le service de lutte contre le risque aviaire.
  - Le service de maintenance des pistes.
  - Le service de sécurité (police, douane, ...)

Le service chargé de la circulation aérienne au sein de la DSA, est en charge de fournir les services ATS et de veiller à un contrôle de trafic aérien sécurisé.

### 1.3.4 Statistiques du trafic pour l'aérodrome d'Oran :

**Tableau 1.5 : Statistiques des mouvements du trafic aérien de l'ad d'Oran, pour la période de Janvier 2016 à Juillet 2017<sup>3</sup>**

---

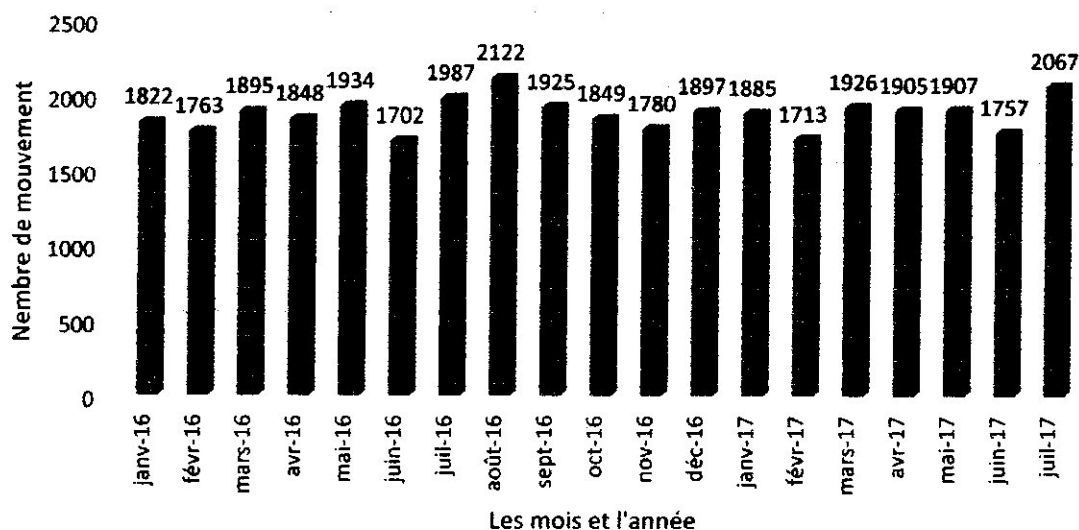
<sup>3</sup> DDNA : Direction du Développement de la Navigation Aérienne.

## Chapitre 1 : L'établissement d'accueil

---

<b>Mois et Année</b>	<b>Nombre de mouvements pour l'aérodrome d'oran</b>
Janvier 2016	1822
Février 2016	1763
Mars 2016	1895
Avril 2016	1848
Mai 2016	1934
Juin 2016	1702
Juillet 2016	1987
Août 2016	2122
Septembre 2016	1925
Octobre 2016	1849
Novembre 2016	1780
Décembre 2016	1897
Janvier 2017	1885
Février 2017	1713
Mars 2017	1926
Avril 2017	1905
Mai 2017	1907
Juin 2017	1757
Juillet 2017	2067

## Chapitre 1 : L'établissement d'accueil



**Figure 1.9 : Graphe des statistiques de nombre de mouvements pour l'aérodrome d'Oran pour la période Janvier 2016 - Juillet 2017**

La DSA d'Oran a noté 22524 mouvement de trafic aérien sur l'ad d'oran pour l'année 2016, donnant une moyenne de 63 mouvements par jour.

Pour le premier semestre de l'année 2017, il a été noté 13160 mouvements soit une augmentation de 2,09 % par rapport au premier semestre de l'année 2016 qui était chiffré à 12951 mouvements.

Cette augmentation même si on la trouve intéressante reste vraiment très loin de l'objectif étudié lors du lancement du projet d'extension avec la nouvelle aérogare en vue de construction qui permettra le traitement de 3,4 millions de passagers par an dès la mise en service de cette nouvelle aérogare en 2018 au lieu de 2,5 millions de passagers prévus initialement. L'étude préliminaire du projet avait fixé à 3,4 millions de passagers à traiter à l'horizon 2035.

Cette extension en voie de réalisation permettra d'ajouter deux autres modules qui offriront la possibilité d'atteindre à l'avenir les 6 millions de passagers/an.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> [http://www.huffpostmaghreb.com/2016/11/10/aeroport-ahmed-benbella-o\\_n\\_12894532.html](http://www.huffpostmaghreb.com/2016/11/10/aeroport-ahmed-benbella-o_n_12894532.html)

## Chapitre 1 : L'établissement d'accueil

---

### **1.4 Conclusion :**

Ce chapitre nous a permis de faire connaissance avec l'Etablissement National de la Navigation Aérienne et de ses sous directions ; et nous démente la croissance du trafic aérien au niveau de l'ad d'Oran.

Et qui dit augmentation du trafic dit augmentation des risques d'abordages, collisions ou autres types incidents graves.

C'est là où les services de la circulation aérienne ATS prennent plus de vigilance et où la surveillance devient un atout clé pour le bon déroulement des phases « approche-finale-atterrissage/décollage » des vols et c'est ce dernier point que nous allons aborder dans le prochain chapitre.

## Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar

### 2.1 Introduction :

Ce chapitre englobe tout ce qui touche au troisième pilier de l'ATM, c'est à dire la surveillance aérienne, qui est assurée par les systèmes ATS et plus précisément la surveillance radar et les procédures qui sont appliquées pour.

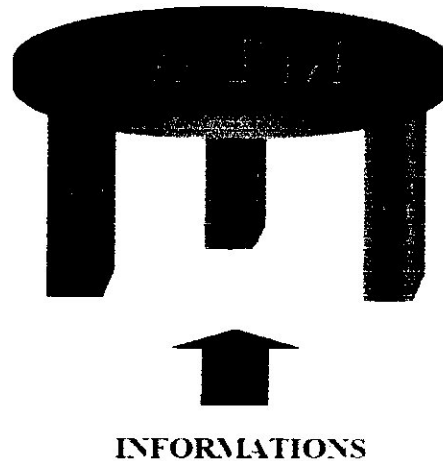
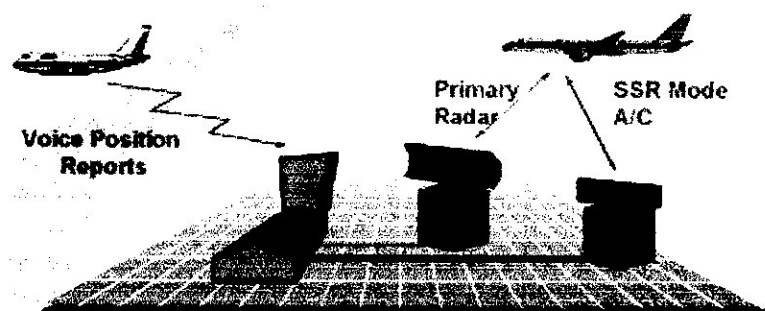


Figure 2.1 : Organigramme de Gestion du trafic aérien ATM<sup>1</sup>

### 2.2 Généralités sur la surveillance<sup>2</sup> :

La surveillance est une technique de détection instantanée des cibles et la détermination de leur position (si possible l'acquisition des informations supplémentaires reliés à ces cibles) et la livraison de ces informations.

#### Current Surveillance Environment



<sup>1</sup> Cours ATM en M1 de Mme Derareni (2015/2016)

<sup>2</sup> Étude des futurs systèmes de surveillance. Mémoire Elaboré par Khamassi Seif eddine et Chebbi Aymen Encadré par : Mr Halleb ridha - Université Virtuelle de Tunis (UVT) -Année Universitaire : 2010/2011.

## Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar

Figure 2.2 : Principe globale de la surveillance aérienne<sup>1</sup>

Cette action de surveillance est accomplie dans les services de la circulation aérienne ATS, c'est dernier sont repartie comme de démontre la figure ci-dessous :

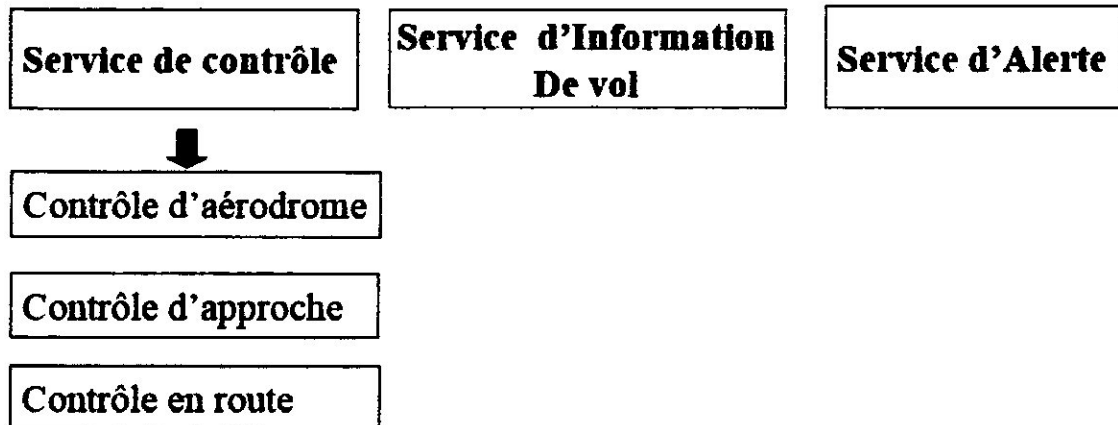


Figure 2.3 : Subdivision des services de la CA<sup>1</sup>

Le service de contrôle à son tour est réparti comme suit dans la figure ci-dessous :

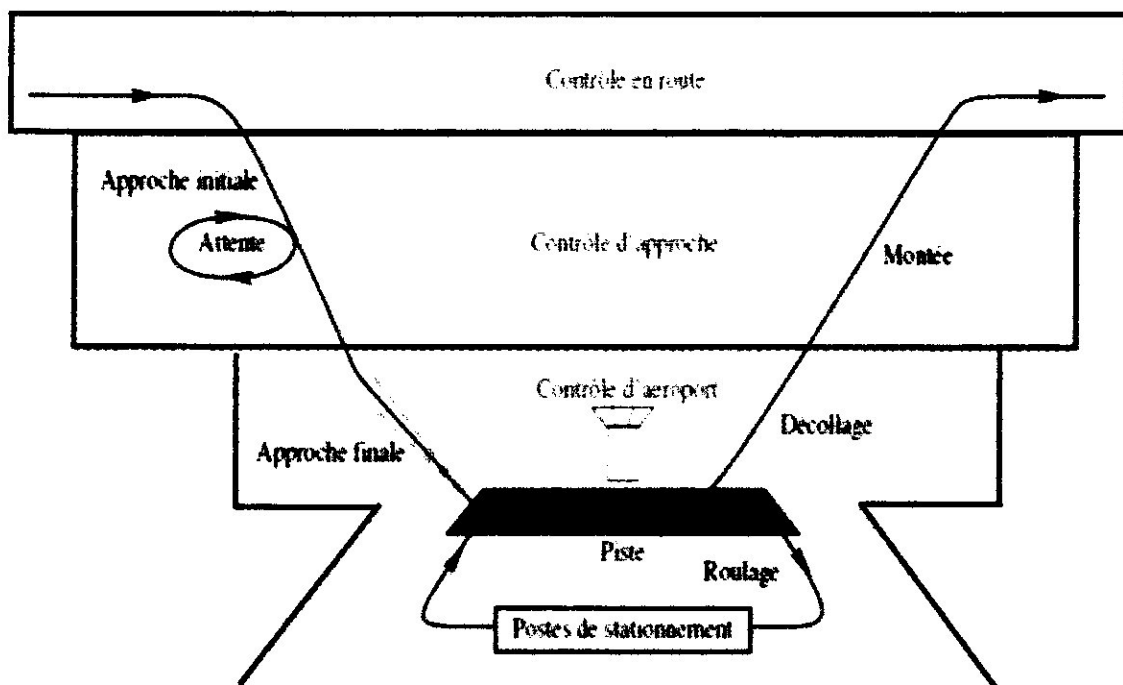


Figure 2.4 : Subdivision des services de contrôle<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Cours ATM en M1 de Mme Drareni (2015/2016)



## **Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar**

---

C'est services ATS usent de la surveillance pour satisfaire leurs besoins en information sur :

- La position des avions et Les véhicules au sol à un instant donné et leur intention.
- L'aptitude de contrôler les trajectoires des avions via les instructions données aux pilotes.

### **2.2.1 Les informations recherchées relés à l'avion :**

- Mode 3/A 'Alpha' (pour plus de détails revoir le point III.9.2)
- L'adresse Mode S
- Call sign (Identification d'aéronef)
- Le numéro de vol
- Les paramètres de vol :
  - Le cap
  - La vitesse horizontale (au sol, en air)
  - La vitesse verticale

### **2.2.2 La classification de la surveillance :**

#### **A. Selon le type d'exploitation :**

On distingue deux types d'exploitations fonctionnellement très différentes : la surveillance non coopérative et coopérative.

- **La surveillance indépendante** : la position est calculée par le récepteur au sol elle est indépendante de celle calculé à bord, fournie par l'avion.

On distingue :

- La surveillance non coopérative : elle est assurée sans intervention de la cible à sa détection. C'est la propriété de la réflexion d'une onde électromagnétique sur la surface physique de la cible qui est utilisée. La détection se fait par reconnaissance de la présence d'un signal réfléchi, la mesure de distance par mesure du temps de propagation radar – cible – radar. La mesure d'azimut par utilisation d'une antenne directive tournante. Les équipements correspondants sont caractérisés comme « radars primaires ».

## Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar

Tableau 2.1 : Caractéristiques des systèmes de surveillance coopératifs<sup>3</sup>

Senseur	MSSR	ADS-B	ADS-C
Principe	Mesure distance et mesure angulaire	Dépendant (position mesurée par avionique)	Dépendant (position mesurée par avionique)
Portée	250 Nm (en espace libre)	250 Nm (en espace libre)	limitée en SATCOM et 250 Nm en VDL
Info altitude	Oui (Baro-Alt)	Oui (Baro-Alt)	Oui (Baro-Alt)
Plafond	60.000 ft	60.000 ft	60.000 ft
Identification	Oui	Oui	Oui
Type de transmission	Interrogation/réponse	Diffusion (broadcast)	Diffusion (contrat)
Accittement	Oui	Non	Oui
Liaison de données	Oui	Oui	Oui
Standard OACI	Oui	Oui	Oui
Avionique nécessaire	Oui (transpondeur de base A/C et S)	Oui ( Transpondeur avec capacité ADS-B)	Oui (ATSU et SATCOM et/ou VDL)
Taux d'équipement embarqué	Tout aéronef équipé d'un transpondeur	> 60 % aéronefs commerciaux	> 30 % aéronefs commerciaux
Taux de rafraich.	4 à 6 sec.	1 sec	> 60 sec
Coût communications	Aucun	Aucun	Oui
Utilisateurs	> 500	> 500	1 à 4
Usage attendu	Continental terrestre	Continental terrestre Océanique, désertique	Océanique, désertique
Services associés	Liaison de données TIS	Liaison de données TIS-B, FIS-B	Liaison de données
Prix marché moyen (hors installation)	1500 K€	100 K€	Dépend avionique

- La surveillance coopérative : elle est assurée grâce à la participation active de la cible à sa détection. La cible est équipée d'un répondeur (ou transpondeur).

Ce transpondeur reçoit des interrogations du radar et répond. Les mesures de distance et d'azimut utilisent les mêmes principes qu'en radar primaire. L'originalité de l'exploitation coopérative est que le signal reçu est renseigné en identification ou altitude en fonction de l'interrogation du radar.

Les équipements correspondants sont caractérisés comme « radars secondaires ».

<sup>3</sup> Compte\_rendu sur les SYSTÈMES DE SURVEILLANCE DU CONTRÔLE DE TRAFIC AERIEN CIVIL Présenté par P. LEFEVRE / Conférence Arts & Métiers, Paris, 2 Février 2015

## Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar

Tableau 2.2 : Caractéristiques des systèmes de surveillance non-coopératifs

Senseur	PSR d'approche	PSR en-route
Principe	Mesure distance et mesure angulaire	Mesure distance et mesure angulaire
Portée	60 à 80 Nm (en espace libre)	220 Nm (en espace libre)
Mesure Altitude	Non	Non
Plafond	30.000 ft	50.000 ft
Identification aéroport	Non	Non
Type de Transmission	Interrogation/réponse	Interrogation/réponse
Acquittement	Non	Non
Liaison de données	Non	Non
Standard OACI	Oui	Oui
Antenne nécessaire	Non	Non
Taux de rafraich.	4 à 6 sec.	10 à 15 sec
Coût communications	Aucun	Aucun
Nombre d'utilisateurs	> 200	> 500
Usage attendu	Approche aéroport	En-route
Services associés	Non	Non
Prix marché moyen (hors installation)	3000 KC	6000 KC

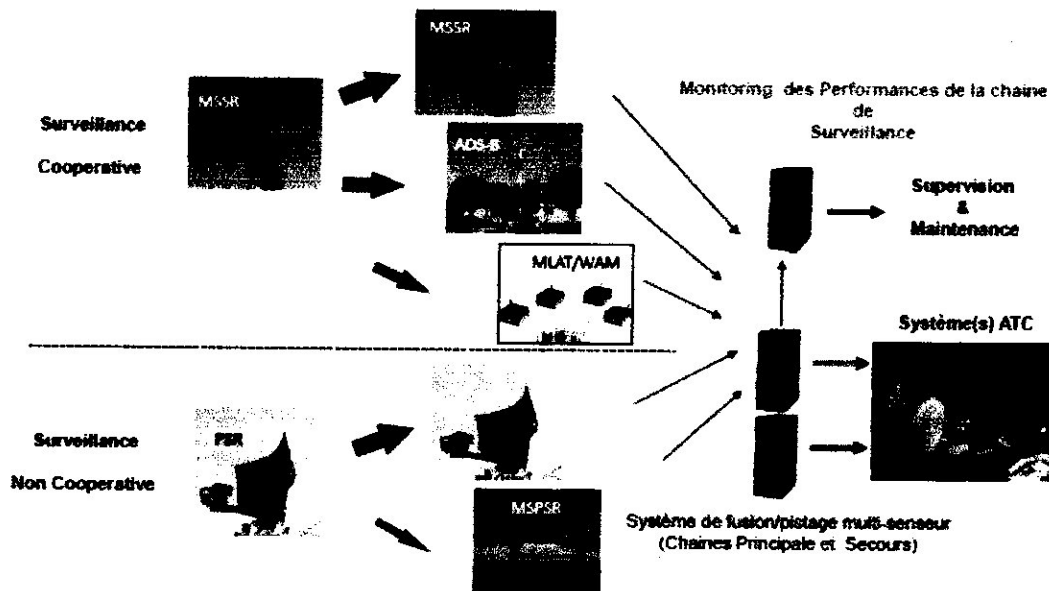


Figure 2.5 : Chaîne de surveillance civile

- **La surveillance dépendante** : la cible informe la station au sol ou les cibles qui les entourent de sa position calculée à bord.

### B. Selon la fonction :

- Les systèmes au sol pour la surveillance aérienne (PSR, SSR)

## Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar

- Les systèmes au sol pour la surveillance de surface des aéroports (SMR...) (voir 3.13.4 pour l'exemple)
- Les systèmes de surveillance embarqués (TCAS...)

### 2.2.3 Normes et exigences :

Pour faire face à l'accroissement du trafic aérien, et satisfaire la contrainte primordiale de la sécurité de la navigation aérienne, des normes sont mises en œuvre afin de garantir une homogénéité de performances techniques des systèmes de surveillance et garantir un niveau minimum de rendement requis.

**Tableau 2.3 : Exigences opérationnelles et moyens de surveillance**

	Densité de Trafic	Séparation (Précision)	Solutions actuelles	Futur ?
En-Route				
Espaces aériens supérieurs et inférieurs	haute	≤ 5 Nm (350m)	2 MSSR Mode-S  + 1 PSR longue portée (Opt)	WAM → ADS-B  1 Mode-S MSSR  + 1 PSR longue portée (Opt)
	Medium	5 to 30 NM (0,1 Nm)	1 MSSR	1 MSSR ou ADS-B
	Faible (continental)	30 Nm (0,1 Nm)	ADS-C/ADS-B	ADS-C / ADS-B
	faible (Océanique)	30 to 80 Nm (0,1 Nm)	ADS-C	ADS-C / ADS-B (Sat)
Terminal				
	haute	3 NM (210m)	2 Mode-S MSSR  + 1 PSR approche	1 MSSR /WAM  + 1 PSR approche
	Medium	3 –10 NM (350 m)	1 MSSR  1 PSR (opt)	WAM  1 PSR (opt)
	faible	-		ADS-B

*Peut varier en fonction des fournisseurs de services de navigation aérienne*

### A. Besoins opérationnels :

#### A.1 Couverture radar requise :

Une couverture radar continue et complète, de qualité et de fiabilité élevées, permettant d'assurer des séparations radar de 3NM, 5NM et 10 NM, doit être disponible en permanence.

## **Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar**

---

Les stations radar doivent être situées de telle manière que leur cône de silence soit inclus dans la couverture d'un radar adjacent, ou ne réduise pas l'efficacité opérationnelle du service radar.

➤ **Au niveau d'une grande région terminale :**

Les grandes régions terminales doivent disposer d'une couverture radar secondaire double et d'une couverture radar primaire simple. Cette combinaison garantit la disponibilité permanente d'informations de position radar et permet la fourniture de services de la circulation aérienne aux aéronefs incapables de répondre à des interrogations SSR.

La couverture des grandes régions terminales doit commencer aux altitudes les plus basses des segments d'approche intermédiaire des principaux aérodromes concernés. Ailleurs, la couverture s'étendra des niveaux minimums auxquels les services radar doivent être fournis jusqu'à la limite supérieure de la région terminale.

La continuité de la couverture radar doit être assurée dans les régions d'interface avec l'espace en route.

➤ **Dans l'espace aérien en route :**

Dans l'espace aérien en route, la couverture SSR double doit s'étendre des niveaux minimums de croisière jusqu'aux niveaux maximum de croisière IFR ainsi que là où la fourniture de services radar est obligatoire.

La couverture horizontale doit s'étendre sur 30 NM au moins au-delà de la région relevant du Centre de contrôle régional (CCR) correspondant, à moins que cela ne soit impossible pour des raisons géographiques.

➤ **Utilisation en commun de données radar :**

Les données de surveillance radar provenant d'équipements radar existants ou nouveaux doivent être utilisées en commun partout où une telle solution s'avère possible et avantageuse, en particulier de part et d'autre des limites des régions.

## **Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar**

---

Certains organismes ATS peuvent avoir accès à des systèmes de traitement de données plus performants que les organismes civils ou militaires auxiliaires voisins. Lorsqu'une telle situation se présente, il convient d'envisager des solutions pour transmettre les données traitées de l'organisme principal vers les organismes auxiliaires.

### **B. Données de surveillance radar requises :**

Le système de surveillance radar doit fournir au moins les données suivantes pour présentation aux contrôleurs de la circulation aérienne :

- Historique du vol et position de l'aéronef dans le plan horizontal.
- Identification de l'aéronef.
- Position de l'aéronef dans le plan vertical.
- Identification spécifique des codes Mode A spéciaux (à savoir 7500<sup>4</sup>, 7600<sup>5</sup>, 7700<sup>6</sup>)<sup>7</sup>.
- Vitesse-Sol.
- Statut de la piste (primaire, secondaire, combinée, ou extrapolée).

Le délai d'actualisation des données affichées ne doit pas être supérieur à 5 secondes (s) pour les grandes régions terminales et à 8 secondes pour l'espace aérien en route. Un maximum de 2 actualisations successives par extrapolation est acceptable pour les données de position.

L'infrastructure de surveillance radar doit permettre de satisfaire les besoins définis paragraphe 2.2.1 Ceci peut être assuré de différentes manières :

- Capteurs à haute performance
- Combinaison d'informations provenant de capteurs co-implantés (comptes rendus de cible associés SSR et PSR)
- Association d'informations provenant de capteurs situés à différents endroits indépendamment des fonctionnalités "région terminale" ou "espace aérien en route" par le traitement d'entrées radar multiples.

---

<sup>4</sup> <http://www.simmer.fr/archives/175>

<sup>5</sup> Code mode A 7500 : Hijacking, autrement dit un détournement par des pirates.

<sup>6</sup> Code mode A 7600 : Panne radio.

<sup>7</sup> Code mode A 7700 : C'est le code de détresse

## **Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar**

---

- Dispositif de poursuite multi-radar à haute performance.

### **C. Disponibilité des données radar de surveillance requise :**

Aux fins de la spécification des critères de disponibilité des données, on distingue les deux catégories de données suivantes :

- Les données complètes (requises) : déjà cités en dessus 2.2.4.B
- Les données indispensables :
  - L'historique et la position de l'aéronef dans le plan horizontal.
  - L'identification de l'aéronef ou le code A.
  - La position de l'aéronef dans le plan vertical ou le Mode C où l'on trouve l'altitude.
- Les critères de disponibilité des données de surveillance radar :

Les critères de disponibilité des données de surveillance radar sont les suivantes :

- La disponibilité des données complètes ne doit pas être inférieure à 0.995, à l'exclusion des périodes d'entretien programmée.
- La disponibilité des données indispensables ne doit pas être inférieure à 0.99999.
- La disponibilité des données PSR pour les grandes régions terminales ne doit pas être inférieure à 0.995.
- La performance du système d'affichage :

La performance du système d'affichage doit être telle qu'elle ne dégrade pas la qualité des données de surveillance au point d'avoir une incidence sur la fourniture d'un service radar.

- Les défaillances significatives de la chaîne radar :

Les défaillances significatives de la chaîne radar, susceptibles d'avoir une incidence sur la sécurité des vols et la fourniture des services de la circulation aérienne, doivent être notifiées aux postes de contrôle concernés.

- Les campagnes d'entretien :

## **Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar**

Les campagnes d'entretien à date fixe qui affectent la fourniture des services de la circulation aérienne doivent être définis et coordonnées entre les personnels techniques et opérationnels des organismes ATS et le cas échéant, entre les organismes ATS adjacents.

### ➤ L'infrastructure de surveillance

L'infrastructure de surveillance radar doit permettre de satisfaire les exigences de disponibilité spécifiées dans le tableau ci-dessus

Ceci peut être assuré de différentes manières :

- Doublement des capteurs
- Commutation automatique de passage à une station radar autonome (de secours)
- Mise en place de stations radar supplémentaires
- Installations de "secours"
- Canaux radar à accès direct
- Utilisation de données radar traitées provenant d'une autre source (un serveur central, par exemple).

### ➤ L'architecture du système

L'architecture du système doit être telle que toute défaillance d'un élément de la chaîne radar ne réduise pas sérieusement la capacité du système ATC.

## **2.3 Emploi de systèmes de surveillance ATS dans le contrôle d'approche radar<sup>8</sup> :**

### **2.3.1 Dispositions générales :**

- Pendant qu'il dirige des approches au radar de surveillance ou au radar de précision, le contrôleur ne devrait être chargé d'aucune fonction autre que celles qui sont directement liées à de telles approches.

---

<sup>8</sup> GESTION DU TRAFIC AERIEN DOC 4444 ATM/501 : SERVICES DE SURVEILLANCE ATS



## **Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar**

---

- Les contrôleurs qui dirigent des approches au radar disposeront de renseignements sur les altitudes/hauteurs de franchissement d'obstacles établies pour les types d'approche à exécuter.

- Les renseignements ci-après seront communiqués à l'aéronef avant qu'il ne commence une approche radar :

1. Piste à utiliser ;

2. Altitude/hauteur de franchissement d'obstacles applicable ;

3. Angle de l'alignement de descente nominal et, si l'autorité ATS compétente le prescrit ou si l'aéronef le demande, vitesse verticale de descente approximative à respecter ;

4. Procédure à suivre en cas d'interruption des communications radio, sauf si cette procédure est indiquée dans les AIP.

- Lorsqu'une approche radar ne peut être exécutée ou poursuivie pour une raison quelconque, l'aéronef devrait en être immédiatement informé. L'approche devrait être poursuivie si cela est possible avec des moyens autres que le radar ou si le pilote signale qu'il peut achever l'approche à vue ; sinon, une autre autorisation devrait être délivrée.

- Au cours de l'approche finale, il convient de rappeler aux pilotes qui effectuent une approche radar, de vérifier que le train d'atterrissage est sorti et verrouillé.

- Sauf prescription contraire de l'autorité ATS compétente, le contrôleur qui dirige l'approche devrait avertir le contrôleur d'aérodrome ou, s'il y a lieu, le contrôleur aux procédures lorsqu'un aéronef qui exécute une approche radar se trouve à environ 15 km (8 NM) du point de toucher des roues. Si l'autorisation d'atterrissage n'est pas reçue à ce moment-là, une autre notification devrait être faite lorsque l'aéronef arrive à environ 8 km (4 NM) du point de toucher des roues et l'autorisation d'atterrissage devrait être demandée.

- L'autorisation d'atterrissage ou toute autre autorisation reçue du contrôleur d'aérodrome ou, le cas échéant, du contrôleur aux procédures devrait en principe être communiquée à l'aéronef avant qu'il parvienne à 4 km (2 NM) du point de toucher des roues.

## **Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar**

---

- Quand un aéronef exécute une approche radar, il y a lieu :

✓ De lui ordonner d'exécuter une approche interrompue dans les circonstances suivantes :

\* S'il semble être dans une position dangereuse au cours de l'approche finale

\* En cas de conflit de circulation ;

\* Si aucune autorisation d'atterrissage n'a été reçue du contrôleur aux procédures au moment où l'aéronef parvient à 4 km (2 NM) du point de toucher des roues ou à toute autre distance convenue avec la tour de contrôle d'aérodrome ;

\* Si le contrôleur d'aérodrome délivre des instructions à cet égard ;

✓ De lui conseiller d'envisager une approche interrompue dans les circonstances suivantes :

\* Si il atteint une position à partir de laquelle il ne pourra vraisemblablement pas réussir l'approche ;

\* Si il n'apparaît pas sur l'affichage de situation pour une durée appréciable pendant les 4 derniers km (2 NM) de l'approche ;

\* Si l'on a des doutes quant à la position ou à l'identification de l'aéronef dans une phase quelconque de l'approche finale.

Dans tous les cas, il y a lieu d'informer le pilote de la raison qui a motivé l'instruction ou l'avis donnés.

- Sauf circonstances exceptionnelles, les instructions radar relatives à l'exécution d'une approche interrompue devraient être conformes à la procédure d'approche interrompue prescrite ;

Et comprendre le niveau auquel l'aéronef doit remonter et le cap qu'il doit suivre pour demeurer dans les limites de l'aire d'approche interrompue en exécutant cette manœuvre.

### **2.3.2 Procédures d'approche finale :**

#### **A. Approche au radar de surveillance**

## **Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar**

---

- L'approche finale ne devrait pas être exécutée uniquement au radar de surveillance si l'on dispose d'un radar d'approche de précision, à moins d'être raisonnablement certain d'après les conditions météorologiques qu'une approche au radar de surveillance peut être réussie.

- Une approche au radar de surveillance ne sera exécutée qu'avec un équipement expressément agréé à cet effet par l'autorité ATS compétente, implanté de manière appropriée et doté d'un affichage de situation fournissant expressément des renseignements sur la position par rapport au prolongement de l'axe de piste à utiliser ainsi que sur la distance au point de toucher des roues.

- Lorsqu'il dirige une approche au radar de surveillance, le contrôleur se conformera aux dispositions ci-après :

a) au début de l'approche finale ou avant, l'aéronef sera avisé du point où l'approche au radar de surveillance prendra fin ;

b) l'aéronef sera avisé qu'il approche du point où d'après les calculs la descente devrait commencer, et immédiatement avant qu'il l'atteigne il recevra communication de l'altitude/hauteur de franchissement d'obstacles et il lui sera prescrit de descendre et de vérifier les minimums applicables ;

c) des instructions relatives à l'azimut seront données en conformité de la technique d'approche de précision (voir le point B dans la page suivante) ;

d) sauf dans le cas prévu au point suivant (Lorsque l'autorité ATS compétente estime que ...) la distance au point de toucher des roues sera normalement transmise tous les 2 km (1 NM) ;

e) les niveaux calculés à l'avance que l'aéronef devrait traverser pour demeurer sur l'alignement de descente seront également transmis tous les 2 km (1 NM) en même temps que la distance ;

f) l'approche au radar de surveillance cessera à la première des occasions suivantes :

f.1) au moment où l'aéronef parvient à 4 km (2 NM) du point de toucher des roues ; ou

## **Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar**

---

f.2) avant qu'il entre dans une zone de brouillage radar continu ; ou

f.3) quand le pilote signale qu'il peut effectuer une approche à vue.

- Lorsque l'autorité ATS compétente estime que la précision de l'équipement radar le permet, les approches au radar de surveillance peuvent se poursuivre jusqu'au seuil de la piste, ou jusqu'à un point prescrit situé à moins de 4 km (2 NM) du point de toucher des roues, auquel cas :

a) les renseignements sur la distance et les niveaux seront donnés tous les kilomètres (0,5 NM) ;

b) les interruptions de transmission ne devraient pas être supérieures à 5 secondes à partir du moment où l'aéronef est à une distance de 8 km (4 NM) du point de toucher des roues ;

c) le contrôleur ne devrait être chargé d'aucune fonction qui n'est pas directement liée à une approche donnée.

4/ Les niveaux que devrait traverser l'aéronef pour demeurer sur l'alignement de descente requis, ainsi que les distances correspondantes jusqu'au point de toucher des roues, seront calculés à l'avance et affichés de telle manière que le contrôleur concerné puisse en prendre connaissance aisément.

### **B. Approche radar de précision**

#### **1/ Fonctions du contrôleur d'approche de précision**

Pendant qu'il dirige une approche de précision, le contrôleur ne devrait être responsable d'aucune fonction autre que celles qui sont directement liées à cette approche.

#### **2/ Transfert de contrôle :**

Les aéronefs auxquels il faut fournir un service d'approche radar de précision devront avoir été transférés au contrôleur chargé de l'approche de précision à une distance au moins égale à 2 km (1 NM) du point d'interception de

## **Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar**

---

l'alignement de descente, sauf disposition contraire spécifiée par l'autorité ATS compétente.

### **3/ Communications :**

Lorsque le contrôleur chargé de l'approche de précision assume le contrôle d'un aéronef, une vérification des communications sera effectuée sur la voie à utiliser au cours de l'approche de précision et le pilote sera informé qu'aucun autre accusé de réception n'est requis. Ensuite, la transmission ne devrait pas être interrompue pour plus de cinq secondes pendant que l'aéronef se trouve en approche finale.

### **4/ Informations d'azimut et corrections :**

- Le pilote sera informé à intervalles réguliers de la position de l'aéronef par rapport au prolongement de l'axe de la piste. Des corrections de cap seront données selon les besoins pour ramener l'aéronef dans le prolongement de l'axe.

- En cas d'écarts en azimut, le pilote ne devrait pas prendre de mesures correctives à moins qu'il reçoive spécifiquement consigne de le faire.

### **5/ Informations de site et ajustements**

- L'aéronef sera avisé lorsqu'il approche du point d'interception de l'alignement de descente et, immédiatement avant cette interception, il lui sera ordonné de commencer sa descente et de vérifier l'altitude/la hauteur de décision applicable. Ensuite, il sera informé à intervalles réguliers de sa position par rapport à l'alignement de descente.

- Lorsqu'aucune correction n'est requise, l'aéronef devrait être informé à intervalles réguliers qu'il suit l'alignement de descente. On informera l'aéronef de ses écarts par rapport à l'alignement de descente, en même temps qu'on lui donnera des instructions en vue d'ajuster sa vitesse verticale de descente si les mesures correctives qu'il a prises ne semblent pas suffire. L'aéronef sera avisé lorsqu'il commence à rejoindre l'alignement de descente et immédiatement avant qu'il l'atteigne.

## **Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar**

---

- En cas d'écarts par rapport à l'alignement de descente, le pilote devrait prendre des mesures correctives en se fondant sur les renseignements donnés par le contrôleur, même s'il ne lui est pas spécifiquement ordonné de le faire.

- Lorsque l'aéronef se trouve à plus de 4 km (2 NM) du point de toucher des roues, ou à une distance plus grande s'il s'agit d'un aéronef rapide, les écarts par rapport à l'alignement de descente devraient être tolérés dans une certaine mesure, et il n'est pas nécessaire que les informations de site précisent le nombre de mètres (ou de pieds) au-dessus ou au-dessous de l'alignement de descente, sauf s'il faut mettre l'accent sur la rapidité avec laquelle l'aéronef s'écarte de l'alignement, ou sur l'ampleur de l'écart. Par la suite, tout écart par rapport à l'alignement de descente devrait être indiqué à l'aéronef, de préférence sous forme d'une distance précise (en mètres ou en pieds) au-dessus ou au-dessous de l'alignement. Normalement, la manière de communiquer les renseignements en question devrait suffire pour faire réagir le pilote rapidement lorsque cela est nécessaire [exemple : « *ENCORE* 20 mètres (60 pieds) trop bas »].

- Si l'élément site tombe en panne au cours d'une approche radar de précision, le contrôleur en informera l'aéronef immédiatement. Si possible, le contrôleur passera à une approche au radar de surveillance, en avisant l'aéronef de l'altitude/hauteur de franchissement d'obstacles révisée. Ou bien il lui demandera d'exécuter une approche interrompue.

### **6/ Informations de distance :**

La distance au point de toucher des roues devrait être transmise à intervalles de 2 km (1 NM) jusqu'au moment où l'aéronef parvient à 8 km (4 NM) de ce point. Ensuite, les informations de distance devraient être transmises à intervalles plus courts, la priorité étant toutefois accordée à la fourniture des renseignements et au guidage en azimuth et en site.

### **7/ Cessation d'une approche radar de précision :**

Une approche radar de précision cesse lorsque l'aéronef parvient au point où l'alignement de descente coupe l'altitude/ hauteur de franchissement d'obstacles.

## **Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar**

Néanmoins, des renseignements continueront d'être donnés jusqu'à ce que l'aéronef soit au-dessus du seuil, ou à une distance de celui-ci spécifiée par l'autorité ATS compétente compte tenu des possibilités de l'équipement en question. S'il le veut, le contrôleur chargé de l'approche de précision fait suivre l'approche jusqu'au point de toucher des roues et continue à donner des renseignements selon les besoins ; dans ce cas, l'aéronef sera avisé lorsqu'il se trouve à la verticale du seuil.

### **8/ Approches interrompues :**

Lorsque les indications de l'élément site portent à croire que l'aéronef amorce une approche interrompue, le contrôleur prendra les dispositions ci-après :

a) lorsque le pilote a le temps de répondre [par exemple lorsque l'aéronef est à plus de 4 km (2 NM) du point de toucher des roues], le contrôleur transmettra la hauteur de l'aéronef au-dessus de l'alignement de descente et demandera si le pilote a l'intention d'effectuer une approche interrompue. Si la réponse est affirmative, le contrôleur lui donnera des instructions pour l'approche interrompue (voir 2.3.1 : tiret 8 : "Quand un aéronef exécute une approche radar...") ;

b) lorsque le pilote n'a pas le temps de répondre [par exemple lorsque l'aéronef est à 4 km (2 NM) ou moins du point de toucher des roues], il y a lieu de poursuivre l'approche de précision en soulignant l'écart de l'aéronef, et de la cesser au point terminal normal. S'il apparaît d'après les informations de site que l'aéronef exécute une approche interrompue soit avant, soit après le point terminal normal, le contrôleur donnera des instructions pour l'approche interrompue (voir le point 2.3.1 l'avant dernier tiret "- Quand...')

### **2.4 Emploi de systèmes de surveillance ATS dans le contrôle d'aérodrome :**

#### **2.4.1 Fonctions :**

- Sous réserve de l'autorisation et selon les prescriptions de l'autorité ATS compétente, on peut utiliser des systèmes de surveillance ATS pour exécuter les fonctions suivantes dans le cadre du contrôle d'aérodrome :

## **Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar**

---

- a) assistance au maintien de la trajectoire pour les aéronefs en approche finale.
- b) assistance au maintien de la trajectoire pour les autres aéronefs dans le voisinage de l'aérodrome ;
- c) établissement d'une séparation spécifiée à la Section 8.7.3 entre les aéronefs qui se succèdent au départ ;
- d) assistance à la navigation des vols VFR.

- Les vols VFR spéciaux ne seront pas guidés, sauf si des circonstances particulières, comme une urgence, l'exigent.

- On usera de prudence dans le guidage des vols VFR, pour éviter que les aéronefs ne passent par inadvertance en conditions météorologiques de vol aux instruments.

- En prescrivant des conditions et des procédures applicables à l'emploi de systèmes de surveillance ATS dans le contrôle d'aérodrome, l'autorité ATS compétente veillera à ce que la disponibilité et l'emploi de données d'un système de surveillance ATS ne nuise pas à l'observation visuelle de la circulation d'aérodrome.

Note.— Le contrôle de la circulation d'aérodrome est principalement fondé sur l'observation visuelle de l'aire de manœuvre et du voisinage de l'aérodrome par le contrôleur d'aérodrome.

### **2.4.2 Emploi du radar de surface (SMR)**

Note.— L'Annexe 14, Volume I, Chapitre 9, contient des spécifications relatives à la fourniture d'un service SMR. Le manuel de planification des services de la circulation aérienne (Doc 9426), 2e Partie, contient des éléments indicatifs concernant l'emploi du SMR.

#### **A. dispositions générales :**

- L'utilisation du SMR devrait être fonction des conditions et besoins opérationnels de l'aérodrome considéré (c'est-à-dire les conditions de visibilité, la densité de la circulation et le plan de l'aérodrome).



## **Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar**

---

- Les systèmes SMR permettront, dans la mesure du possible, la détection et l'affichage, d'une manière claire et non équivoque, des mouvements de tous les aéronefs et véhicules circulant sur l'aire de manœuvre.

- Les indications de position des aéronefs et des véhicules peuvent être affichées sous forme symbolique ou non symbolique. Si le système permet l'affichage d'étiquettes, il devrait être possible d'inclure dans ces étiquettes, automatiquement ou de façon manuelle, l'identification de l'aéronef ou du véhicule.

### **B. Fonctions :**

- Le SMR devrait être utilisé pour renforcer l'observation visuelle de la circulation sur l'aire de manœuvre et pour surveiller la circulation dans les secteurs de l'aire de manœuvre qui ne peuvent pas être observés visuellement.

- L'information présentée sur un affichage SMR peut être utilisée pour

a) vérifier que les aéronefs et les véhicules circulant sur l'aire de manœuvre respectent les autorisations et les instructions ;

b) s'assurer qu'une piste est dégagée avant un atterrissage ou un décollage ;

c) fournir des renseignements sur le trafic local essentiel présent sur l'aire de manœuvre ou à proximité ;

d) déterminer l'emplacement des aéronefs et des véhicules sur l'aire de manœuvre ;

e) diriger les aéronefs circulant à la surface, sur demande des pilotes ou lorsque le contrôleur le juge nécessaire. Sauf en cas de circonstances particulières, comme une urgence, cette information ne devrait pas être communiquée sous la forme de caps spécifiques.

f) fournir assistance et avis aux véhicules d'urgence.

### **C. Identification Des Aéronefs :**

Si l'on utilise un SMR, on peut identifier les aéronefs en recourant à une ou à plusieurs des méthodes suivantes :

## **Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar**

---

a) corrélation d'une indication de position donnée avec :

- 1) une position d'aéronef observée visuellement par le contrôleur ;
- 2) une position d'aéronef signalée par le pilote ;
- 3) une indication de position identifiée présentée sur un affichage de situation ;

b) transfert d'identification, sous réserve d'une autorisation de l'autorité ATS compétente ;

c) application de procédures d'identification automatiques, sous réserve d'une autorisation de l'autorité ATS compétente.

### **2.5 Installations d'enregistrement et de reproduction :**

Les données transmises au système d'affichage doivent faire l'objet d'un enregistrement permanent. Les installations d'enregistrement et de reproduction sont nécessaires à l'appui des enquêtes sur les incidents et les accidents, des activités de recherches et de sauvetage, de la réduction du bruit, de la formation, des analyses techniques et des statistiques.

Il est recommandé que le support et le mécanisme d'enregistrement permettent une reconstitution complète, sur l'écran du contrôleur de la présentation des données de surveillance ainsi que des paramètres et sélections d'affichage.

Des procédures administratives doivent être arrêtées pour les modalités de conservation et d'utilisation de ces enregistrements à des fins d'analyse. Il convient de conserver les enregistrements de données radar pendant 30 jours au moins.

### **2.6 Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons abordé la surveillance aérienne et ses procédures qui sont basées sur l'usage des Radars dont les données fournies (Vitesse, Cap, Altitude) sont pour le contrôleur, sa principale préoccupation car elles lui permettront de détecter les conflits, faciliter les communications par des liaisons fiables « air-sol ».

## **Chapitre 2 : La surveillance et Contrôle Radar**

---

Nous avons constaté aussi que le type d'information fourni est spécifique au type de moyen de surveillance employé (RADAR) c'est ce que nous dévoilera le prochain chapitre.

## Chapitre 3 : Radar

---

### 3.1 Introduction :

Le RADAR est un acronyme pour « Radio Détection And Ranging ». Ce dernier utilise un système des ondes électromagnétiques pour déterminer la portée, l'altitude et la vitesse d'une cible fixe ou mobile. En raison de la propriété des ondes radio qui leur permet d'être réfléchis par des objets solides, le radar peut être utilisé pour détecter n'importe quelle cible qui possède une grande surface suffisante pour que les ondes « rebondissent » sur elle et se retournent.

Le radar est également utilisé pour cartographier des surfaces qui ne sont pas facilement accessibles ou pour la fabrication des cartes de grandes régions.

Pendant la seconde guerre mondiale, le radar a été utilisé pour détecter les avions ennemis et a été utilisé comme un système d'alerte précoce. Après la fin de la seconde guerre mondiale le radar a trouvé l'utilisation dans l'arène commerciale pour la gestion du trafic aérien, ainsi que pour l'étude et la prévision des conditions météorologiques.

Le radar est aussi utilisé en astronomie, les systèmes marins, les systèmes de surveillance océanique, la surveillance de l'espace extra-atmosphérique, surveillance des précipitations météorologiques, altimétrie, systèmes de contrôle de vol et pénétrant dans le sol. Avec l'avènement des processeurs DSP à grande vitesse, le radar est également utilisé pour créer une haute définition des cartes du sol sur de vastes zones.

Dans ce troisième chapitre nous allons nous pencher sur les caractères, spécifications et fonctionnalités des deux types de Radar qui jouent les rôles principaux dans la Surveillance Aérienne.

## Chapitre 3 : Radar

---

### 3.2 Historique<sup>1</sup> :

1884 : HR Hertz prouve expérimentalement que la lumière est une onde électromagnétique qui obéit à la théorie de Maxwell

1888 : HR Hertz montre que les ondes électromagnétiques sont réfléchies par les surfaces métalliques

1904 : Ch. Hülsmeyer conçoit un appareil qui permet de détecter grossièrement l'azimut et la distance d'un navire

1934 - France : Brevet pour un « appareil de détection » à ondes décimétriques.

- Antennes paraboliques indépendantes
- Détection précise des navires jusqu'à 10 ou 12 miles marins.
- Monté sur le paquebot Normandie

1934 - URSS : Test positif d'un système radar

- Détecte à 600/700 mètres un avion volant à 150 mètres d'altitude.
- Adaptation de ce concept au tir antiaérien.
- Juillet, radar RAPID testé à Leningrad

1935 -UK : les britanniques développent un réseau intégré de stations radar de détection aérienne « système chain home » ;

- Approches à très basse altitude, dans la zone de bruit venant des échos de sol.
- Déploiement d'une seconde ligne de détection le long de la côte, plus courte portée mais résolution plus grande à bas niveau.

1935 - Allemagne :

- Localisation du croiseur léger Königsberg à 8 km de distance, compatible d'un tir canon.

---

<sup>1</sup> FRDGAC\_2013\_Le-temps-des-INA\_Memoires-techniques-1945-1985

## Chapitre 3 : Radar

- Suivi d'avions volant à 500 mètres d'altitude à 28 km de distance.
- Construction d'un réseau de radars terrestres ( Freya ) et marins (Seetakt) à antenne orientable ;
- Bien meilleure résolution, permettant la détection d'objets bien plus petits et réduction de l'encombrement des antennes.
- Fréquences plus élevées
- Coût de construction élevé , 8 Freya en service au début de la guerre
- Concept d'emploi de la Luftwaffe ;
  - ❖ L'attaque
  - ❖ Pas de coordination des opérations

Dès 1937 :

- Astronautique : radiotélescopes
- Télédétection, Géologie (Radar à pénétration de sol)
- Météorologie

1938 – USA : Le radar CXAM est essayé sur l'USS New York

- Détecte un avion à 100 kilomètres de distance.

### 3.3 Mission<sup>2</sup> :

Le RADAR « RAdio Detection And Ranging » est un moyen électromagnétique actif de détection et de "mesure" de "cibles utiles"

#### ➤ Mesure :

- Distance
- Azimut et site
- Vitesse radiale
- Signature

#### ➤ Cibles utiles : dépendent des applications envisagées

- cibles aériennes : aéronef, hélicoptère, drones, missiles, obus,...

---

<sup>2</sup> Compte-rendu sur les SYSTÈMES DE SURVEILLANCE DU CONTRÔLE DE TRAFIC AERIEN CIVIL Présenté par P. LEFEVRE / Conférence Arts & Métiers, Paris, 2 Février 2015

## Chapitre 3 : Radar

- cibles terrestres : camions, voitures, tank, piétons, ....
- cibles de surface : navires, dinghy, périscope, ....
- Assurer cette mission dans un environnement souvent difficile
  - échos parasites fixes ou mobiles :
    - ❖ fouillis de surface : sol, végétation, relief, constructions, mer, cotes
    - ❖ fouillis volumique : pluie, nuage
    - ❖ « cibles » indésirables
  - Propagation :
    - ❖ Atténuation dans l'atmosphère, la pluie,...
    - ❖ réflexion sur la mer ou le sol (effet image )
  - brouillage
    - ❖ naturel : interférences , compatibilité entre équipement
    - ❖ volontaire : actif ( brouilleur), passif ( paillette/chaff, ...)

### 3.4 Principe élémentaire :

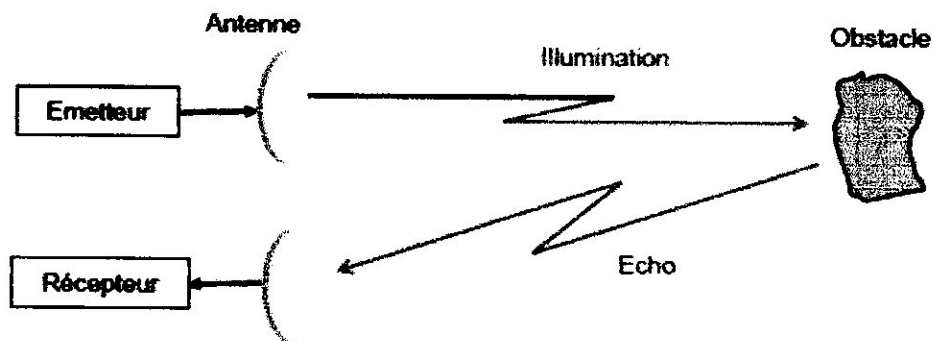


Figure 3.1 : le principe élémentaire du Radar

Le principe fondamental de fonctionnement du radar se base sur le fait de :

- Détecter la présence de l'obstacle dans le bruit de réception
- Et mesurer les paramètres de l'obstacle

La mesure de la distance (D) est donnée par le temps de propagation aller et retour (Tp) après réflexion sur l'obstacle

$$D = c \times T_p / 2$$

## Chapitre 3 : Radar

La mesure de la vitesse radiale ( $V_r$ ) est donnée par l'effet Doppler-Fizeau (mesure du décalage entre la fréquence émise et la fréquence reçue :  $D_f$ )

$$V_r = \lambda D_f / 2$$

La mesure de la direction est donnée généralement soit par l'azimut de l'antenne soit par la recherche de la direction de pointage de l'antenne correspondant à la réception de l'écho maximal (dans le cas de plusieurs capteurs à la réception il existe d'autres méthodes).

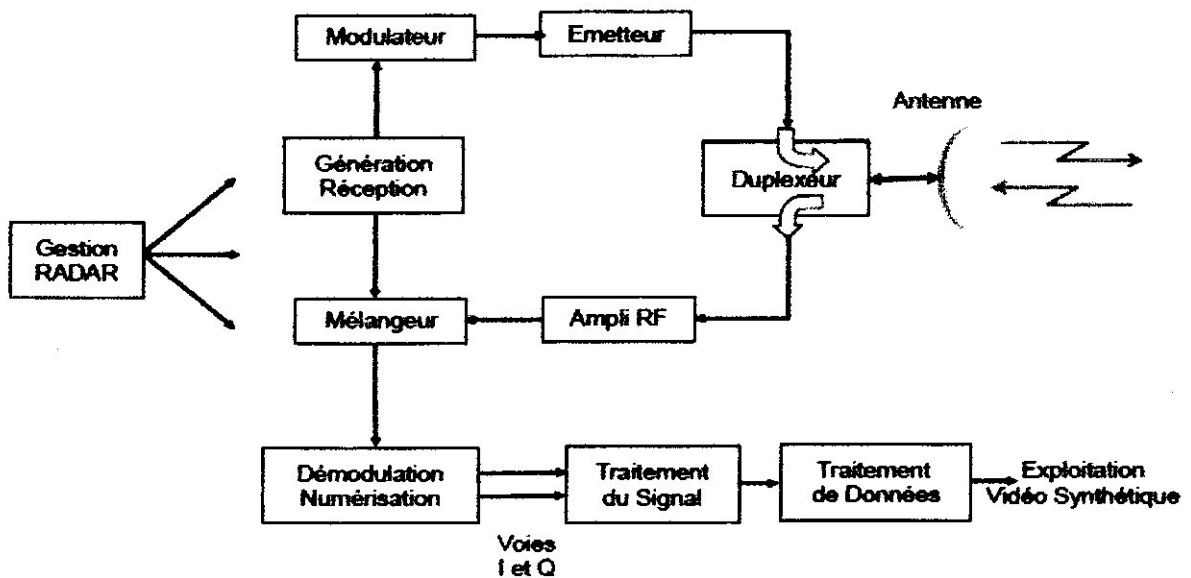
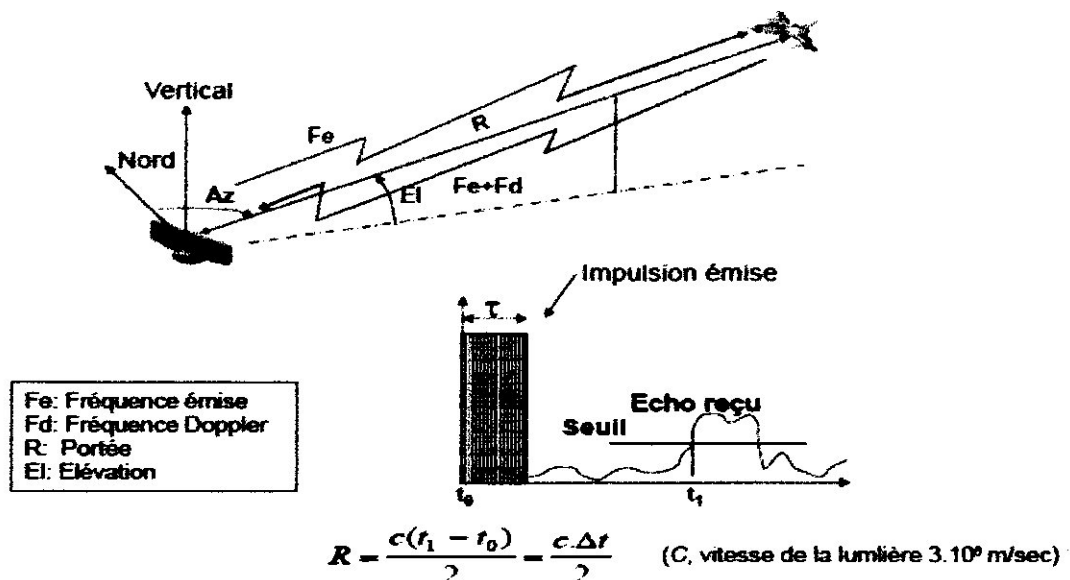


Figure 3.2 : Chaîne radar élémentaire

### 3.5 Equation RADAR :





## Chapitre 3 : Radar

Figure 3.3 : Principe Elémentaire

$$R = \sqrt[4]{\frac{P_s G^2 \lambda^2 \sigma}{P_e (4\pi)^3}}$$

R : Portée de Détection

$P_s$  : Puissance d'émission

G : Gain antenne

$\lambda$  : Longueur d'onde

$\sigma$  : Surface équivalente radar de la cible

$P_e$  : Puissance réception minimale (ou sensibilité)

L'élément le plus influent de cette équation est la **racine quatrième**

=> Pour doubler la portée théorique, il est nécessaire de multiplier la puissance émise par 16

### 3.6 Surface équivalente RADAR (SER) :

La SER d'une cible dépend de sa présentation et de la bande de fréquence du radar.

Le comportement des cibles réelles peut être décrit en le représentant par un ensemble restreint de réflecteurs (points brillants).

La SER résulte de la combinaison des signaux rétrodiffusés par ces points brillants.

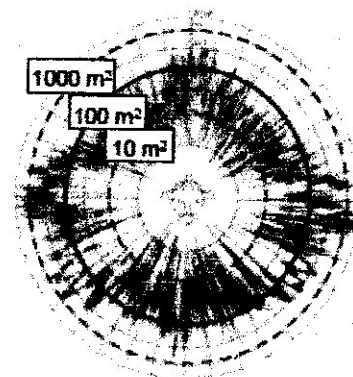
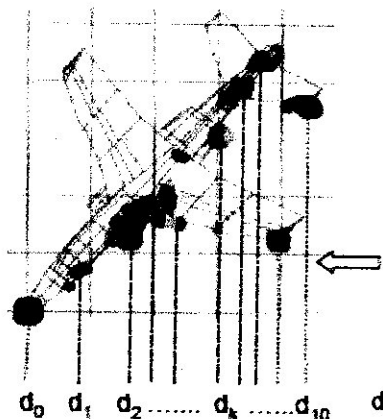


Figure 3.4 : SER en mode mono-statique

Figure 3.5 : SER en mode bi-statique

## Chapitre 3 : Radar

### 3.6.1 Equation de la SER :

$$\sigma \text{ (m}^2\text{)} : \frac{\text{Energie supposée rayonnée de manière isotrope}}{\text{Densité d'énergie reçue du RADAR}}$$

**Tableau 3.1. : Valeurs typiques moyennes (en bande S)**

> 100 m <sup>2</sup>	Navire
50 à 100 m <sup>2</sup>	A/C large body (747, 380, C5A,..)
10 à 50 m <sup>2</sup>	Moyen courrier (A320, 737)
2 à 10 m <sup>2</sup>	Avion de chasse (gros)
1 à 2 m <sup>2</sup>	Avion de chasse (petit)
1 m <sup>2</sup>	Homme
0,1 m <sup>2</sup>	Missile
0,1 m <sup>2</sup>	Bombardier Furtif
0,01 m <sup>2</sup>	Drone, Chasseur Furtif
0,001 m <sup>2</sup>	Obus

### 3.7 Fréquences RADAR :

Bandes de fréquence allouées aux radars :

- UHF : 400 - 450 Mhz
- L : 1215 - 1370 Mhz
- S : 2700 - 3500 Mhz
- C : 5250 - 5850 Mhz
- X : 8500 - 10680 Mhz
- Ku : 15.7 - 17.7 Ghz
- Ka : 33.4 - 36 Ghz

## Chapitre 3 : Radar

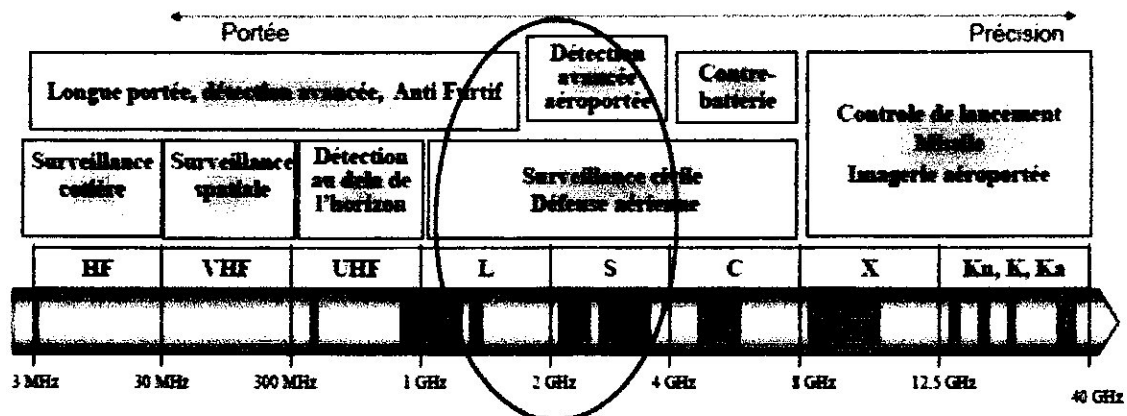


Figure 3.6 : Recommandations OTAN et OACI Pour les radars de surveillance aérienne

### 3.7.1 Deux règles simples des bandes de fréquence RADAR :

- Les fréquences « basses » typiquement bande S et en dessous favorisent la longue portée
  - Atténuation de propagation moindre
  - Puissance disponible technologiquement plus importante
- Les fréquences « hautes » typiquement la bande X et au-dessus favorisent la précision des mesures
  - Meilleure précision angulaire
  - Meilleure discrimination

**Note :** Certains compromis (par exemple de tacticité/mobilité) peuvent amener à des choix légèrement différents.

### 3.8 Classification des systèmes radars :

En fonction des informations qu'ils doivent fournir, les équipements radars utilisent des qualités et des technologies différentes. Ceci se traduit par une première classification des systèmes radars :

## Chapitre 3 : Radar

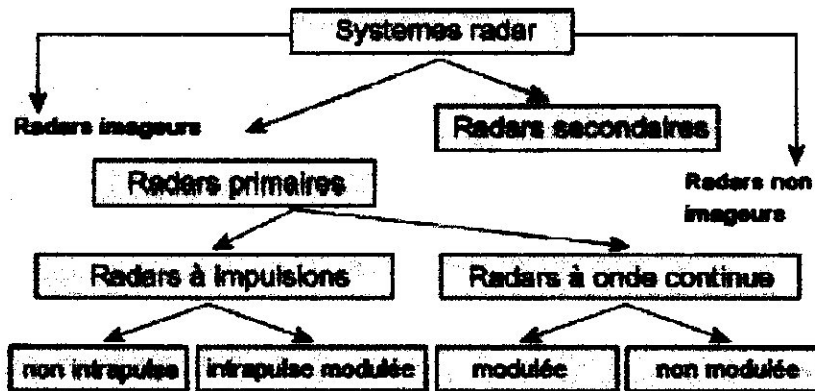


Figure 3.7 : Organigramme des systèmes radar<sup>3</sup>

### 3.8.1 Radars Imageurs / Radars non Imageurs :

Un radar imageur permet de présenter une image de l'objet (ou de la zone) observé. Les radars imageurs sont utilisés pour cartographier la Terre, les autres planètes, les astéroïdes et les autres objets célestes. Ils offrent aux systèmes militaires une capacité de classification des cibles.

Des exemples typiques de radar non imageur sont les cinémomètres radars (les petits, sur le bord de la route...) et les radio altimètres. Ce type de radar est également appelé diffusomètre puisqu'il mesure les propriétés de réflexion de la région ou de l'objet observé. Les applications des radars secondaires non imageurs sont par exemple les dispositifs d'immobilisation antivols installés sur certains véhicules privés récents.

### 3.9 Radar Secondaire :

Le radar secondaire est issu de l'IFF, (Identification Friend or Foe), développé par les Alliés pendant la Seconde Guerre mondiale permet, par interrogation radar, d'identifier les aéronefs "amis" ou "ennemis".

Le radar secondaire (SSR) est composé de deux éléments : une station sol interrogatrice et un transpondeur embarqué dans l'avion. Le transpondeur répond aux interrogations de la station, la renseignant sur sa distance et son azimut.

<sup>3</sup> Cours Radar L3 2014/2015 et M1 2015/2016 par Mme Athemani

# Chapitre 3 : Radar

Les transpondeurs Mode A/C fournissent l'identification (code Mode A) et l'altitude (code Mode C) de l'avion en réponse aux interrogations. Par conséquent, la station connaît la position (en trois dimensions) et l'identité des cibles.

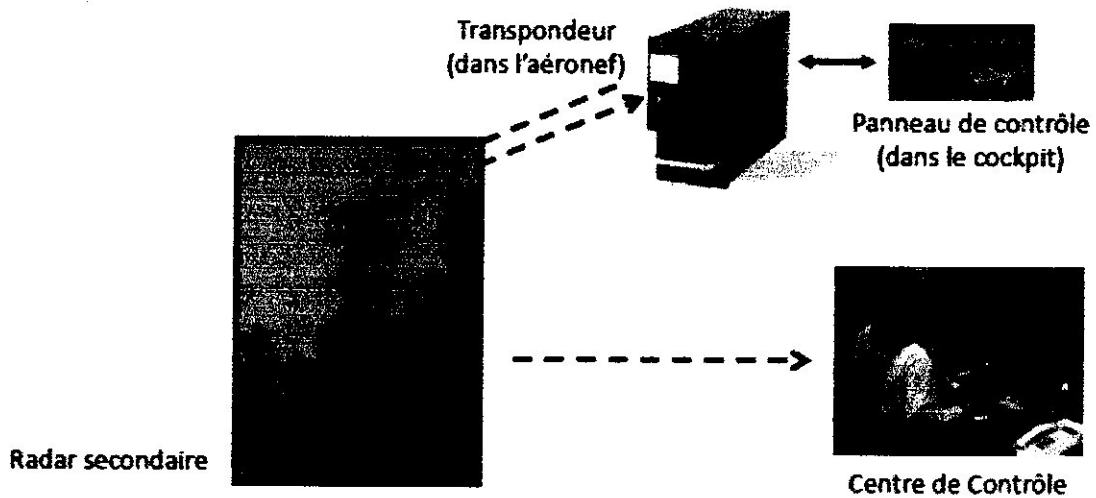


Figure 3.8 : Fonction d'un radar secondaire

### 3.9.1 Principe fondamental du radar secondaire :

L'Interrogateur du radar secondaire génère des trains d'impulsions (Modes) modulées à destination des aéronefs.

Le transpondeur de l'aéronef détecte ces messages et répond par un train d'impulsions spécifiques (Réponses) contenant des impulsions constituant des mots de données (Codes) . Le Récepteur du radar secondaire reçoit ces signaux avant extraction et pistage.

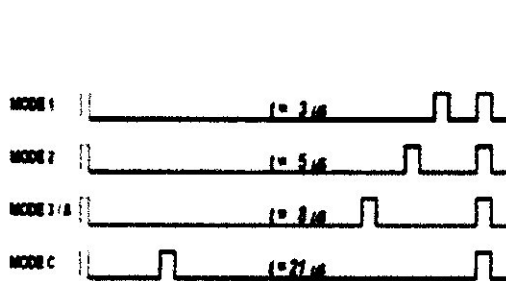


Figure 3.9 : Interrogation d'un SSR

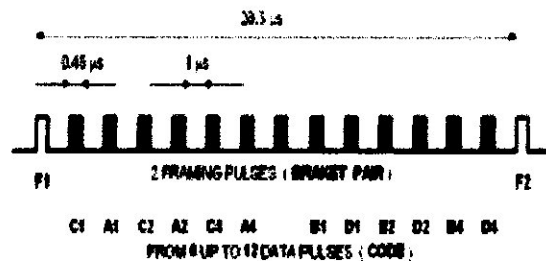


Figure 3.10 : Reponse (replies) du transpondeur

## Chapitre 3 : Radar

### 3.9.2 Modes :

- 3/A mode alpha : identification avion par un code unique à 4 chiffres (4096 combinaisons)
- C : Information de l'altitude de l'aéronef
- S : Adressage sélectif.
- Modes militaires d'identification ami/ennemi
- 1 et 2 : identification militaire basique
- Mode 4 crypté (club dominé par les USA), mode Secure
- Mode 5 crypté

### 3.9.3 Evolution du radar secondaire avec le Mode-S :

Le Mode S est une amélioration du Mode A/C. Il en contient toutes les fonctions, mais permet également une interrogation sélective des cibles grâce à l'utilisation d'une adresse unique codée sur 24 bits, ainsi qu'une liaison de données bidirectionnelle permettant l'échange d'informations air/sol.

Il comporte deux modes :

- Le mode élémentaire (ELS)
- Le mode enrichi (EHS)

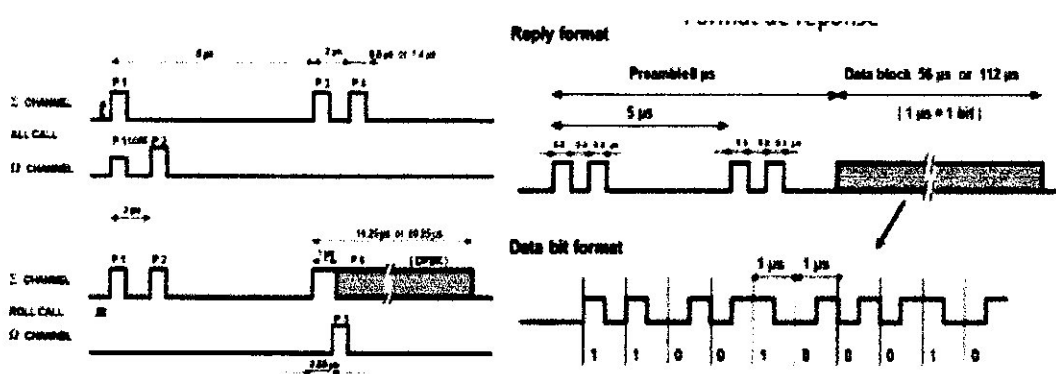


Figure 3.11 : Format d'interrogation

Figure 3.12 : Format de réponse

### 3.9.4 Utilisation des informations Mode-S :

- Le mode S élémentaire (ELS) c'est l'utilisation des informations Aircraft Identification (ACID) et du code 24 bits par le système pour la gestion des vols :

- Visualisation de l'ACID par les contrôleurs

## Chapitre 3 : Radar

---

- Corrélation entre un Plan de Vol et une piste radar directement avec l'ACID (attribution d'un code 1000 à l'avion).
- **Le mode S enrichi (EHS) c'est L'enrichissement des applications de surveillance avec des paramètres bord, et on distingue deux services de surveillance enrichie :**
- Le service CAP (Controller Access Parameter: ex SFL, Magnetic heading, indicated airspeed...)
  - Le service SAP (System Access Parameter)

### 3.10 Principes de Coopération, Dépendance :

#### Trois principes fondamentaux émergent

##### 3.10.1 Surveillance non coopérative Indépendante

- Position aéronef calculée au sol, ne nécessite aucune avionique
- Systèmes : Radar primaire (PSR), SMR (radar de détection de mouvement de Surface), MSPSR (PSR multistatique)

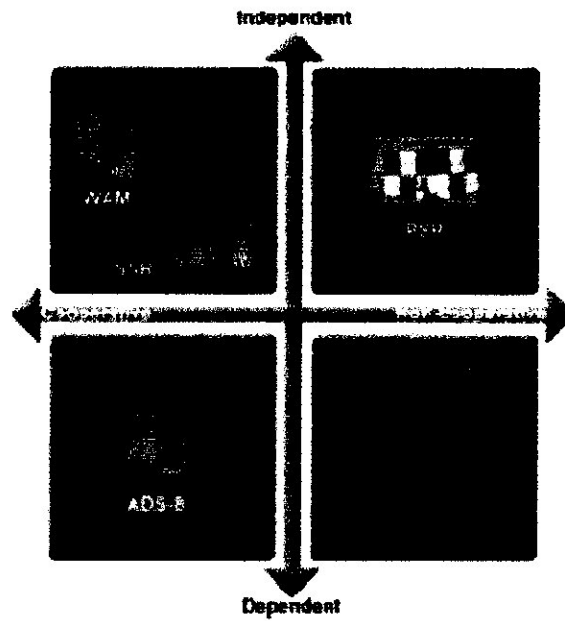
##### 3.10.2 Surveillance Coopérative Indépendante

- Position aéronef calculée au sol, aéronef équipé d'un transpondeur fournissant des informations.
- Position de l'avion déterminée par les moyens sol.
- Systèmes : Radar secondaire (MSSR), Multilateration étendue, (WAM), Multilateration de surface (MLAT)

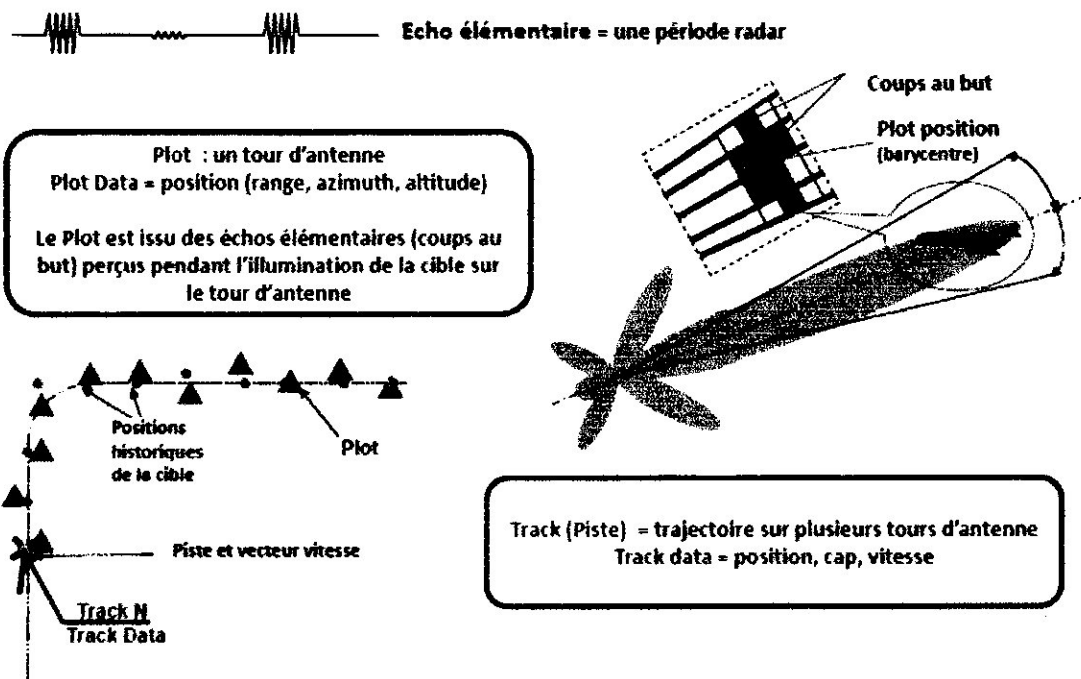
##### 3.10.3 Surveillance Coopérative Dépendante

- L'aéronef envoie sa position calculée à bord vers le sol via une liaison de donnée.
- Système : ADS-B et ADS-C

## Chapitre 3 : Radar



**Figure 3.13 : démantant les systèmes de surveillance ; Independent/Dépendant ; Coopérative/Non-Coopérative**



**Figure 3.14 : Coups au but, Plots, Pistes**



## Chapitre 3 : Radar

### 3.11 ADS-B :

Chaque avion connaît sa position avec précision (GPS, Galileo) et la transmet via un moyen de bord (transpondeur, VHF) Il s'agit d'un moyen de surveillance

- Coopératif : l'avion se signale
- Dépendant : d'un moyen de bord.

ADS-B : Automatic Dependant Surveillance – Broadcast

- L'avion diffuse régulièrement sa position à tout récepteur ADS-B
- Centre de contrôle Sol
- Autre avion équipé d'une récepteur ADS-B
- Cadence de l'ordre de quelques secondes (approche, en route)

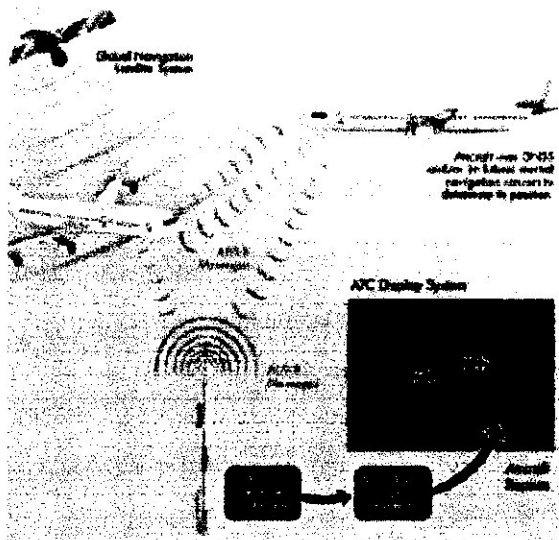


Figure 3.15 : Principe de fonctionnement de l'ADS-B

### 3.12 ADS-C :

Moyen de surveillance : Coopératif : - l'avion se signale

- Dépendant : d'un moyen de bord.

ADS-C : Automatic Dependant Surveillance – Contract

- Etablissement d'un contrat entre une station sol et l'avion
- Diffusion selon les règles du contrat de la position par l'aéronef et données annexes
- Liaison de données
- Utilise des moyens satellites ou radio : cadence de l'ordre de la minute
- Surveillance des vols transocéaniques ou au-dessus de régions désertiques dépourvues de couverture radar ou ADS-B.

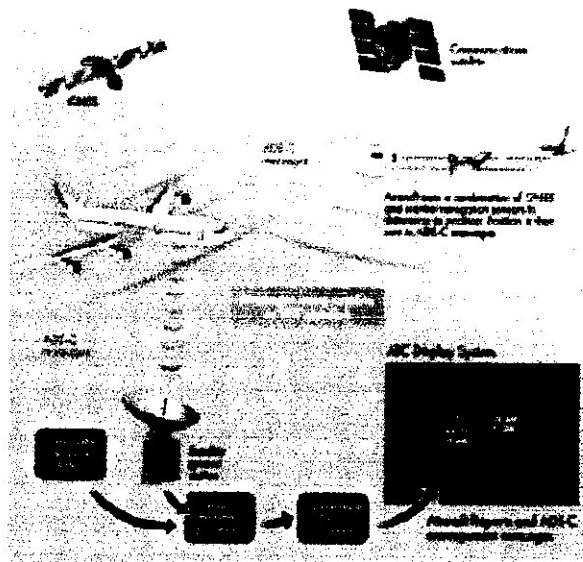


Figure 3.16 : Fonctionnement de l'ADS-C

### 3.13 Radars primaires<sup>4</sup> :

Un radar primaire émet des signaux hyperfréquences qui sont réfléchis par les cibles. Les échos ainsi créés sont reçus et étudiés. Contrairement à un radar secondaire, un radar primaire reçoit la partie réfléchi de son propre signal.

#### 3.13.1 Radars à impulsions

Les radars à impulsions émettent des impulsions de signal hyperfréquence à forte puissance. Chaque impulsion est suivie d'un temps de silence plus long que l'impulsion elle-même, temps durant lequel les échos de cette impulsion peuvent être reçus avant qu'une nouvelle impulsion ne soit émise. Direction, distance et parfois, si cela est nécessaire, hauteur ou altitude de la cible, peuvent être déterminées à partir des mesures de la position de l'antenne et du temps de propagation de l'impulsion émise.

#### 3.13.2 Radars à onde continue

Les radars à onde continue génèrent un signal hyperfréquence continu. Le signal réfléchi est reçu et traité, mais le récepteur (qui dispose de sa propre antenne) n'est pas tenu d'être au même emplacement que l'émetteur.

<sup>4</sup> <http://www.radartutorial.eu/02.basics/Radar%20primaire%20ou%20radar%20secondaire.fr.html>

## **Chapitre 3 : Radar**

---

Tout émetteur de station radio civile peut être simultanément utilisé comme un émetteur radar, pour peu qu'un récepteur relié à distance puisse comparer les temps de propagation du signal direct et du signal réfléchi. Des essais ont montré que la localisation d'un avion était possible par la comparaison et le traitement des signaux provenant de trois différentes stations émettrices de télévision.

### **3.13.3 Radars à onde continue non modulée**

Le signal émis par ces équipements est constant en amplitude et en fréquence. Spécialisés dans la mesure des vitesses, les radars à onde continue ne permettent pas de mesurer les distances. Ils sont employés par exemple par la gendarmerie pour les contrôles de vitesse sur les routes (cinémomètres radars). Des équipements plus récents (LIDAR) fonctionnent dans la bande de fréquence des lasers et permettent d'autres mesures que celle de la vitesse.

### **3.13.4 Radars à onde continue modulée**

Le signal émis est constant en amplitude mais modulé en fréquence. Cette modulation rend à nouveau possible le principe de la mesure du temps de propagation. Un autre avantage non négligeable de ce type d'équipement est que, la réception n'étant jamais interrompue, les mesures s'effectuent en permanence. Ces radars sont utilisés lorsque les distances à mesurer ne sont pas trop grandes et qu'il est nécessaire d'effectuer des mesures ininterrompues (par exemple une mesure d'altitude pour un avion ou un profil de vents par un radar météorologique).

Un principe similaire est utilisé par des radars à impulsions qui génèrent des impulsions trop longues pour bénéficier d'une bonne résolution en distance. Ces équipements modulent souvent le signal contenu dans l'impulsion afin d'améliorer leur résolution en distance. On parle alors de compression d'impulsion.

### **3.13.5 Radars bi-statiques**

Un radar bi-statique se compose de deux installations considérablement éloignée l'une de l'autre.

## Chapitre 3 : Radar

L'un des sites abrite les équipements consacrés à l'émission, l'autre est consacré à la réception (un tel radar utilise donc également deux antennes, une sur chaque site).

### 3.14 Classification des Radar par usage :

Les radars peuvent se classer en différents types selon l'usage auquel ils sont destinés. Cette section donnera les caractéristiques générales de plusieurs radars en usage courants.

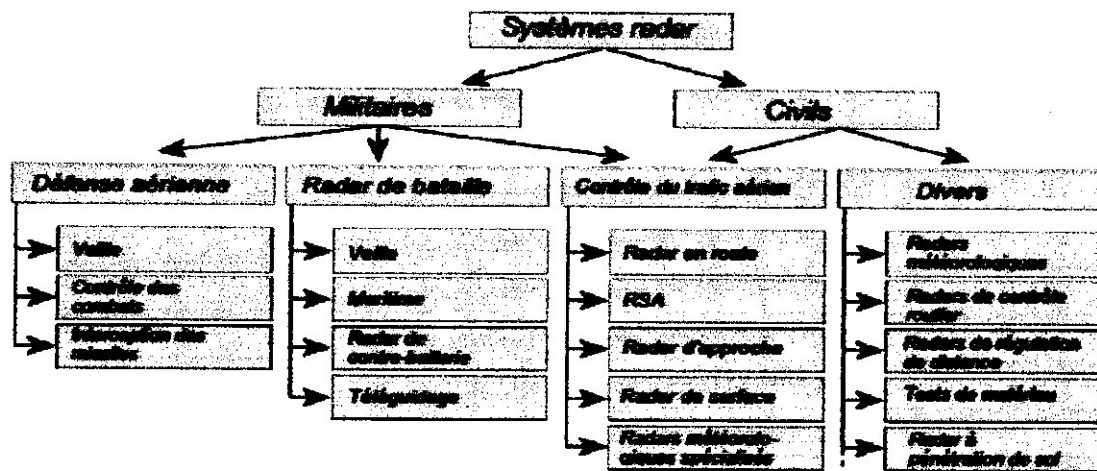


Figure 3.17 : Classification des radars par usage

De ces quatre classes de Radars on va s'intéresser ci-suit Système Radar Civile de Contrôle du Trafics Aérien.

### 3.15 Principaux types de radars primaires utilisés en ATC :

#### 3.15.1 Radar «en route» ou PSR bande L :

Les radars «en route» opèrent en général sur la bande L. Ils montrent au contrôleur aérien la position des avions dans une région allant jusqu'à 450 km du radar.

- Radar Primaire de Surveillance Non-Coopérative longue portée dit "En-Route"
- Bande L (1215-1370 Mhz), Etat solide
- Portée: jusqu'à 250 NM (450 Km)
- Autres caractéristiques :
  - Voie météo
  - Altimétrie

## Chapitre 3 : Radar

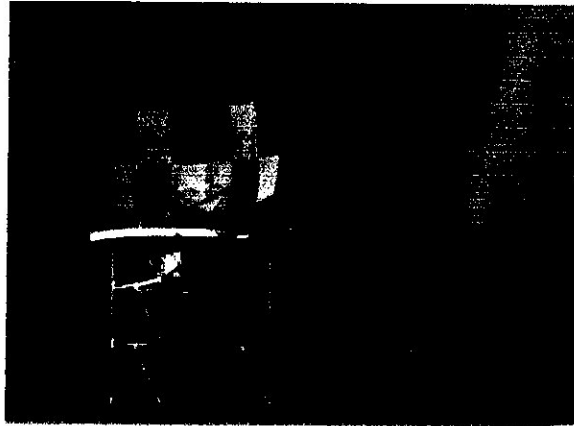


Figure 3.18 : PSR bande L

### 3.15.2 Radar d'approche de précision (PAR) :

Radar primaire utilisé pour déterminer les écarts latéraux et verticaux de la position d'un aéronef au cours de l'approche finale par rapport à la trajectoire d'approche nominale, ainsi que la distance de cet aéronef au point d'atterrissage. Ils permettent au pilote d'atterrir même avec une visibilité nulle. Les échanges de données entre le radar et l'avion se font de manière verbale avec le pilote ou par signal pulsé pour un pilote automatique.

- Radar Primaire d'approche de précision
- Bande X (9 à 9.2 Ghz), Etat solide
- Couverture : +15 Az, -1 à -14 El, jusqu'à 22 NM (40 Km) de port
- Fonctionnement : l'opérateur radar informe par radio le pilote de la position de son aéronef par rapport à l'axe de piste et au plan de descente optimal.

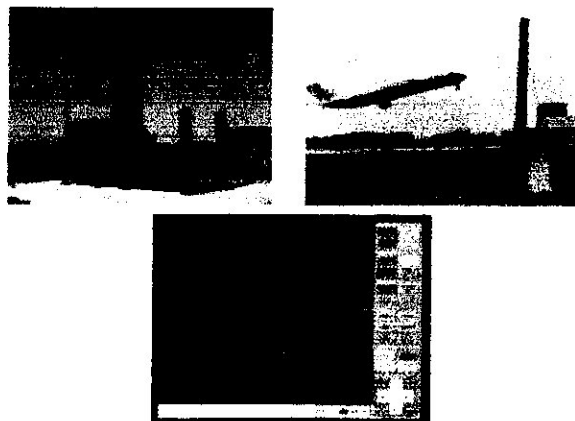


Figure 3.19 : Radar d'approche de précision

## Chapitre 3 : Radar

### 3.15.3 Radars de surveillance aérienne (ASR) :

Ces radars sont utilisés par les contrôleurs aériens pour l'identification des avions, l'assignation de leur séquence d'approche et pour la supervision de leur atterrissage.

Ils vont également assimiler les données provenant d'autres sources, comme les radars militaires ou le mode 4 des radars secondaires (sauf pour les petits aéroports). Les réseaux qu'ils tissent ainsi peuvent opérer en toutes conditions climatiques.

- Radar Primaire de Surveillance d'approche
- Bande S (2700-2900 Ghz), Etat solide
- Portée de 60 à 100 NM
- Autres caractéristiques :
- Voie météo
- Traitement 4G
- Traitement Eolienne

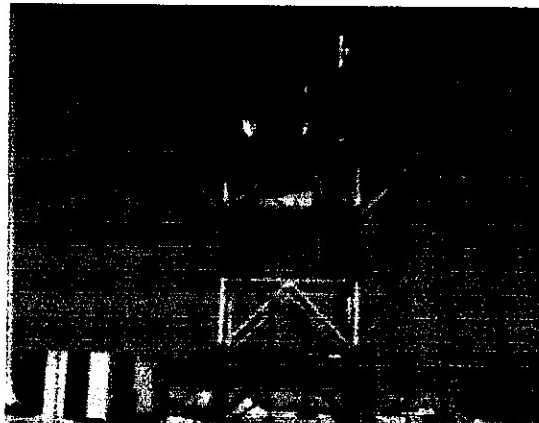


Figure 3.20 : Radar de surveillance aérienne

### 3.15.4 Radar de surface (SMR) :

Radar qui permet de localiser les véhicules et aéronefs sur le tarmac et les pistes. Ces radars primaires permettent de coordonner les mouvements pour éviter les accidents. Le terme et l'abréviation ont été uniformisés par l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI).

## Chapitre 3 : Radar

Il s'agit d'un radar primaire qui balaie toutes les zones où des véhicules de surface et les avions peuvent manoeuvrer, excluant les quais d'embarquement. Le radar de surface est placé dans un endroit qui a une bonne visibilité de tout l'aéroport, en général sur une tour, et possède un taux de rafraîchissement très rapide. Certains aérodromes ayant plusieurs terminaux possèdent plusieurs radars de surface, chacun s'occupant d'un secteur.

L'environnement sondé est fort différent de celui en latitude à cause des nombreux obstacles qui donnent des échos parasites. La qualité de la surveillance est donc souvent mauvaise et limitée. L'identification des cibles n'est souvent pas possible et le contrôleur aérien, du haut de la tour de contrôle, doit compléter par une identification visuelle. C'est l'un des facteurs limitant les mouvements aériens lors de visibilité réduite.

- Radar Primaire de détection de mouvement surface aéroportuaire associé au A-SMGCS
- Bande X (9.1 à 9.5 Ghz) Etat solide
- Couverture : 360 , jusqu'à 5 NM et 300 m sol



Figure 3.21 : Radar de surface

### 3.16 Comparaison entre Radar primaire et radar secondaire (côté exploitation) :

Ces deux systèmes ont les avantages et les inconvénients des principes de fonctionnement qu'ils utilisent. Grâce au radar primaire, on obtiendra des informations fiables de direction, de hauteur et de distance de la cible, mais le radar secondaire pourra apporter des informations supplémentaires telles son identification ou encore son altitude.

## **Chapitre 3 : Radar**

---

Dans le cas des radars secondaires, la coopération nécessaire de la cible (utilisation d'un transpondeur) permet une très forte réduction de la puissance émise (par rapport à un radar primaire offrant une portée de détection identique). En effet, la puissance émise est un paramètre de l'équation du radar qui doit tenir compte du trajet de l'onde aller et retour dans le cas du radar primaire, mais uniquement d'un „aller simple” dans le cas du radar secondaire.

### **3.16 Conclusion :**

Ce chapitre nous donne un aperçu les radars qui se décline en une variété de forme et de dimensions selon les demandes de l'utilisateur. Il est utilisé pour la détection et la surveillance en météorologie ; dans leur système de contrôle de vol ; pour le contrôle du trafic aérien autour d'un aéroport, la surveillance à longue portée (l'approche),... Et c'est le but et les avantages fournis par l'usage du Radar, ainsi que le coût ; qui précise le choix de l'acquéreur et c'est ce que le prochain et dernier chapitre traitera.



## Chapitre 4 : Implémentation d'un système de surveillance et contrôle PSR

### 4.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous allons appliquer l'implémentation du système de surveillance PSR au niveau l'aérodrome d'Oran, en démontrant les changements que cela impliquerait sur les services de la circulation aérienne.

### 4.2 Localisation de l'aérodrome d'Oran :

L'aérodrome d'Oran est situé dans le secteur (TMA) Nord/Ouest de classe D de la FIR d'Alger. On ce qui concerne les consignes locales il y a :

- Au Nord il la montagne de Murdjadju dont l'altitude de 540 m, située sur la Radiale 353° ORA à 5.9 NM ;
- Au Nord/ Est la montagne de Lion dont l'altitude de 631m, située sur la Radiale 038° ORA à 13.6 NM ;
- Au Sud/Ouest la montagne de Tessela dont l'altitude de 1087 m, située sur la Radiale 194 ORA à 20 NM.

Ce dernier est situé entre deux zones dangereuses :

- Zone de Bousfert située au Nord à 5 NM.
- Zone de Tafraoui situé au Sud à 2 NM.

**Tableau 4.1 : La classification de l'espaces aérien d'Oran<sup>1</sup>**

TMA ORAN		
TMA ORAN	Segments de droite joignant les points : 3729 N 00130 E – 3615 N 00130 W – 3550 N 00200 W - Point intersection de la frontière Algéro-Marocaine avec la cote méditerranéenne – Puis Frontière Algéro-Marocaine jusqu'à son intersection avec le parallèle 3300 N. Ensuite, le parallèle 3300 N jusqu'au point 3300 N 00130 E Enfin, le méridien 00130 E jusqu'au point 3729 N 00130 E.	FL 450 (3) Espace RVSM entre FL290 et FL410 inclus D

<sup>1</sup> SIA Algérie. AIP Algérie. Partie aérodrome. 06 Avril 2017

## Chapitre 4 : Implémentation d'un système de surveillance et contrôle PSR

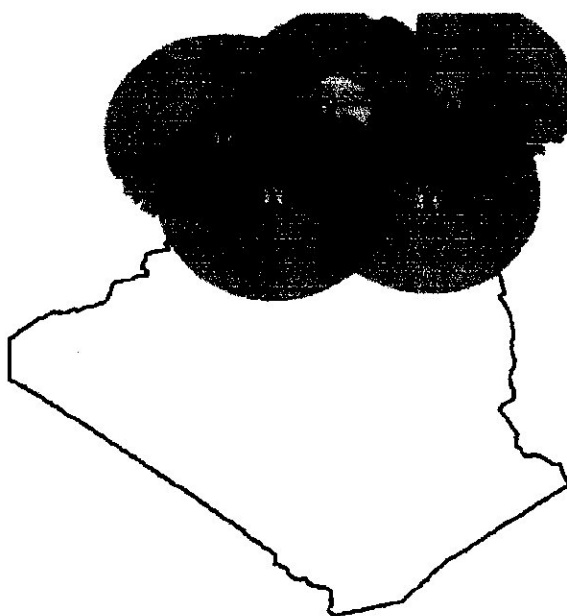
Note : (3) : a) à l'intérieur du cercle de 25 NM de rayon centré sur 353817 N 0003444 W. Limite inférieure 300 M GND/MSL.

b) à l'extérieur du cercle limite inférieure FL 45 ou 300 M GND lorsque le FL 45 se trouve à moins de 300 M/ GND.

c) au-dessus des zones de contrôle incluses dans ses limites latérales, la limite inférieure de la TMA est fixée au plafond de ces zones.

### 4.3 Les moyens de D'aide à l'atterrissage et surveillance actuels de l'aérodrome d'Oran :

- Il existe un seul ILS pour la piste R25I.
- Il est doté d'un SSR situé au hauteur de la montagne Murdjadjou, dont les coordonnées sont 35°45'46.88"N 000°46'16.20"W. Ce dernier assure une couverture indicative et valable au moins à partir du niveau FL100.



● Couverture radar secondaire FL 245.  
○ Couverture radar primaire FL 340.

**Figure 4.1 : La description des zones de couverture radar primaire et radars secondaires sur la fire d'Alger<sup>2</sup>**

<sup>2</sup> AIP de l'aérodrome d'Oran

## Chapitre 4 : Implémentation d'un système de surveillance et contrôle PSR

---

### 4.3 Situation de contrôle d'approche actuelle de l'aérodrome d'Oran/Ahmed Ben Bella :<sup>3</sup>

4.3.1 La zone de responsabilité du contrôle d'approche d'Oran est déterminée comme suit :

- A l'Est Arc de cercle de 20 NM centré sur le VOR MOS
- A l'Ouest Arc de cercle de 20 NM centré sur le VOR ORA
- Au Nord et Sud tangentes à ces deux cercles
- Limite inférieure : 450m/1500'
- Limite supérieure : FL 105

4.3.2 Les services rendus par le contrôle d'approche :

- De contrôle
- D'information
- D'alerte

Note : Les vols IFR bénéficient de ces trois services tandis que les vols VFR n'en bénéficient que du service d'information et d'alerte.

4.3.3 L'attente est à 42 NM du VOR ORA :

- Elle s'effectue sur le VOR/DME MOS ;
- L'orientation du circuit est : 056°/236° ;
- Le temps d'éloignement est d'une (01) minute.
- Lorsque le Vor/DME MOS est hors service l'attente s'effectue sur le NDB MOS.

---

<sup>3</sup> Manuelle d'Exploitation Approche de DAOO/ Chapitre 6

## Chapitre 4 : Implémentation d'un système de surveillance et contrôle PSR

---

### 4.3.4 La séquence d'approche :

- Elle est de 7 minutes pour les pistes 25 R et 25L, à partir du circuit d'attente recevra l'autorisation de libérer son niveau d'attente vers 3300'QNH pour intercepter le Localizer au plus tôt lorsque l'aéronef précédent aura passé ON et de manière à se présenter sur l'OM à 1620''QNH (7NM d'Oran).  
L'HAP est basé sur le Locator ON.
- Elle est de 12 minutes pour les pistes 07L/07R, l'aéronef procède comme pour la piste 25 ensuite virage à droite.  
Une dérogation est admise en cas de nécessité d'urgence, et le but peut être atteint avec plus d'efficacité mais aussi avec autant de s sécurité.
- L'aéronef qui suit sera autorisé à effectuer l'approche lorsque l'aéronef qui le précède :
  - A signaler qu'il est en mesure de terminer son approche sans se trouver dans les conditions météorologiques de vol au instrument ;  
ou
  - Qu'il est entré en communication avec la tour de contrôle de l'aérodrome est suivi par cet organe, et lorsque l'on peut raisonnablement prévoir un atterrissage normal.
- Clairances particulières :
  - Descente VMC : Sur demande du pilote, un aéronef à l'arrivée peut être autorisé à descendre en assurant sa propre séparation, à condition de demeurer dans les conditions météorologiques de vol à vue, si les messages indiquent que cela est possible.
  - Approche à vue :
    1. Un aéronef en vol IFR peut être autorisé à effectuer une approche à vue si le pilote commandant de bord peut garder le sol en vue et :

## Chapitre 4 : Implémentation d'un système de surveillance et contrôle PSR

---

a. Si le plafond signalé se trouve au niveau d'approche initiale approuvé pour cet aéronef ou plus haut ; ou

b. Si au niveau d'approche initiale ou à tout moment de la procédure d'approche au instruments, le pilote commandant de bord signale que les conditions météorologiques sont telles qu'il y a tout lieu de croire qu'une approche et un atterrissage à vue sont possible.

2. Les séparations seront assurées entre un aéronefs autorisé à effectuer une approche à vue et les aéronefs à l'arrivée et au départ.

### 4.3.5 Priorité à l'atterrissage :

Dans la séquence d'approche une priorité spéciale peut être accordée :

- A un aéronef dont le pilote prévoit qu'il va atterrir pour des motifs intéressant la sécurité de l'aéronef ( panne moteur, manque de carburant... )
- A un aéronef sanitaire ou un aéronef transportant des malades ou des blessés graves dont l'état exige des soins urgents.
- Transite : les transits sont interdits
- Vols locaux : procédures et tours de piste en fonction du trafic.

### 4.3.6 Transfère du contrôle d'approche au contrôle d'aérodrome :

L'aéronef à l'arrivée sera transféré au contrôle d'aérodrome lorsque l'une des éventualités suivantes se présente :

- L'aéronef est au abords de l'aérodrome et on estime que l'approche et l'atterrissage seront effectuées à vue.
- L'aéronef se trouve dans des conditions météorologiques de volà vue ininterrompues.

## **Chapitre 4 : Implémentation d'un système de surveillance et contrôle PSR**

---

Le contrôleur d'approche demande au pilote de l'aéronef de contacter la tour d'Oran sur la fréquence 118.1 Mhz et annoncera ce trafic par téléphone au contrôleur d'aérodrome.

### **4.4 Besoin opérationnels de surveillance au niveau de l'Ad d'Oran :**

Dans le cas échéant, c'est au exploitants d'exprimer les besoins opérationnels, à savoir les autorités de l'aviation civile, les compagnies aériennes et les contrôleurs aériens. La sécurité est le facteur commun en terme de besoin pour ces exploitants.

#### **4.4.1 Les besoins des autorités de l'aviation civile :**

- Faire face à l'augmentation du trafic aérien,
- L'amélioration de la séquence d'approche actuelle qui est pénalisante et elle ne répond pas aux exigences de la fluidité, l'efficacité et la rapidité.
- L'amélioration des performances des opérations SAR.
- Diminution des coûts d'investissement et d'exploitation.
- Respecter les standards internationaux.

#### **4.4.2 Les besoins des compagnies :**

- Augmenter la sécurité de leurs vols
- Optimiser le temps de vol et donc son coût par la réduction de la consommation fuel et des retards.
- Augmentation de la capacité de l'espace aérien et de celle de l'aérodrome.

#### **4.4.3 Les besoins des contrôleurs aériens sont :**

- Augmenter la sécurité des moyens de surveillances radar déjà existants (SSR).
- Diminuer la charge de travail dans les zones à forte densité.

## Chapitre 4 : Implémentation d'un système de surveillance et contrôle PSR

---

### 4.5 Implémentation d'un système de surveillance PSR sur l'AD d'Oran :

Dans le but de résoudre les problèmes de sécurité aérienne et de saturation d'espace au niveau de l'approche d'Oran, et venir au besoins cités ci-dessus.

L'Autorité de l'aviation civil algérienne, après étude spécialisée de la TMA Nord/West généralement et l'espace aérien de d'Oran spécialement menée par son représentant l'ENNA ; est arrivée à la décision d'implanter un Radar Primaire de Surveillance au niveau de l'Ad d'Oran.

#### 4.5.1 Le PSR Implanter sur l'Ad d'Oran :

L'Indra PSR est un système de radar qui incorpore les dernières technologies dans un système de radar de surveillance d'aéroport. Il permet de contrôler tout avion dans l'espace aérien - clairement, simultanément et sans interférence. Avec ses capacités incontestées de détection, l'Indra PSR offre la sécurité maximale pour chaque pilote, passager et avion qui vole dans l'espace aérien sous son contrôleur, lui permettant une séparation minimale de 3 NM dans des zones de sa juridiction.

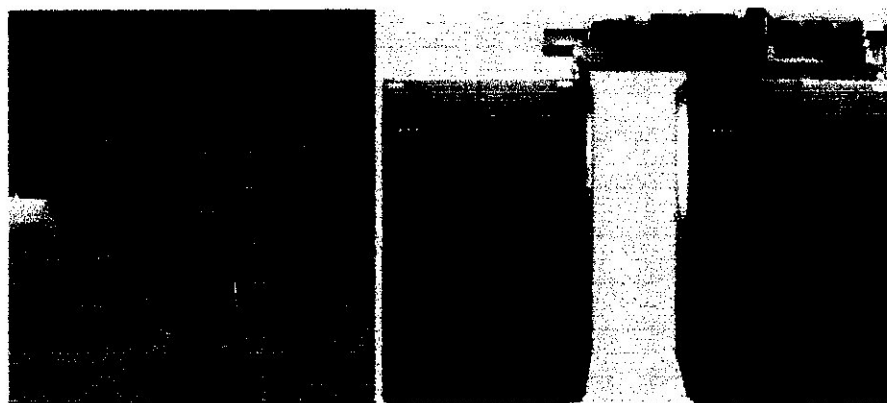


Figure 4.2 : Le Indra PSR

#### A. Les performances du Indra PSR :

- Tout à semi-conducteurs marche avec MTD.
- Trois configurations de couvertures utilisable

## Chapitre 4 : Implémentation d'un système de surveillance et contrôle PSR

---

- Sa couverture est de 60Nm Approche final ; 80Nm Courte Approche et 100Nm pour une longue approche.
- Il a l'accord d'exploitation de l'OACI qui qualifie ses capacités.
- Il est doté d'un doppler performant, il peut détecter l'Avion dans le temps.
- Il est doté d'un NWS comprenant six carte météorologiques de niveau.
- Il a une interface à architecture de réseau ouverte, aisément exploitable par les contrôleurs par sa schématisation graphique.
- Facile à maintenir.

### **B. Caractéristiques opérationnels du Radar Indra :**

- 31000 signales calculés par tour.
- 1500 plots par tour.
- 1000 cibles détectées par scan :
  - 64 cibles détectées sur un secteur de  $11.25^{\circ}$  (1/32 of a scan).
  - 42 cibles détectées sur un secteur de  $2.8125^{\circ}$  (1/128 a scan).
- Délai d'affichage après détection de la cible est de :
  - Pour les Plots : de 0.4 seconds
  - Les cibles : de 0,5 s soit 40% du tour nominal de l'antenne.
  - La détection totale de la cible après corrélation avec le SSR est moyen de 2 s. (généralement 0.6 s).

**Note :** pour plus de détails technique consulter Annexe 4.

### **4.6 Simulation de la couverture Radar Primaire au niveau d'Oran :**

Pour la réalisation de cette petite simulation de couverture Radar on a fait appel à l'un des services que Google met à disposition des développeurs pour



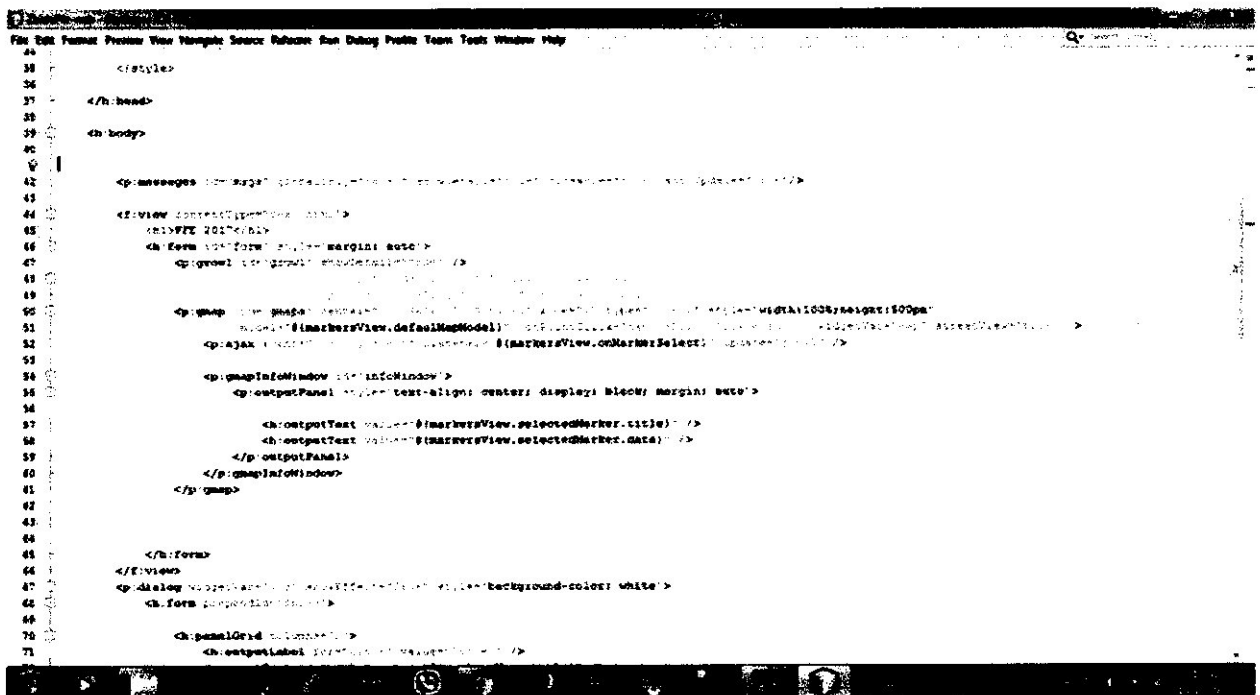
## Chapitre 4 : Implémentation d'un système de surveillance et contrôle PSR

les aider à créer et développer leurs travaux en usant de sa propre vision sur le monde. Ce service est nommé qui est « Google Maps JavaScript API ».

Il nous donne la possibilité d'ajouter nos propres markers (des points, des adresses) et dans notre cas ça a été la couverture Radar primaire centrée d'Oran, en utilisant le langage de programmation JavaScript pour l'instant c'est nous qui s'occupants d'ajouter ces Markers statique dans une base de données propres à nous.

Même dans cette simple simulation, plusieurs choses sont à noter :

1. Nous déclarons l'application au format HTML5 en utilisant la déclaration `<!DOCTYPE html>`.
2. Nous créons un élément div appelé « map » pour contenir la carte.
3. Nous définissons une fonction JavaScript qui crée une carte dans l'élément div.
4. Nous chargeons Maps JavaScript API au moyen de la balise script.

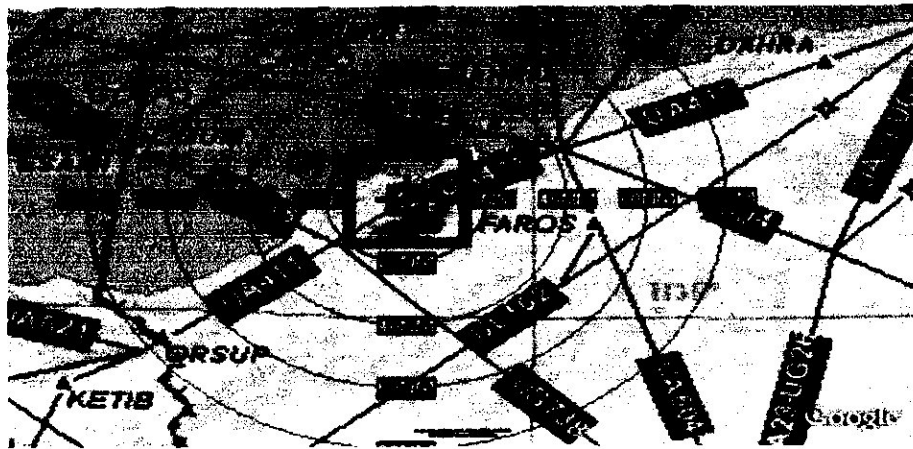


```
44 </style>
45
46 </h:head>
47
48 <h:body>
49
50
51 <p:messages id="messages" data-bbox="152 625 658 635" />
52
53 <h:form id="form" data-bbox="152 640 575 815" style="background-color: white;">
54 <input type="text" value="" />
55 <input type="button" value="Ajouter" />
56 </h:form>
57
58 <h:map id="map" data-bbox="152 680 835 770" style="width: 100%; height: 100px;">
59 <script data-bbox="152 680 835 770" type="text/javascript">
60 // Initialize the map
61 var map = new google.maps.Map(document.getElementById("map"), {
62   zoom: 15,
63   center: new google.maps.LatLng(36.7, -3.1)
64 });
65 // Add a marker
66 var marker = new google.maps.Marker({
67   position: new google.maps.LatLng(36.7, -3.1),
68   map: map
69 });
70 </script>
71 </h:map>
72
73 </h:body>
74 </html>
```

Figure 4.3 : Saisie des données en JavaScript dans l'API Google

## Chapitre 4 : Implémentation d'un système de surveillance et contrôle PSR

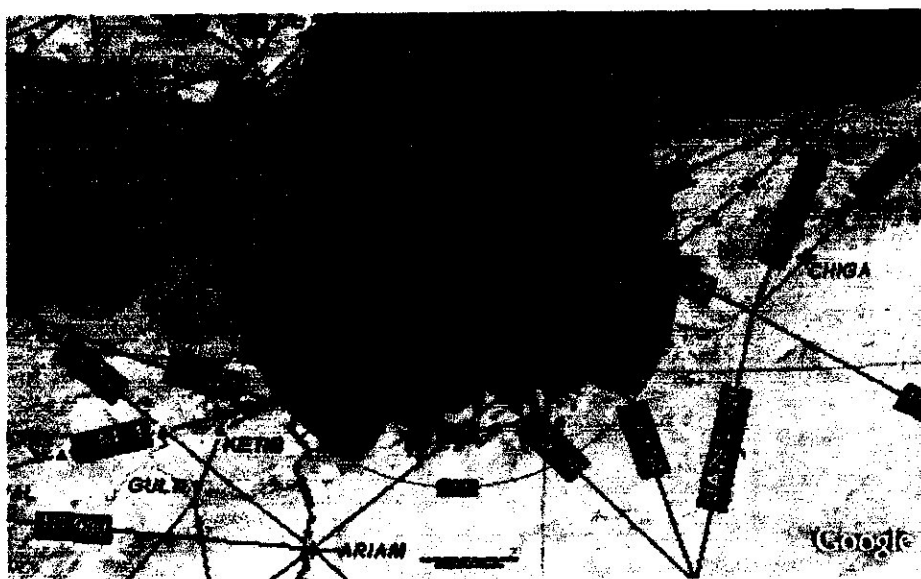
---



**Figure 4.4 : Couverture radar PSR niveau FL20**



**Figure 4.5 : Couverture radar PSR niveau FL50**



**Figure 4.6 : Couverture radar PSR niveau FL100**

## Chapitre 4 : Implémentation d'un système de surveillance et contrôle PSR

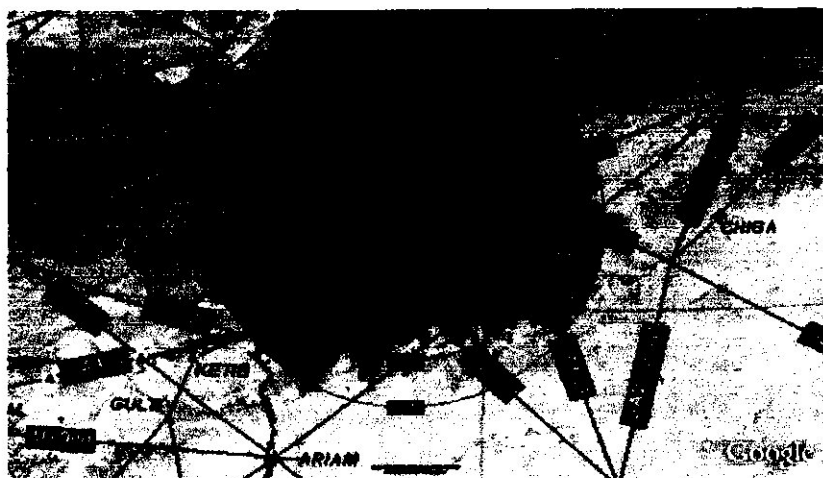


Figure 4.7 : Couverture radar PSR niveau FL200

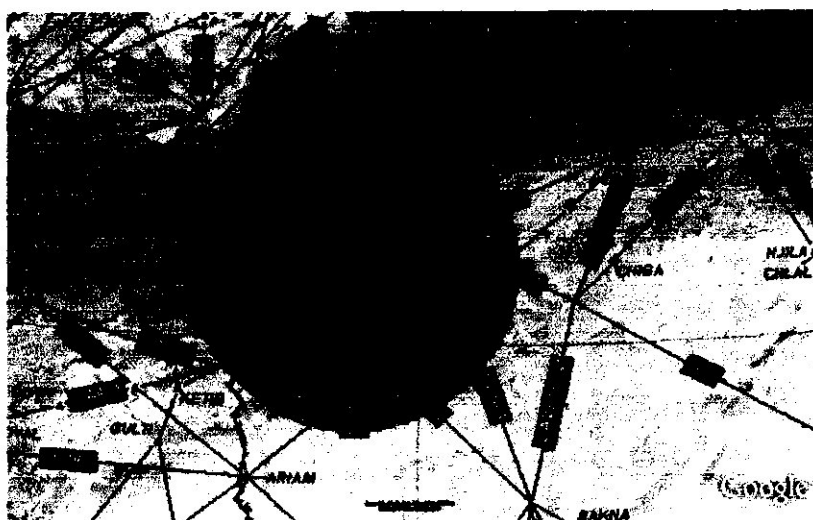


Figure 4.8 : Couverture radar PSR niveau FL500

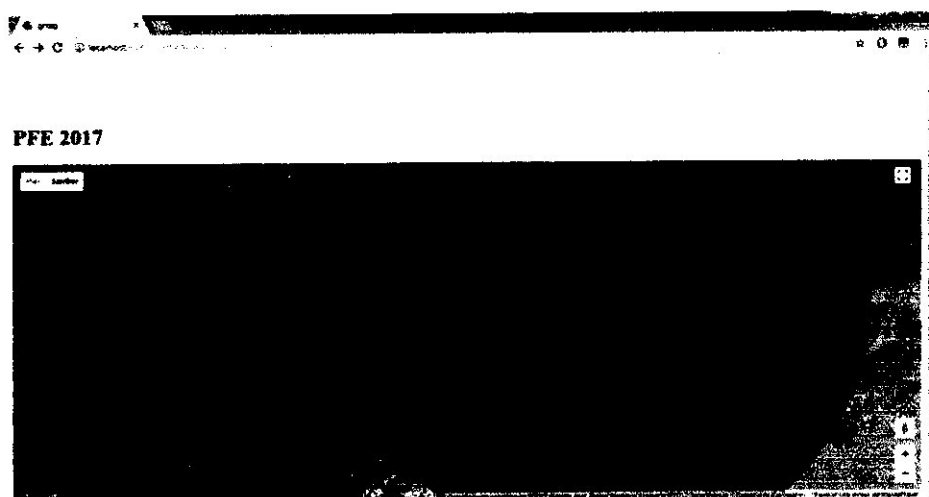
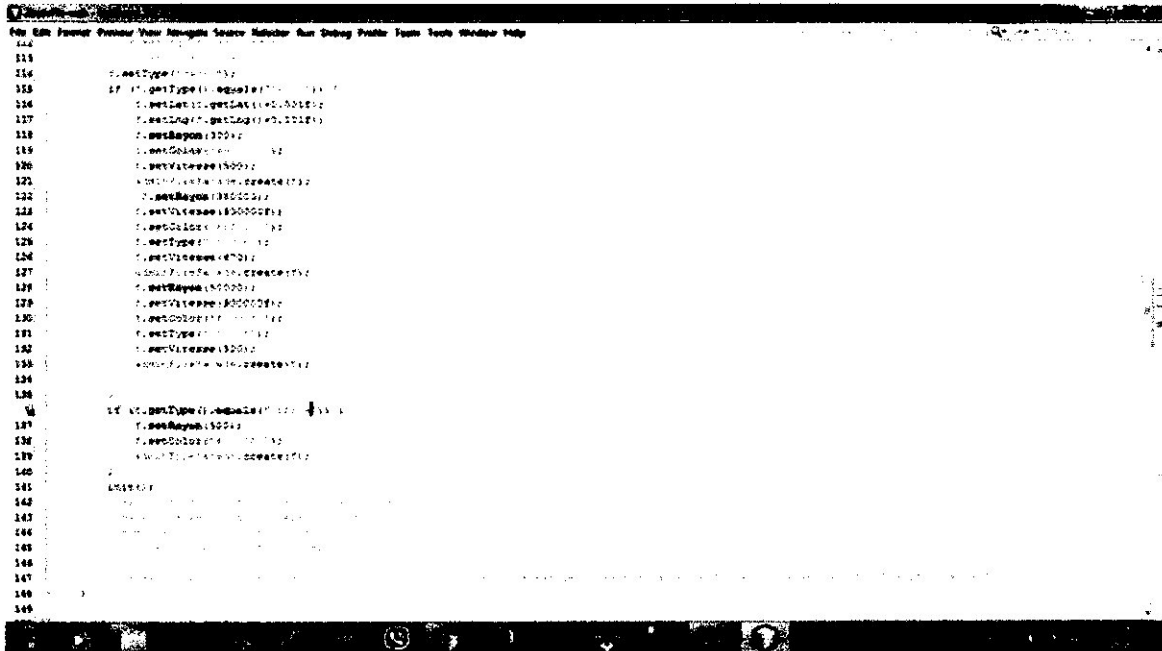


Figure 4.9 : Couverture PSR (Bleu) et couverture SSR (Rouge)

## Chapitre 4 : Implémentation d'un système de surveillance et contrôle PSR

**Note :** Pour rendre la simulation plus dynamique, nous pourrions envisager de consommer un service qui nous permettra de positionner les avions et afficher les données de plots les concernant, comme il est démontré dans la figure ci-dessous.



```
113  
114  
115  
116  
117  
118  
119  
120  
121  
122  
123  
124  
125  
126  
127  
128  
129  
130  
131  
132  
133  
134  
135  
136  
137  
138  
139  
140  
141  
142  
143  
144  
145  
146  
147  
148  
149  
150  
151  
152  
153  
154  
155  
156  
157  
158  
159  
160  
161  
162  
163  
164  
165  
166  
167  
168  
169  
170  
171  
172  
173  
174  
175  
176  
177  
178  
179  
180  
181  
182  
183  
184  
185  
186  
187  
188  
189  
190  
191  
192  
193  
194  
195  
196  
197  
198  
199  
200  
201  
202  
203  
204  
205  
206  
207  
208  
209  
210  
211  
212  
213  
214  
215  
216  
217  
218  
219  
220  
221  
222  
223  
224  
225  
226  
227  
228  
229  
230  
231  
232  
233  
234  
235  
236  
237  
238  
239  
240  
241  
242  
243  
244  
245  
246  
247  
248  
249  
250  
251  
252  
253  
254  
255  
256  
257  
258  
259  
260  
261  
262  
263  
264  
265  
266  
267  
268  
269  
270  
271  
272  
273  
274  
275  
276  
277  
278  
279  
280  
281  
282  
283  
284  
285  
286  
287  
288  
289  
290  
291  
292  
293  
294  
295  
296  
297  
298  
299  
300  
301  
302  
303  
304  
305  
306  
307  
308  
309  
310  
311  
312  
313  
314  
315  
316  
317  
318  
319  
320  
321  
322  
323  
324  
325  
326  
327  
328  
329  
330  
331  
332  
333  
334  
335  
336  
337  
338  
339  
340  
341  
342  
343  
344  
345  
346  
347  
348  
349  
350  
351  
352  
353  
354  
355  
356  
357  
358  
359  
360  
361  
362  
363  
364  
365  
366  
367  
368  
369  
370  
371  
372  
373  
374  
375  
376  
377  
378  
379  
380  
381  
382  
383  
384  
385  
386  
387  
388  
389  
390  
391  
392  
393  
394  
395  
396  
397  
398  
399  
400  
401  
402  
403  
404  
405  
406  
407  
408  
409  
410  
411  
412  
413  
414  
415  
416  
417  
418  
419  
420  
421  
422  
423  
424  
425  
426  
427  
428  
429  
430  
431  
432  
433  
434  
435  
436  
437  
438  
439  
440  
441  
442  
443  
444  
445  
446  
447  
448  
449  
450  
451  
452  
453  
454  
455  
456  
457  
458  
459  
460  
461  
462  
463  
464  
465  
466  
467  
468  
469  
470  
471  
472  
473  
474  
475  
476  
477  
478  
479  
480  
481  
482  
483  
484  
485  
486  
487  
488  
489  
490  
491  
492  
493  
494  
495  
496  
497  
498  
499  
500  
501  
502  
503  
504  
505  
506  
507  
508  
509  
510  
511  
512  
513  
514  
515  
516  
517  
518  
519  
520  
521  
522  
523  
524  
525  
526  
527  
528  
529  
530  
531  
532  
533  
534  
535  
536  
537  
538  
539  
540  
541  
542  
543  
544  
545  
546  
547  
548  
549  
550  
551  
552  
553  
554  
555  
556  
557  
558  
559  
560  
561  
562  
563  
564  
565  
566  
567  
568  
569  
570  
571  
572  
573  
574  
575  
576  
577  
578  
579  
580  
581  
582  
583  
584  
585  
586  
587  
588  
589  
590  
591  
592  
593  
594  
595  
596  
597  
598  
599  
600  
601  
602  
603  
604  
605  
606  
607  
608  
609  
610  
611  
612  
613  
614  
615  
616  
617  
618  
619  
620  
621  
622  
623  
624  
625  
626  
627  
628  
629  
630  
631  
632  
633  
634  
635  
636  
637  
638  
639  
640  
641  
642  
643  
644  
645  
646  
647  
648  
649  
650  
651  
652  
653  
654  
655  
656  
657  
658  
659  
660  
661  
662  
663  
664  
665  
666  
667  
668  
669  
670  
671  
672  
673  
674  
675  
676  
677  
678  
679  
680  
681  
682  
683  
684  
685  
686  
687  
688  
689  
690  
691  
692  
693  
694  
695  
696  
697  
698  
699  
700  
701  
702  
703  
704  
705  
706  
707  
708  
709  
710  
711  
712  
713  
714  
715  
716  
717  
718  
719  
720  
721  
722  
723  
724  
725  
726  
727  
728  
729  
730  
731  
732  
733  
734  
735  
736  
737  
738  
739  
740  
741  
742  
743  
744  
745  
746  
747  
748  
749  
750  
751  
752  
753  
754  
755  
756  
757  
758  
759  
760  
761  
762  
763  
764  
765  
766  
767  
768  
769  
770  
771  
772  
773  
774  
775  
776  
777  
778  
779  
780  
781  
782  
783  
784  
785  
786  
787  
788  
789  
790  
791  
792  
793  
794  
795  
796  
797  
798  
799  
800  
801  
802  
803  
804  
805  
806  
807  
808  
809  
810  
811  
812  
813  
814  
815  
816  
817  
818  
819  
820  
821  
822  
823  
824  
825  
826  
827  
828  
829  
830  
831  
832  
833  
834  
835  
836  
837  
838  
839  
840  
841  
842  
843  
844  
845  
846  
847  
848  
849  
850  
851  
852  
853  
854  
855  
856  
857  
858  
859  
860  
861  
862  
863  
864  
865  
866  
867  
868  
869  
870  
871  
872  
873  
874  
875  
876  
877  
878  
879  
880  
881  
882  
883  
884  
885  
886  
887  
888  
889  
890  
891  
892  
893  
894  
895  
896  
897  
898  
899  
900  
901  
902  
903  
904  
905  
906  
907  
908  
909  
910  
911  
912  
913  
914  
915  
916  
917  
918  
919  
920  
921  
922  
923  
924  
925  
926  
927  
928  
929  
930  
931  
932  
933  
934  
935  
936  
937  
938  
939  
940  
941  
942  
943  
944  
945  
946  
947  
948  
949  
950  
951  
952  
953  
954  
955  
956  
957  
958  
959  
960  
961  
962  
963  
964  
965  
966  
967  
968  
969  
970  
971  
972  
973  
974  
975  
976  
977  
978  
979  
980  
981  
982  
983  
984  
985  
986  
987  
988  
989  
990  
991  
992  
993  
994  
995  
996  
997  
998  
999  
1000
```

**Figure 4.10 :** Saisie des données dynamiques en JavaScript dans l'API Google

### 4.6 Le changement imposé dans le contrôle de la CA après l'implémentation du PSR :

Les contrôleurs aériens se verront basculer de contrôle aérien classique en appliquant des séparations tactiques pré-définies dans le manuel d'exploitation d'approche à un contrôle Radar instantané.

### 4.7 Formation et Qualification du personnel sur l'exploitation du PSR<sup>4</sup> :

La sécurité est primordiale dans le domaine de l'aéronautique, afin de l'assurer à un niveau maximal. L'OACI accentue le facteur humain, puisque ce dernier est le composant majoritaire dans la chaîne aéronautique, et a mis un point d'honneur sur le savoir et le savoir-faire de chaque membre du personnel œuvrant dans le domaine aéronautique, en consacrant la première annexe de

<sup>4</sup> Annexe 1 à la Convention relative à l'aviation civile internationale : Licences du personnel

## Chapitre 4 : Implémentation d'un système de surveillance et contrôle PSR

---

la convention relative à l'aviation civile internationale à la « Licences du personnel ».

Ce qui nous mène à nous pencher sur le type et la durée de la formation pour la qualification Radar que le personnel mener à y travailler sur directement doit accomplir :

### 4.7.1 Personnel Technique :

Ces derniers se verront dans l'obligation de faire :

- Une formation théorique d'un mois au niveau du CQRENA.
- Une première période de pratique sur site (Ad d'Oran) de 2-3 semaine
- Une première période de probatoire de 3mois sur site (Oran)
- Après ils passeront un 1er teste par un inspecteur.
- Une deuxième période probatoire de 3mois sur Site (Oran)
- Puis ils passeront un 2<sup>ème</sup> teste par un inspecteur
- En dernier ils passeront devant un comité d'évaluation pour l'obtention de la qualification maintenance Radar primaire

### 4.7.2 Contrôleurs :

Ils devraient suivre :

- Une formation théorique de trois semaines au niveau du CQRENA.
- Une période de pratique sur simulateur de 10 semaines
- Une première période de probatoire de 3mois au niveau de la Tour d'Oran
- Après ils passeront un 1er teste par un inspecteur.
- Une deuxième période probatoire de trois mois au niveau de la tour d'Oran

## Chapitre 4 : Implémentation d'un système de surveillance et contrôle PSR

---

- Puis ils passeront un 2<sup>ème</sup> teste par un inspecteur
- En demier ils passeront devant un comité d'évaluation pour l'obtention de la qualification contrôle radar primaire.

### 4.8 Le contrôle d'approche Radar :

L'implantation du PSR engendra un changement remarquable dans le travail du service de la circulation aérienne, ces derniers se verront appliquer de nouvelles procédures nommées « Procédures Radar ».

Pour les détails revenez au point « 2.3 Emploi de systèmes de surveillance ATS dans le contrôle d'approche radar ».

### 4.9 Les avantages de l'implémentation du RADAR primaire sur l'Ad d'Oran :

- Passage de la surveillance vers le guidage RADAR ;
- Assurer la continuité de la séparation lorsque le trafic est transféré par le Control Régional ;
- La souplesse de séparation entre les aéronefs ;
- Création des raccourcis pour les arrivées et les départs ;
- D'avoir le contact RADAR avec le trafic inconnu à basse altitude ;
- Réduction de la consommation du carburant ; et de la pollution ;
- Réduction de l'occupation de la VHF ;
- Procéder directement vers les pistes 07R/07L(en fonction du vent).

### 4.10 Conclusion :

Ce chapitre nous a permis d'accentuer sur les problèmes survenant sur l'aérodrome d'Oran actuellement par l'usage des procédures classique dans le control du trafic aérien et comment y remédier par l'implémentation d'un PSR.

## Chapitre 4 : Implémentation d'un système de surveillance et contrôle PSR

---

Ainsi que tous les changement Structurelles et opérationnels que l'Ad d'Oran se verra subir pour mieux gérer la fluidité et la sécurité de trafic aérien à son niveau.

## Conclusion générale

---

Les travaux menés dans le cadre de ce mémoire visaient un double objectif. Il s'agissait d'une part, d'optimiser l'espace aérien au niveau de la TMA d'Oran, et d'autre assuré une meilleure sécurité de la circulation aérienne par l'implémentation d'un PSR.

La première partie du mémoire ; inclue un chapitre descriptif de l'ENNA et de l'aérodrome d'Oran de par son infrastructure et ses futures extensions qui le manieront à une augmentation importante du trafic suscitant plus de vigilance de la part des services de la CA, et pour cela un changement dans la méthode de contrôle du trafic d'impose.

Dans la deuxième partie du mémoire, nous avons expliqué le concept proposé comme alternative au niveau des ATC, qui est la surveillance et le guidage Radar en mettant en avant les différents avantages que ses procédures apporteront au niveau de sécurité et la fluidité du trafic aérien.

Dans la troisième partie nous avons présenté les Radar sous tous leurs formes ainsi que leurs différents usages pour une meilleure compréhension de leur exploitation dans les services du contrôle aérien ; plus exactement dans la surveillance et le guidage des aéronefs au niveau de l'approche et l'aérodrome.

Par ces trois premières parties nous sommes arrivées à conclure par le quatrième chapitre, dans lequel on a accentué sur la méthode de contrôle du trafic aérien actuellement employée par les ATC qui est basé sur les Procédures Classiques, avec une séparation de 5NM et fixant la limite inférieure à 450m/1500' ainsi que la limite supérieure à FL 105. Sachant que l'aérodrome d'Oran est situé entre deux zones dangereuses : La zone de Bousfert située au Nord à 5 NM et la zone de Tafraoui situé au Sud à 2 NM, ce qui pénalise le trafic aérien dans cette TMA en saturant rapidement son l'espace.

C'est là où la nécessité d'implémenter un système de surveillance PSR prend tout son ampleur, en premier lieu dans les procédures de contrôles qui passeront de la surveillance vers le guidage RADAR, c'est ce qui permettra de réduire la séparation de 5NM à 3NM et d'élargir la zone de surveillance fixant la limite inférieure à 20NM ainsi que la limite supérieure à FL 500. En assurant ainsi une meilleure fluidité du trafic au niveau de l'Ad d'Oran tout en avançant l'aspect sécurité.



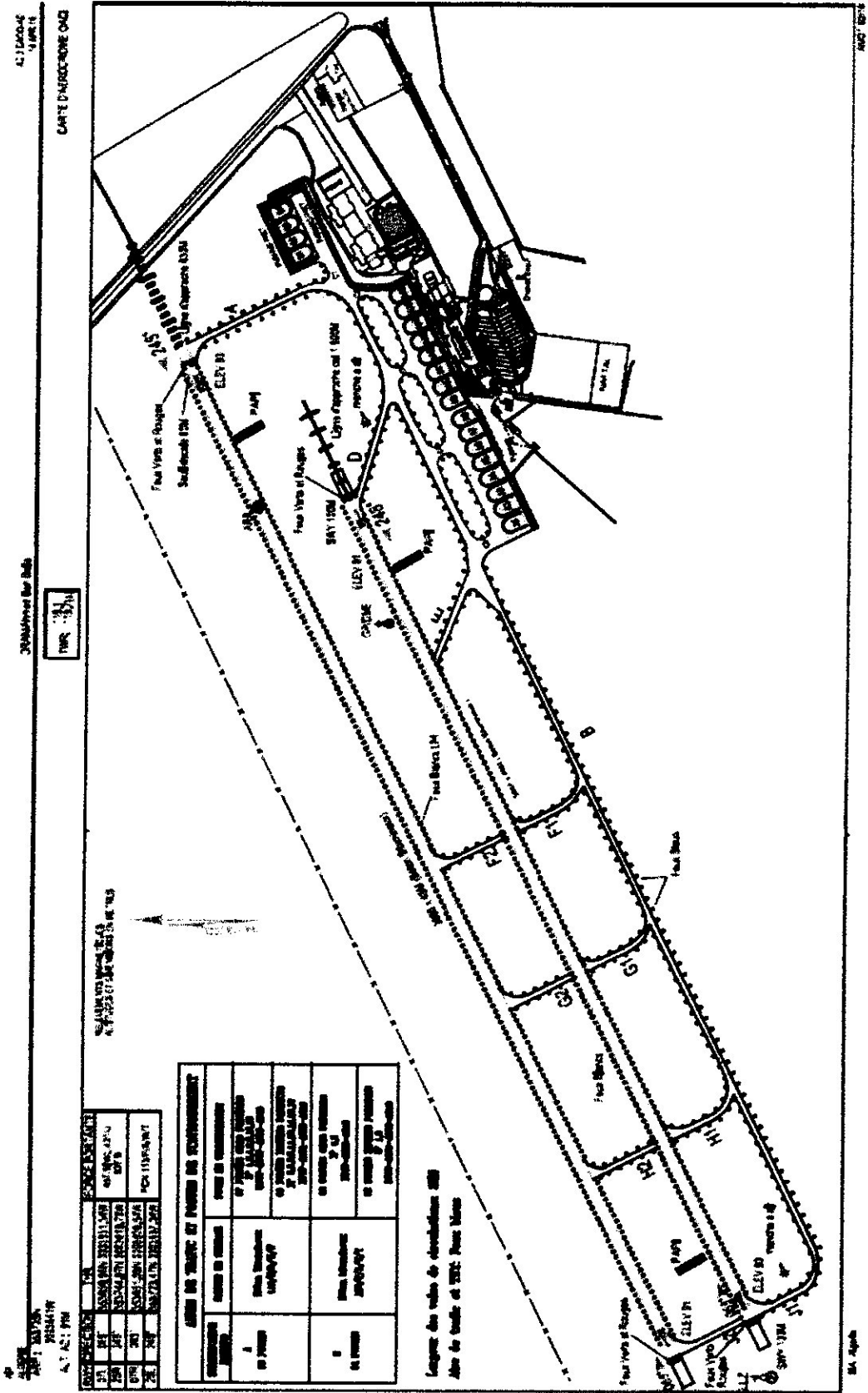
## Conclusion générale

---

Cette nouvelle procédure de contrôle naissante au niveau de la TMA d'Oran par l'implantation du PSR apportera énormément non par juste dans le côté ATS, mais aussi sur les revenus de l'entreprise ENNA, et fera des économies aux compagnies aériennes en temps, carburant et rassurera leur sécurité, sans oublier l'aspect pollution qui se verra en baisse au niveau de l'AD d'Oran grâce au temps de l'attente réduit.

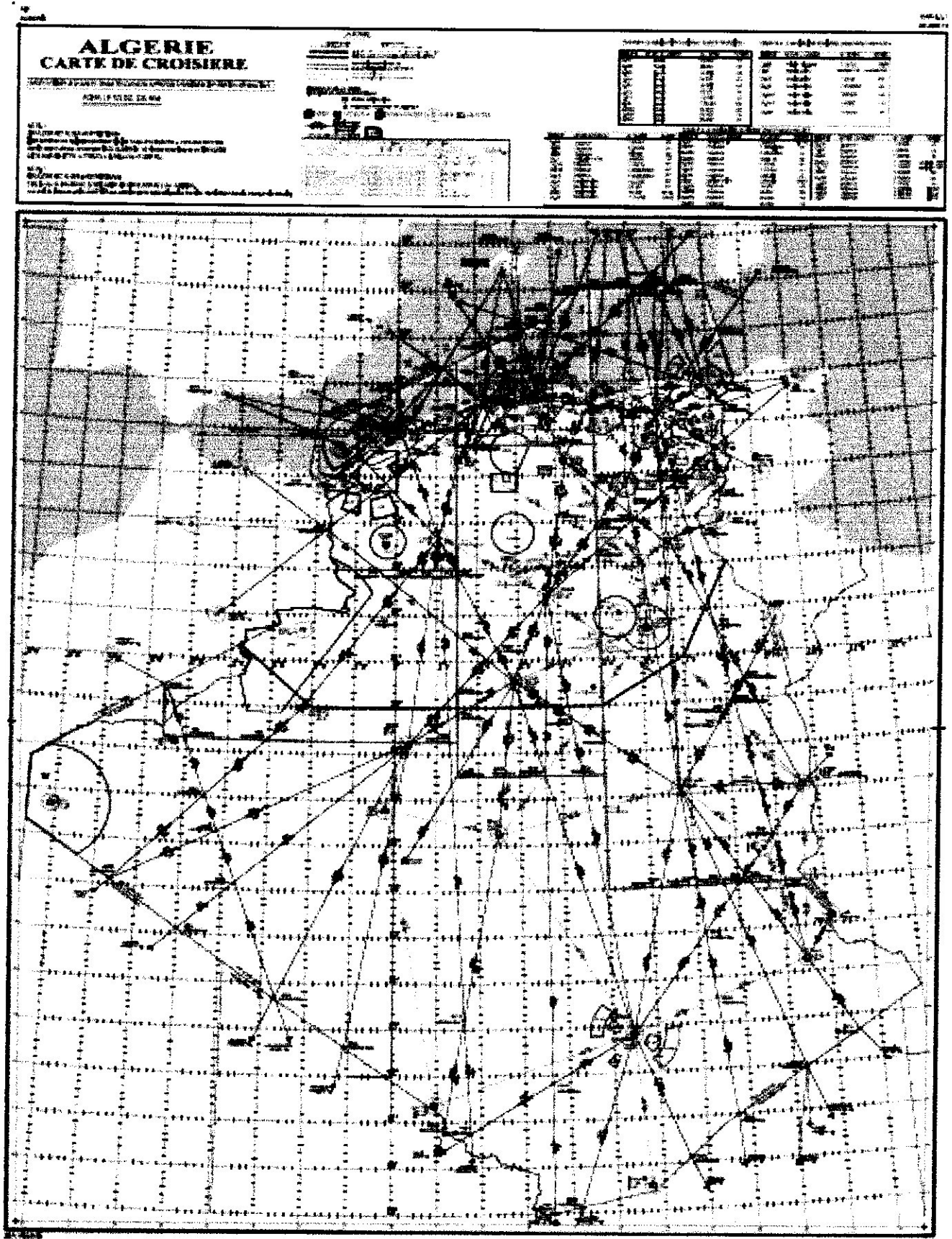
# Annexe 1

## Configuration de l'aérodrome d'Oran



# Annexe 2

## Catre de croisière





# Annexe 4

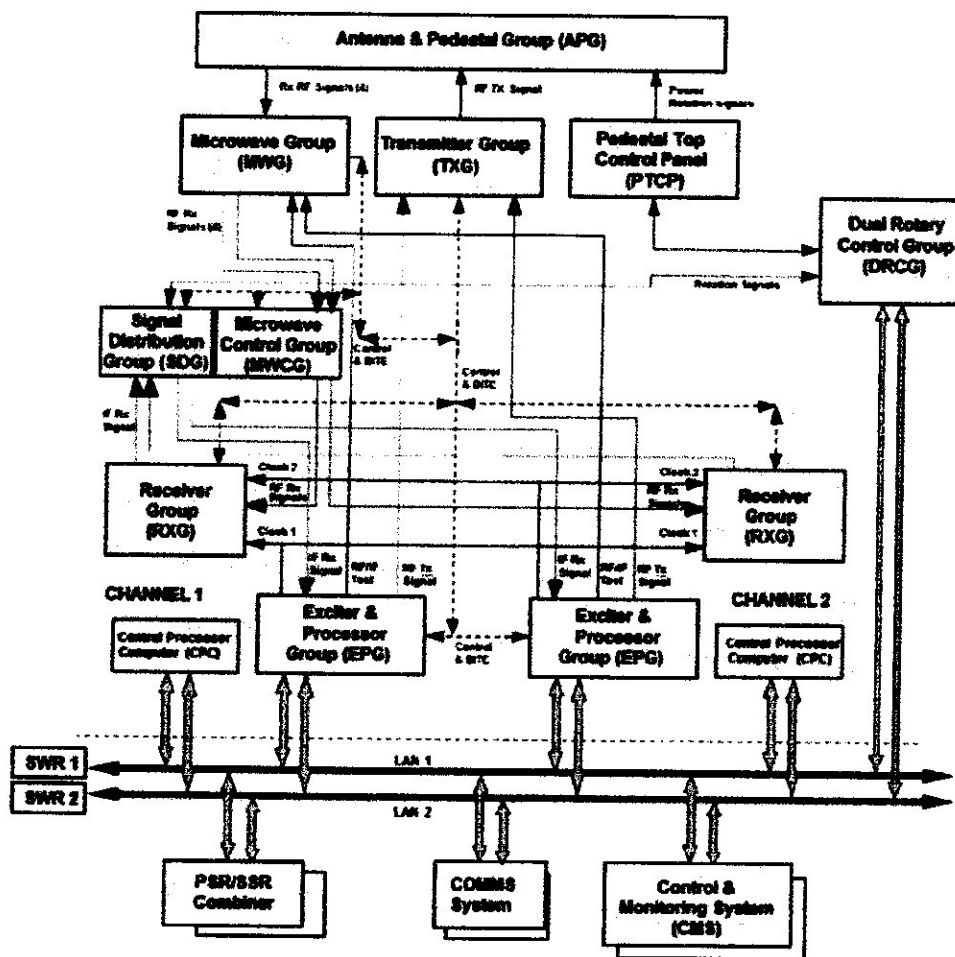
## Indra Radar

### System overview

The Indra PSR is a fully solid-state radar system that incorporates the latest technologies into an airport surveillance radar system. This system allows the air traffic controller to monitor all the aircraft in the airspace – clearly, simultaneously, and without interference. With its unchallenged capabilities, the Indra PSR offers maximum safety for every pilot, passenger, and aircraft that flies in the controller's airspace, allowing a minimum separation of 3 NM in control areas.

The main characteristics of this solution are as follows:

- All solid state with MTD performance.
  - Three coverage configurations available: 60 NM Terminal Approach, 80 NM Mid-Range Terminal Approach and 100 NM.
  - Proven ICAO performance throw reports of operational radar sites.
  - Uncompromised Doppler visibility detects aircraft in weather.
  - Calibrated, NWS compliant six-level weather mapping.
  - Seamless switching of antenna beams using dual receivers.
  - Control and monitoring via graphical user interface.
  - Open system architecture, readily interfaces to your ATC system.
  - Best value and high performance at competitive cost.
  - High reliability and ease of maintenance results in significant operating cost saving.
  - Internally redundant architecture.
  - Low false alarm aircraft detections in weather improve controller productivity.
  - Accurate weather situation picture allows aircraft to be safely routed around storms.
  - The most technologically advanced solid state, programmable, A-MTD Doppler processing.
  - High receive dynamic range solves clutter performance problems with solid state radar.
  - The superior dynamic range capability minimizes the long pulse saturation problem inherent in pulse compression radar system
  - Ultra low Doppler filter sidelobes provide unsurpassed rejection of weather.
  - A user-friendly radar to operate and maintain.
- Main components of the system are:
- Antenna and Pedestal Group:
    - S-band parabolic reflector antenna with dual beam.
    - Pedestal with dual redundant motor assemblies.
    - Rotary joint with dual redundant encoders.
  - Dual Rotary Control Group.
  - Pedestal Control Panel.
  - Redundant Transmitter Group.
  - Redundant Microwave Group.
  - Redundant Signal Distribution Group.
  - Redundant Microwave Control Group Dual redundant Receiver Group.
  - Dual redundant Exciter and Processor Group.
  - Dual redundant Central Processor Computer.
  - Dual redundant Switches.
  - Local and Remote Control and Monitoring systems.



PSR Functional Diagram and Main Interconnections

### Functionality

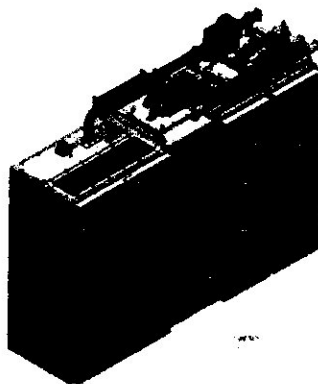
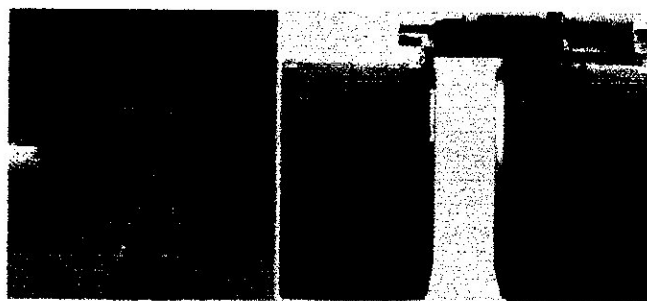
The Indra PSR is the performance standard by which all modern radar are measured – and most are found lacking. The bottom line in comparing performance is not in the performance numbers necessarily but in what the controller sees and has to use for his critical tasks of maintaining aircraft safety. A controller shall be able to see aircraft all the time, no matter the clutter or weather conditions. He should be able to see individual aircraft when they are close together. A controller's problem is enormously magnified when the display is cluttered with false targets arising from ground clutter, vehicular traffic, angels, and weather. These conditions cause extra work and stress. The Indra PSR was specifically designed to address these issues in order to provide a radar that can be used to safely control aircraft in all conditions; in fact, the Indra PSR was designed to match and improve the performance of the existing ASRs.

The Indra PSR radar is highly reliable S-band airport surveillance radar designed as an unattended system intended to operate twenty-four hours a day, 365 days a year and report status and surveillance data to the Air Traffic Control System. Except for the antenna and the transmitter, the equipment in the Indra PSR system is configured in dual channels to provide a totally redundant system. The transmitter is implemented using at least redundancy  $N + 1$ , providing inherent high reliability with a fail soft operation. With power margin designed into the transmitter, it can be maintained without interruption of service through graceful degradation.

When the system is switched off due to a power supply interruption, all the parameters and functions are stored in such a way that when the energy is restored the system is able to recover automatically within the operating conditions before the interruption with no need of manual intervention.

Powerful modern BITE system is implemented in both Local and Remote CMS, allowing the operator to know the system status continuously and being informed about any failure at LRU level. The BITE concept in Indra PSR is based in the idea of reduces maintenance tasks in the system by monitoring main system

performances figures automatically and reporting this data in the CMS. System LRUs are continuously monitored both in it status and its performances by monitoring different internal process points.



The Indra PSR System has the following features:

- Internally cross redundant architecture.
- Solid-state Transmitter with graceful degradation and hot repair.
- High dynamic range receivers.
- Digital I&Q signal generation and sampling at IF.
- Commercial off-the-shelf (COTS) Digital PowerPC Processors.
- COTS Data Processors.
- Open System Architecture.
- User friendly control and monitoring interfaces - graphical for ease of understanding.
- Wide range of interfaces.
- Completely redundant receivers and signal generators, different combinations are allowed.

Next table is a summary of the Indra PSR characteristics:

**Table 2-1. Indra PSR Characteristics Summary**

<b>SYSTEM</b>	
<b>Frequency</b>	2.7 to 2.9 GHz S Band
<b>Frequency Diversity</b>	2 frequencies (Long/Short Pulse) 75.8 MHz frequency diversity Possible exchange of frequencies for subsequent CPI and scan to scan.
<b>Peak Power</b>	> 20 kW (typically 22 kW)
<b>Degraded Power (fail-soft)<sup>1</sup></b>	≥ 11 kW and ≥ 8 PA
<b>RF Blanking</b>	Sectored in azimuth
<b>Pulse Width</b>	Short Pulse: 1.2 μs Long
<b>PRF (avg)</b>	735 to 1300 Hz (custom built), one pair of PRF, staggered
<b>Stability</b>	> 63 dB
<b>MTI Improvement Factor</b>	> 57 dB

<b>Subclutter Visibility</b>	> 50 dB
<b>Resolution</b> - Azimuth - Range	2. 5 d
<b>Accuracy</b> - Azimuth - Range - Time - Slant range gain error - Range bias	< 0.15 degrees, rms < 50 m, rms < 100ms < 1 m/nm < 50 m < 0.1°
<b>- Azimuth Bias</b>	
<b>Detection Range</b>	60 NM, 80 NM or 100 NM
<b>VSWR</b>	Up to 1.5:1 without alarms System withstand
<b>RECEIVER</b>	
<b>Overall Noise Figure</b>	< 2 dB
<b>Sensitivity</b>	< -126 dBm
<b>Dynamic Range</b>	> 84 dB
<b>MDS</b>	< -128 dBm
<b>STC</b>	Up to 103 dB. 3 stages (2 in RF and 1 in Digital): - First stage: Muter for transmission period and firsts miles. Channel Low Beam Target: Range 40 dB in steps of 0.156 dB. Channels High Beam Target and Low and High Beam Weather: Range 32 dB in steps of 0.5 dB. - Second stage; each channel: Range 63 dB in 0.03 dB steps. - Third stage (Digital): Minimum threshold for
<b>A/D Conversion</b>	16 bits @ 93 MHz
<b>PROCESSING</b>	
<b>Type</b>	A-MTD Doppler Filter Bank
<b>Filters</b>	14 Doppler Filters
<b>False Alarm Control</b>	Interference Suppression/Detection, CM- CFAR and Range CFAR each filter, Synchronous Clutter Map, Windfarm mitigation, LTE Immunity, Digital STC, NAIZ, PBZ, Clear Day Map, MTAT, MTAC,
<b>Weather Type</b>	Calibrated 6-level according to US- NWS / ICAO Doppler filter ground



<b>Remote Control and Monitoring</b>	Integrated to system with Graphical user Interface
<b>Capacity</b>	> 1500 plots/sc
<b>False Alarms</b>	< 10 per scan

### Functional Characteristics

The Indra PSR can be set in three surveillance standard configurations (relation between range and rotation period) and other configurations as required: Terminal Approach Mode with 60 NM coverage at rotation rate of 15 rpm; Mid-range Terminal Approach Mode with 80 NM coverage at rotation rate of 12 rpm; and Extended-range Terminal Approach Mode with 100 NM coverage and rotation rate of 10 rpm. System performances are identical in all configurations save for the maximum detection range.

The Indra PSR uses a fully solid-state transmitter to generate the radiated RF power. Redundancy is incorporated throughout to provide extremely high reliability and graceful degradation. The long pulse is used to achieve long-range coverage and the short pulse is used to fill in the range eclipsed by the long pulse. The N+1 or N+2 redundancy used in the transmitter allows the power (and detection range) to degrade gracefully if failures occur.

The receivers provide wide dynamic range to ensure that clutter does not saturate the long pulse prior to compression, thus solving a problem present in many solid-state radars. The receiver is unique in that the analogue to digital conversion is done at a high IF frequency, allowing a subsequent digital down-conversion with numeric oscillators and digital processing techniques to be used to extract the In-phase (I) and Quadrature (Q) vectors without imbalance.

The Processor Group implements the A-MTD Doppler filter bank concept, providing the processing and control functions in order to implement:

- Digital Pulse Compression for the frequency with the long pulse.
- Zero Doppler Signal Processing (tangential target detection, clutter rejection, super clutter visibility)
- Doppler Signal Processing (detection of aircraft in weather and clutter)
- Constant False Alarm Rate (CFAR) Processing (deletion of clutter returns) in each of the non-zero Doppler filters
- Synchronism generation.

### Processor Monitoring.

There will be two redundant processor groups, which consists of two identical processor channels. Each processor will be responsible for the signal (DSP) and data processing (DP) produced by the PSR. Each processor receives digitized video in the form of I and Q vectors; a system wide very high MTI improvement factor is achieved. The zero velocity Doppler output is compared against a high-resolution dynamic clutter map for detection of tangential targets in the presence of clutter. The non-zero Doppler filters provide the cancellation of moving weather using range averaging OFAR techniques. The A-MTD filters provide a velocity response. Each Processor includes the weather signal processing functions, independent of the target tasks, consisting of ground clutter filtering and reflectivity estimation.

The DSP<sup>2</sup> provides primitive detection data to the Data Processor (DP) where they are correlated into plot and track reports. The DP performs:

- Primitive detection and estimation of plot range, azimuth, amplitude and velocity.
- Scan-to-scan correlation (Tracking) to yield less than one false alarm at the output.
- Six-level weather contouring and mapping.
- Data formatting and report output.

The Indra PSR monitoring and control system is built around a redundant Ethernet Local Area Network (LAN) scheme. PCs connected to the LAN serves as the users' interface to the system. All of

the primary and secondary radar equipment can be controlled and monitored via LAN. The OMS can be located remotely to the user's facility, resulting in a design optimized for unattended operation.

- **MINIMUM RANGE:** The minimum range detected by the system is 0.25 nm, due to the length of the short pulse and due to the recovery time of the TR cells (receiver protectors). For the calculation, next parameters have to be taken into account:
  - Short pulse length (SPI): 1 microsecond.
  - Typical recovery time of receiver protector (Rt): 2.1  $\mu$ s. Calculation:
    - Blind time = SPI + Rt = 1 + 2.1 = 3.1  $\mu$ s
    - Minimum Range =  $\frac{C \cdot T}{2} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 3.1 \cdot 10^{-6}}{2} = 465 \text{ m} = 0.25 \text{ NM}$
- **FOUR CHANNELS AT PROCESSOR INPUT:** Four channels are available from the antenna group:
  - Low Target: Signal for target processing from low beam.
  - High Target: Signal for target processing from high beam.
  - Low Weather: Signal for weather processing from low beam (orthogonal output).
  - High Weather: Signal for weather processing from high beam (orthogonal output).

All of them passes through the receiver group and arrives to the processor input. The PSR selects either high or low beam signals by means of software, avoiding the use of mechanical switches which cause a blind area at the switching point.

Also, the PSR uses, simultaneously, high and low beam to mitigate the effects of Wind turbines.

- **SYNCHRONOUS CLUTTER MAP:** The PSR system works synchronizing transmission and azimuth. This means that the transmitted waveform and the antenna rotation are synchronized in such a way that scan to scan, the pulses are transmitted exactly in the same azimuth.

Because of this, the PSR obtains a very stable clutter map which achieves better superclutter visibility, due to better and more stable signal to clutter ratio, and better interclutter visibility, due to the stability and the small size of clutter map cells (1/2 beamwidth x 1/18 nm, which defines the extension of the effect produced by the level of every one of them).

The probability of detection is improved by all these features, because fewer false alarms will appear and the targets will be better detected. All these features allow the PSR system to achieve a great capability to detect tangential targets, which are targets with almost zero Doppler velocity. In other way, these targets could be mistaken for variations in the clutter map.
- **RESOLUTION:** The range resolution achieved by the PSR is the highest on the market. It is possible because this system uses a chirp modulated long pulse with 1.9 MHz of bandwidth and the pulse compression ratio is greater than 22.4 dB. Thus, it is possible to carry out a range resolution of 155 m.
- **STC:** The PSR STC function is defined per sector and has three stages:
  - First RF stage: Muffer function, to protect the receiver from the echoes of transmitted signal in the first nautical mile.
    - Channel Low Beam Target: Range 0 to 40 dB in steps of 0.156 dB.
    - Channels High Beam Target and Low and High Beam Weather: Range 0 to 32 dB in steps of 0.5 dB.
  - Second RF stage: Attenuation curves depending on the range. It is possible to configure high attenuation in some areas based on the clutter map to achieve better environment adaptation. This STC stage has 63 dB range and 0.03 dB step.
  - Third Digital stage: In the signal process, this last curve is the minimum threshold for target detection. It controls the probability of false alarms.
- **A-MTD PROCESSING:** This is a state of the art of the existing ASR. It must be highlighted:
  - Use of Synchronous Clutter Map. This noticeably improves detection in heavy clutter environments (subclutter and interclutter visibility).

- o Range Averaging CFAR algorithm based in the three-window method. This provides proven false alarm detection in severe clutter environments or moving weather, while simultaneously providing reliable detection of multiple aircraft even when they are separated only in range.
- o Doppler Filter Bank adapted to the system synchronous operation. It provides the desired detection performance in bimodal clutter by simultaneously rejecting ground and weather clutter while preserving visibility over the unaffected Doppler frequencies. All filters have equal sidelobes in their rain rejection bands which are 40 dB down from the response peak. The alternate heavy clutter filters provide greater than 50 dB of ground clutter attenuation with rain rejection sidelobes of 25 dB.

**Performances :**

**Radar Coverage :**

As referred to the instrumental coverage, the radar system will be able to detect and process targets from 0.25 up to 60 or 80 or 100 nautical miles in distance from the 10 rpm to 15 rpm and from horizon to 50° and from 0 and above 35,000 feet in height, in the 360° azimuth; except for geographical restrictions.

**Detection**

The detection is defined as the ability to identify a target within the specified coverage area. The performances of Indra PSR radar from the detection point of view are:

Probability of global detection of 90% for the following targets: •

Swerling type 1

- RCS = 1 m<sup>2</sup>
- P<sub>fa</sub> = 10<sup>-6</sup>

This detection performance is achieved for any kind of aircrafts within the PSR coverage.

Target with a larger RCS shall be detected with a higher probability. **3.2.3 Velocity**

**Response**

The Pulse Repetition Frequency (PRF) schemes of Indra PSR avoid the existence of blind speeds from 20 knots to 2000 knots with a 29:26 ratio or beyond 800 knots with a 13:10 ratio.

The system also performs algorithms to detect targets with tangential velocity (synchronous clutter map) even in areas with Subclutter Visibility (SCV).

**False and Multiple Target :**

A false plot is defined as any plot which has been detected or generated by the radar system providing an undesired result. The system is able to detect and to process these situations, thus reducing their damaging effects.

The Indra PSR data process eliminates false alarm produced by:

- Anomalous propagation.
- Second Time Around Returns (clutter MTAC and target MTAT).
- Interference.
- Static or slow movement elements.

In any case, the overall False Alarm Rate is less than 10 targets per scan on average in a normal clutter conditions.

**Precision, Accuracy and Resolution :**

This section contains relevant data concerning the precision, accuracy and resolution of the Indra PSR System:

- Range Precision
  - If target report is sent in ASTERIX Cat. 1, Target Range is reported with a precision of 1/128 NM.
  - If target report is sent in ASTERIX Cat. 48, Target Range is reported with a precision of 1/256 NM.
- Range Accuracy
  - Better than 50 m rms.
- Azimuth Precision
  - Target Azimuth is reported with a precision of 360°/ 65536 (approx. 0.0055°) in both formats ASTERIX Cat. 1 and Cat. 48.
- Azimuth Accuracy
  - Better than 0.15° rms.
- Time Stamping
  - The plot time stamp error when Master Clocks are synchronized with GPS satellites is less than 50 ms.
- Resolution
  - The probability to solve two targets with the same reflectivity, flying in the same height separated at least 1.5 times the compressed pulse length in distance or twice the 3 dB beam width in azimuth.
  - The values obtained are:
    - in azimuth 2.5°
    - in range for Long Pulse 155 m and for Short Pulse 230 m

requisites are achieved in azimuth thanks to antenna sidelobe features and in distance by means of the features of the waveform transmitted (FM with 1.94 MHz bandwidth) and the pulse compression technique implemented in the processor, which uses windowing techniques to improve sidelobes.

Bias errors in coordinates' estimation can be easily removed from CMS controls (azimuth and range offsets) after a recording analysis, as well as the gain error in slant range, keeping it below 1m/nm.

#### Range Resolution and Accuracy Description :

The compression techniques are used to improve system resolution. The technique allows converting a long and low resolution pulse into a short pulse (narrower bandwidth). Such short pulse improves the range resolution with the same power. As the minimum range, the range resolution of the system is related with pulse length. But using a long pulse modulated, the range resolution depends on the waveform frequency. In this case the resolution is calculated as:

$$RRES = \frac{c0}{2B}$$

With the used bandwidth 1.942 MHz and taking into account the window factor used in the pulse compression (aprox. 1,33); the range resolution is:

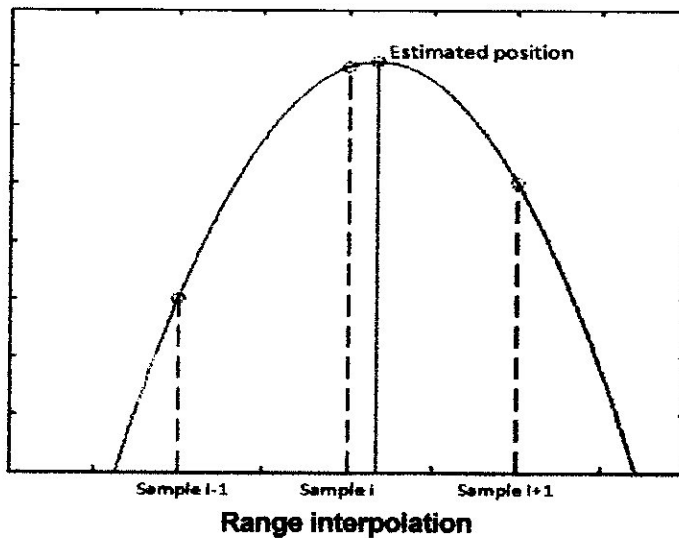
$$RRES = 1.33 \times \frac{c}{2B} \cong 102.73 \text{ m}$$

The system will be able to distinguish pulse separated  $RRES + RRES/2$ , so:  
*System Resolution distance* = 154.1 m  $\cong$  155 m

In the CPI, multiple detections of the same target will be produced in several range cells.

The detection range is calculated in micro-cells units (1/8 radar cell, 1/288 NM). To obtain the information of that micro-cell, the amplitude of neighbouring cells are used in order to get an approximation of the relative position inside the resolution cell, by means of interpolation techniques.

For example, when the target is centered in the cell (the position of the target is the center of that cell), the central sample is much bigger than the two adjacent cells, and those have the same amplitude. If the amplitude of one of the adjacent cells is higher, that means the target is not placed in the middle of the cell, is closer to that bigger cell.



The range cell of the system is 1/36 NM, that is equal to 51.44 m. But with the fine adjustment with the micro-cell interpolation, the system range accuracy is set to 50 m rms.

**Capability and Processing Delay:**

The system has been designed taken into account that, under the maximum load conditions, the system processor shall work using no more than 50% of maximum work load, and the amount of Random Access Memory in use will not exceed 50% of the available memory allocated for the system software.

The radar is able to process at least:

- 31000 primitives per scan in the signal process.
- 1500 plots per scan.
- 1000 tracks per scan.
  - o 64 tracks per 11.25° sector (1/32 of a scan).
  - o 42 tracks per 2.8125° sector (1/128 of a scan)

And the processing delay time is less than:

- Plots: 20% of the nominal antenna turn period (Typically 0.4 seconds)
- Tracks: 40% of the nominal antenna turn period (Typically 0.5 seconds)
- Total system delay for a target after its correlation with the SSR is better than 2 s. (Typically 0.6 seconds).

**PSR Improvement Factor**

<b>MTI Improvement Factor for Ground Clutter</b>	57,58 dB
<b>MTI Improvement Factor for Rain Clutter</b>	> 45 dB
<b>Subclutter Visibility for</b>	45.08 dB

# Références

## Bibliographie :

### 1) Mémoire et cours :

- Étude des futurs systèmes de surveillance. Mémoire Elaboré par Khamassi Seif eddine et Chebbi Aymen Encadré par : Mr Halleb ridha - Université Virtuelle de Tunis (UVT) -Année Universitaire : 2010/2011.
- Compte\_rendu sur les SYSTÈMES DE SURVEILLANCE DU CONTRÔLE DE TRAFIC AERIEN CIVIL Présenté par P. LEFEVRE / Conférence Arts & Métiers, Paris, 2 Février 2015
- FRDGAC\_2013\_Le-temps-des-INA\_Memoires-tectniques-1945-1985
- IVAO\_Organisme\_du\_control\_aerien
- Cours Radar L3 2014/2015 et M1 2015/2016 par Mme Athemani
- Cours ATM , Master 2 2015/2016 par Mme Derarni

### 2) Doc OACI et ENNA

- Dernière version RADAR DOC4444\_annex
- AIP de l'aérodrome d'Oran
- Manuelle d'Exploitation Approche de DAOO/ Chapitre 6
- Annexe 1 à la Convention relative à l'aviation civile internationale : Licences du personnel.

## Webliographie :

- <https://www.enna.dz/>
- [http://www.huffpostmaghreb.com/2016/11/10/aeroport-ahmed-benbella-o\\_n\\_12894532.html](http://www.huffpostmaghreb.com/2016/11/10/aeroport-ahmed-benbella-o_n_12894532.html)
- <http://www.simmer.fr/archives/175>
- <http://www.radartutorial.eu/02.basics/Radar%20primaire%20ou%20radar%20secondaire.fr.html>