



Ministère de l'enseignement Supérieure

Université Sâad Dahleb de Blida

Institut d'Aéronautique de Blida



026/2006
Ex 2
المكتبة
الطيران

THEME

ETUDE ET ELABORATION D'UN ALGORITHME DE TRAITEMENT
DES DONNEES DE VOL ET RADAR
APPLICATION A LA PHASE EN ROUTE

RAD&PLN



Projet de fin d'études pour
l'obtention du diplôme : ■ ■ ■

Ingénieur

Option :

Opérations Aériennes

Présenté par : ■ ■ ■ ■ ■

M^r. Omar Boumediene
M^r. Farid Chenna

Encadrés par : ■ ■ ■ ■ ■

M^r. C^{dt} Kemouche Mohamed Sadek
M^r. Rachid Ben Aissa



Remerciement

Nous remercions DIEU qui nous a donné

Tous pour faire bien

Nous remercions nos parents, nos familles pour leur soutien, leurs Sacrifices, leurs compréhensions et leurs prières.

Nous tenons à remercier le haut commandement des forces aériennes pour nous avoir donné la chance de suivre cette formation tout en mettant à Notre disposition les moyens nécessaires pour la parfaire.

Nous remercions notre école mère l'Ecole Préparatoire aux Etudes Aéronautiques qui nous a initié à la vie militaire et au monde Extraordinaire qu'est l'aéronautique.

Nous remercions également la direction du Centre de Recherche et Développement -CRD DAT- qui nous a ouvert ces portes et nous a permis l'accès au domaine de la recherche Aéronautique. Nous remercions en particulier notre promoteur C^{dt} Kemmouch Mohamed Sadec, Cdt Charchar, Mr Slimen notre Co-promoteur Mr Benaissa pour la confiance qu'ils nous ont accordées et toute la disponibilité dont ils ont fait preuve.

Nous n'oublierons jamais tous nos professeurs le long de notre cursus d'étude

Merci à l'IAB

Omar & Farid

Dédicace

Dieu me suffit, quel excellent Protecteur

L'offre de ce travail à tous ceux qui me son chers :

*A notre Prophète MOHAMED que le Salue Soi Sur Lui,
A mes très chers parents qui sont les yeux de ma vie pour leur
Soutient, leurs Sacrifices, leurs Compréhensions et leurs prières
« Mercie Monsieur et Madame Boumediene*

« D'avoir fait de moi un Homme »,

A mes très chers Frères et Soeur,

A ma très chers Grand Mère, mes Tantes et mes Oncles,

A mon copain Farid,

A toute la Famille Chenna, Boumediene, Kadi,

A tous mes amis,

A tous les ingénieurs d'Opération Aérienne _Promotion 2006_,

Aux Cdt Bairi, Cdt Khayat, Cdt Tekhimirine,

Aux M^r Sedik, M^r Omar, M^r Othman, M^r Ali, M^r Salah,

Aux M^r Yousef, M^r Aid, M^r Khaleed, M^r Ali, M^r Tarek, M^r Hassan

A TOUS LES MUSULMANS

Omar

Dédicace

*Je dédier ce projet
et tous mes efforts fournis ces six dernières années :*

*À toute ma famille surtout
Mon cher père et ma très chère mère
qui je dois mon existence
et qui m'ont soutient avec leur précieuse prière*

À mon frère binôme Omar qu'été patient avec moi

*Et j'adresse également à mes frères amis
Mouh, Djamel, Mosatapha khlifa, Aziz, Mussa, fares, bilel,
Bekkar, amine, khaled, Salim, lyes, et chaker*

Ainsi que tout mes collègues de la promotion 2006

*Bien sur à ma futur femme
Et toute la clic de PV13
Surtout mes soeurs sara, imen, et hassiba*

Et à toute les musulmans

Farid



Table des matières :

<i>Introduction</i>	001
 <i>Chapitre I : Système ATC</i>	
1/ Introduction.....	002
2/ La complexité du système d'aviation.....	004
3/ La Sûreté d'aviation et nouvelle technologie.....	005
4/ Gestion de trafic aérien et l'automatisation.....	006
5/ Système de contrôle du trafic aérien aux aéroports.....	007
6/ Futures aspects de l'ATM.....	008
 <i>Chapitre II : Automatisation du système ATC</i>	
1/ Système de gestion du trafic aérien.....	010
2/ Exemples des sys. Automatisées (CAUTRA).....	011
3/ Le futur de l'ATM.....	012
3-1- Exemples sur les projets de recherche sur l'Automatisation Avancée..	012
3-2- Scénario pour le futur.....	015
4/ Automatisation.....	016
4-1- Choix des fonctions à automatiser.....	016
4-2- Impact sur les performances.....	016
4-3- Domaine d'application.....	016
4-4- Les difficultés.....	017
4-5- Le processus du développement.....	017
5/ Conclusion.....	017

Chapitre III : Etude Technique et Opérationnelle sur Radar

1/ Généralités.....	018
1- Introduction.....	018
2- Les principaux types de radar.....	020
2/ Etude technique du radar (traitement de signal).....	021
1- Radar primaire.....	021
❖ Définition.....	021
❖ But.....	021
❖ Principe.....	021
❖ Performances.....	023
❖ Utilisation du radar primaire.....	025
➤ Avantages.....	025
➤ Inconvénients.....	025
2- Radar secondaire.....	026
❖ Définition.....	026
❖ But.....	026
❖ Données techniques.....	026
❖ Equipement sol.....	027
❖ Principe.....	028
❖ Utilisation du radar secondaire.....	028
➤ Avantages.....	028
➤ Inconvénients.....	028
3/ Etude Opérationnelle du radar.....	030
3-1- L'exploitation de radar pour l'ATC.....	030
a) Contrôle en route et terminal.....	030
b) Contrôle d'approche.....	033
c) Contrôle d'aire d'aéroport.....	034
d) Contrôle de météorologie.....	034
3-2- Détection –Fusion -Poursuite–Visualisation.....	035

Chapitre IV : Information du plan de vol

1/ Dossier de vol.....	038
1-1- Plan de vol Technique.....	038
1-2- Plan de vol ATC.....	039
2/ Parcours du dossier de vol.....	040
2-1- Parcours du plan de vol.....	040
2-2- Parcours du dossier de vol.....	041
3/ Forme OACI du Plan de Vol.....	042
4/ Circulation d'information du PLN.....	053
5/ Source d'information du PLN.....	053

Chapitre V : Traitement des données de vol (FDP)

1/ Introduction.....	054
2/ Fonctionnalités du FDP au cour de vol.....	054
○ Classement des PLNs Domestiques.....	054
➤ Fonctionnalités du FDP dans la phase de classement des PLNs...057	
○ Phase de départ des vols.....	058
➤ Distribution de l'autorisation/Affichage du strip de Vol.....058	
➤ Déblaiement du Pré départ.....059	
➤ Le contrôle au sol.....060	
➤ Contrôle local.....060	
➤ Fonctionnalités du FDP dans la phase de départ.....061	
○ Phase en route des vols.....	062
➤ Contrôle de Départ.....062	
➤ Procédures au cours du vol.....063	
➤ Unité de management du trafic.....064	
➤ Fonctionnalités du FDP dans la phase en route065	

○ Phase d'arrivée d'un vol.....	066
➤ Mesure en-route.....	066
➤ Contrôle d'approche.....	068
➤ Contrôle local.....	069
➤ Contrôle au sol.....	069
➤ Fonctionnalités du FDP dans la phase d'arrivée.....	069

Chapitre VI : Conception Algorithmique

1/ Introduction.....	070
2/ Conception de l'Algorithme.....	070
3/ Description de l'interface.....	071
➤ Fenêtre de commande.....	073
➤ Fenêtre de contrôle.....	075
➤ Fenêtre de visualisation.....	076
➤ L'organigramme de l'algorithme	077

ChapitreVII : Test et Validation du Programme

1/ Introduction.....	078
2/ Programmation en C++ builder.....	079
1. Qu'est ce que C++Builder?.....	079
2. Pourquoi C++Builder?.....	079
3/ Description des procédures de la simulation.....	080
➤ Conception de la BDD.....	080
a/ Procédure d'intégration.....	082
b/ Procédure de test d'alerte.....	083
1. Test d'identification.....	083
2. Test de position.....	084
3. Test de temps.....	087

c/ Procédure de la mise à jour du plan de vol.....088

Conclusion Générale.....089

Nomenclature :

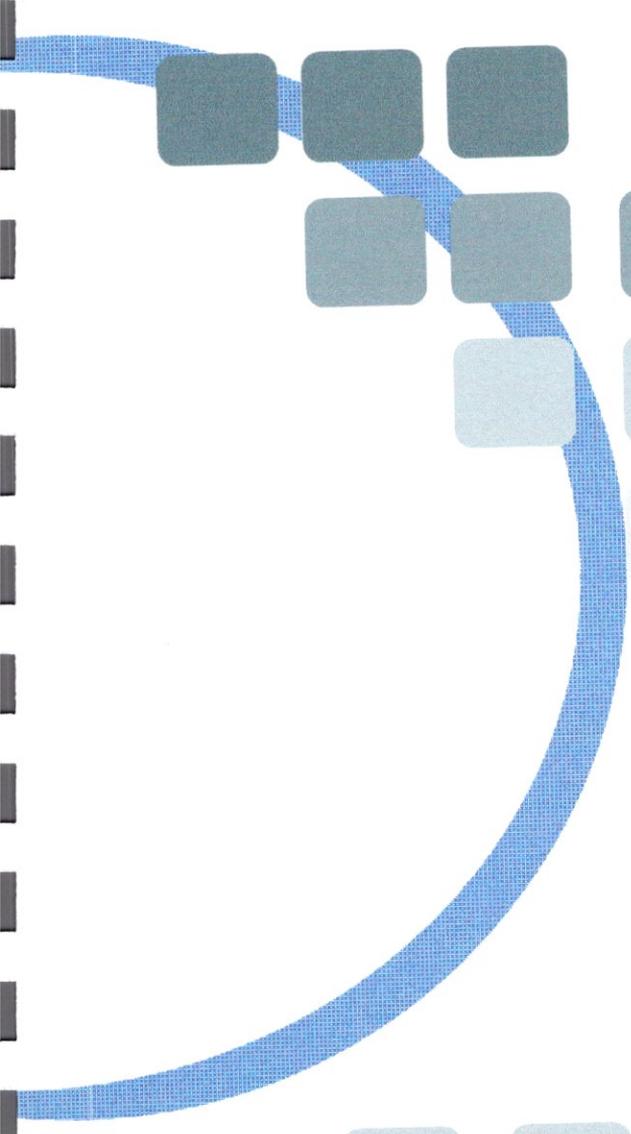
<i>ATC</i>	<i>Air Trafic Control</i>
<i>ADS</i>	<i>Automated Depended System</i>
<i>ATCS</i>	<i>Air Trafic Control System</i>
<i>ATCC</i>	<i>Air Trafic Control Centre</i>
<i>ATS</i>	<i>Air Trafic Service</i>
<i>ATN</i>	<i>Aeronautical Telecommunication Network</i>
<i>AD</i>	<i>Aerodrome</i>
<i>ATM</i>	<i>Air Trafic Management</i>
<i>ARTS</i>	<i>Automated Radar Terminal System</i>
<i>AOC</i>	<i>Airline Operation Center</i>
<i>BIA</i>	<i>Bureau d'Information Aéronautique</i>
<i>CCR</i>	<i>Centre de Contrôle Régionale</i>
<i>CNS</i>	<i>Communication Navigation Surveillance</i>
<i>CAG</i>	<i>Circulation Aérienne Générale</i>
<i>CAM</i>	<i>Circulation Aérienne Militaire</i>
<i>C.i.e</i>	<i>Compagnie Aérienne</i>
<i>CDB</i>	<i>Commandant de Bord</i>
<i>DME</i>	<i>Distance Measuring Equipment</i>
<i>Doc</i>	<i>Document</i>
<i>DMC</i>	<i>Détachement Militaire de Coordination</i>
<i>ETMS</i>	<i>Enlarged trafic Management System</i>
<i>EDCT</i>	<i>Estimated Departure Clearance Time</i>
<i>FDP</i>	<i>Flight Data Processing</i>
<i>FMP</i>	<i>Flight Management Positioning</i>
<i>FSS</i>	<i>Flight Service Station</i>
<i>FDIO</i>	<i>Flight Data Information Operation</i>
<i>FIR</i>	<i>Flight Information Routs</i>
<i>FDO</i>	<i>Flight Data Operation</i>

<i>GNSS</i>	<i>Global Navigation Satellite System</i>
<i>ILS</i>	<i>Instrument Landing System</i>
<i>IFR</i>	<i>Instrument Flight Rules</i>
<i>MO</i>	<i>Military Operation</i>
<i>MLS</i>	<i>Microwave Landing System</i>
<i>NOTAM</i>	<i>Note To Air Men</i>
<i>OACI</i>	<i>Organisation de l'Aviation Civile Internationale</i>
<i>PVD</i>	<i>Planification Opérationnelle des Vols</i>
<i>FRC</i>	<i>Full Route Clearance</i>
<i>PDR</i>	<i>Preferal Departure Routs</i>
<i>PAR</i>	<i>Preferal Arrival Routs</i>
<i>PDC</i>	<i>Pre Departure Clearance</i>
<i>PSR</i>	<i>Primary Surveillance System</i>
<i>PLN</i>	<i>Plan de Vol</i>
<i>RDP</i>	<i>Radar Data Processing</i>
<i>RADAR</i>	<i>RAdio Detection And Ranging</i>
<i>RSFTA</i>	<i>Réseau de Service Fixe de Télécommunications Aéronautique</i>
<i>SSR</i>	<i>Secondary Surveillance Radar</i>
<i>Sys.</i>	<i>Système</i>
<i>Traj.</i>	<i>Trajectoire</i>
<i>TMA</i>	<i>Terminal Manoeuvring Area</i>
<i>TWR</i>	<i>Tour de Contrôle</i>
<i>VOR</i>	<i>VHF Omni Range</i>
<i>VFR</i>	<i>Visual Flight Rules</i>

Liste des figures

<i>Fig.</i>	<i>Nom</i>	<i>Page</i>
III-1	<i>Schéma Synoptique du fonctionnement du Radar</i>	19
III-2	<i>Principe du Radar</i>	22
III-3	<i>Résolution angulaire en azimut : 2 cibles à même distance séparées angulairement de moins de 1°5 donnent un plot unique</i>	24
III-4	<i>Résolution en distance radiale : 2 cibles à même azimut et différence de distance</i>	24
III-5	<i>Principe du SSR</i>	27
III-6	<i>UTES-A</i>	31
III-7	<i>UTES-T</i>	32
III-8	<i>Organigramme de la fonction (fusion)</i>	35
III-9	<i>Organisation générale d'une poursuite automatique</i>	36
III-10	<i>Outils Des Contrôleurs</i>	37
III-11	<i>Position Des Contrôles</i>	37
V-1	<i>Forme OACI du Plan de Vol</i>	42
VII-1	<i>Image de l'interface simulée</i>	71
VII-2	<i>Ecran de visualisation radar</i>	76
VII-3	<i>Table de conception de la BDD</i>	81
VII-4	<i>La fenêtre de plan de vol</i>	82
VII-5	<i>Déclenchement d'alerte pour un avion non déclaré</i>	83
VII-6	<i>Déclenchement d'alerte pour un avion hors trajectoire</i>	86
VII-7	<i>Déclenchement d'alerte de temps non respecter</i>	87
VII-8	<i>La fenêtre de changement de plan de vol</i>	88





Chapitre 0

Introduction Générale

Introduction Générale :

La gestion est le noyau de tout projet, système, entreprise, etc. Autrement dit, c'est l'un des points les plus sensible et les plus important pour avoir de bons résultats dans tous les domaines ;

Si on fait une projection sur notre domaine (Navigation Aérienne), on trouve que l'ATC est le meilleur exemple d'une gestion vaste, complexe et sécurisée qui a besoin de moyens techniques et humaines de haute qualité et professionnalisme.

Notre spécialité (Opération Aérienne) a pour but de traiter le domaine économique de l'aviation en générale ; et en particulier les compagnies pour avoir une bonne rentabilité avec un haut niveau de sécurité ;

Localement, en Algérie, on a remarqué que la majorité des ingénieurs d'opération aériennes ont concentré leur travail au sein de la compagnie, c à d : Achat des aéronefs, les qualifications, la rentabilité des lignes aériennes, etc. ; mais ils n'ont pas traité les redevances du contrôle aérien qui est très chers à cause :

✓ Du matériel importé, par exemple :

Pour le radar SSR du CCR qui est formé du :

_ Matériel (Italie) ;

_ Système (France –Thalès) ;

✓ Les formations à l'étranger pour la qualification sur ce système ;

Et malgré ça, l'exploitation de ce système n'est pas totale, car la plus part de ces fonctions ne s'exécutent pas se qui réduit la sécurité en gardant le même prix. Pour cette raison, on a voulue faire l'initiative dans ce domaine en commençant par la base.

Notre thèse touche le domaine du contrôle aérien qui consiste à mener une étude sur les systèmes qui traitent les données de vol **FDP** (Flight Data Processing) et les données radar **RDP** (Radar Data Processing), et ensuite élaborer un algorithme qui collecte ces données et capable d'être intégré dans un **système de visualisation radar** pour l'ATC.

Pour accomplir cette tâche, on va se baser sur les trois points suivants :

- Etude du système **FDP, RDP** ;
- Elaboration de l'algorithme de l'**INTÉGRATION** ;
- Test et validation de l'algorithme élaboré.





Chapitre I

Systeme ATC

1/Introduction :

L'aviation civile est un système complexe : fournisseurs de contrôle de trafic aérien, gestion du contrôle de trafic aérien, l'industrie, magasins d'entretien, autorités nationales d'aviation, les organismes internationaux et les aéroports qui doivent travailler d'une façon étroitement coordonnée pour s'assurer un système sûr, opportun et coût efficace d'aviation.

L'aviation militaire a également de diverses difficultés puisqu'elle actionne un éventail types d'avion, du grand avion de transport, du combattant et avion de formation, et les hélicoptères ;

Ces avions sont exigés à fonctionner dans tous les environnements de l'espace aérien et avoir les conditions spéciales de l'espace en plus de l'utilisation générale de l'espace (par exemple vol de bas niveau, en vol réapprovisionnement en combustible et entraînement au combat air-air).

Le caractère de la planification du contrôle de trafic aérien (ATC) est de manière significative affectée par trois facteurs importants :

- Son vaste taille géographique ;
- Sa diversité (approche, en route, ...etc.);
- La multiplicité des organismes intergouvernementaux impliqués dans les aspects de la planification ;

La collecte des données et avis de divers objectifs de sources pour obtenir une image claire d'une situation dans ces organismes, qui sont aujourd'hui impliqués dans l'ATC.

L'information rassemblée est nécessaire pour une meilleure fonctionnalité et plus d'efficacité dans le secteur du gestion du trafic aérien (ATM)

CNS/ATM (communications, navigation, surveillance/gestion de trafic aérien) décrit les concepts techniques pour la fourniture des services de contrôle aérien ;

Ceci couvre également des futurs concepts tels que des liaisons de transmission des données numériques pour la transmission des données opérationnelles, en introduisant les systèmes de navigation par satellite tel que l'ADS et le système satellitaire de navigation globale (GNSS), en même temps qu'un réseau de transmission global, ainsi les systèmes locaux (**Radars et leur services de traitement**) ;

Ces systèmes peuvent fournir des possibilités pour le contrôle de trafic aérien, les opérations de ligne aérienne et le transport des passagers afin de rencontrer Le but de l'ATM.

2/La complexité du système d'aviation :

Les aéroports sont peut-être le sous-ensemble le plus complexe du système d'aviation civile, ils pourraient faire partie d'une industrie globale qui inclut différente infrastructure (Bâtiments, Chaussés, ...etc.) ;

Les personnes chargées de L'ATC (le contrôle du trafic aérien) sont souvent accusées d'être responsables de la majorité du retard des vols ; Les bases des données nous indiquent que le pourcentage du retard causé par le contrôle du trafic aérien est environ le tiers des retards, mais il n'y a aucune donnée dure fiable, quant à combien retard sont causés par les aéroports et les différents composants des aéroports ;

Le **trafic aérien** se compose principalement du trafic aérien opérationnel militaire (OAT) [Circulation Aérien Militaire (CAM)] et le trafic aérien général (GAT) [Circulation Aérien générale (CAG)] ; Bien que le trafic aérien militaire soit moins de 5%, OAT exige des grands volumes de l'espace où l'avion militaire peut s'exercer pour l'interception, bombardement, etc. ;

GAT entoure les autres mouvements, généralement du vol d'avion d'un point à l'autre, qui a besoin des couloirs protégés ; elle inclut également quelques autres sortes des vols (les loisirs, formation, travail aérien,...etc.) où dont les besoins sont semblables à ceux d'OAT. Tous ces types de trafic aérien concurrencent pour la même ressource : **"L'ESPACE AERIEN"**.

Le rôle de l'ATM est d'allouer cette ressource aux utilisateurs de sorte que chacun d'eux obtient une part raisonnable, en les permettant d'accomplir leurs tâches et pour prospérer la croissance des transports aériens qui a déjà mené à des nombreux problèmes, les problèmes des aéroports surchargés, les systèmes de contrôle surchargés de trafic aérien (ATCS), et les retards qui affecte la plus part des grands aéroports qui provoque le phénomène de **La congestion**.

3/Sûreté d'aviation et nouvelle technologie :

La sûreté d'aviation est la directive fondamentale pour toutes les autorités d'aviation, qui peuvent influencer sur la croissance de l'industrie d'aviation. Le transport aérien demeurera le mode le plus sûr du transport dans les années à venir. Assurer ceci exige que deux conditions fondamentales soient réunies :

- Conformée les applications mondiales des normes d'OACI et pratiques recommandée parce que le niveau de la sûreté dans l'aviation sera toujours directement relié au niveau de l'exécution de ces normes.
- L'exécution a large mot dont les systèmes de CNS/ATM, où il comporte l'intégration des satellite et la technologie de l'informatique avec les communications, navigation, et la surveillance.

Mettre en application les principales bases de satellite du système CNS/ATM, il rendra possible à augmenter le nombre d'avion qui peut voler sans risque et efficacement dans un espace donné. L'objectif de la communauté d'aviation mondiale n'est rien moins qu'un système qui fournit à l'opérateur d'avion la liberté pour choisir un plan préféré de vol avec les minimums contraints.

La communauté de l'aviation mondiale a la responsabilité morale de faire tout qui est humainement possible pour assurer la sûreté et le développement efficace d'aviation civile internationale. Chacun doit vraiment croire que toutes les parties sont entièrement investies à la sûreté d'aviation et de harmonisés le système globale du transport aérien.

4/Gestion du trafic aérien et l'automatisation :

Le système de gestion du trafic aérien est un système complexe, il comporte un grand nombre des agents humains et technique, il doit pouvoir traiter des aéronefs ayant des performances et des équipements variés, c'est un système ouvert dont l'arrêt rapide dans un état sécuritaire est un impossible.

La fonction principale du contrôle de la circulation aérienne est d'assurer un écoulement sûr et ordonné des vols, en évitant les collisions entre les aéronefs en l'air ou les abordages au sol. Sa raison d'être et avant tout la sécurité des passagers.

Depuis 40ans l'informatique a été introduite dans la gestion du trafic aérien. L'automatisation a porté sur le traitement des données radar et de plan de vol pour distribuer l'information pertinente aux contrôleurs sur les secteurs, et facilité les transferts de contrôle des vols entre ces secteurs. Elle permis d'augmenter le trafic aérien avec une diminution dans la productivité des contrôleurs.

Dans les 10 prochaines années, des outils d'assistance au contrôleur et au pilote permettront d'augmenter la sécurité et la capacité dans une mesure que l'on ne sait pas évaluer. L'automatisation consiste a transférer a un système (totalement ou partiellement) des tâches effectuée jusqu'à présent par un opérateur humain. Tant que l'automatisation n'est pas totale. L'opérateur garde un rôle et on parlera d'assistance automatisée.

La simple apparition du radar être déjà considérée, dans ce cadre, comme une forme élémentaire d'automatisation. L'automatisation n'est pas donc une opération « tout ou rien », mais bien un lent processus qui a ces racines aux origines du contrôle aérien et continue depuis sa lente progression.

Le questionnement que nous devons avoir n'est donc pas « pour ou contre l'automatisation », mais plutôt : « comment automatiser ».

5/Système de contrôle du trafic aérien aux aéroports :

Les contrôleurs, les pilotes et les conducteurs de véhicule seront aidés par différents outils d'aide à la décision, ce qui fournira :

- une image améliorée de la situation du trafic.
- détection automatique des incursions et des conflits de piste entre les avions roulant.
- des conseils améliorés à l'avion sur le secteur de mouvement.
- une planification améliorée des mouvements au sol d'avion à tenir compte du plus efficace utilisation de la capacité des pistes.

Il y a un manque d'espace et d'aéroports, Les pertes actuelles de productivité et les inefficacités sont principalement les résultats d'un système de transport aérien qui conduit principalement par retarde et coût élevé de pénalité ; En créant un système de transport aérien qui permettra le partage de l'information entre tous les associés impliqués dans la gestion d'un vol et l'étude sur la façon dont projeter, établir, et employer le plus efficacement la capacité disponible.

6/Futures aspects de l'ATM :

Dans la nécessité de fournir un service rentable à capacité proportionnée, le but fondamental de l'ATC est d'assurer la séparation sûre de l'avion tandis que dans le ciel ou sur la terre.

Un éventail d'actions est nécessaire pour optimiser l'exécution du système ATM. La conception de l'espace aérien doit être améliorée : en particulier, les secteurs là où le trafic devrait être localement réorganisé, y compris le "sectorisation".

Une base technique essentielle pour des futurs concepts dans le domaine de contrôle est la technologie. Ces concepts doivent être préparés afin de réaliser sa intégration dans les futurs systèmes de CNS/ATM. Au cours des prochaines années à venir et plus long, on le prévoit que le radar primaire et secondaire continuera à être employé, complété par le mode S. Les régions éloignées et océaniques verront la plus grande utilisation de l'ADS à compléter et remplacer.

Donc pour réaliser les avantages économiques d'un système moderne de transport aérien, et ainsi que l'intégration des fonctions de la communication globale, la navigation et de la surveillance avancée avec un système de gestion moderne et efficace de trafic aérien. **Ceci exige** un équipement capablement avancé sur l'avion, qui peut fonctionner en harmonie avec le centre de contrôle de trafic aérien amélioré (ATCCs).

L'OACI doivent continuer à travailler avec des Etats membres pour expliquer et raffiner le concept de CNS/ATM, les avantages de la nouvelle technologie d'installation et l'économique nécessité d'un système moderne de transport aérien.

Les systèmes de contrôle de trafic aérien d'aujourd'hui sont la plupart du temps conçus pour exécuter la surveillance du trafic aérien et d'autres services de trafic aérien (ATS). En outre, ils doivent être conçus pour être modulaire et flexible afin de servir toutes les sortes d'opérateurs et volumes de trafic aérien aux aéroports internationaux et domestiques.

Plusieurs avantages peuvent être dérivés de l'exécution des éléments de CNS/ATM. Ces avantages peuvent être regroupés dans cinq catégories :

- Perfectionnement de la sûreté.
- Amélioration de l'économie du vol.
- Réduction de retard.
- Augmentation de la capacité de l'espace aérien.
- Amélioration de productivité des contrôleurs.

Alors le concept (CNS/ATM) comme défini par l'OACI est un système de communication, navigation et surveillance, utilisant des technologies numériques, y compris les systèmes satellites ainsi que divers niveaux d'automatisation, appliqués à l'appui d'un système global de l'ATM.

❖ **Communication :**

- Réseau De Télécommunication Aéronautique (ATN) ;

❖ **Navigation :**

- Systèmes de Navigation (VOR, NDB, DME) ;
- Systèmes Satellites De Navigation Globale (GNSS) ;
- Système d'atterrissage (ILS, MLS) ;

❖ **Surveillance :**

- Radar primaire (PSR) et secondaire de la surveillance (SSR) ;
- Surveillance Dépendante Automatique (ADS) ;
- Mode S (Mode Sélective de l'SSR) ;

2/ Exemples des systèmes Automatisés :

Le meilleur exemple qu'on a trouvé est le système Français **CAUTRA**
[Coordinateur Automatique du Trafic Aérien];

✓ Son but : Faciliter le travail du contrôleur à l'aide :

- d'un recueil ;
- d'un traitement ;
- d'une distribution et représentation des informations.

✓ Ses fonctions principales :

1-Recueil, Traitement, Distribution, Représentation des Informations [Position, Vitesse, Identification avion (données Radar)];

2-Recueil Information PLN : Traitement et distribution sous forme de STRIP;

NB: Ces STRIP sont nécessaires pour les contrôleurs dans :

- La coordination ;
- Transfert d'un Avion du secteur x à y;

3-Fillet de sauvegarde : Pour but d'avertir le contrôleur :

- * Avant un risque d'abordage (30s);
- * Collision avec le sol (Approche près des Aéroports).

3/ Le futur de l'ATM:

3-1-Les projets de recherches sur l'automatisation Avancée:

- ✓ Pour but d'avoir un sys. *Entièrement* Automatisé ;
- ✓ L'évolution soit:

- Simulation Arithmétique;
- *Simulation Temps Réel avec hypothèses;*

On va citer quelques exemples pour sortir avec une base solide qui détermine les points sur lesquels on fait notre étude;

a- Systemes Centralisés au sol :

- ❖ 1^{er} projet d'Automatisation Poussée est *AERA* [Automated En Route Air Traffic Control] – USA, les années 80 -:

Comporte 3 phases :

- AERA1: Outil d'information

Prévision des trajectoires en fonction des intentions des pilotes et détection des violations de minima de séparation ou restriction du Flux.

- AERA2: Outil d'aide à la résolution

Contrôleur est responsable de séparer les avions (Résolutions Recommandées).

- AERA3: Résolution Automatique.

Dans le plan Horizontal avec une structure hiarchique:

- * ASF (Automated Séparation Function) : Séparer les paires d'Avions;
- * MOM (Maneuver Option Manager) : Assurer le respect global du ASF;
- * AMPF (Airspace Manager Planning Function) : Assure que MOM opérer avec succès;

❖ 2^{em} Projet *ARC2000* – Eurocontrol, fin des Année 80 -:

Affecter à chaque Avion un tube en $4D(x, y, z, t)$ respectant Son PLN;

❖ 3^{em} Projet *CATS* – développer par CENA dans les années 90- :

L'idée d'une résolution Globale Centralisée, par exemple :

La notion de CLUSTER : ensemble d'Avions interférents dont les trajectoires, sont calculés Simultanément;

Les Algorithmes : Prennent en compte les incertitudes sur les vitesses Horizontales et Verticales des Avions ;

(Simulation Arithmétique sur Trafic Réel)

b- Systèmes distribués: Avions Autonomes et Séparations Embarquées:

NB: c'est radicalement différent du précédent ;

Le meilleur exemple est le projet *FACES* :- développer par CENA-
Il est pour but de gérer les conflits telle que la résolution du problème de la
coordination des avions par un mécanisme de distribution des Jetons;

C à d : Construire un ordre Total pour l'ensemble des avions
(En visibilité directe ou non);

NB: Ce travail est fait avec une *simulation Arithmétique sur Trafic Réel*;

c- Résultats :

Que Nous avons appris ces projets?

- ✓ Sys. *Centralisés* sont plus capacitifs que les sys. Autonomes ;
- ✓ Pour avoir un bon résultat : il faut utiliser les *même modèles* pour
prévision des Traj_s ceux employés pour faire déplacer les avions pendant
les simulations;
- ✓ Malgré ça c'est peu réaliste à cause :
 - Comportement imparfait du pilote ;
 - Il n'y a pas une automatisation complète Sol -Bord;

3-2- Scénario pour le futur:

✓ Baser sur 02 voies :

- Traj en 4D ;
- Avions Autonomes. (La voix des constructeurs est la plus dominante)

✓ Il faut donc une spécialisation des :

- Espaces;
- Aéroports;
- Avions.

✓ Et pour la notion d'assistance Automatisée:

Système d'informations global et partage d'information entre (ATM - C.i.e_s – Aéroports) constituent la base de cette automatisation ; Tel qu'avec la présence des Systèmes plus efficaces (Nouveau sys. de surveillance [Radar mode S, ADS-B,...], liaison des données entre système Sol et bord) il va y avoir des informations complètes et précises;

4/Automatisation:

4-1-Choix des fonctions à automatiser:

La philosophie est :

- Compréhension des tâches des contrôleurs à fin de concevoir les algorithmes acceptables;
- La présence de 02 sys. différents: **Hommes-Machines ;**

4-2-Impacte sur les performances:

- la sécurité;
- la capacité;
- l'efficacité dans la gestion du trafic [notre étude est importante pour gérer le conflit aérien];

NB: il faut bien faire le choix duquel critère ;

4-3-Domaine d'Application:

L'Automatisation touche les 03 Organismes d'ATC:

- Les tours de contrôle sur les aéroports;
- Approches;
- En route;

Pour but:

- Gestion de l'espace aérien;
- Gestion des flux et de la capacité;
- L'information Aéronautique et l'information de vol;

4-4-Les difficultés:

Elles se résument en un seul point :

" La transition est continue \Rightarrow Elle est lente ";

4-5-Le processus du développement:

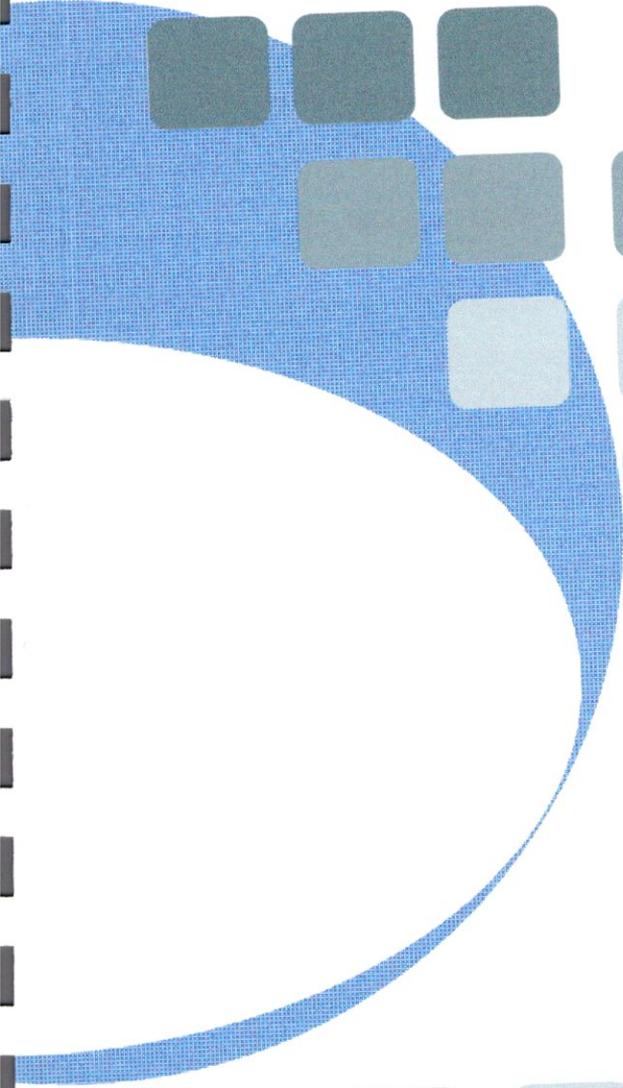
L'idée est: Le développement et validation *Etape par Etape*; i.e, Avoir une bonne méthode de travail:

" Fonctions - Modes d'emploi - Algorithmes - Interface (Homme-Machine)"

5/ Conclusion:

- ✓ Les étapes successives : "*Do a little, Test a little, Implement a little*" et à chaque étape il faut s'assurer que le changement est sûr;
- ✓ Assurer une certaine synchronisation avec les autres évolutions des différents sys. *Sol_bord*;
- ✓ Automatisation centrée sur l'homme "*Human-Centred*";
- ✓ Futur ATM: *Traj. 4D*;





Chapitre III

Etude technique et opérationnelle

sur Radar

1/ Généralités:

1-Introduction:

Le terme **RADAR** est une abréviation pour "radio detection and ranging".le but d'un radar est de détecter et de localiser un obstacle, pour cela une antenne envoie un pinceau étroit d'énergie sur un obstacle qui s'il est de grande dimension devant la longueur d'onde, ce conduit comme un réflecteur et rayeronne une partie de l'énergie reçue.

Pour réaliser un radar il faut :

- Avoir une antenne très directive pour obtenir une concentration maximum de l'énergie. La directivité de l'antenne dépendra de la précision de la mesure en site et en azimut ;
- Un récepteur précis de la position de l'antenne repéré par rapport à une direction fixe (par exemple Nm) ;
- Travailler en impulsion de la position de manière à pouvoir mesurer la distance émetteur- obstacle (mesure du temps aller-retour des impulsions) ;
- Avoir un système de lecture des informations, ce sera le plus souvent un tube cathodique d'où le bloc diagramme simplifié d'un radar.

L'utilisation du radar permet d'accroître l'utilisation de l'espace aérien en permettant à l'ATC de réduire l'espacement entre les aéronefs ;

De plus, le radar donne lieu à une expansion des services d'information de vol comme l'information sur le trafic, l'aide radar à la navigation, etc.

En outre, le personnel des services météorologiques utilise le radar pour repérer et définir les zones de tempêtes et pour suivre le matériel aérien servant à déterminer les vents en altitude, etc.

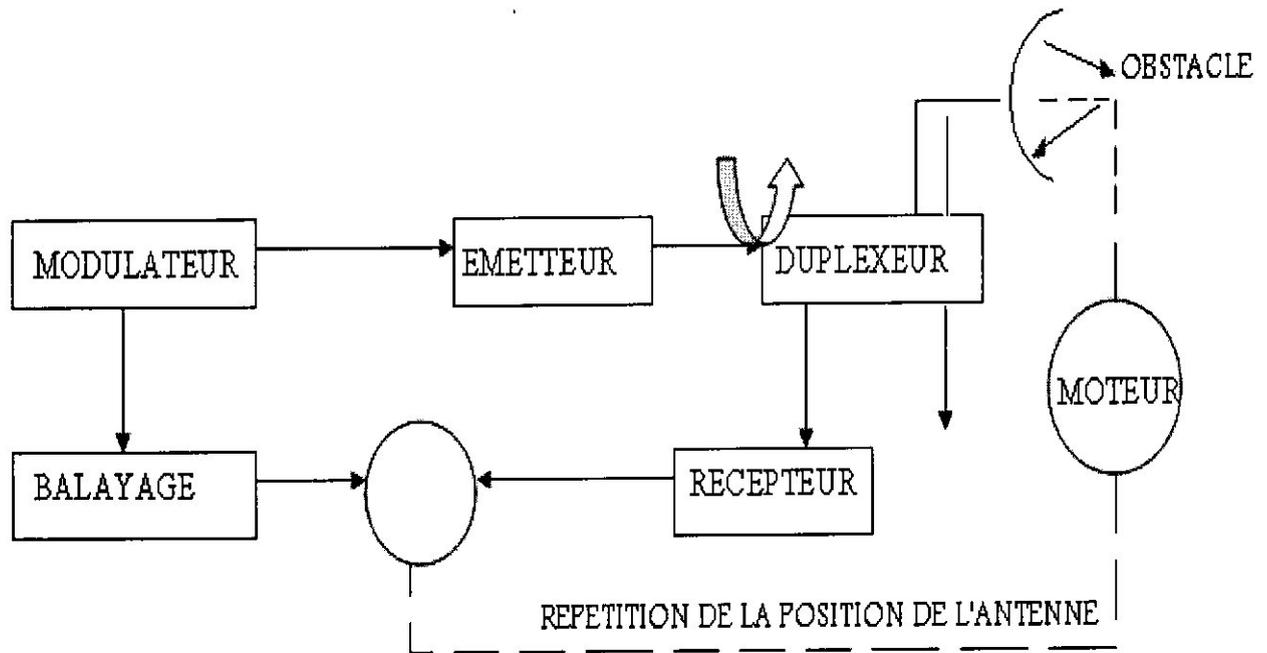


FIG III-1 Schéma Synoptique du fonctionnement du Radar

NB: le duplexeur assure la séparation des puissances émises et reçus.

2- Les principaux types de radar:

Il existe 2 types de Radar :

***/Le radar primaire (PSR ou Primary Surveillance Radar) :**

Un émetteur envoie des impulsions hyperfréquences à l'aide d'une antenne, les impulsions sont partiellement réfléchies par l'objet volant et reviennent à l'antenne, et un récepteur mesure le temps entre l'émission et le retour des impulsions. Cette durée et la direction de l'impulsion permettent de calculer la position de l'objet volant ;

Il existe aujourd'hui des radars primaires avec détermination de la position en 2D (distance et azimuth) ou en 3D (**distance, azimuth, altitude**). Les radars primaires permettent de détecter et de suivre dans l'espace aérien surveillé tous les objets qui réfléchissent suffisamment les ondes radars (y compris les phénomènes météorologiques, les vols d'oiseaux, les planeurs de pente, les échos de sol, etc.). Ces informations additionnelles, délivrées par le radar primaire, peuvent être partiellement filtrées. Le PSR n'est pas absolument nécessaire pour le contrôle du trafic aérien, mais **indispensable pour la surveillance de l'espace aérien.**

***/Le radar secondaire (SSR ou Secondary Surveillance Radar) :**

Un émetteur envoie à l'aéronef des impulsions hyperfréquences codées, l'aéronef répond à la demande du SSR à l'aide d'un "**transpondeur**". Le récepteur du SSR analyse les informations contenues dans la réponse de l'aéronef ;

Dans l'espace aérien contrôlé, les SSR permettent de connaître la **position, l'altitude pression et l'identité des aéronefs** qui répondent. Il est utilisé par la circulation aérienne civile depuis 1954. Le principe du SSR (mode A et mode C) ne permet pas actuellement de détecter les erreurs éventuelles des codes d'identification et d'altitude de vol.

2/ Etude technique du radar (traitement de signale) :

1- Radar primaire:

❖ Définition :

Radar de détection a grande portée munie d'un faisceau fin balayant en azimut sur 360° autour de la station ; fournit la position des avions en coordonnées polaires sur un écran cathodique ;

❖ But :

Détection des aéronefs dans un volume d'espace donné afin de fournir aux contrôleurs une vue en plan de la circulation aérienne ;

❖ Principe :

Des ondes hyperfréquences :

- Se propagent directement (propagation quasi-optique) ;
- Se réfléchissent sur les obstacles de dimension plus grande que λ , d'où leur application à la détection électromagnétique (radar) des avions, possible:
- En émettant des impulsions qui sont reçues après réflexion sur la cible, d'où la distance par :

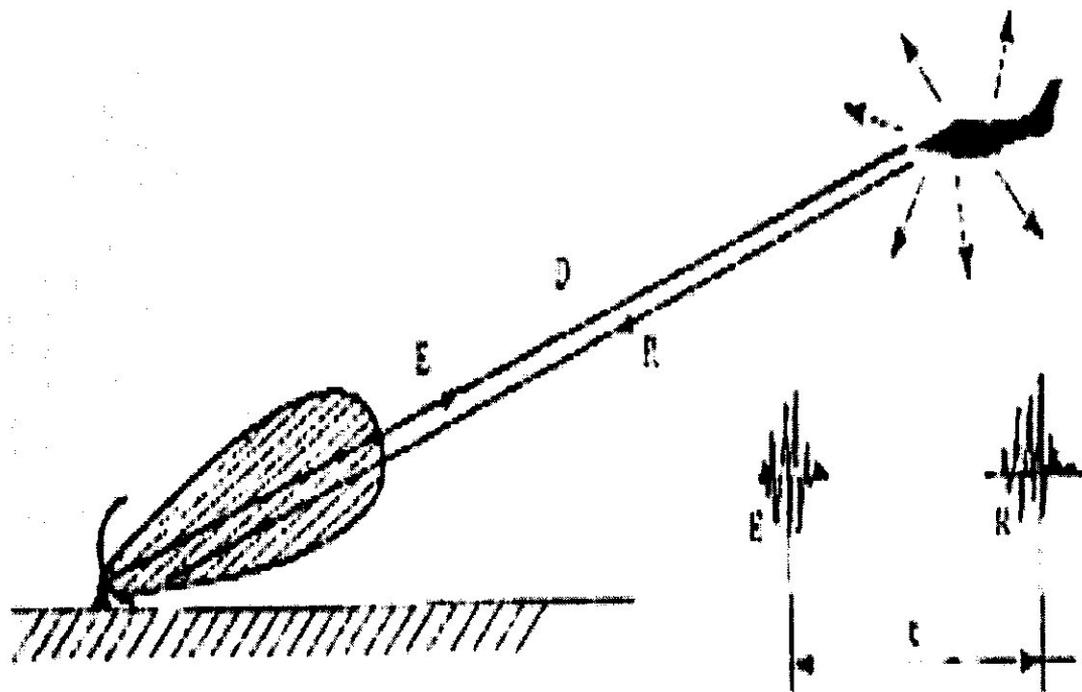
$$2 D=C t$$

D = distance (Station&Cible)

C = vitesse de l'OEM =300 m/ μ s

t = temps de propagation aller-retour ;

En utilisant un diagramme d'émission -réception très directif, ce qui définit la direction de la cible dans l'espace.



FIGIII-2 Principe du Radar

❖ Performances :**✓ Résolution :****➤ Résolution angulaire (séparation en azimut des cibles proches):**

Elle vaut à peu près l'ouverture horizontale du faisceau soit $1,5^{\circ}$ à 2° ;

➤ Résolution radiale (séparation en distance sur un radial):

De l'ordre de grandeur de la largeur d'impulsion : 150 à 450 m ;

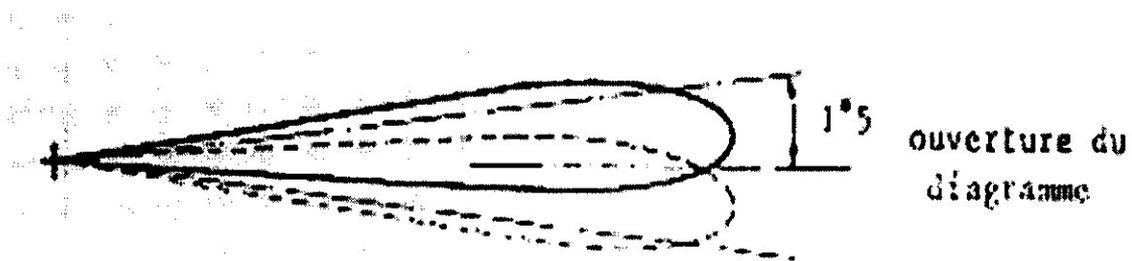
➤ Résolution opérationnelle (espacement radar) : 3 à 5 NM ;**✓ Précisions :**

Elle dépend du radar et du mode d'extraction et peuvent, atteindre une fraction de degré et quelque $1/10$ NM en distance.

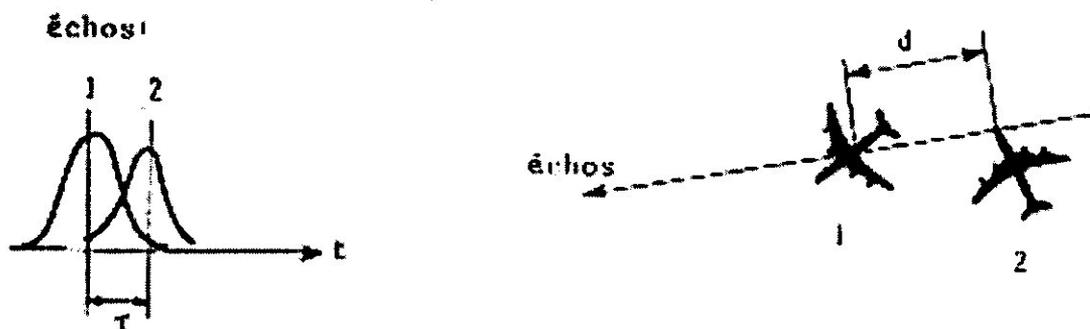
✓ Couverture :

Volume d'espace à l'intérieur duquel un aéronef de surface équivalente donnée est détecté avec une probabilité convenable (ex. Caravelle 10 m² détecté à 90 %) ;

Ce volume de détection est généré par la rotation autour de la verticale de la station du diagramme de détection.



FIGIII-3 Résolution angulaire en azimut : 2 cibles à même distance séparées
angulairement de moins de 1°5 donnent un plot unique



FIGIII-4 Résolution en distance radiale : 2 cibles à même azimut et différence de
distance

❖ Utilisation du radar primaire :

➤ Avantages:

- Détection de tous les aéronefs ;
- Excellente résolution, intéressante pour le guidage et la régulation ;
- Aucun équipement de bord nécessaire.

➤ Inconvénients:

- Problème de l'identification des avions, qui ne peut être résolu que par des moyens externes ;
- Aucune information d'altitude, d'où l'intérêt d'un radar à interrogation -réponse par les avions: radar secondaire ;

2- Radar secondaire:**❖ Définition:**

Radar panoramique de surveillance dont les impulsions émises au sol provoquent des réponses actives des avions équipés de répondeurs ;

❖ But :

Obtenir de la part des avions interrogés par radar des informations d'identification et d'altitude pression (calage 1013.25 hPa) ;

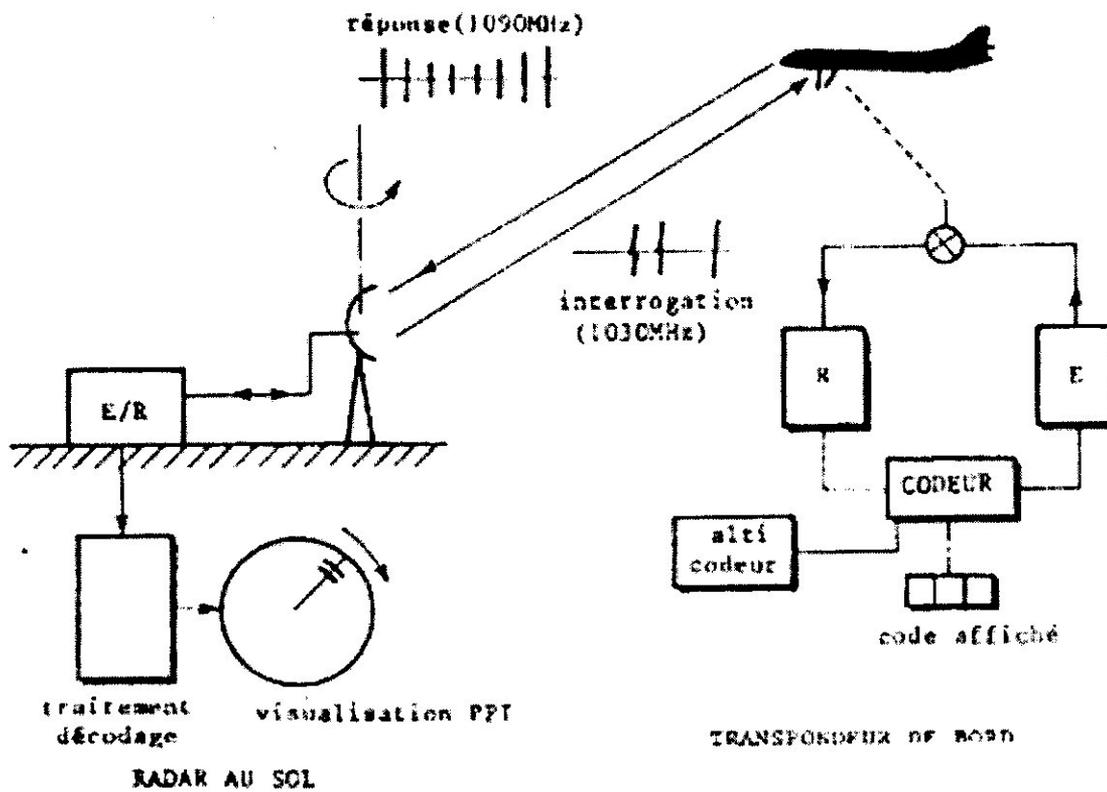
❖ Données techniques:

	Emission	Réception
✓ Fréquence	1030MHZ	1090MHZ
✓ Codage		
03 modes :	4096 codes communs tous modes	
*/A, B : identification :	02 impulsions d'encadrement	
*/ C : niveau de vol :	12 impulsions codage éventuellement	
*/ D'après intervalle :	identification par SPI (02 impulsions)	
✓ Digramme E/R :	éventail 2 à 5 ⁰ azimut /45 ⁰ site ;	
✓ Rotation identique primaire ;		
✓ Transpondeur bord: indispensable ;		
✓ Affichage :	mode A	
✓ Transmission mode C à partir alticodeur ;		

❖ Equipement sol:

Pour rôle de :

- ✓ Traitement ;
- ✓ Décodage ;
- ✓ corrélation PLN ;
- ✓ association plot primaire ;
- ✓ Visu PPI: symbole + étiquettes ;



FIGIII-5 Principe du SSR

❖ Principe:

Radar panoramique dont le faisceau est analogue à celui du radar primaire et qui émet des groupes de 02 impulsions ;

L'espace entre les 2 impulsions extrêmes représente un mode c'est-à-dire un type de question.

Ces réponses déclenchées à bord par ces interrogations comportent un nombre variable d'impulsions permettant de former un certain nombre de codes.

À chaque récurrence, ces réponses sont décodées en fonction du mode d'interrogation : tous les codes disponibles peuvent donc être utilisés pour chacun des modes.

Au total, ce radar peut fournir au sol:

- ✓ Les coordonnées, ρ, θ des avions munis de répondeurs ;
- ✓ l'identification des avions d'après le code attribué par le contrôle ;
- ✓ leur niveau de vol s'ils sont équipés d'un dispositif de codage de l'altitude pression (alticodéur) ;

Ces informations permettent de renseigner les plots radars sur l'écran ;

NB :

En pratique ces plots sont associés à ceux d'un radar primaire et l'ensemble des deux radars permet, après traitement des échos, de créer des pistes étiquetées en clair facilitant la tâche du contrôleur.

❖ **Utilisation du radar secondaire :**

➤ **Avantages:**

Obtention des informations plus que les informations obtenues par le PSR:

- L'identification e l'aéronef
- L'altitude pression

➤ **Inconvénients:**

- équipement de bord nécessaire.
- Le radar secondaire ne remplace pas toutefois entièrement le radar primaire qui subsistera essentiellement en TMA et en approche à cause:
 - De ses performances propres ;
 - De la présence d'avion en VFR sans transpondeurs ;
 - De la densité d'un trafic évolutif générateur de "Garbling" rendant le radar secondaire inexploitable.

3/ Etude Opérationnelle du radar :

3-1- L'exploitation de radar pour l'ATC:

a) Contrôle en route et terminal:

Le SSR constitue la principale source d'information en route pour l'ATC ;
Un SSR « autonome » peut se retrouver à plusieurs endroits. C'est un radar à grande portée d'environ 200 NM et transmet sur 1030 MHz et reçoit le transpondeur sur 1090 MHz ;

En général, le SSR est jumelé au radar à courte portée (PSR) pour les opérations en région terminale.

Les principaux types de radars utilisés sont :

➤ Radar de surveillance terminal (TSR) :

Qui se compose des éléments suivants :

1. Radar primaire de surveillance (PSR) —radar de courte portée (80 NM) fonctionnant dans la plage de fréquences situées entre 1250 et 1350 MHz;
2. Radar secondaire de surveillance (SSR) —radar de longue portée (250 NM) transmettant sur la fréquence 1030 MHz et recevant la réponse du transpondeur de bord sur la fréquence 1090 MHz.

➤ **Radar secondaire de surveillance indépendant (ISSR) :**

Radar de longue portée (250 NM) transmettant sur la fréquence 1030 MHz et recevant la réponse du transpondeur de bord sur la fréquence 1090 MHz.

➤ **Complexe radar de secteur terminal UTES-A :**



FIGIII-6 UTES-A

Complexes radar de secteur terminal UTES-A est conçus pour la contrôle de trafic aérien dans de grands et moyenne taille secteurs d'aéroport ;

Le complexe radar d'UTES-A comporte :

- Radar primaire (PR) ;
- Radar secondaire intégré (SR) ou équipement pour l'interface avec du SR autonome ;
- Traitement des données radar PR. et SR et équipement combiné.

✓ *Complexe radar de routes aérien UTES-T :*



FIGIII-7 UTES-T

Des complexes radar de routes aérien UTES-T est conçus pour fournir le contrôle de trafic aérien (ATC) pour l'avion aux voies aériennes d'aviation civile.

UTES-T complexes radar possèdent des composants comme celle inclut dans le complexe radar UTES-A (Pour le secteur Terminal) :

- Radar primaire (PR) ;
- Radar secondaire intégré (SR) ou équipement pour se connecter par interface à un SR indépendant ;
- Équipement pour le traitement et l'association des données de radar de PR. et de SR.

b) Contrôle d'approche:

Les principaux types de radar utilisés sont :

➤ **Radar d'approche de précision (PAR):**

Le PAR est un radar primaire de faible portée, mais de grande définition, fonctionnant dans le rayon de fréquences de 9000 à 9180 MHz et servant d'aide à l'approche ; Ce radar fournit au contrôleur des informations très précises sur l'altitude, l'azimut et la distance, qui lui permettent d'aider le pilote à exécuter une approche ;

Même si le PAR est principalement utilisé pour des opérations militaires, il est disponible à quelques aéroports civils et peut être utilisé par les pilotes civils.

➤ **DACOTA (Dispositif d'Association, de Corrélation et de Traitement radar pour les Approches) :**

DACOTA est constitué d'une poursuite multi radars qui traite les radars exploités par l'approche, et d'une fonction d'association avec les pistes reçues du STR (système de traitement radar) ;

La situation aérienne délivrée par DACOTA fournit pour chaque avion une position unique lissée par la poursuite ainsi que les informations "Plan de vol " issues du STR. Il permet d'appliquer avec cette image fusionnée les normes de séparation en vigueur avec le radar primaire.

c) Contrôle d'aire d'aéroport:**➤ Equipement de détection d'aire d'aéroport (ASDE) :**

La surveillance du trafic par radar des aires d'aéroport est fournie à certains aéroports lorsque les conditions le *justifient*.

Ce radar ASDE est un radar primaire de surveillance haute définition, fonctionnant sur 16 GHz, utilisé par les contrôleurs pour surveiller la position des aéronefs et des véhicules sur les aires de manoeuvre des aéroports (pistes et voies de circulation), particulièrement dans des conditions de *visibilité réduite*.

d) Contrôle de météorologie:**➤ Radar météorologique:**

Les PSR sont utilisés par les personnels de services météorologiques et les contrôleurs pour surveiller la météo, en particulier pour des conditions météorologiques dangereuses.

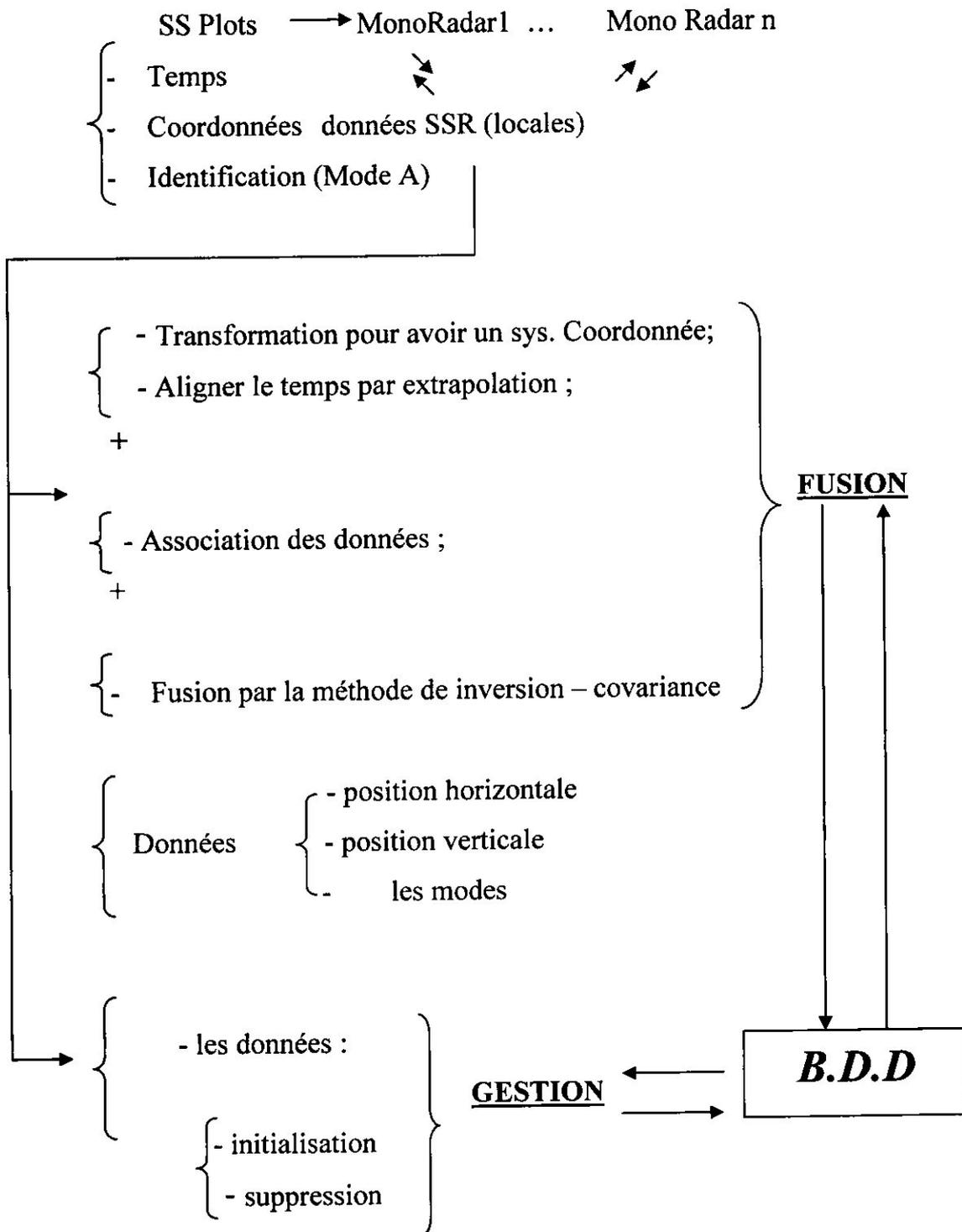
➤ Complexe radars UTES-A, UTES-T:

Il y a un météochannel spécial dans le PR qui sert à la réception des données météorologiques en mode d'opérer avec la polarisation circulaire d'antenne ;

L'équipement de réception et de traitement du météochannel est identique au canal principal ; L'ordinateur programmable du PR exécute le calcul des coordonnées d'avion et des découpes météorologiques dans six gradations.

3-2-Detection -Fusion -Poursuite-Visualisation:

- ✓ **Détection** : déjà mentionnée ;
- ✓ **Fusion** :

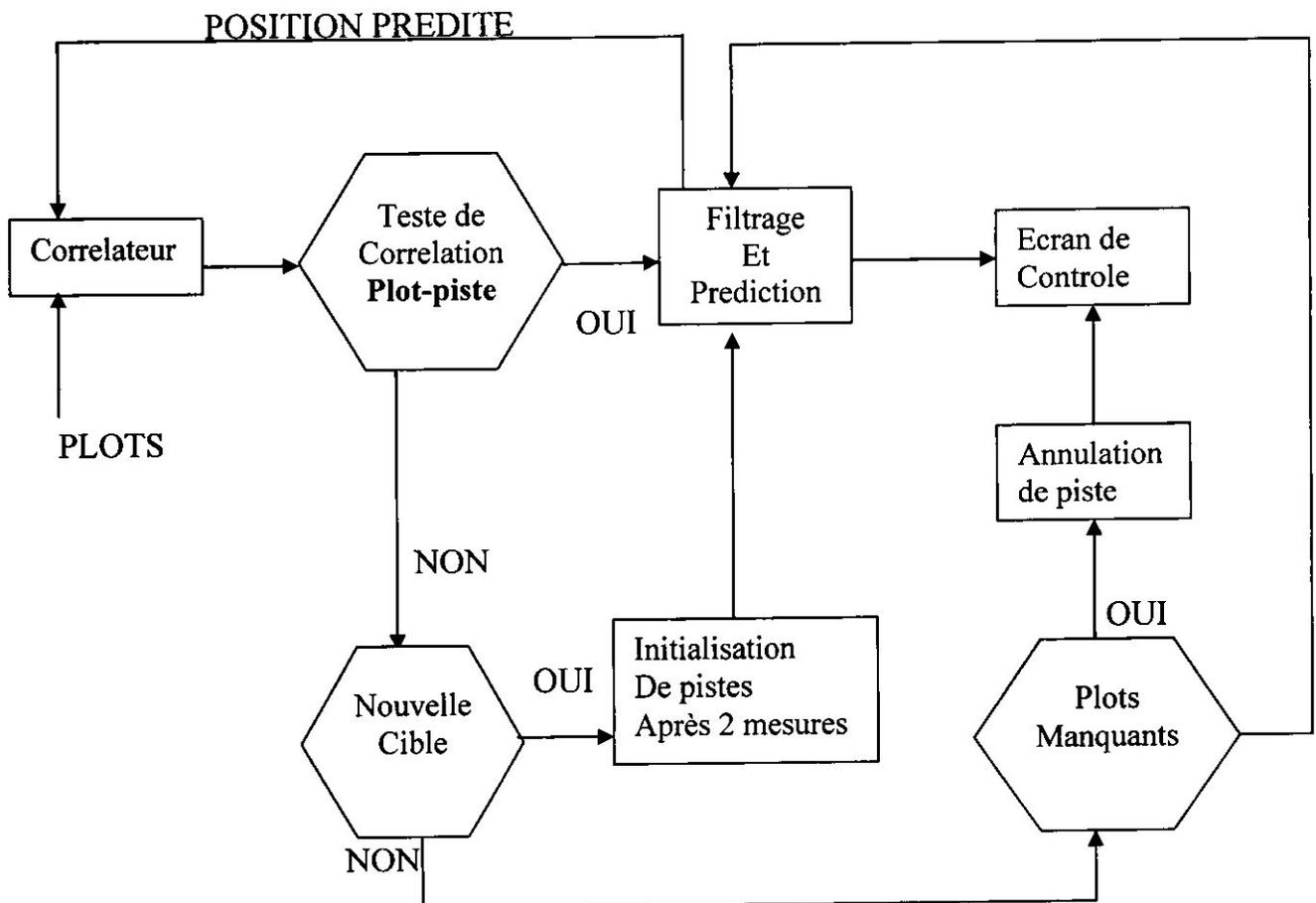


FIGIII-8 Organigramme de la fonction (fusion)

✓ **Poursuite:**

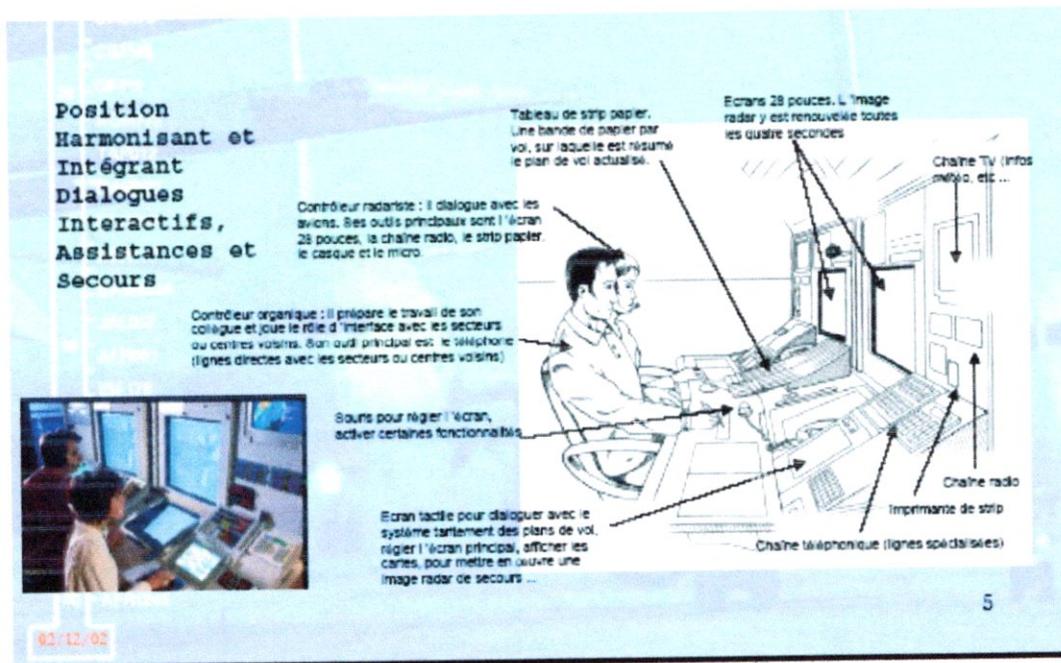
Lorsqu'un plot arrive au corrélateur, celui-ci permet de vérifier l'origine du plot reçu (Nouvelle cible, Faux plot ou cible déjà connue). Ainsi, les deux premiers plots permettent d'initialiser la piste, tandis qu'avec l'estimation de la vitesse il est possible de prédire la position future de la cible à la réception d'un troisième plot. Il reste à examiner le cas de non-correlation entre le plot et les pistes existantes. Dans cette situation, il peut y avoir deux cas :

- La piste établie ne peut être corrélée avec le plot vu qu'il appartient à une nouvelle piste;
- Pour un balayage donné, le corrélateur ne reçoit pas de plot, pour cela on peut, par exemple, extrapoler la piste s'il s'agit d'un seul plot manquant, et elle sera annulée s'il y a absence successive de plusieurs plots.

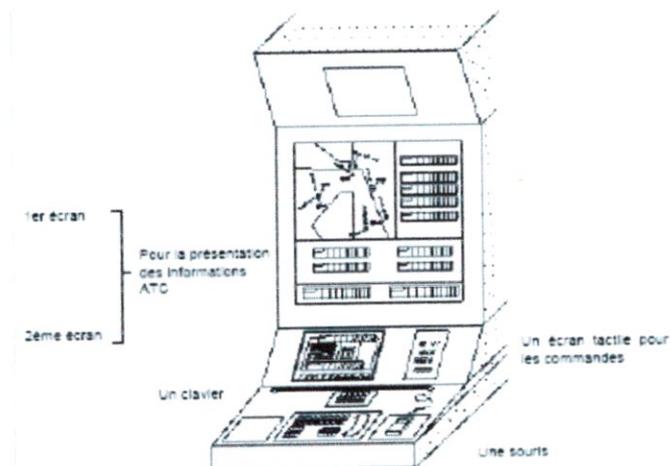


FIGIII-9 Organisation générale d'une poursuite automatique

✓ **Visualisation:**



FIGIII-10 Outils Des Contrôleurs



FIGIII-11 Position des contrôles





Chapitre IV

Information

PLN

1/ Dossier de vol:

Ce dossier comporte un ensemble de DOC_S qui sont nécessaires pour effectuer le vol ; Parmi lesquels, on trouve :

- Le plan de vol Technique
- *Le plan de vol ATC*

NB : L'exemple de la c.i.e Air Algérie

1-1-Plan de vol Technique:

Il est établi en temps réel par ordinateur et donne lieu à un DOC [Préparation/suivie] du vol édité sur imprimante et appelé *JETPLAN* ;

L'établissement est fait à partir des données suivantes :

- Performances Avion [données constructeur] ;
- Infrastructure Aérienne : Jeppsen alimente directement la base des données ;
- Météorologie : à la demande;
- Spécification C.I.E:
 - * Masse limite de structure;
 - * Masse de base;
 - * Politique réserve carburant ;
 - * Taxi Fuel;
 - * Facteur de vieillissement de l'appareil;

- Données de vol :
 - ✓ Immatriculation de l'Avion;
 - ✓ L'étape;
 - * La charge à embarquer;
 - * L'emport du carburant;
 - ✓ L'heur prévue du départ;

NB: Ce logiciel calcul:

- Le délestage;
- Les réserves;
- ✓ Temps de vol;
- Quantité de carburant à embarquer;
- ✓ Cheminement de l'Avion: du point du départ jusqu'à le point d'arrivée;

1-2-Plan de vol ATC:

Est présenté sous forme d'un imprimé comportant un certain nombre de cases numérotées;

Il comprend toutes les informations sur l'aéronef ainsi sur les aérodromes du Départ/Destination;

2/Parcours du dossier de vol:

2-1-Parcours du plan de vol:

L'Avion avant le départ, dépose son PLN dans les services de Circulation Aérienne; [A:point du départ B:point d'arrivée] :

- Bureau chef de piste : pour donner l'acte de vol et la transmission à toutes les organes intéressés par le vol:

- * TWR d'Aéroport du départ;
- * Approche d'Aéroport du départ;
- * TWR d'Aéroport d'arrivée;
- * Approche d'Aéroport d'arrivée;
- * Le contrôle en route (exemple: CCR pour l'Algérie);

- TWR demande la permission de l'organisme du contrôle en route:

Exemples:

- Vols Domestiques-

- * Pour l'Algérie, c'est le CCR qui donne cette permission en fonction de la *situation réelle* de l'espace aérien " trafic aérien";

- Vols Internationaux-

- * En Europe, c'est l'Eurocontrol qui est la responsable en travaillant avec le système *FMP* (Flight Management Positionning);
i.e "la régulation du trafic aérien *avant terme*" sous forme de *Slot* pour but de ne pas saturer la situation aérienne;

Et pour bien fixer l'idée, si on prend un vol *international* entre l'Algérie et l'Europe :

- ✓ la c.i.e dépose son plan de vol auprès du *CCR* ;
- ✓ le CCR transmis cette demande au *RSFTA*;
- ✓ RSFTA repend par un slot le CCR;

NB: slot est un message qui a la forme en code ASCII (chiffres et lettres) se traduit en *STRIP* (bande de progression des vols) ;

- ✓ CCR transmis sa permission à la c.i.e ;

NB: Au niveau du RSFTA et CCR, il y a la correction des plans de vols; tel qu'au niveau de ce dernier, on trouve le *FDO* (Flight Data Opération) qui corrige deux sortes de fautes :

- ✓ Humaines (syntaxes) pour les vols domestiques;
- ✓ Systèmes pour les vols internationaux (exemple : n'a pas reconnaître une route);

2-2-Parcours du dossier de vol:

L'Officier Pilote dès son arrivée à la PVD [Planification Opérationnelle des Vols], il doit tout d'abord passer par :

* Bureau de "Checkin" où il trouve feuille d'instruction et de statistique établie par le service de circulation aérienne;

* Bureau information de vol où il peut se parcourir les NOTAMs et du rapport CDB;

⇒ Il met les Documents dans une enveloppes puis :

- ✓ Bureau " Jet Plan" où il ajoute le plan de vol technique;
- ✓ Au dernier bureau : *Plan de vol ATC*, dossier Météo, Feuille de Chargement et carton du Décollage;

3/ Forme OACI du Plan de Vol :

FLIGHT PLAN PLAN DE VOL			
PRIORITY Priorité <<= FF >>	ADDRESSEE(S) Destinataire(s)		
FILING TIME Heure de dépôt		ORIGINATOR Expéditeur	
SPECIFIC IDENTIFICATION OF ADDRESSEE(S) AND/OR ORIGINATOR Identification précise du (des) destinataire (s) et/ou de l'expéditeur			
3 MESSAGE TYPE Type de message <<= (FPL)	7 AIRCRAFT IDENTIFICATION Identification de l'aéronef	8 FLIGHT RULES règles de vol	TYPE OF FLIGHT Type de vol
NUMBER Numéro	TYPE OF AIRCRAFT Type d'aéronef	WAKE TURBULENCE CAT. Cat. de turbulence de sillage	10 EQUIPMENT Équipement
3 DEPARTURE AERODROME Aérodrome de départ		TIME Heure	
5 CRUISING SPEED Vitesse croisière	LEVEL Niveau	ROUTE Route	
10 DESTINATION AERODROME Aérodrome de destination		TOTAL EET Durée totale estimée HR MIN	ALTN AERODROME Aérodrome de déviation
18 OTHER INFORMATION Renseignements divers			2 nd ALTN AERODROME 2 ^e Aérodrome de déviation
SUPPLEMENTARY INFORMATION (NOT TO BE TRANSMITTED IN FPL MESSAGES) Renseignements complémentaires (À NE PAS TRANSMETTRE DANS LES MESSAGES DE PLAN DE VOL DÉPOSÉ)			
19 ENDURANCE Autonomie HR MIN	PERSON ON BOARD Personnes à bord	EMERGENCY RADIO Radio de secours	
SURVIVAL EQUIPMENT Équipement de survie POLAR / DESERT / MARITIME / JUNGLE Polaire / Désert / Maritime / Jungle	JACKETS / Gilets de sauvetage LIGHT / FLUORES Lampes / Fluores	R / U / V / E UHF / VHF / ELT	
DINGHIES / Canots NUMBER / CAPACITY / COVER Numéro / Capacité / Couverture	COLOUR Couleur	J / L / F / U / V	
AIRCRAFT COLOUR AND MARKINGS Couleur et marques de l'aéronef			
REMARKS Remarques			
PILOT-IN-COMMAND Pilote commandant de bord			
FILED BY / Déposé par		SPACE RESERVED FOR ADDITIONAL REQUIREMENTS Espace réservé à des fins supplémentaires	

FIG V-1 Forme OACI du Plan de Vol

⇒ Explication des champs:

- **Case 7 : Identification de l'aéronef**

Inscrire en 7 caractères au maximum

- Soit la marque OACI d'immatriculation d'aéronefs.
- Soit l'indicatif OACI de l'exploitant suivi du numéro de vol.

- **Case 8 : Règles de vol et type de vol**

- Règles de vol

Inscrire au moyen de l'une des lettres ci-après la catégorie de règles de vol que le pilote compte appliquer :

- I** Pour IFR
- V** Pour VFR
- Y** Pour IFR d'abord) et spécifier dans la case 15 le point où les points où un changement de règles de vol est prévu.
- Z** Pour VFR d'abord)

- Type de vol

Inscrire au moyen de l'une des lettres ci-après le type de vol lorsque l'autorité ATS compétente l'exige :

- S** Pour transport aérien régulier
- N** Pour transport aérien non régulier
- G** Pour aviation générale ;
- M** Pour aviation militaire ;
- X** Pour autre type de vol n'entrant pas dans les catégories définies ci-dessus.

- **Case 9 : Nombre d'aéronefs, Type d'aéronef et catégorie de turbulence de sillage**

- Nombre d'aéronefs

Indiquer le nombre d'aéronefs s'il y en a plus d'un aéronef.

- Type d'aéronefs

Indiquer le type désigné par l'abréviation spécifiée dans le DOC OACI 8643.
Si la formation groupe des aéronefs de plusieurs types, inscrire **ZZZZ** et spécifier nombre et type d'aéronefs en case 18 après TYP/.

- Catégorie de turbulence de sillage

Indiquer la turbulence de sillage par l'un des caractères suivants :

H — Gros porteur, pour les aéronefs dont la masse maximale certifiée au décollage est égale ou supérieure à 136 000 kg ;

M — moyen tonnage, pour les aéronefs dont la masse maximale certifiée au décollage est inférieure à 136 000 kg mais supérieure à 7000kg ;

L — faible tonnage, pour les aéronefs dont la masse maximale certifiée au décollage est inférieure ou égale à 7 000 kg.

- **Case 10 : Equipement**

- EQUIPEMENT de radiocommunication, de navigation et d'approche

Inscrire **S** si l'équipement minimal suivant se trouve à bord : multifréquences UHF et TACAN (ou VOR/DME)

Sinon décrire l'équipement disponible par les lettres suivantes énumérées sans espacement :

A LORAN A	H HF	P DOPPLER
C LORAN C	D DME	T TACAN
E DECCA	M OMEGA	U UHF (1)
F ADF	O VOR	V VHF (1)
R Équipement de route RNAV	I Centrale inertie	L ILS

- EQUIPEMENT SSR

Inscrire l'un des caractères suivants pour décrire l'équipement SSR en état de fonctionnement qui se trouve à bord ;

- N** Néant ;
- A** Transpondeur - mode A (4 chiffres - 4096 codes) ;
- C** Transpondeur - mode A (4 chiffres - 4096 codes) et mode C ;
- X** Transpondeur - mode S sans transmission ni de l'identification de l'aéronef ni de l'altitude pression ;
- P** Transpondeur - mode S y compris la transmission de l'altitude pression mais sans transmission de l'identification de l'aéronef ;
- I** Transpondeur - mode S y compris la transmission de l'identification de l'aéronef, mais sans transmission de l'altitude pression ;
- S** Transpondeur - mode S y compris la transmission de l'altitude pression et de l'identification de l'aéronef.

- **Case 13 : Aérodrome de départ et heure**

Inscrire l'indicateur d'emplacement à 4 lettres (**ZZZZ** si pas d'indicateur d'emplacement - inscrire le nom en clair case 18 après DEP/);

Inscrire l'heure estimée de départ du poste de stationnement.

- **Case 15 : Route**

- **Vitesse de croisière**

Inscrire avec cinq caractères maximum, sans espacement, la vitesse de croisière

- Soit la lettre **N** suivie de quatre chiffres donnant la vitesse vraie en nœuds ;
- Soit la lettre **M** suivie de trois chiffres donnant la vitesse en centièmes d'unité de Mach ;
- Soit la lettre **K** suivie de quatre chiffres donnant la vitesse vraie en km/h.

- **Niveau de croisière**

Inscrire le premier niveau de croisière prévu :

- Soit le niveau de vol exprimé par la lettre **F** suivie de trois chiffres ;
- Soit l'altitude en centaines de pieds exprimée par la lettre **A** suivie de trois chiffres ;
- Soit la hauteur en pieds exprimée par la lettre **H** suivie de quatre chiffres.

➤ Route

a/ Vols sur des routes ATS désignées :

Inscrire l'indicatif de la première route **ATS** si l'aérodrome de départ se trouve sur la route **ATS**, ou y est relié,

Ou, si l'aérodrome de départ n'est pas situé sur la route **ATS**, ou n'y est pas relié, les lettres **DCT** suivies du point où l'aéronef rejoindra la première route **ATS**, puis de l'indicatif de la route **ATS** ;

Puis Inscrire chaque point où il est prévu un changement de vitesse ou de niveau, un changement de route **ATS** et/ou un changement de règle de vol ;

NB : Lorsqu'une transition est prévue entre une route **ATS** inférieure et une route **ATS** supérieure, et que l'orientation de ces routes est la même, il n'est pas nécessaire d'insérer le point de transition ;

Suivi dans chaque cas

- De l'indicatif du tronçon de route **ATS** suivant, même s'il n'est pas différent du précédent ;

Ou

- De **DCT** si le vol jusqu'au point suivant aura lieu en dehors d'une route désignée, à moins que les deux points ne soient définis par des coordonnées géographique .

b/ Vols en dehors des routes ATS désignées :

Inscrire des points normalement séparés par des intervalles ne dépassant pas 30 minutes de vol ou 370 km (200NM), notamment chaque point où il est prévu un changement de vitesse ou de niveau , un changement de route , ou un changement de règle de vol,

Ou lorsque les autorités **ATS** compétentes l'exigent

Définir la route, pour les vols en majeure partie orientés est **EST-OUEST** entre 70°N et 70°S, par des points significatifs choisis à intervalles d'un demi-degré ou d'un degré de latitude sur des méridiens espacés de 10 degrés.

Pour les vols hors de ces latitudes, les routes seront définies par des points significatifs sur des parallèles, normalement à intervalles de 20° de longitude.

Dans la mesure du possible, la distance entre points significatifs correspondra au maximum à une heure de vol. Des points significatifs supplémentaires seront choisis selon les besoins.

Pour les vols en majeure partie orientés **Nord-Sud**, définir les routes par des points significatifs choisis à intervalles d'un degré de longitude sur des parallèles spécifiés espacés de 5°.

Inscrire **DCT** entre les points successifs à moins que les deux points ne soient définis par des coordonnées géographiques ou par un relèvement et une distance.

NB : Utiliser seulement les conventions de 1) à 5) ci-après et séparer toutes les subdivisions par un espace :

1) Route ATS (2 à 7 caractères) :

Indicatif codé attribué à la route ou au tronçon de la route, y compris, s'il y a lieu, l'indicatif codé attribué à l'itinéraire normalisé de départ ou d'arrivée.

2) Point significatif (2 à 11 caractères) :

Indicatif codé (de 2 à 5 caractères) attribué à ce point, ou si aucun indicatif codé n'a été attribué, l'un des éléments suivants :

* / Degré seulement (7 caractères) :

2 chiffres indiquant la latitude en degrés, suivie de la lettre **N (Nord)** ou de la lettre **S (Sud)**

Puis 3 chiffres indiquant la longitude en degrés, suivie de la lettre **E (Est)** ou de la lettre **W (Ouest)**.

NB : Les nombres sont à compléter au besoin par des zéros ;

* / Degrés et minutes (11 caractères) :

4 chiffres indiquant la latitude en degrés et en dizaines de minutes et minutes suivis de la lettres **N (Nord)** ou de la lettre **S (Sud)** ;

Puis 5 chiffres indiquant la longitude en degrés et en dizaines de minutes et minutes suivis de la lettre **E (Est)** ou de la lettre **W (Ouest)**.

NB : les nombres sont à compléter au besoin par des Zéros ;

* / Relèvement par rapport à une aide de navigation et distance à cette aide :

Identification de cette aide de navigation sous forme de 02 ou 03 caractères,
Puis 3 chiffres donnant en degrés magnétiques le relèvement à partir de cette aide, Puis 3 chiffres donnant en milles marins la distance à cette aide.

NB : les nombres sont à compléter au besoin par des Zéros ;

3) Changement de vitesse ou de niveau (Maximum 21 caractères) :

Point où doit avoir lieu un changement de vitesse (5% de la vitesse vraie ou de Mach 0.01 ou plus) ou un changement de niveau, indiqué exactement comme en 2) ci-dessus, suivi d'une barre oblique et à la fois de la vitesse de croisière indiquée par avant sans espaces intermédiaire, même lorsqu'une seule de ces quantités changera.

4) Changement de règles de vol (Maximum 3 caractères) :

Point où doit avoir lieu un changement de règles de vol, exprimé exactement comme en 2) ou 3) ci-dessus, suivi d'un espace et d'une des abréviations ci-après :

- **VFR** Pour le passage du vol IFR au vol VFR ;
- **IFR** Pour le passage du vol VFR au vol IFR.

5) Croisière ascendante (Maximum 28 lettres) :

Lettre **C** suivie d'une barre oblique ; Puis Point où il est prévu d'amorcer la croisière ascendante, exprimé exactement comme en 2) ci-dessus, suivie d'une barre oblique ; Puis Vitesse à maintenir au cours de la croisière ascendante suivie des 02 niveaux qui définissent la tranche d'espace à occuper au cours de la croisière ascendante suivie des lettres **PLUS**, sans espace intermédiaire.

- **Case 16 : Aérodrome de destination et durée totale estimée, Aérodromes de dégagement**

- **Aérodrome de destination et durée totale estimée**

Inscrire l'indicateur d'emplacement à 4 lettres (inscrire **ZZZZ** si pas d'indicateur d'emplacement et spécifier le nom du lieu de destination en case 18 après DEST/) ;
Inscrire la durée totale estimée du vol.

- **Aérodrome (s) de dégagement**

Un ou deux indicateurs d'emplacement à 4 lettres (inscrire **ZZZZ** si pas d'indicateur d'emplacement et spécifier le nom de l'aérodrome en case 18 après ALTN/).

- **Case 18 : Renseignements divers**

NB : Inscrire **NIL** si aucun renseignement n'est donné dans cette case ou inscrire dans l'ordre tout ou partie des renseignements suivants après le signe approprié suivi d'une barre oblique :

- ✓ **EET/** : points significatifs ou de passage de vol non contrôlé en vol contrôlé et durées cumulatives de vol ;
Rédaction : pas d'espace entre le point et la durée. Un espace entre chaque groupe point-durée ;
(Ex : **EET/ENSAC0030 MRA020045**) ;
- ✓ **OPR/** : nationalité ou appartenance si cela ne ressort pas manifestement de l'identification de l'aéronef donné en case 7 ;
- ✓ **STS/** : vol nécessitant une surveillance particulière :

EMER (intervention illicite), **HUM** (humanitaire), **HOSP** (EVASAN), **SAR** (recherche et sauvetage), **HEAD** (transport de Chef d'État), **STATE** (vol gouvernemental) ;
- ✓ **TYP/** : nombre et type d'aéronef si **ZZZZ** figure en case 9 ;
- ✓ **NAV/** : tout équipement de navigation en clair si la lettre **Z** figure en case 10 ;
- ✓ **DEP/** : lieu de départ en clair si **ZZZZ** figure en case 13 ;
- ✓ **DEST/** : lieu de destination en clair si **ZZZZ** figure en case 16 ;
- ✓ **ALTN/** : aéroport (ou lieu) de dégagement en clair si **ZZZZ** figure (case 16).

- **Case 19 : Renseignements Complémentaires**

- ✓ **Autonomie**

A la suite de **E/** inscrire l'autonomie en heures (deux chiffres) et minutes (deux chiffres).

- ✓ **Personnes à bord**

A la suite de **P/** inscrire le nombre total des personnes (passagers et membres d'équipage) présentés à bord (inscrire **TBN** si ce nombre n'est pas connu au moment du dépôt du plan de vol).

- ✓ **Équipement de secours et de survie**

- **R/ (Radio) :**

- Biffer la lettre **U** s'il n'y a pas de fréquence UHF 243,0 MHz
 - Biffer la lettre **V** s'il n'y a pas de fréquence VHF 121,5 MHz
 - Biffer la lettre **E** s'il n'y a pas d'émetteur de localisation d'urgence.

- **S/ (équipement de Survie) :**

- Biffer **toutes** les lettres s'il n'y a pas d'équipement de survie à bord ;
 - Biffer la lettre **P** s'il n'y a pas d'équipement de survie en milieu polaire à bord.
 - Biffer la lettre **D** s'il n'y a pas d'équipement de survie en milieu désertique à bord ;
 - Biffer la lettre **M** s'il n'y a pas d'équipement de survie en mer à bord ;
 - Biffer la lettre **J** s'il n'y a pas d'équipement de survie dans la jungle à bord.

- **J/ (Gilets de sauvetage) :**

- Biffer **toutes** les lettres s'il n'y a pas de gilets de sauvetage à bord
 - Biffer la lettre **L** si les gilets de sauvetage ne comportent pas de lampes ;
 - Biffer la lettre **F** si les gilets de sauvetage ne sont pas pourvus de fluorescéine.
 - Biffer la lettre **U** ou **V**, ou ces deux lettres, comme en **R/** ci- dessus, pour indiquer le cas échéant l'équipement radio des gilets de sauvetage.

4/ Circulation d'information du PLN :

L'information du PLN est indispensable du point de départ jusqu'à le point d'arrivée pour bien veiller la sécurité des appareils, personnes et l'environnement ;

Même plus précisément (Avant et Après) pour d'autres besoins (Gestion des créneaux, Archivage, Enquêtes, etc.) ;

C'est pour toutes ces raisons, la circulation de cette information le long de l'étape de vol soit **Continue, Permanente et Précise**.

5/ Source d'information du PLN :

- On a deux sources d'information du PLN :

➤ Source Textuelle :

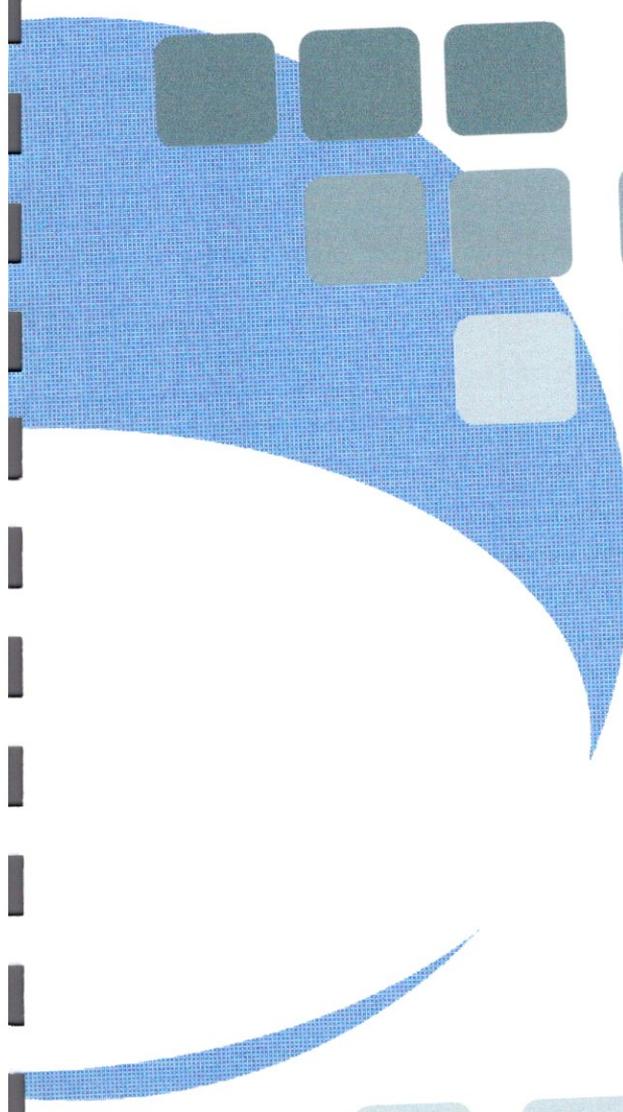
Celle trouvée dans la base de données dans chaque service de contrôle (Locale, Approche, Route) ;
par principe de sécurité et de collaboration, ces services de contrôle forment **Un SYSTEME EN RESEAU (FDP)**.

➤ Source Visuelle :

Celle fournie par le système Radar, plus précisément par (RDP).

Puisqu'on est en présence d'une situation (une information avec deux sources), on corrèle ces deux dernières pour avoir une **Information Précise sur notre Vol** qui est le **But de Notre Projet** (Le détail sera dans les chapitres suivants).

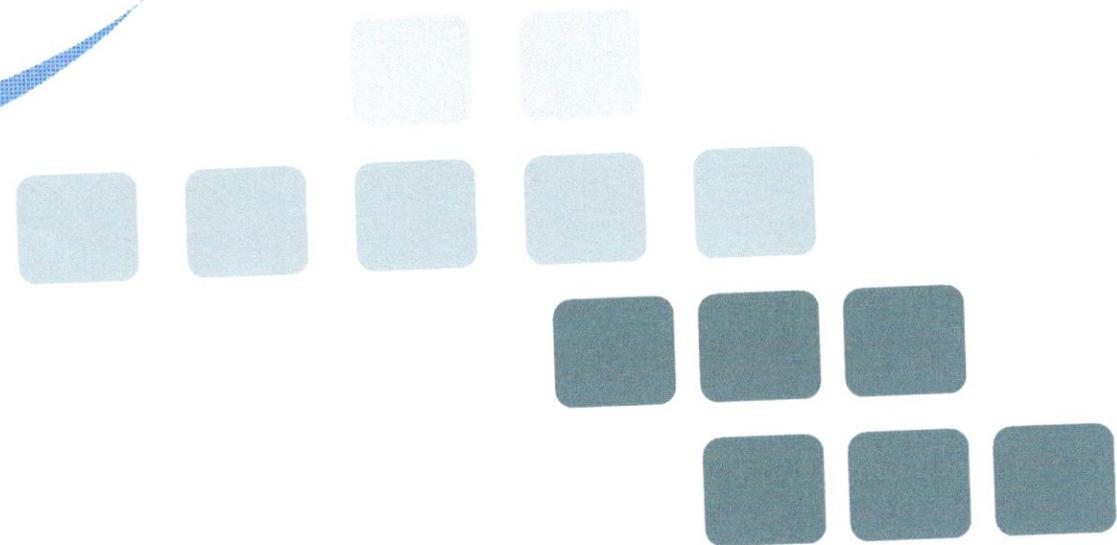




Chapitre V

Traitement des données de vol

FDP



1/ Introduction :

Le traitement des données de vol se fait par un système qui s'appelle FDP (Flight Data Processing) existant au niveau de chaque salle système d'un centre de contrôle comme le CCR d'Alger, et qui travaille en corrélation avec d'autres systèmes comme le RDP (Radar Data Processing), ODP (Oceanic Data Processing), ARTS (Automated Radar Terminal System)...etc.

2/ Fonctionnalités de l'FDP au cours du vol :

○ LA phase de Classement des PLNs Domestiques :

Le pilote d'avion personnel et collectif contacte habituellement une station-service du vol (flight service station, FSS) pour classer un plan de vol et reçoit des instructions météo ;

Les pilotes des lignes aériennes habituellement ont leurs propres champs de plans de vol par AOC (Airline Operation Center) ;

Les pilotes militaires classent habituellement les plans de vol à travers leur bureau des opérations militaires MO (Military Operation).

Après avoir contacté ces organismes, chaque pilote reçoit des instructions météo consciencieuses qui incluent en même temps la météo courante et prévue le long de l'itinéraire de vol et apprend de toutes conditions adverses touchant le système ATC ou l'aéroport de destination qui peuvent influencer la décision du pilote ;

Ces conditions incluent les retards connus ou suspect de l'ATC, du matériel de navigation, et tous avis aux aviateurs (Notices To AirMen, **NOTAMs**) ;

Ces **NOTAMs** sont entrés dans le système d'ordinateurs des différents organismes par les stations-service de vol locales ou le bureau d'information aéronautique (**BIA**), concernent les conditions locales tel que la fermeture des aéroports ou des pistes d'envol et les obstructions les changements aux procédures d'approche d'instruments, ou les urgences.

Une fois les instructions météo sont complétées, le spécialiste du service de vol ainsi pour le centre des opérations aériennes obtient les informations adéquates du **PLN** du pilote et l'entre dans l'ordinateur du **FSS** ;

Dans un temps court, les informations appropriées sont envoyées à l'ordinateur du traitement des données de vol au **CCR** avec la responsabilité de l'aéroport de départ ;

L'ordinateur du **FDP** du **CCR** vérifie la validité de ces informations et, si elles sont correctes, il les sauvegarde pour les utiliser plus tard.

Si les informations de l'itinéraire entrées par le spécialiste dans l'organisme appropriée sont inexactes ou incomplètes, un message d'erreur est revenu a l'émetteur ; elle devienne alors la responsabilité du spécialiste de corriger l'entrée, en s'assurant que les informations de l'itinéraire sont complètes.

A ce point, l'abréviation **FRC** (Full Route Clearance) est attachée aux données de vol corrigées et puis retransmises au **CCR** ;

Cette **FRC** est alors affichée sur la piste de progression du vol de l'avion, qui alerte les contrôleurs subséquents que des changements ont été effectués sur l'itinéraire du pilote de vol, mais en réalité la correction se fait manuellement au niveau du **CCR** avec l'ordinateur de l'**FDO** (Flight Data Operation) par un agent de contrôle, et puis il classe ces informations corrigées dans le système **FDP**.

Les informations stockées sont manipulées par le Système du traitement des données de vol **FDPS** (Flight Data Processing System) qui vérifie l'itinéraire et détermine si aucun des itinéraires :

- 1/ de départ préférés **PDRs** (Preferal Departure Routs),
- 2/ d'arrivée préférés **PARs** (Preferal Arrival Routs) ;
- 3/ **IFR** préférés appliqué à cet avion en particulier ;

Si ce vol particulier sera affecté par l'un de ces types d'itinéraires, l'itinéraire préféré sera affiché sur la piste de progression de vol mise entre crochets par des signes positifs.

Les plans de vol Militaires sont classés par le personnel des opérations de base sur les bases militaires. Les Opérations sont effectuées avec un ordinateur dans **CCR** qui s'appelle le **DMC** (Détachement Militaire de Coordination) par un agent militaire à travers les lignes téléphoniques, qui ensuite communique avec le **FDP** pour classer ces plans de vol.

Les contrôleurs et les autres personnels de l'**ATC** ont aussi la possibilité d'entrer un plan de vol dans l'ordinateur **FDP** du **CCR**.

Au moment du classement, les informations du plan de vol sont aussi avancées au Système élargi de management du trafic (**ETMS**) qui envoie l'estimé du temps d'autorisation du départ (**EDCT**) pour les plans de vol proposés.

NB : Même pour l'aviation internationale qui dépose leur plan de vol dans le réseau fixe de télécommunication internationale (RSFTA), et traite ces données, puis les envoie aux autres systèmes appropriés d'ATC ;

Autrement dit, les plans de Vol sont aussi reçus à partir des FDP des autres centres de contrôle avoisinants (d'autre pays ou centres) pour les vols qui sont inscrits à entrer dans l'espace aérien du CCR quelques temps avant que le transfert du contrôle soit effectué.

➤ **Fonctionnalités du FDP dans la phase de classement des PLNs:**

- Traitement du plan de vol initial :
 - ✓ Vérification du Format et de la logique ;
 - ✓ Optimisation des routes avec des routes préférentielles de départ et d'arrivée ;
 - ✓ Conversion des routes ;
 - ✓ Déterminer quand l'impression des strips de vol ;
- Interface du management du flux du trafic à l'ETMS :
 - ✓ Expédition des informations du plan de vol.

○ Phase de départ de vol :

➤ Distribution de l'autorisation/Affichage du strip de Vol :

Trente minutes avant le départ proposé de l'avion, l'ordinateur FDP déclenche l'affichage du strip du vol sur le FDIO (Flight Data Information Operation) à l'aéroport du départ ;

Si ce dernier n'est pas servi par une facilité de l'ATC, ou si la facilité n'est pas équipée d'un FDIO, le strip sera affiché à la prochaine facilité la plus proche ;

À ce temps, l'ordinateur FDP assigne aussi un code du transpondeur à l'avion ; Puisque le nombre des codes disponibles est limité, supposons que l'avion part d'un aéroport équipé par un FDIO, la piste du vol sera affichée à la position de livraison de l'autorisation de la tour de contrôle, le contrôleur de livraison de l'autorisation est responsable d'assurer que l'altitude de l'avion et l'itinéraire sont conformes aux lettres appropriées d'agrément et aux directives de facilité. Le contrôleur peut fournir alors l'autorisation au pilote ;

Dans la plupart des cas, les directives de facilité spécifient que l'avion est restreint initialement à une altitude plus basse que celle classée par le pilote ;

Si la facilité de contrôle a la responsabilité pour l'extension de l'espace aérien jusqu'à 10000 pieds, par exemple, le contrôleur de délivrance d'autorisation doit restreindre initialement l'avion à cette altitude de sorte qu'en cas d'échec temporaire de la radio, l'avion ne quitte pas les limites verticales de l'espace aérien de la facilité;

Le contrôleur de distribution d'autorisation doit fournir au pilote l'accusé en utilisant l'une des deux méthodes :

- ✓ S'il n'y a pas de changements effectués sur la demande de l'itinéraire de vol du pilote, le contrôleur peut clarifier le pilote "**comme classé**" ; ceci signifie que l'itinéraire que le pilote a classé est le même que celui contenu dans l'autorisation ; Cependant, l'altitude doit toujours être affirmé par le contrôleur même s'il fournit une autorisation "comme classé" au pilote.
- ✓ Si l'altitude est restreinte, le contrôleur avise quand un strip pour une altitude demandée peut être attendu.

NB : Les strips du départ inclut aussi la fréquence de contrôle du départ, et le code du transpondeur.

➤ **Déblaiement du Pré départ :**

Le déblaiement du pré départ (**PDC**) (Pre Departure Clearance) fournit un service de données pour la distribution d'autorisation IFR initial au pilot, soulageant ainsi la surcharge sur la fréquence de distribution des autorisations pendant les heures de pointes du départ dans certains aéroports ;

Il fournit aussi une interface au contrôleur de distribution des autorisations qui contient une liste des vols participants, une image de la piste du vol sur laquelle le contrôleur travaille, Un historique de toutes les autorisations traitées est aussi gardées ;

Le PDC est délivré au vol par un imprimeur de la ligne aérienne à l'aéroport du départ dépendant des opérations de la ligne aérienne.

➤ **Le contrôle au sol :**

Le contrôleur au sol est responsable de délivrer une autorisation de circulation (**taxi clearance**) pour amener l'avion à la fin de la piste du décollage appropriée au départ, comme il est responsable sur toute véhicule qui doit rouler sur l'aire de mouvement de l'aéroport ;

Si l'avion doit traverser une piste de décollage active avant d'atteindre la piste de départ, le contrôleur au sol doit coordonner cette traversée avec le contrôleur local, ceci est accompli par demander au contrôleur local l'autorisation de traverser la piste d'envol active à un endroit sûr ; Après que l'avion a traversé la piste d'envol, le contrôleur au sol doit aviser le contrôleur local que l'opération est terminée.

➤ **Contrôle local :**

Il est de la responsabilité du contrôleur local de fournir la séparation de la piste d'envol pour tout avion arrivant et partant tout en restant conforme aux instructions de départ données par le contrôleur du départ ;

Le contrôleur local n'est pas autorisé à faire partir un avion IFR sans l'approbation du contrôleur du départ qui peut être reçue spécifiquement pour chaque avion ;

La plupart des Installations équipées de radars ont divisé un système qui autorise le contrôleur local de faire partir un avion IFR sans coordination antérieure avec le contrôleur du départ ;

Cette méthode d'opération exige qu'un bloc spécifique d'espace aérien soit réservé pour le départ des avions; le contrôleur local est autorisé à faire partir un avion dans cette région sans la coordination antérieure, le contrôleur local retient encore la responsabilité pour la séparation initiale des départs IFR ;

Quand on utilise ce type de système, il est de la responsabilité des contrôleurs d'approche de séparer ces avions en approche dans cette région du départ ;

Dans la plupart des situations, les crayons du contrôleur local pointent l'avion sur la piste de progression du vol approprié (**strips**), et ensuite envoie ces strips vers la station de travail du contrôleur de départ appropriée ;

Une fois le contrôleur local a fait partir l'avion et résolu tous conflit avec la circulation locale, le pilote est dirigé à contacter le contrôleur du départ, puis que la fréquence appropriée est donnée par le contrôleur de la distribution des autorisations, le contrôleur local n'est pas exigé de le répéter.

➤ **Fonctionnalités du FDP dans la phase de départ :**

- Assignement du code d'identification ;
- Distribution des données de vol :
 - ✓ Transfert des informations de vol vers les facilités terminales ;
 - ✓ Affichage des strips du vol dans la tour de contrôle de départ et en facilités terminales ;
 - ✓ Affichage des strips du vol aux secteurs des routes après départ;
- Traitement des Amendements des Donnée de vol ;
- Interface du management de flux du trafic à l'ETMS :
 - ✓ Informations du code d'identification ;
 - ✓ Informations de départ ;
 - ✓ informations de l'amendement du plan de vol.

○ 3/ Phase en route de vol :

➤ Contrôle de Départ :

Le contrôle de départ peut être opéré par le contrôleur d'approche, une place séparée du contrôle, ou peut même être divisé en plusieurs sous-secteurs différents ;

Il est de la responsabilité du contrôleur du départ de séparer tel avion de tous autres appareils tout en restant conforme avec les directives de la facilité appropriée et les lettres d'agrément ;

Si la facilité est équipée d'un radar ARTS, l'ordinateur du ARTS détecte la transmission du transpondeur de l'avion et envoie automatiquement un message de départ à l'ordinateur du contrôleur au CCR, le contrôleur du départ doit identifier par radar l'avion et vérifier l'exactitude du transpondeur de l'avion (**mode C**), et puis le contrôleur du départ informe le pilote que le contact radar a été établi ;

Si le pilote n'a pas affirmé l'altitude de l'avion, le contrôleur doit demander au pilote la vérification de l'altitude avant d'utiliser la lecture de l'altitude pour la séparation de l'avion ;

Le contrôleur dirige l'avion pour joindre l'itinéraire du vol tout en restant conforme aux directives de la facilité et les lettres d'agrément, comme il entreprend aussi de corriger l'avion pour grimper à l'altitude demandée au pilote aussitôt que pratique ;

Si ceci n'est pas possible à cause d'un manque de juridiction ou des conflits de la circulation, l'avion sera dirigé normalement à l'altitude la plus proche à celle classée par le pilote ;

Si l'avion passe à un autre sous-secteur dans la facilité terminale, il est de la responsabilité du contrôleur du départ d'aider l'avion ou de l'indiquer aux contrôleurs appropriés ; Une telle aide est accomplie manuellement ou à travers l'emploi de procédures automatisées. Si l'avion reste à une altitude basse moyenne, il sera guidé habituellement pour atteindre à une facilité terminale voisine, mais si l'avion volera à une altitude suffisamment haute, il passe normalement au centre de contrôle approprié (CCR).

➤ **Procédures au cours du vol :**

Le premier contrôleur de l'itinéraire du vol qui fournit le service de séparation reçoit la piste de progression de vol (**strip**) délivré par le contrôleur de la distribution d'autorisation après le temps du départ dans le **FDIO** (ou après que l'ordinateur de l'**ARTS** détecte le transpondeur de l'avion et envoie un message directement au contrôleur du CCR) ;

Les contrôleurs reçoivent les bandes de progression du vol approximativement **15 à 30** minutes avant que l'avion entre dans chaque secteur ;

Les contrôleurs de l'itinéraire utilisent les informations sur la bande du vol pour préparer la séparation de ce vol ;

Une fois le radar du CCR détecte le signal du transpondeur de l'avion, un bloc de données contenant le signe d'appel de l'avion, l'altitude, et la vitesse apparaît sur la visu du contrôleur ;

Le contrôleur du départ demande l'aide au contrôleur d'approche pour contrôler l'avion dépisté ; Une fois les contrôleurs d'approche ont accepté cette demande, il est de leur responsabilité de séparer cet avion de tous les autres dans le secteur ; Ceci peut être quelques fois difficile si l'avion est suffisamment bas et assez loin du site radar du CCR ce qu'il reste non détecté par le radar ;

Dans ce cas, l'avion ne paraîtra pas sur la visu radar du contrôleur d'approche et doit être séparé en utilisant des procédures **non-radar** ;

La responsabilité pour cette séparation relève du contrôleur radar associé au contrôle non-radar ;

Une fois l'avion est détecté par le radar; d'une manière ou d'une autre; la responsabilité de la séparation relève du contrôleur du radar ;

NB : Généralement, si l'avion opère au dessous de **18000 pieds**, il est séparé par les contrôleurs responsables des avions à basse-altitude (connu comme contrôleurs du bas-secteur), mais si l'avion grimpe à une plus haute altitude, il doit être passé au secteur de haute-altitude ;

Dans certaines régions, il existe les secteurs de (super-haute / super-basse) altitude ; Une fois l'avion atteint son altitude de croisière qui lui est assignée, il continue vers sa destination, en passant d'un contrôleur à autre en traversant les limites des secteurs (FIR).

➤ **Unité de management du trafic :**

Le système de gestion du trafic élargie (ETMS) rassemble et sépare les données pour former une situation nationale du trafic aérien ; Les données sont collectées dans un **HUB** de l'ETMS du centre national des systèmes de transport ;

Notons bien que :

- ✓ Les envoies du **CCR** sont mises à jour chaque **05 minutes** ;
- ✓ Les envoies de **l'ARTS** sont mises à jour chaque **minute**.

L'ETMS renvoie les informations intégrées du trafic aux installations et à l'ATC pour être affichées sur les écrans de visualisation de la situation du trafic ;

NB : La fonction du management du trafic inclut aussi la gestion des secteurs.

➤ **Fonctionnalités du FDP dans la phase en route :**

- Traitement de la position du plan de vol :
 - ✓ Extrapolation de la position du plan de vol ;
 - ✓ Mise à jour du temps fixe ;
 - ✓ Vérification de l'association entre le plan de vol et le temps fixe;
- Distribution des données de vol :
 - ✓ Affichage de la bande de progression de Vol aux secteurs des routes;
 - ✓ Transfert d'informations du vol en facilités de l'itinéraire adjacent
 - ✓ ;
- Traitement des Amendements des données de vol ;
- Interface du management du flux du trafic à l'ETMS :
 - ✓ Informations de l'amendement du plan de vol.

○ Phase d'arrivée d'un vol:

➤ Mesure en-route:

Quand l'avion approche de l'aéroport de destination, chaque contrôleur consécutif commence à lui assigner progressivement les altitudes basses ;

Si l'aéroport d'arrivée est occupé particulièrement, La mesure en-route tente d'approcher le flux du trafic dans les couloirs d'approche au taux d'acceptation de l'aéroport, le taux calculé auquel l'aéroport peut absorber le trafic :

- ✓ Si, pour l'instant, les calculs montrent qu'un aéroport en particulier peut effectuer **60** opérations d'avions en **une heure**, son taux d'acceptation théorique est **1** par **minute** ;
- ✓ Une règle générale de pouce est qu'une piste d'atterrissage seule peut recevoir **30 arrivées** par **heure** (**une** chaque **2 minutes**) si la piste est utilisée en même temps pour l'arrivée et le départ ;
- ✓ Si la piste est utilisée uniquement pour l'arrivée, un intervalle d'**une minute** entre les avions peut probablement être maintenu, Ceci permet à la piste d'atterrissage de manipuler **60 avions** par **heure**.

Si deux avions sont inscrits pour arriver au même temps à l'aéroport, un des deux avions devra être différé pour **au moins 1 minute** ;

Ces retards placent une charge sur le contrôleur d'approche, puisqu'une zone limitée de l'espace aérien est disponible pour manœuvrer l'avion (**circuit d'attente**) ;

Il devient même plus difficile de différer l'avion quand plus de deux vols sont inscrits pour le même temps d'arrivée ;

Dans cette situation, le contrôleur d'approche libère rapidement l'espace aérien dans lequel il manœuvre l'avion (une telle situation commune se produit quotidiennement quand une ligne aérienne opère avec les systèmes de planification **(Hub-And-Spoke)**).

Le programme de la mesure en-route calcule le taux d'acceptation de l'aéroport et détermine le nombre d'avions qui peuvent être manipulés dans chaque période donnée de **5 minutes** ;

Il devient alors la responsabilité de chaque contrôleur radar de CCR d'assurer que l'avion traverse des points fixes aux temps appropriés, ceci est accompli habituellement en réduisant temporairement la vitesse de chaque avion ;

NB : Dans la plupart des cas, ces mesures sont approximativement de **50 à 100 NM** de l'aéroport de destination.

➤ **Contrôle d'approche :**

Dans les installations terminales équipées de radar, il est de la responsabilité du contrôleur d'approche de séquencer et séparer les lignes de retour des avions ;

- ✓ Dans les secteur à faible activité, cette tâche peut être déléguer à un seul contrôleur ;
- ✓ Dans les aéroports à forte activité, les devoirs du contrôle d'approche peuvent être assignés à jusqu'à **cinq** types différents de contrôleurs:

- (1) **Contrôleurs feeder**, dont les responsabilités sont de diriger les avions arrivants vers leurs dernières courses d'approche;
- (2) **Un contrôleur terminal**, dont la responsabilité est dirigé l'avion sur l'instrument d'approche;
- (3) **Un contrôleur de surveillance** qui surveille d'une façon continue la conduite de l'avion parallèlement à l'ILS d'approche;
- (4) **Contrôleurs satellite**, qui dirigent les approches et les départs vers des aéroports à faible activité situés dans l'espace de contrôle d'approche de l'aéroport primaire de juridiction;
- (5) **Contrôleurs de départ**, qui sépare les avions en départ de l'aéroport primaire.

Les contrôleurs d'approche, rapportés aussi comme contrôleurs d'arrivée, sont responsables de fournir la séparation radar aux avions tout en effectuant l'espacement pour l'atterrissage ;

Les contrôleurs d'arrivée coordonnent avec les contrôleurs de départ en descendant les avions ; Dans les régions encombrées où il y a plus de position d'arrivée, les contrôleurs d'arrivée coordonnent entre eux mêmes pour atterrir les avions dans la même piste d'atterrissage ;

NB : Si un système d'atterrissage est utilisé, les contrôleurs d'arrivée dirigent les avions à fin de réussir l'interception finale de l'ILS d'approche.

➤ **Contrôle local :**

Il est de la responsabilité du contrôleur local de clarifier l'avion pour l'atterrissage tout en coordonnant avec les autres arrivées et départs ;

Une fois l'avion a atterris sans risque et quitté la piste d'envol, le contrôleur local avise au pilote de contacter le contrôleur de sol.

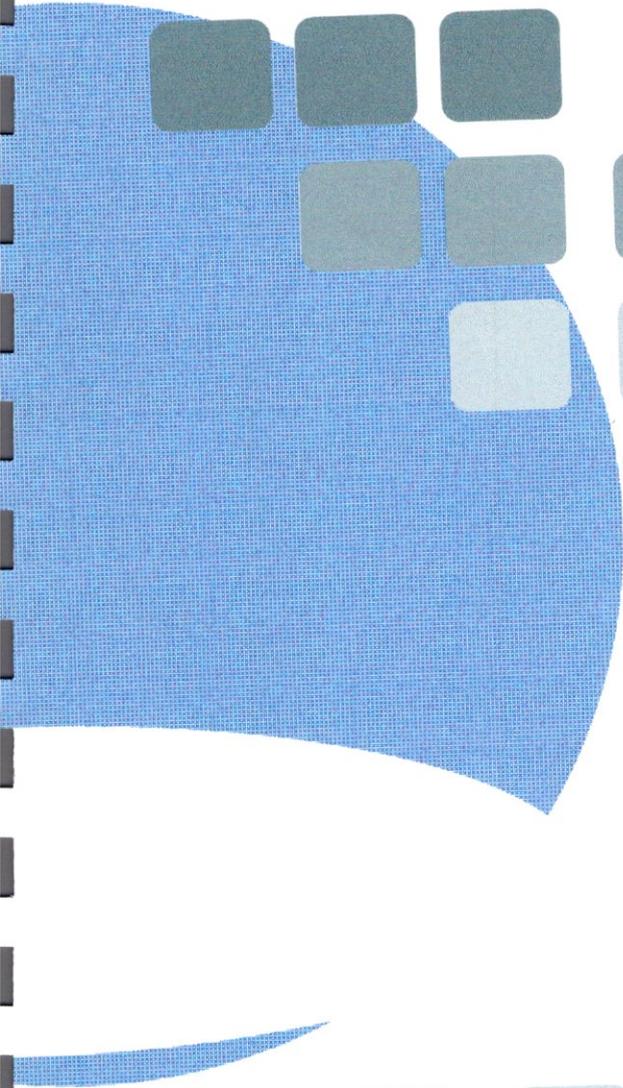
➤ **Contrôle au sol :**

Le contrôleur de sol est responsable d'acheminer une autorisation de circulation (taxi clearance) qui prendra l'avion au terminal tout en coordonnant avec le contrôleur local pour traverser les pistes d'envol actives.

➤ **Fonctionnalités du FDP dans la phase d'arrivée :**

- Fonctionne de mesure :
 - ✓ Programme d'espacement d'itinéraires ;
 - ✓ Programme de séquençement des Arrivées;
- Distribution des Données du vol :
 - ✓ Transfert d'informations du vol aux facilités terminales ;
 - ✓ Affichage des bandes de progression de Vol sur le terminal d'arrivée et les installations de la tour de contrôle ;
- Termination du code d'identification ;
- Termination du plan de Vol ;
- Interface du management du flux du trafic à l'ETMS :
 - ✓ Informations d'arrivée.

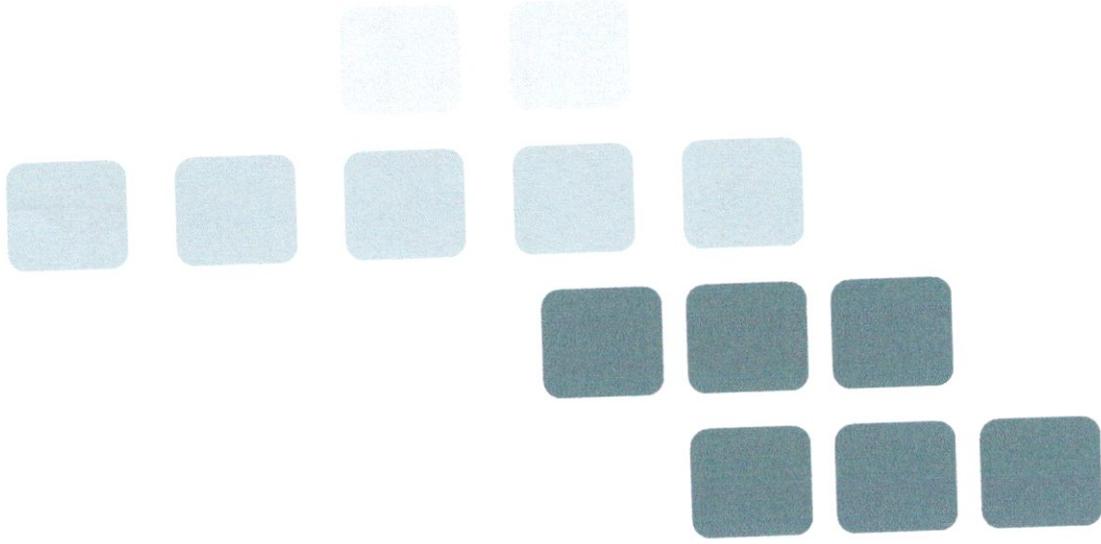




Chapitre VI

Conception

Algorithmique



1/ Introduction :

Un Algorithme est une suite des idées et procédures dépendantes pour avoir une solution à un problème donné ;

Pour concevoir notre Algorithme, suivons la méthode suivante :

- ❖ En premier lieu, se placer à la situation (*Contrôleur/Machine*) pour savoir les points sur lesquels se base notre travail ;
- ❖ Les moyens existants pour la réalisation de notre programme ;

Tous ça était expliqué dans les chapitres précédents qui se résument dans les points suivants :

- Le contrôleur a besoin aux informations essentielles qui soient précises et permanentes sur la situation aérienne contrôlée ;
- Il faut que l'affichage de ces informations sur le scope de visualisation a pour but de diminuer la pression de travail du contrôleur pour qu'il puisse accomplir sa tâche en toute sécurité ;
- Les performances du Radar (*SSR*), plus précisément, le *RDP (Radar Data Processing)* ; c à d : le système de traitement des données radar et savoir comment les exploitées pour avoir ces informations affichées.

2/ Conception de l'Algorithme :

Notre Algorithme consiste à :

- ✓ Corréler entre les informations Radar et les données stockées au niveau de la base des données des plans de vol dans la salle de contrôle ;
- ✓ Visualisation de l'information du PLN qui correspond à la cible dépiquée à la demande ;
- ✓ Traiter toutes les cas possibles qu'ils peuvent se produire dans la poursuite d'une cible ;

3/ Description de l'interface :

Pour réaliser notre algorithme il nous faut un système radar complet et opérationnel composé d' (une antenne radar SSR, un écran de visualisation et de contrôle radar, et en plus un trafic aérien équipé par un transpondeur), mais malheureusement on a pas ces moyens ; pour cela on passe d'un projet de réalisation à un projet de simulation.

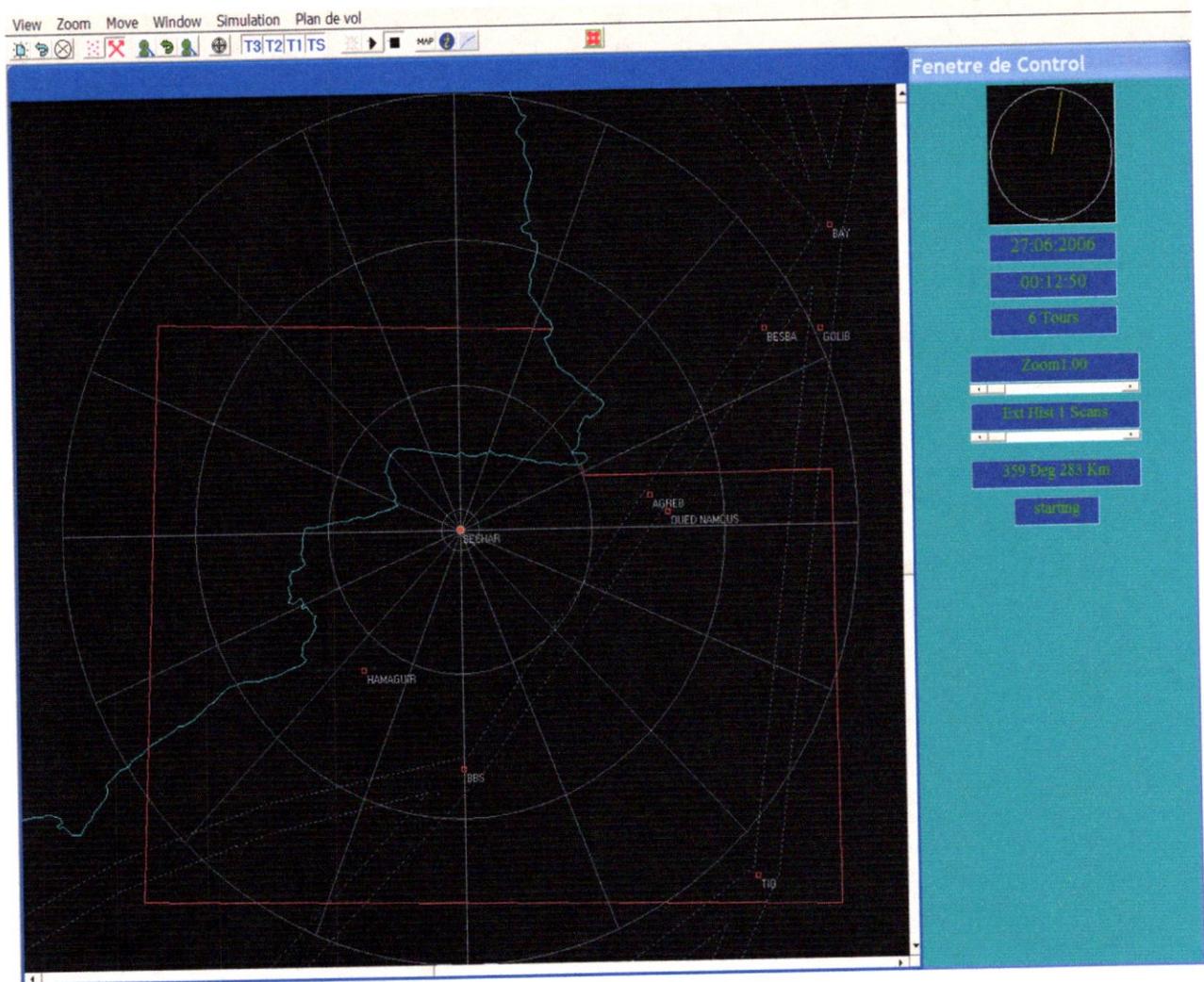


FIG VII-1 Image de l'interface simulée

Dans notre programme d'intégration, on a simulé un transpondeur d'avion qui nous donne l'identification de l'avion dépisté comme un code collé à chaque trajectoire créé (scénario); et pour le radar SSR on a créé des pistes (cibles) qui suivent des trajectoires prédéfinies.

Les trajectoires prédéfinies sont générées par une fonction intégrée dans la même interface créé; son principe est l'enregistrement dans un fichier (.dat) les coordonnées en pixel de tous les points de trajectoire pointée par le click de la souris.

Pour ce qui concerne l'écran de visualisation et de contrôle on a créé une interface simulée par le C++ builder comme il apparaît dans la figure (FIG VII-1); cette interface est composée par trois fenêtres principales :

- Fenêtre de commande ;
- Fenêtre de visualisation ;
- Fenêtre de contrôle ;

➤ *Fenêtre de commande :*

Elle comporte des menus qui sert a manipuler l'interface, et ce sont comme suit :

View: possède 02 sous menus:

- View Open: Pour afficher l'image de la zone couvrais par le radar exploité ;
- Exit : Pour quitter complètement l'interface ;

Zoom: possède 03 sous menus:

- Resize: Pour retourner a la taille initiale ;
- Zoom up: Pour le zoom avant ;
- Zoom down: Pour le zoom arrière ;

Move: possède 05 sous menus (ils sont inactives) :

- Move North: Pour le zoom vers le coté nord;
- Move South: Pour le zoom vers le coté sud;
- Move East: Pour le zoom vers le coté est;
- Move West: Pour le zoom vers le coté ouest;
- Move centre: Pour le zoom vers le centre;

Window: possède un seul sous menu:

- Close View: Pour effacer l'image de la zone couvrais par le radar exploiter ;

Simulation: possède 04 sous menus:

- Scénario Appareil non identifier : Pour lancer la cible qui n'est pas identifier ;
- Scénario avion hors trajectoire : Pour lancer la cible qui sort du son trajectoire ;
- Scénario temps non respecté : Pour lancer la cible qui ne respect pas le temps ;
- Scénario idéal : Pour lancer la cible qui respect son plan de vol ;

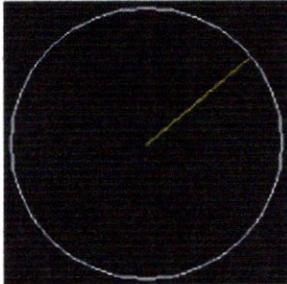
Ainsi, il comporte une palette des boutons pour faciliter la manipulation (raccourci) et sont comme suit :

-  Pour afficher l'image de la zone couverts par le radar exploité ;
-  Pour effacer l'image de la zone couverts par le radar exploité ;
-  Pour quitter complètement l'interface ;
-  Pour afficher les couloirs aériens parcourus dans cette zone couverts ;
-  Pour afficher les balises qui rejoignent les couloirs aériens ;
-  Pour afficher les frontières géographiques et la FIR couverts par ce radar ;
-  Pour afficher et effacer le cercle sectorisé de ce radar ;
-  Pour filtrer et dépister la cible détectée ;
-  Pour afficher le vecteur vitesse de la cible dépistée ;
-  Pour le zoom avant ;
-  Pour le zoom arrière ;
-  Pour retourner à la taille initiale ;
-  Pour lancer la cible (mais il est inactif car le lancement se fait directement par le menu 'Simulation') ;
-  Pour stopper la cible (pause) ;

NB : Les autres boutons sont inexploitable dans notre application.

➤ **Fenêtre de contrôle :**

Elle comporte plusieurs fenêtres qui servent au contrôle et la surveillance comme ceci :



Une image qui montre le balayage du radar dans la couvrait ;

21:03:2006

Une édite qui montre la date du jour ;

21:27:25

Une édite qui montre l'heure exacte ;

6 Tours

Afficheur du nombre de tours du radar exploité ;

Zoom1.00

Un scroll Bar qui nous permet de zoomer dans l'écran de visualisation ;

Ext Hist 1 Scans

Un scroll Bar qui affiche l'historique de la cible détectée (inactif) ;

Distance-Angle

Un édite qui affiche les coordonnées de la souris dans l'écran de visualisation en coordonnées polaire (Distance, Azimut) par rapport au radar exploité ;

➤ **Fenêtre de visualisation :**

La fenêtre de visualisation est l'écran qui permet au contrôleur de viser son trafic aérien et vérifier sa compatibilité avec les plans de vol déposés, dans cette fenêtre on voit la zone couverte par le radar sous forme d'un cercle sectorisé, ainsi que sa carte géographique qui comporte les frontières politiques du pays dans cette zone, la FIR contrôlée, les couloirs aériens, et les balises qui se retrouvent dans cette zone.

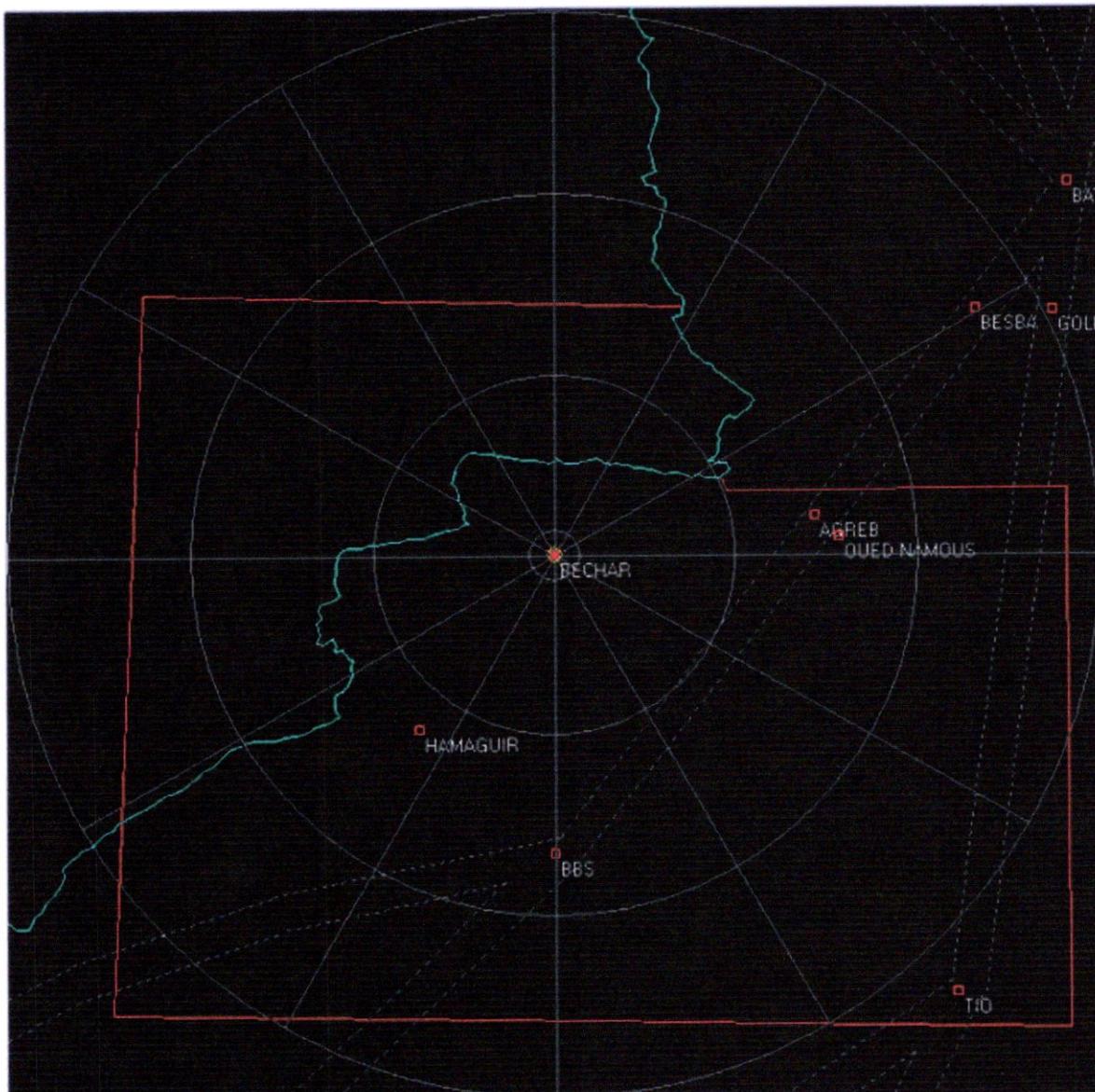
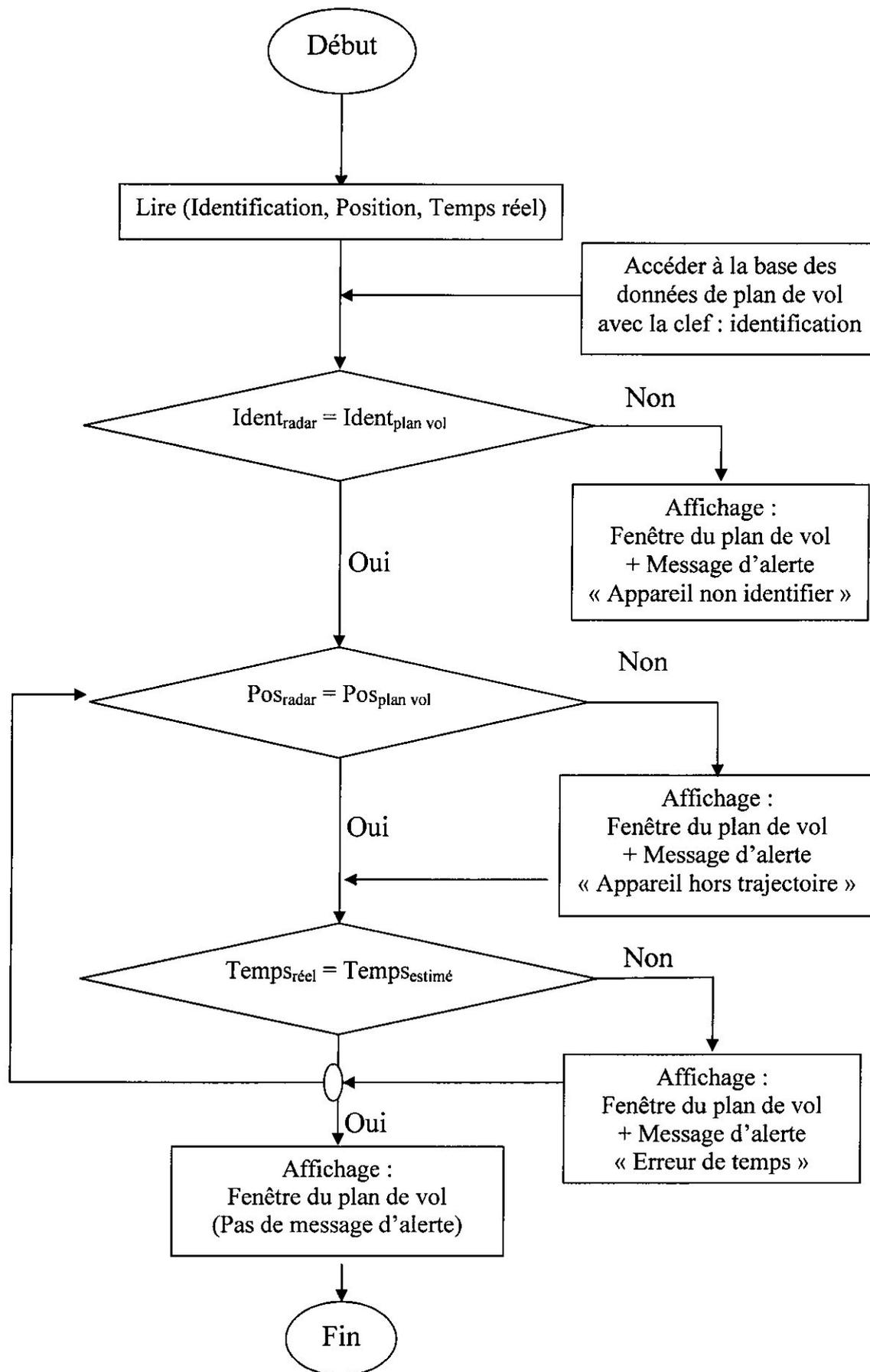


FIG VII-2 Ecran de visualisation radar

4/ L'organigramme de l'algorithme :







Chapitre VII

Test et Validation

du Programme

1/INTRODUCTION:

L'intégration du plan de vol dans le système radar SSR est réellement existe au niveau des systèmes modernes de contrôle et visualisation des situations aériennes par le radar, mais le problème qui se pose est que le contrôle se fait toujours par la présence de l'assistant humain, et qu'il n'est pas totalement automatisé.

Donc dans notre application on a essayé d'élaborer le programme qui fait intégrer et corréler les informations de plan de vol à celle du radar par l'intermédiaire d'une base des données de vol qu'on a la créé avec le **SGBD « InterBase »** (système de gestion des bases des données), et on a choisit ce SGBD car il est plus performant, efficace, et facile à l'utiliser.

En plus, on a ajouté à l'interface du plan de vol une zone de texte qui affiche le message d'alerte s'il y a l'un des problèmes suivants :

- Pilote d'avion qui n'a pas déposé son plan de vol ou bien un problème de transmission des données dans le transpondeur de cet avion.
Message d'Alerte ● → **Appareil non identifier.**
- Pilote d'avion qui n'a pas respecter sa trajectoire aérienne.
Message d'Alerte ● → **Appareil hors Trajectoire.**
- Pilote d'avion qui n'a pas respecter le temps estimé de passage sur chaque balise qu'il traverse le long de son itinéraire.
Message d'Alerte ● → **Erreur de temps.**

Ainsi comme l'alerte écrite on a ajouter une autre **alerte visuelle** s'apparaît comme un petit cadre entouré la cible détectée et qui clignote avec différentes couleurs tout dépend le type d'alerte :

- Appareil non identifier ● → **Clignotant rouge.**
- Appareil hors trajectoire ● → **Clignotant verte.**
- Erreur de temps ● → **Clignotant jaune.**

2/ Programmation en C++ builder :

❖ *Présentation du langage C++Builder :*

1. Qu'est ce que C++Builder?

C++Builder est un langage de programmation orienté objet, il se présente sous forme d'environnement visuel pour le développement rapide d'application (**RAD**). L'utilisation de ce langage permet de créer des applications Windows 32 bits GUI (Interface Utilisateur Graphique) performantes avec un code de programmation réduit.

C++Builder regroupe toute la puissance de C++ dans un environnement RAD. Cela signifie qu'il permet de créer instantanément l'interface utilisateur d'un programme (c'est à dire les menus, les boîtes de dialogue, la fenêtre principale, etc.) à l'aide des techniques du glisser-déplacer.

2. Pourquoi C++Builder?

Parmi tous les langages de programmation orienté objet, on a choisit de programmer avec le C++ builder car il contient tous les outils nécessaires pour développer, tester, et optimiser les applications, grâce à une large bibliothèque de composants et d'outils de conception. Ces outils simplifient considérablement la programmation et réduisent le temps de travail, ainsi que ces fonctions et procédures prédéfinies qui nous facilitent de minimiser la complexité du programme ;

Le C++ builder nous a poussé à adopter l'option "orientée objet" afin de simplifier l'utilisation de notre programme et permettre au concepteur une exploitation, une manipulation ainsi qu'une lecture aisées grâce à l'interface graphique sous laquelle se présente notre application.

3/ Description des procédures de la simulation :

Notre simulation est constituée de trois procédures :

- Procédure d'intégration du plan de vol ;
- Procédure de test d'alerte ;
- Procédure de la mise à jour du plan de vol.

Mais avant de détailler dans ces procédures, tout d'abord on vous donne un aperçu sur la conception de la base des données exploitée dans ces procédures.

➤ **Conception de la BDD :**

On a construit notre base des données par le SGBD **InterBase** (système de gestion des bases des données), elle est composée par quatre tables :

- Correspondance ;
- Plan_vol ;
- Route ;
- Waypoint ;

Table	Champs	Clé
Correspondance	NUM_PISTE IDENT_AVION	NUM_PISTE
Plan_vol	IDENT_AVION EQUIPEMENT TYPE_AVION CAT_TURBULANCE AD_DEPART AD_DEGAGEMENT1 AD_DEGAGEMENT2 AD_DESTINATION REGLE_VOL TYPE_VOL VITESSE_CROISIERE FL ROUTE NUM_LIGNE DUREE_TOTALE HEURE_DEPART	IDENT_AVION
Route	NUMLIGNE WPTS TPSEST	NUMLIGNE WPTS
Waypoint	WPTS DISTANCE AZIMUT	WPTS

FIG VII-3 tables de conception de la BDD

a / Procédure d'intégration :

L'identification de l'avion est récupérée à partir du transpondeur qu'on a simulé (dans notre BDD, dans la table « Plan_vol ») ;

On accède dans le champ « IDENT_AVION » et avec une procédure de recherche dans ces enregistrements on vérifie l'existence de cette identification, si elle existe on récupère quelques données associées pour que la fenêtre de plan de vol n'apparaisse pas trop chargée pour le contrôleur ;

Et pour cela on a affiché juste les données nécessaires (IDENT_AVION, EQUIPEMENT, TYPE_AVION, AD_DEPART, AD_DESTINATION, REGLE_VOL, TYPE_VOL, ROUTE, NUM_LIGNE) comme il est présenté dans la figure [FIG VII-4].

PLAN DE VOL	
Ident A9 :	FFSD5
Type A9 :	A380
Equipement :	TCAS/ACAS
Règle de vol :	1
AD de départ :	DAOF
AD de dest :	DA00
Route :	BBS-AGREB-BESBA-BAY-
Message d'alerte :	

FIG VII-4 la fenêtre de plan de vol

b/ Procédure de test d'alerte :

Cette procédure est basée sur trois tests :

- Test d'identification ;
- Test de position ;
- Test de temps ;

➤ Test d'identification :

Comme on a fait dans la procédure précédente (intégration), dans le cas où l'identification de l'avion dépisté est inexistante dans la BDD, une alerte visuelle apparaisse automatiquement sous forme d'un carré rouge qui clignote tant que l'avion n'est pas identifié, ainsi qu'un message d'alerte écrit s'affiche dans la fenêtre de plan de vol quand on click sur la cible dépisté.

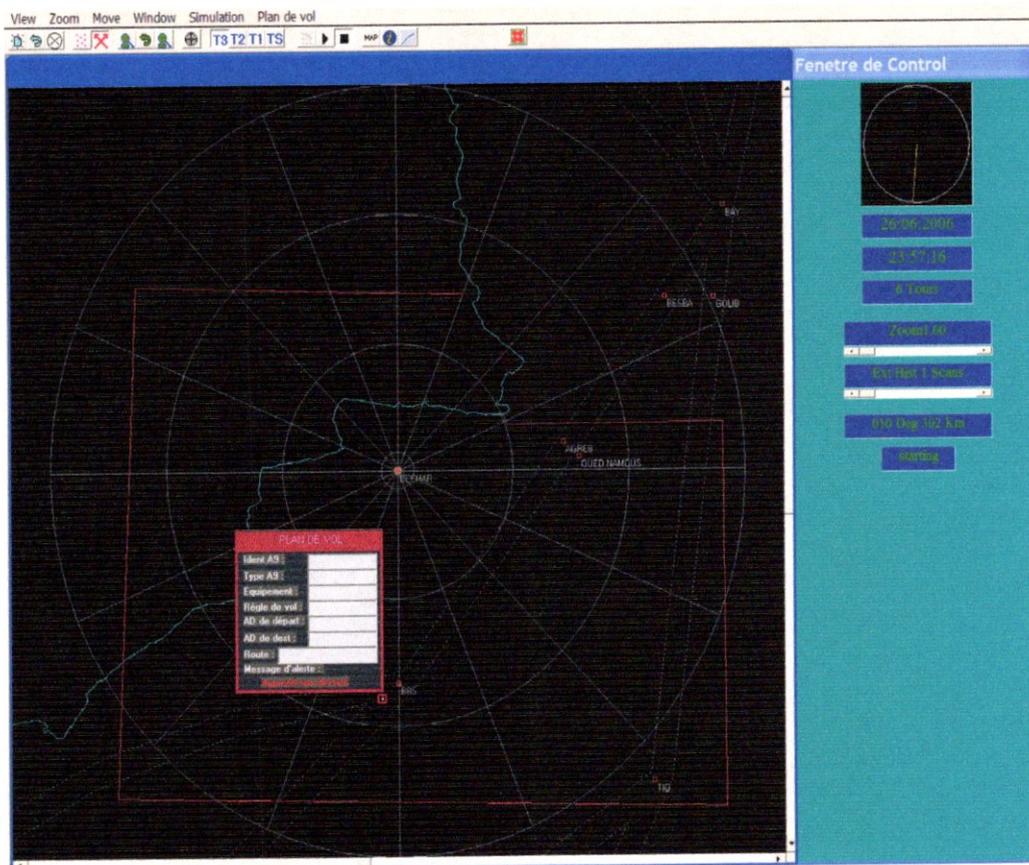


FIG VII-5 déclenchement d'alerte pour un avion non déclaré

2. Test de position :

Ce test est basé sur la vérification de l'existence des coordonnées de la cible dans la marge du couloir parcouru, et pour cela on exécute quatre procédures de calcul :

1. Entre chaque deux balises on calcule l'équation de la droite appropriée à cette route parcourue ($Y = aX + b$), et cette dernière est vérifiée en suivant la procédure suivante :

Quand la cible se passera sur une balise, à ce moment là et après la validité de test des coordonnées entre la cible et la balise :

- ✓ on prend le nom de cette balise et celle qu'elle suit à partir de la table « Plan_Vol » dont le champ « ROUTE » ;
- ✓ à partir de la table « Waypoint » on récupère les coordonnées polaires de ces balises (Distance, azimuth) par rapport le radar exploité ;
- ✓ on transforme ces coordonnées aux coordonnées cartésiennes, et avec ces derniers on calcul l'équation du droite qui jointre ces coordonnées.

$$a = (\text{posY2} - \text{posY1}) / (\text{posX2} - \text{posX1}) \dots \dots \dots (01)$$

$$b = \text{posY1} - a * \text{posX1} \dots \dots \dots (02)$$

Telle que : **posX1** position de première balise par rapport l'axe X de radar.
 posX2 position de deuxième balise par rapport l'axe X de radar.
 posY1 position de première balise par rapport l'axe Y de radar.
 posY2 position de deuxième balise par rapport l'axe Y de radar.

2. on calcul les équations des deux segments [(Y1= aX1+b1) et (Y2=aX2+b2)] qui représentent les limites (droite et gauche) du trajectoire (Y= aX+b) ; il suffit de calculer la marge **h** :

$$h = d / \cos \alpha \dots\dots\dots(03)$$

Telle que : d la marge horizontale du couloir (de part et d'autre).

$$\alpha = \arctg (a) \dots\dots\dots (04)$$

Donc: $b1 = b + h \dots\dots\dots (05)$

$$b2 = b - h \dots\dots\dots (06)$$

3. De même, on calcul l'équation du droite qui joindre les coordonnées de la cible et qu'elle a la *même pente* que celle du trajectoire (Yt= aXt+bt).

$$bt = \text{posYt} - a * \text{posXt} \dots\dots\dots(07)$$

telle que : posXt la position de la cible par rapport l'axe X de radar.

posYt la position de la cible par rapport l'axe Y de radar.

4. Il nous reste de vérifier si le segment de la cible appartient à la marge engendrée par les deux segments Y1 et Y2 ; c à d il suffit de vérifier si

$$[(bt \geq b2) \text{ et } (bt \leq b1)] \dots\dots\dots(08)$$

Si oui une alerte visuelle apparaisse automatiquement sous forme d'un carré jaune qui clignote tant que l'avion est hors trajectoire, ainsi qu'un message d'alerte écrit s'affiche dans la fenêtre du plan de vol quand on click sur la cible déposé.

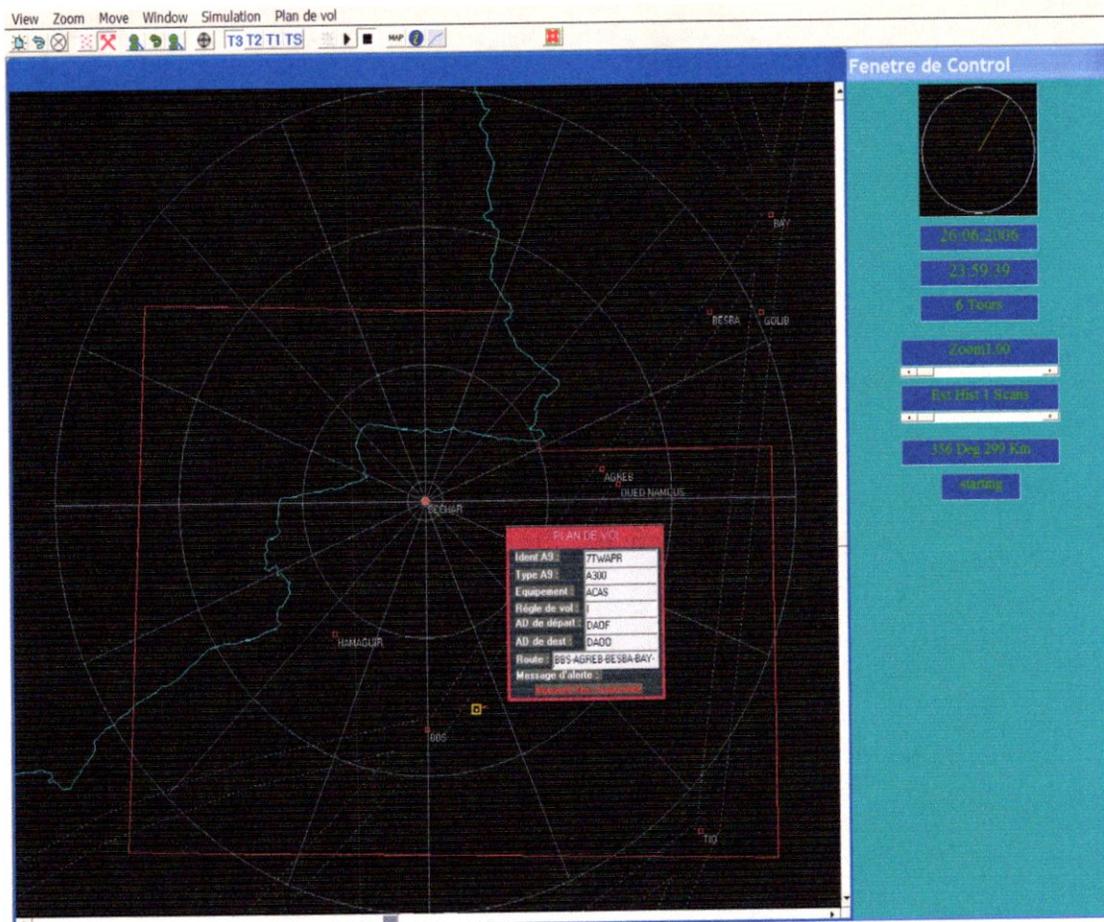


FIG VII-6 déclenchement d'alerte pour un avion hors trajectoire

➤ *Test de temps :*

On peut vérifier ce test juste quand la cible se passera sur une balise, et comme la procédure précédente de récupération le nom du balise survolée ainsi que le numéro de la route, et on accède à la table «Waypoint » pour récupérer le temps estimé de passage à partir du champ «TPSEST ». On compare ce dernier au temps de passage réel qui est récupéré à partir du temps système. S'ils ne sont pas identiques, une alerte visuelle apparaisse automatiquement sous forme d'un carré vert qui clignote jusqu'à la validité du test dans le prochain passage, ainsi qu'un message d'alerte écrit s'affiche dans la fenêtre du plan de vol quand on click sur la cible dépisté.

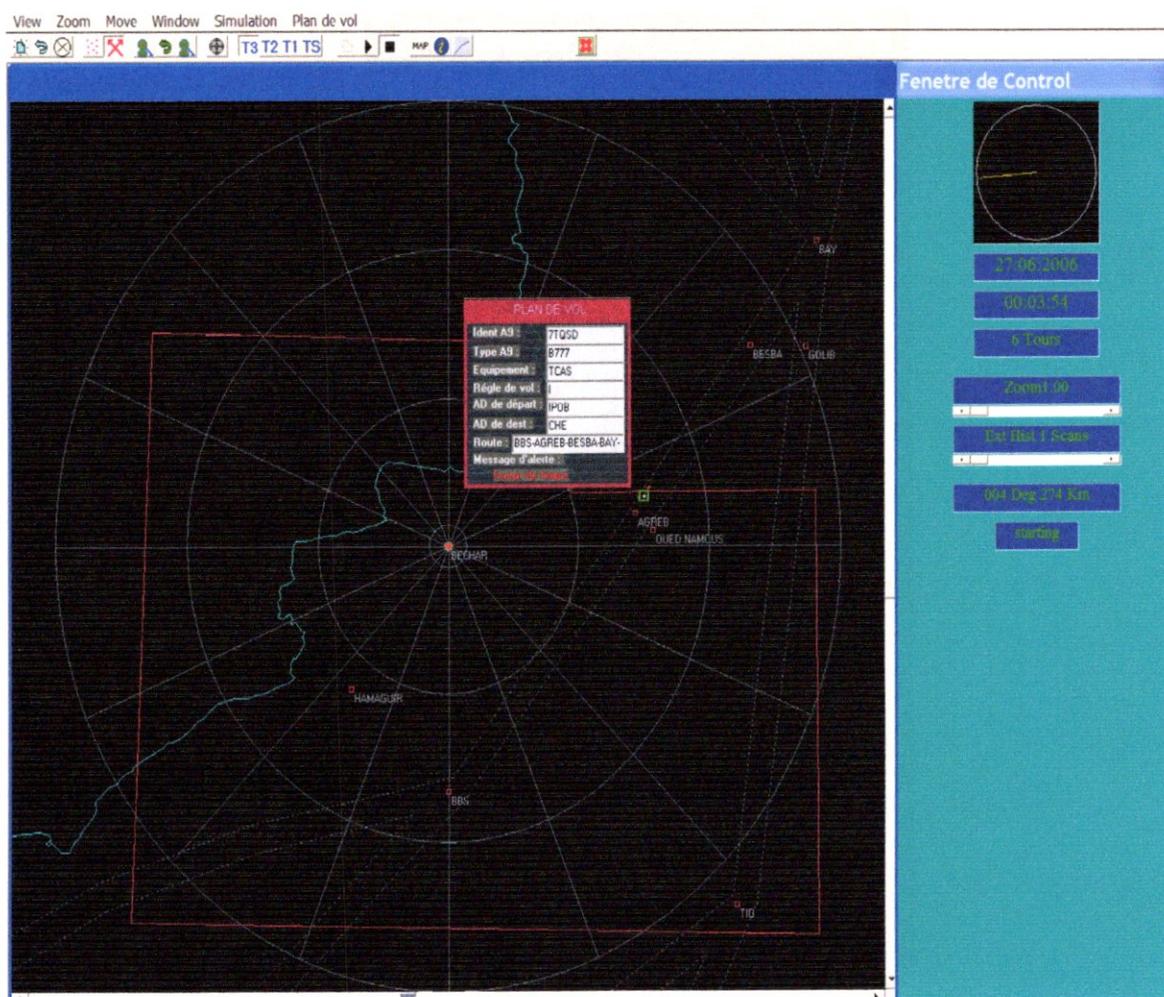


FIG VII-7 déclenchement d'alerte de temps non respecter

Conclusion générale :

Avant de commencer notre travail dans cette thèse, on a fixé notre objectif qui se résume dans ce point :

« **Réalisation** du programme d'intégration du plan de vol dans le système de visualisation radar pour la **Surveillance** permanente d'une situation aérienne donnée ».

Au fur et à mesure de notre étude algorithmique, on est arrivé à la procédure d'identification de l'avion déposé,

Cette information n'est donnée que par le transpondeur d'avion qui travaille avec le SSR ;

Mais malheureusement, la non disponibilité de ce dernier nous a obligé d'orienter notre cap vers le **PSR** ;

Par conséquent, notre projet sera « une **Simulation** du **FDP** dans le scope du radar primaire PSR ».

Pour compenser ce manque, on a développé notre objectif en ajoutant d'autres fonctions importantes :

1) La possibilité de la mise à jour du PLN au cours du vol :

Elle est pour but d'automatiser les Stripes qui sont jusqu'à maintenant manuels et prendre beaucoup du temps dans leurs corrections et utilisations dans les salles de contrôle ;

2) Les tests d'alerte :

- ✓ Appareil non Identifié ;
- ✓ Appareil hors trajectoire ;
- ✓ Erreur du temps ;

Dans cette fonction, on a travaillé avec un système redondant (alerte visuelle + alerte textuelle) ;

Et pour ne pas faire une pression sur le contrôleur, on a différencié dans les couleurs d'alerte visuelle en prenant en considération les priorités d'intervention :

- Alerte Rouge : 1^{er} Priorité [Appareil non Identifié] ;
- Alerte Jaune : 2^{em} Priorité [Appareil hors trajectoire] ;
- Alerte Verte : 3^{em} Priorité [Erreur du temps].

Pour bien interpréter les résultats de notre programme, on dit qu'il est destiné pour **la surveillance** aérienne en donnant l'accès permanent au contrôleur sur la situation aérienne ;

Arriver à cette étape est une bonne chose, mais la question qui se pose toujours :

« Est ce que le niveau de sécurité maximale est atteint ? »

On dit que **NON**, pour cela, nous souhaiterons développer ce programme en le rendant capable de gérer les conflits aériens (c à d : la gestion du trafic aérien) pour passer de **la Surveillance** au **Contrôle**.



Bibliographie

1-Doc OACI :

- 1- *Manuel de Coordination entre Service de la circulation aérienne et Service Météorologique Aéronautique.*
- 2- *Annexe 10 volume IV : Règle de l'air de Service de la circulation aéronautique (DOC4444)*
---- Edition 1993 ---

2-Autre Doc :

- 1-*Minimum Aircraft Separation For Multi-Radar Surveillance Systems.*
Ecrit par: Mr Jésus Garcia : Université de Carlos III Madrid
Mr A.Besada; Mr Gonzalo de Miguel; Mr.Casar: Université de Politech. Madrid
- 2-*Shadow Network Management System SNMS*
Par: Computer Systems Laboratory Singapore (21 May 1999).
- 3- *Management of Radar Tracking Systems for Air Traffic Control.*
- 4- *PFE (Analyse des vols) option OPS (2002-2003) IAB.*
Fait par: MS EZZOUAOUI Kicha
MS Lekhal Amia
Promoteur : Mr Farid Termellil

WeboGraphie

- 1- WWW.ENAC.FR
- 2- WWW.TOPAZ2000.FR
- 3- WWW.OACI.COM
- 4- Dans le moteur de recherche WWW.GOOGLE.FR:
 1. FLIGHT DATA PROCESSING
 2. RADAR DATA PROCESSING
 3. RADAR DATA PROCESSING SYSTEME
 4. FLIGHT PLAN OACI
 5. EUROPEEN FLIGHT DATA PROCESSING
 6. LIAISON ENTRE CAUTRA ET SES PERIPHERIQUES RADAR.

Le but de ce projet de fin d'études consiste en l'élaboration d'un programme d'intégration du plan de vol dans le système de simulation radar [Simulation de la FDP] en corrélant les informations du plan de vol au niveau du BDD _ PLN _ en salle de contrôle et les informations réelles (au temps réel) de la FDP pour les avions survolant le secteur contrôlé ;

Cette corrélation permet au contrôleur d'afficher d'une façon permanente toutes les informations relatives aux avions ainsi l'accès à modifier le plan de vol au cours du vol à la demande ;

Il est prévu également l'indication (Visuelle+Textuelle) des alertes qui correspondent aux problèmes suivants (Avion Non Identifié, Avion Hors Trajectoires, Erreur de Temps).

ATC _ RADAR _ PLAN DE VOL _ RDP _ RDP _ FDP.

Abstract

This project of end of study consists in working out a programme of integration of the flight plan in the display system radar [Simulation of the FDP] by correlating information of the flight plan on the level of the BDD _ PLN _ in the control room and real information (at the real time) of the RDP for the aircraft flown over the controlled sector;

This correlation makes it possible to the controller to display in a permanent way all information for the aircraft thus detected the access to modify the flight plan during the flight with the request;

As it allows indication (Visual +Textual) alarms which correspond to different problems (Aircraft Not Identified, Aircraft Except Trajectories, Error of Time).